

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Mémoire de fin d'études
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN TRAVAUX
PUBLICS

Option : Voies et Ouvrages d'Art

THEME

ETUDE D'UN TRONÇON D'UNE VOIE EXPRESS
RELIANT AIN EL HAMMAM - DRAA EL MIZAN
DU Pk (24+200) AU PK (29+840)



Présenté par :
M^{elle}. LOUNIS LYDIA
M^{elle}. TALEB LYLA

Dirigé par :
M^{me}. BOUDJEMIA

PROMOTION 2020 /2021



Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour mener à bien et accomplir ce modeste travail.

En second lieu, on tient à remercier notre promotrice madame BOUDJEMIA Fazia pour son aide et ses orientations et pour ces précieux conseils.

Que tous les membres du jury trouvent ici l'expression de nos profonds Respects pour avoir pris la peine d'examiner notre mémoire.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants de l'UMMTO qui ont contribué à notre formation.

Nous remercions, identiquement l'ensemble des personnes qui ont contribué, de loin ou de près, à la mise en forme de ce projet.

Dédicace

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :
A mes chers parents ma mère et mon père, pour leur
patience, leur amour et leurs encouragements.*

A mes chères sœurs et frères.

A toute ma grande famille.

A mon amie et binôme Lydia.

*Sans oublier tous ceux qui m'ont soutenu pendant les
moments les plus difficiles durant toute ma vie.*

Dédicace

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail aux :
Deux personnes les plus chères au monde, ma mère et
mon père, qui m'ont soutenu et aidé pour arriver là où
je suis aujourd'hui.*

A mes très chères sœurs et mon frère Ghiles

A ma chère binôme Lyla.

À tous mes amis qui m'ont encouragé et aidé.

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I _____ **2**

Présentation du projet _____ **2**

I - 1 Introduction : _____ **3**

I - 2 Présentation du projet : _____ **4**

I - 3 Situation géographique : _____ **4**

I - 4 Objectifs du projet : _____ **4**

I - 5 Caractéristiques du projet : _____ **5**

Chapitre II _____ **6**

Reconnaitances des terrains _____ **6**

II - 1 Introduction _____ **6**

II - 2 Utilité de l'étude géotechnique _____ **6**

II - 3 Etude géologique _____ **6**

II - 4 Etude hydrologique _____ **6**

II - 5 Etude géotechnique _____ **7**

II - 6 Les différents essais en laboratoire : _____ **7**

II - 6 -1 Essais physiques _____ **7**

II - 6 -2 Essais mécaniques _____ **7**

II - 6 -3 Essais chimiques _____ **7**

II - 7 Les essais d'identification _____ **7**

II - 7 -1 Essais physiques _____ **7**

II - 7 -2 Essais mécaniques _____ **10**

II - 7 -3 Essais chimiques _____ **11**

II - 7 -4 Analyse sommaire chimique _____ **11**

II - 8 Conditions d'utilisation des sols en Remblais _____ **11**

II - 9 Interprétation des résultats : _____ **12**

II - 9 -1 Puits de reconnaissance _____ **12**

II - 9 -2 Au laboratoire _____ **12**

II - 9 -3 Granulométrie _____ **13**

II - 9 -4 La Plasticité et la teneur en eau _____ **13**

II - 9 -5 La densité Proctor et l'indice CBR _____ **13**

II - 9 -6 Analyses chimiques : _____ **14**

Conclusion _____ **15**

Chapitre III _____ **16**

Etude du trafic _____ **16**

III - 1 Introduction : _____ **17**

III - 2 Différents types de trafics : _____ **17**

III - 2 -1 Trafic normal : _____ 17

III - 2 -2 Trafic dévié (dérivé): _____ 17

III - 2 -3 Trafic induit : _____ 17

III - 2 -4 Trafic total : _____ 17

III - 2 -5 Analyse de trafic : _____ 17

III - 3 Calcul de la capacité : _____ **17**

III - 3 -1 Définition : _____ 17

III - 3 -2 Projection futur du trafic : _____ 18

III - 3 -3 Calcul de trafic effectif : _____ 18

III - 3 -4 Débit de pointe horaire normal : _____ 18

III - 3 -1 Débit horaire admissible : _____ 19

III - 3 -2 Calcul de nombre de voies : _____ 20

Cas d'une chaussée bidirectionnelle : On compare Q_a Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir : _____ 20

III - 4 Application au projet : _____ **21**

Conclusion : _____ **22**

Chapitre IV _____ **23**

Dimensionnement du corps de chaussée. _____ **23**

IV - 1 Introduction : _____ **24**

IV - 2 Principe de la constitution des chaussées : _____ **24**

IV - 3 Les différents types des chaussées : _____ **24**

IV - 3 -1 Les différentes catégories de chaussée : _____ 24

IV - 4 Les facteurs déterminants pour les études du dimensionnement de chaussée : _____ **26**

IV - 4 -1 Le trafic : _____ 26

IV - 4 -2 L'environnement : _____ 26

IV - 4 -3 Le sol support : _____ 27

IV - 4 -4 Les matériaux : _____ 27

IV - 5 Les principales méthodes de dimensionnement : _____ **27**

IV - 5 -1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio): _____ 27

IV - 5 -2 Méthode du catalogue des structures : _____ 29

IV - 5 -3 Méthode A.A.S.H.O: (American Association of State Highway Officials): _____ 30

IV - 5 -4 Méthode d'ASPHALT INSTITUTE : _____ 30

IV - 5 -5 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) : _____ 30

IV - 5 -6 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves _____ 30

IV - 6 Application au projet :	32
IV - 6 -1 Méthode C.B.R :	32
IV - 6 -2 La méthode de catalogue :	33
IV - 6 -3 Durée de vie :	35
IV - 6 -4 Choix de différentes couches constituée de la chaussée :	35
IV - 6 -5 Choix de dimensionnement	35
IV - 7 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :	35
Conclusion :	37
<i>Chapitre V</i>	39
<i>Impact sur l'environnement.</i>	39
V - 1 Introduction :	40
V - 2 Objectifs :	40
V - 3 L'étude d'impact sur l'environnement :	40
V - 4 Effets sur les ressources naturelles et sur les écosystèmes:	41
V - 4 -1 L'air :	41
V - 4 -2 L'eau :	41
V - 4 -3 La faune et la flore :	42
V - 5 Effet sur le cadre et la qualité de la vie :	42
V - 5 -1 Le Bruit :	42
V - 6 Effets sur les activités humains :	43
V - 7 Mesures préventives de lutter contre les ressources naturelles:	43
V - 7 -1 Solutions pour la pollution de l'air :	43
V - 7 -2 Solution pour la pollution de l'eau :	43
V - 7 -3 Mesure de sécurités de la faune :	43
V - 7 -4 Moyens de lutte contre le bruit routier :	44
Conclusion :	44
<i>Chapitre VI</i>	45
<i>Caractéristiques géométriques.</i>	45
VI - 1 - Introduction :	47
VI - 2 -Règles à respecter dans le tracé en plan :	47
VI - 3 Les éléments du tracé en plan :	47
VI - 3 -1 Les droites (alignements) :	48
VI - 3 -2 Les arcs de cercle	48
VI - 3 -3 Surlargeur :	49
VI - 3 -4 Les courbes de raccordement :	50

VI - 3 -5 Rôle et nécessité des courbes de raccordement :	50
VI - 3 -6 Types de courbe de raccordement:	50
VI - 3 -7 Les conditions de raccordement :	52
VI - 4 Combinaison des éléments de trace en plan :	53
VI - 4 -1 Courbe en S :	53
VI - 4 -2 Courbe à sommet :	53
VI - 4 -3 Courbe en C :	54
VI - 4 -1 Courbe en ovale:	54
VI - 5 La vitesse de référence (de base) :	55
VI - 5 -1 Choix de la vitesse de référence:	55
VI - 5 -2 Vitesse de projet:	55
Application au projet :	56
VI - 5 -3 construction de l'axe :	56
VI - 6 Introduction :	59
VI - 7 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :	59
VI - 8 Coordination du tracé en plan et profil en long :	59
VI - 9 Déclivités :	60
VI - 9 -1 Déclivité minimum :	60
VI - 9 -2 Déclivité maximum :	60
VI - 10 Raccordements en profil en long :	60
VI - 10 -1 Raccordements convexes (angle saillant) :	61
VI - 10 -2 Raccordements concaves (angle rentrant) :	62
VI - 11 La conception longitudinale :	62
VI - 12 Introduction :	65
VI - 13 Définition :	65
VI - 14 Eléments constitutifs du profil en travers:	65
VI - 15 Classification du profil en travers :	67
VI - 15 -1 Profil en travers type :	67
VI - 15 -2 Profil en travers courant	67
VI - 16 Conception transversale:	68
Conclusion :	70
<i>Chapitre VII</i>	<i>71</i>
<i>Cubature.</i>	<i>71</i>
VII - 1 Introduction :	72
VII - 2 Méthodes de calcul des cubatures :	72

VII - 2 -1 Formule de SARRAUS :	72
VII - 2 -2 Méthode linéaire :	74
VII - 2 -3 Méthode de GULDEN :	74
VII - 3 Calcul des cubatures de terrassement :	74
Conclusion :	75
Chapitre VIII	76
Assainissement.	76
VIII - 1 Introduction :	77
VIII - 2 Définition :	77
VIII - 3 Objectif de l'assainissement :	77
VIII - 4 Assainissement de la chaussée :	77
VIII - 5 Choix des ouvrages d'évacuation :	78
VIII - 6 Étapes de la conception d'une étude d'assainissement :	78
VIII - 7 Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :	79
VIII - 7 -1 Le débit d'apport Q_a :	79
VIII - 7 -2 Débit de saturation (Q_s) :	81
VIII - 8 Pente de pose des ouvrages :	82
VIII - 9 Application au projet :	82
Conclusion :	88
Chapitre IX	89
Signalisation routière.	89
IX - 1 Introduction :	90
IX - 2 Types de signalisation :	90
IX - 2 -1 La signalisation verticale :	90
IX - 2 -2 La signalisation routière horizontale :	90
IX - 2 -3 La signalisation temporaire :	92
IX - 3 Caractéristiques générales des marquages :	92
IX - 4 Les critères de conception de la signalisation :	92
IX - 5 Application au projet	93
Conclusion :	96
ANNEXES	101

Liste des figures

<i>Figure I- 1-Situation du projet sur la carte</i>	<i>3</i>
<i>Figure II- 1-Type de sol en fonction de la valeur « VBS ».</i>	<i>11</i>
<i>Figure II- 2-Photos des puits</i>	<i>12</i>
<i>Figure IV- 1-Les différentes catégories de chaussée</i>	<i>25</i>
<i>Figure IV- 2-Démarche du catalogue.</i>	<i>31</i>
<i>Figure IV- 3-Corps de chaussée</i>	<i>38</i>
<i>Figure VI- 1-Courbe de raccordement</i>	<i>50</i>
<i>Figure VI- 2-Eléments de la Clothoïde</i>	<i>51</i>
<i>Figure VI- 3-Courbe en S.</i>	<i>53</i>
<i>Figure VI- 4-Courbe en sommet.</i>	<i>54</i>
<i>Figure VI- 5-Courbe en C.</i>	<i>54</i>
<i>Figure VI- 6-Courbe en ovale.</i>	<i>55</i>
<i>Figure VI- 7-Triangulation et courbes de niveau</i>	<i>57</i>
<i>Figure VI- 8-Axe en plan</i>	<i>58</i>
<i>Figure VI- 9-Axe en plan</i>	<i>58</i>
<i>Figure VI- 10-Profil en long01</i>	<i>63</i>
<i>Figure VI- 11-Profil en long02</i>	<i>64</i>
<i>Figure VI- 12-Eléments constitutifs du profil en travers.</i>	<i>67</i>
<i>Figure VI- 13-Différents types de profil en travers.</i>	<i>68</i>
<i>Figure VI- 14-Perspective de la route.</i>	<i>69</i>
<i>Figure VI- 15-Profil en traves</i>	<i>69</i>
<i>Figure VI- 16-Perspective de la route.</i>	<i>69</i>
<i>Figure VII- 1-Surfaces de déblai et de remblai.</i>	<i>72</i>
<i>Figure VII- 2-Représentation de distance d'application.</i>	<i>73</i>
<i>Figure VII- 3-Profil en long d'un tracé donné.</i>	<i>73</i>
<i>Figure VIII- 1-Différents ouvrages d'assainissement.</i>	<i>78</i>
<i>Figure IX- 1-Flèche de signalisation.</i>	<i>92</i>
<i>Figure IX- 2-Les panneaux de direction</i>	<i>93</i>
<i>Figure IX- 3-Panneaux d'indication.</i>	<i>93</i>
<i>Figure IX- 4-Panneaux d'obligations.</i>	<i>94</i>
<i>Figure IX- 5-Panneaux d'interdictions.</i>	<i>94</i>

<i>Figure IX- 6-Lignes discontinues pour délimiter les voies.</i>	<u>95</u>
<i>Figure IX- 7-Lignes continues pour délimiter la chaussée.</i>	<u>95</u>
<i>Figure IX- 8-lignes jaunes discontinues pour délimiter la bande d'arrêt d'urgence</i>	<u>95</u>
<i>Figure IX- 9-Flèches pour les manœuvres des véhicules qui sont permises dans une voie donnée</i>	<u>96</u>

Liste des tableaux

<i>Tableau I- 1- Classification des sols selon Y_h et Y_d</i>	8
<i>Tableau II- 2-Valeurs usuelles de teneur en eau.</i>	8
<i>Tableau II- 3-Classification des sols selon le diamètre des grains.</i>	9
<i>Tableau II- 4-Classification des sols selon l'indice de plasticité IP.</i>	9
<i>Tableau II- 5-Classification de l'argilite d'un silt (limon) selon IP.</i>	9
<i>Tableau II- 6-a classe de portance des sols par ordre croissant.</i>	10
<i>Tableau II- 7-Description Lithologique des Puits de Reconnaissance.</i>	12
<i>Tableau II- 8-Caractéristique géométrique des matériaux et interprétation.</i>	13
<i>Tableau II- 9-Résultat des analyses chimiques et leurs interprétations.</i>	14
<i>Tableau III- 1-Coefficient d'équivalence.</i>	18
<i>Tableau III- 2-Valeurs de K_1</i>	19
<i>Tableau III- 3-Valeurs de K_2</i>	19
<i>Tableau III- 4-valeurs de la capacité théorique [Règlement B40].</i>	20
<i>Tableau IV- 1-Coefficient d'équivalence</i>	28
<i>Tableau IV- 2-Classes du trafic</i>	29
<i>Tableau IV- 3-Classes de sols.</i>	29
<i>Tableau IV- 4-Résultats de l'épaisseur obtenue.</i>	33
<i>Tableau IV- 5-Type de réseau principal.</i>	34
<i>Tableau IV- 6-Classe du trafic RPI.</i>	34
<i>Tableau IV- 7-Classes de la portance de sol-supports (C.T.T.P.).</i>	34
<i>Tableau VI- 1-Calcul des paramètres du projet.</i>	56
<i>Tableau VI- 2-Rayons convexes (angle saillant).</i>	62
<i>Tableau VI- 3-Rayons concaves (angle rentrant) (B40).Rayons concaves (angle rentrant) (B40).</i>	62
<i>Tableau VIII- 1-Valeurs des coefficients de ruissellement.</i>	79
<i>Tableau VIII- 2-Variable de gauss en fonction de la période de retour.</i>	80
<i>Tableau IX- 1-Modulations des lignes discontinues.</i>	91

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

Le réseau routier de l'Algérie est considéré comme l'un des plus importants dans le continent africain, d'une longueur de plus de 108302 km, répartie sur des Routes Nationale et des Chemins de Wilayas et des routes secondaires.

L'Algérie a développé ce réseau grâce au programme de modernisation des transports routiers et ferroviaires qui prévoit la réalisation de l'AutoRoute est-ouest de 1216 km , l'Autoroute des hauts plateaux de 1330 km et la réalisation de 1900 km de routes ;ainsi que la finition de la route transsaharienne (nord-sud).ce réseau atteint au total 112969km à l'année 2014.

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

C'est ainsi que, le schéma directeur routier national a prévu une voie express reliant (Ain El Hammam-Draa El Mizan) de 60 km de longueur, afin de renforcer le réseau routier local et régional de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Notre travail consiste à étudier un tronçon de cette voie dans la commune des Ouadhias, sur un linéaire de PK24+200 au PK 29+840 ; en respectant le couloir établi et approuvé par la direction des travaux publics de Tizi-Ouzou.

Les points essentiels de notre étude porteront sur les éléments suivants :

- Détermination du nombre de voie à l'aide des données relatives au trafic.
- La conception d'un tracé en plan, profil en long et en travers de la route avec le logiciel PISTE.05.
- Le dimensionnement du corps de chaussée.
- L'assainissement de la route.
- Calcul des cubatures.

Chapitre I

Présentation du projet

I - 1 Introduction :

La direction des travaux publics de la wilaya de Tizi-Ouzou prévoit de réaliser une voie express reliant Draa el Mizan - Ain el Hammam, dans le cadre du développement des infrastructures et de la promotion du commerce interrégional.

Notre travail consiste à étudier un tronçon d'environ de **6 km** qui traversera la région des Ouadhias.

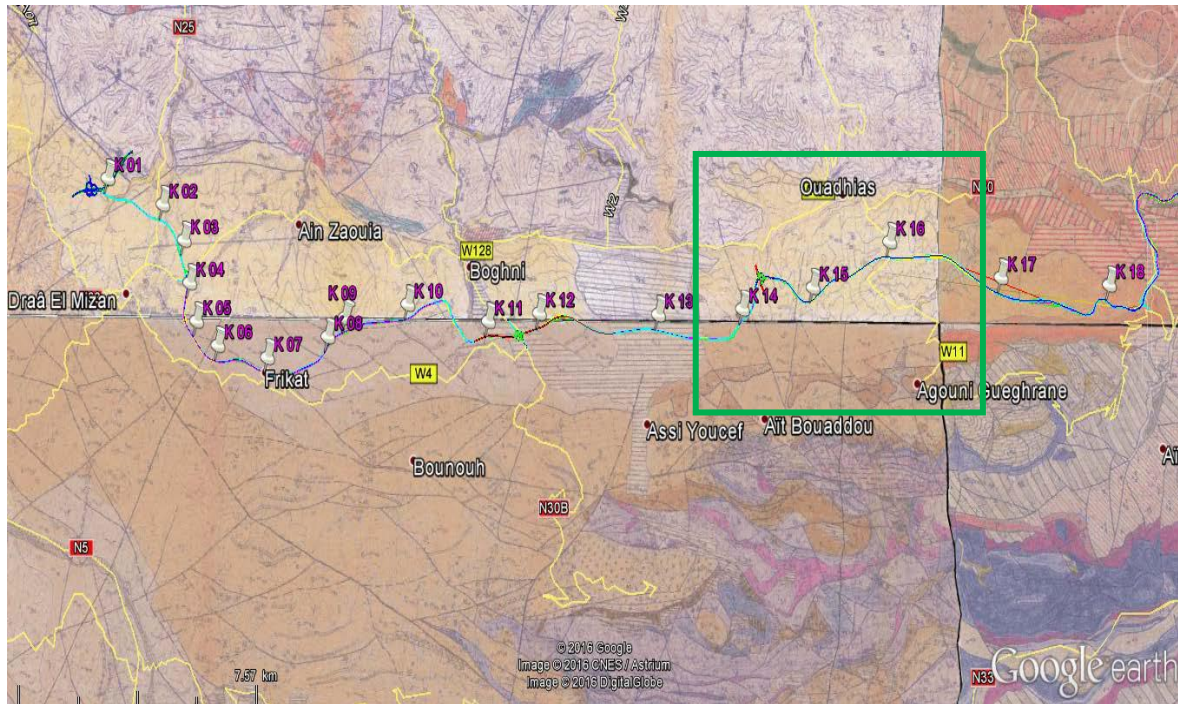


Figure I-1-Situation du projet sur la carte

I - 2 Présentation du projet :

Dans le cadre du projet de fin d'études, La Direction des travaux publics (DTP) de Tizi-Ouzou nous a confié l'étude du projet de la réalisation d'une voie express reliant Ain el Hammam – Draa El Mizan fait partie du grand chantier des bretelles d'autoroute et s'étend sur 60 km. Leurs caractéristiques géométriques sont constituées de 2x2voies correspondant une largeur de 22 m. Ce projet touche plusieurs municipalités à savoir Draa el Mizan, Ain Zaouïa, Mechtras, Tizi N'thlata, Ouadhias, Ait Toudert, Béni Yenni, et Ain el Hammam. Le projet compte un nombre important d'ouvrages d'art et viaducs, soit vingt et un (21) au total ; dont trois (03) échangeurs pour assurer la liaison vers d'autres axes routiers (pénétrante, rocade sud, RN30, RN30B, etc) ; quinze passages ; dont quatorze supérieure et un inférieur, ainsi que trois viaducs sur Oueds et un tunnel sont prévus au franchissement d'un massif rocheux

Le tracé de cette voie est subdivisé en 03 tronçon ou sections qui sont ;

- Section 01 : DRAA EL MIZANE – BOUGHNI
- Section 02 : BOUGHNI – OUADHIAS
- Section 03 : OUADHIAS –Izzarouken.

I - 3 Situation géographique :

Ouadhias est une municipalité algérienne, située à 35 km au sud de la wilaya de Tizi-Ouzou, couvre une superficie de 139.54 km² avec 73549 habitants d'après le dernier recensement en 2015.

Le réseau routier de cette région se caractérise par un paradoxe : en ville, le réseau est dégradé mais spacieux, dans les villages, il est étroit mais bien entretenu.

I - 4 Objectifs du projet :

La croissance démographique dans le massif du Djurdjura, donne la nécessité de construire cet axe afin de renforcer le réseau routier local et régional, ce qui est l'intention de notre projet de fin de d'étude. Ainsi pour évoquer des objectifs tels que :

- Offrir une liaison plus rapide et plus directe entre les différentes localités de la zone étudiée ;
- Mettre en valeur des attraits touristiques et récréatifs de la région par le biais de la consolidation d'un axe de développement et en accélérant les communications ;

- Pallier les déficiences géométriques et de la circulation routière (manque de visibilité, le passage forcé au cœur des localités ...)
- Favoriser la mobilité douce et réduire la dépendance au trafic motorisé.
- Soutenir les objectifs de développement économique, non seulement de la zone étudiée, mais également de la Wilaya en générale.

I - 5 Caractéristiques du projet :

- Le projet se caractérise par :
- Une route à deux chaussées unidirectionnelles avec un relief montagneux (2x2voies) de 3.5 m chacune.
- Un terrain plus ou moins vallonné jusqu'à la fin du projet.
- Une région qui contient des terrains fluviaux, et des produits alluvionnaires représenté par des limons sableux de pente blocs et cailloux notamment entre Ouadhias et Boghni.

Chapitre II

Reconnaitances des terrains

II - 1 Introduction

Dans le cadre de l'étude pour la réalisation d'une voie express reliant Ain el hammam-Draa El Mizan dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur 60km, un programme d'investigation géotechnique a été élaboré, faisant l'objet du présent chapitre.

Le programme de reconnaissance géotechnique permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région .Une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

II - 2 Utilité de l'étude géotechnique

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.

II - 3 Etude géologique

L'étude géologique s'avère d'une importance indiscutable, et doit intervenir bien en amont de toute étude pour contribuer au choix du tracé, à détecter ses points critiques (durs), et à bien connaître la nature du terrain qui servira d'assise pour le projet, afin d'éviter ou du moins limiter d'éventuels problèmes pouvant se poser en phase de réalisation ou après la mise en service.

Du point de vue géologique, la région d'étude est constituée de plaines longilignes fertiles faiblement vallonnées. Elle se présente comme une étroite dépression enclavée entre les versants sud des monts du massif central et nord du Djurdjura, les principales formations rencontrées dans la région sont essentiellement des marnes et des argiles pâteuses avec des épaisseurs importantes.

II - 4 Etude hydrologique

La région d'étude est une région à forte hydrographie, elle est dominée par l'Oued Sebaou qui recueille à travers ses affluents l'essentiel des eaux en provenance du Djurdjura. Le massif central, le Djurdjura et même la chaîne côtière sont littéralement entaillés par de nombreuses rivières à l'importance socio-économique évidente parmi lesquelles nous citerons principalement : Oued-Boubehir, Oued Djemaa, Oued-Bougdoura, Assif-Ousserdhoun et Assif-El Hammam.

II - 5 Etude géotechnique

Cette étude nous permet de classer notre sol en donnant leurs caractéristiques chimiques, mécaniques et physiques.

II - 6 Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

II - 6 -1 Essais physiques

- Mesure des densités sèches (γ_s), humides (γ_h) et la teneur en eau (W_n).
- Analyse granulométrique.
- Limite d'Atterberg pour déterminer la limite de plasticité (W_p), la limite de liquidité (W_L) et l'indice de plasticité (I_p).

II - 6 -2 Essais mécaniques

- Essai Proctor.
- Essai de poinçonnement (CBR).

II - 6 -3 Essais chimiques

- Essai au bleu de méthylène (VBS).
- Analyse sommaire chimique.

II - 7 Les essais d'identification

Identifier un sol consiste à le classer grâce à des mesures quantitatives et à lui donner un nom afin de le rattacher à un groupe de sols de caractéristiques semblables.

II - 7 -1 Essais physiques

a La densité

Cet essai permet d'obtenir l'une des plus importantes caractéristiques physiques d'un sol sous plusieurs formes, on site parmi ces formes :

- ❖ **Densité humide** : c'est le poids volumique apparent du sol humide ; elle est obtenue par la relation suivante : $\gamma_h = w/v$

Avec : w : poids de l'échantillon humide.

v : volume total.

- ❖ **Densité sèche** : c'est le poids volumique apparent du sol sec ; elle est obtenue par la relation suivante : $\gamma_s = w_s/v$

Avec : w_s : poids de l'échantillon sec.
 v : volume total.

Nature du sol	γ_h	γ_d
Sable	17 à 20 KN/m ³	14 à 18 KN/m ³
Argile	16 à 22 KN/m ³	10 à 20 KN/m ³
Tourbe	13 à 17 KN/m ³	03 à 10 KN/m ³

Tableau II- 1-Classification des sols selon γ_h et γ_d

b La teneur en eau

La teneur en eau d'un sol est le rapport du poids d'eau contenu dans ce sol au poids du ses grains sec, elle est définie en pourcentage (%)

$$\text{Soit : } W_n(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Avec : W_w : Poids de l'eau dans l'échantillon

W_s :Poids des grains sec.

Teneur en eau %	Etat
01-25 %	Légèrement humide
25-50 %	Humide
50-75 %	Mouillé
75-90 %	Détrempé
100 %	Saturé

Tableau II- 2-Valeurs usuelles de teneur en eau.

c Analyse granulométrique

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur ; ses résultats sont donnés sous la forme d'une courbe granulométrique, cette analyse se fait en général par un tamisage.

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension supérieure à 80 μ m et par sédimentation pour les « fines » de dimension inférieure à 80 μ m.

Granulométrie	Classification
$d < 2\mu\text{m}$	Argile
$2\mu\text{m} \leq d < 20\mu\text{m}$	Limon
$20\mu\text{m} \leq d < 200\mu\text{m}$	sable fin
$0,2\text{mm} \leq d < 2\text{mm}$	sable grossier
$2\text{mm} \leq d < 20\text{mm}$	Gravier
$20\text{mm} \leq d < 50\text{mm}$	Cailloux
$d \geq 50\text{mm}$	Blocs

Tableau II- 3-Classification des sols selon le diamètre des grains.

d Limite d'Atterberg

Les limites d'Atterberg caractérisent le comportement des sols fins en présence d'eau.

En pratique, on détermine, à l'aide de l'appareil de casagrande :

- **Limite de plasticité (W_p)** : caractérise le passage du sol de l'état solide (ou presque) à l'état plastique.
- **Limite de liquidité (W_L)** : caractérise le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide du sol.
- **l'indice de liquidité (I_p)** : est défini comme étant la différence des deux paramètres précédents, soit : $I_p = W_L - W_p$, le diagramme de casagrande permet la classification des sols fins à partir de ces paramètres.

Indice de plasticité	Type du sol
$I_p < 1$	Sol pulvérulent
$1 \leq I_p \leq 7$	Sable argileux
$7 \leq I_p \leq 17$	Argile sablonneuse
$17 \leq I_p$	Argile

Tableau II- 4-Classification des sols selon l'indice de plasticité IP.

Indice de plasticité	Degré de plasticité
$0 \leq I_p \leq 5$	Non plastique (l'essai perd sa signification dans cette zone de valeur)
$5 \leq I_p \leq 15$	Moyennement plastique
$15 \leq I_p \leq 40$	Plastique
$40 \leq I_p$	Très plastique

Tableau II- 5-Classification de l'argilite d'un silt (limon) selon IP.

II - 7 -2 Essais mécaniques

a Essai Proctor

L'essai Proctor est un essai qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol par compactage à une énergie fixée (poids de dame, nombre de coups et dimensions normés). A cette densité maximum correspond une teneur en eau appelée teneur en eau optimum Proctor (w_{opt}).

Les caractéristiques de compactage Proctor d'un matériau sont déterminées à partir des essais dits :

- **L'essai Proctor Normal** : réalisé avec la dame normale (petite dame), quel que soit le moule ; il est utilisé en construction de remblais en grande masse (barrages, remblais routiers.....).
- **L'essai Proctor Modifié** : réalisé avec la dame modifiée (grande dame), quel que soit le moule ; il est utilisé en couches de chaussées.

b Essai de poinçonnement (CBR)

L'essai CBR (Californian Bearing Ratio) est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner le corps de chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les Échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec 3 énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant 4 jours.

Portance (Si)	CBR	Interprétation
S4	<5	Très mauvaise portance
S3	5-10	Mauvaise portance
S2	10-25	Portance moyenne
S1	25-40	Bonne portance
S0	>40	Très bonne portance

Tableau II- 6- classe de portance des sols par ordre croissant.

II - 7 -3 Essais chimiques

a Essai au bleu de méthylène (VBS)

L'essai au bleu de méthylène, ou « essai au bleu », est utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sol ; il consiste à déterminer la quantité de particules argileuses présentes dans l'échantillon mesurant sa capacité d'adsorption des molécules de bleu de méthylène.

On Calcule la valeur au bleu du sol (VBS) en appliquant la formule Suivante: $VBS = \frac{B}{m_s} \times C \times 100$

Avec : **B** : masse de bleu introduite dans le bêcher (en gramme).

m_s : masse sèche de la prise d'essai (en gramme).

C : proposition de 0/5 mm soumise à l'essai dans la fraction 0/50mm du matériau sec.

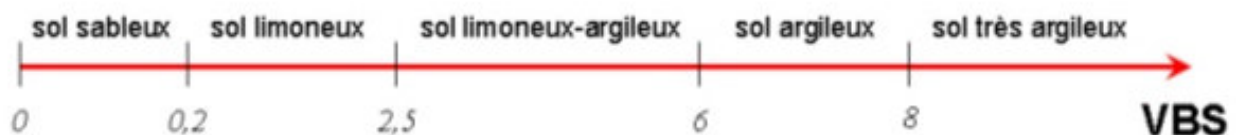


Figure II- 1-Type de sol en fonction de la valeur « VBS ».

II - 7 -4 Analyse sommaire chimique

L'analyse chimique sommaire (ou bien complète) permet de déterminer les constituants minéralogiques d'un sol ainsi que son agressivité.

II - 8 Conditions d'utilisation des sols en Remblais

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > **80 mm**.
- Matériaux plastique **I_p > 20%** ou organique.
- Matériaux gélifs.
- Sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

II - 9 Interprétation des résultats :

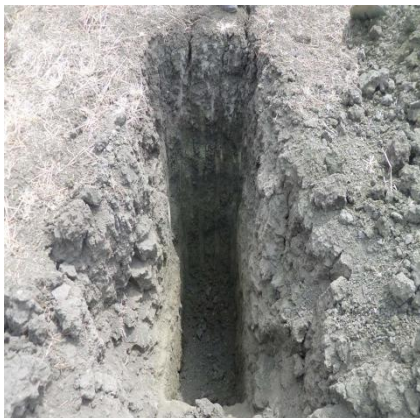
Après avoir effectué les essais nécessaires pour décrire les caractéristiques géométriques du tracé de notre projet, ces essais sont interprétés comme suit :

II - 9 -1 Puits de reconnaissance

Les puits réalisés le long du tracé, au nombre de 3, ont été répartis comme suit :

Puits	PK	Profondeur (m)	Lithologie
K14	24+200	0.0 – 0.50	Terre végétale.
		0.50 – 3.10	Argiles marneuses verdâtres.
K15	27+300	0.0 – 0.50	Terre végétale.
		0.5 – 2.50	Marne argileuse gréseux jaunâtre.
K16	29+840	0.0 – 0.60	Terre végétale.
		0.0 – 2.60	Marne argileuse grisâtre
		≥ 2.60	Marne argileuse débit en paillettes verdâtre friable

Tableau II- 7-Description Lithologique des Puits de Reconnaissance.



Puits 14



puits 15



puits 16

Figure II- 2-Photos des puits

II - 9 -2 Au laboratoire

L'ensemble des résultats des essais de laboratoire réalisés à l'aide d'échantillons intacts prélevés en sondage carotté réalisés sur site, sont présentés sous forme de tableaux regroupés par sondage, ci-dessous :

Sc N°	Profondeur (m)	Identification	Proctor			Limite d'Atterberg			Granulométrie			CBR	Classification GTR
			W_n	W_{opt}	γ_{dmax}	W_L	W_P	I_P	50 Mm	2 mm	80 μ m		
K14	0.00– 2.50	27.67	18	1.65	64	37	27	≤	96	89	0.67	A3	
K15	0.00– 2.50	21.56	19.3	1.64	69	43	26	≤	96	72	0.79	A3	
K16	0.00– 2.50	26.27	12.5	1.83	51	31	19	≤	98	55	1.12	A2	

Tableau II- 8- Caractéristiques géométriques des matériaux et interprétation.

⇒ **La Classification des sols selon le guide des terrassements routiers (GTR) :** Classe (A2, A3) : sols fins (limons, argiles).

II - 9 -3 Granulométrie

Les résultats des essais granulométriques effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissances montrent, que les sols recensés sont des sols fins (argile marneuse D max ≤ 50 mm ; tamisât à $80\mu\text{m} > 35\%$).

II - 9 -4 La Plasticité et la teneur en eau

En terme de plasticité ; les sols pris des puits K14, K15, K16 sont des sols plastiques ($19 \leq IP \leq 29$).

Les matériaux présentent un état hydrique, sec à humide, ils pourront être réutilisés en remblais courant de hauteur moyenne, en adaptant le compactage à la nature et l'état hydrique des matériaux selon les recommandations du guide des terrassements routiers GTR. Les valeurs de la teneur en eau des sols mesurées au moment de la campagne géotechnique, sont de plus fortement susceptibles d'évoluer dans le temps en fonction de la saison des travaux.

Le réemploi des déblais ne serait donc réaliste qu'en conditions météorologiques très favorables et après essorage et séchage si nécessaire, sous réserve d'analyse au laboratoire spécifique avec contrôle rigoureux de la mise en œuvre

II - 9 -5 La densité Proctor et l'indice CBR

Au vu des résultats obtenus, on peut déduire que les matériaux étudiés présentent les caractéristiques ci-après :

- La densité sèche de l'optimum obtenue après compactage est de 1640 à 1920 kg/m^3 , pour une teneur en eau de 16 à 21% selon la nature des sols.
- Les indices CBR à 95% de l'optimum, obtenus après 4 jours d'imbibition, montrent que la majorité des sols est de très faible portance (classe de portance de type S_4). Les valeurs obtenues sont inférieures à 5 pour les argiles et les argiles marneuses.

II - 9 -6 Analyses chimiques :

Les résultats des analyses chimiques sommaires effectuées sur quelques échantillons de sol ainsi que leurs interprétations sont présentés dans le tableau suivant :

Nature géologique	Sondage PK	Composants en %			
		Carbonates (CaCO ₃)	Interprétation	Sulfates (CaSO ₄)	Interprétation
Argile marneuse	PK 14+038	11.42%	Sol peu Carbonaté	0.140	Faiblement agressif
Argile marneuse	PK 37+260	21.42%	Sol peu Carbonaté	0.453	Faiblement agressif

Tableau II- 9-Résultat des analyses chimiques et leurs interprétations.

⇒ Le risque d'agressivité du sol vis-à-vis des fondations des ouvrages d'art et dalots est à écarter.

Conclusion

A la lumière des résultats des essais au laboratoire et des sondages carottés, on peut dire qu'il s'agit d'un sol fin argile-marneuse.

Tous les sols sont de faible portance (classe de portance S4) ; au vu de l'analyse du profil en long géotechnique, la solution technico-économique la plus favorable serait d'adopter une plate-forme qui correspond à une classe de portance S2. Dans les tronçons en déblais, les sols seront purgés et substitués d'une façon à obtenir un sol de portance S2, de même pour les remblais.

Chapitre III

Etude du trafic

III - 1 Introduction :

L'étude de trafic est un élément de base de tout projet d'infrastructures routières, car le dimensionnement de la chaussée (largeur; épaisseur) est lié étroitement à cette sollicitation ;

Cette étude permet de :

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

III - 2 Différents types de trafics :

On distingue quatre types de trafic :

III - 2 -1 Trafic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement indépendamment du nouveau projet.

III - 2 -2 Trafic dévié (dérivé):

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

III - 2 -3 Trafic induit :

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

III - 2 -4 Trafic total :

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

III - 2 -5 Analyse de trafic :

Pour 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 approprié.

Les éléments de ces analyses sont :

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

III - 3 Calcul de la capacité :

III - 3 -1 Définition :

La capacité d'une route est le nombre maximal de véhicules prévu à voir circuler dans une section donnée, dans une direction donnée et pendant une période de temps définie ; elle est en fonction du nombre de voies de circulation, de la largeur de ces voies, du dégagement latéral, de la pente, du pourcentage de camions et d'autobus, de la visibilité et du contrôle des accès.

III - 3 -2 Projection futur du trafic :

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

$$TJMA_h = TJMA_0(1 + \tau)^n$$

Avec :

$TJMA_h$: Le trafic à l'année horizon.

$TJMA_0$: Le trafic à l'année de référence.

τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

n : Nombre d'année.

III - 3 -3 Calcul de trafic effectif :

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

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_h$$

Avec :

T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (u.v.p).

z : Pourcentage de poids lourd (%)

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

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

Tableau III- 1-Coefficient d'équivalence.

III - 3 -4 Débit de pointe horaire normal :

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

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

Avec :

Q : Débit de pointe horaire ; [uvp/h]

n : Nombre d'heure, (en général $n=8$ heures) d'après le B40.

On prend $(1/n)=0.12$;

T_{eff} : Trafic effectif.

III - 3 -1 Débit horaire admissible :

On détermine le débit horaire admissible par application de la formule suivante :

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$$

Avec :

K_1 : Coefficient dépendant de 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 de K1

K_2	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
Environnement					
$E1$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$E2$	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
$E3$	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau III- 3-Valeurs de K2

Capacités théoriques en UVP/h									
Dégagement Latéral	Largeur de chaussée unique								Deux chaussées : Autoroute ou route express (2)
	4m	2 voies			3 voies		4 voies (1)		
		5m	6m	7m	9m	10.5m	12m	14m	
1,80 et plus	1100	1300	16000	1900	2600	3200	300-4500*	3400-5100*	1800-5400*
1.20	1000	1200	1500	1700	2400	3000	2950-4400*	3300-5000*	1750-5300*
0.6	X	1100	1350	1500	2200	2700	2900-4300*	3200-4800*	1700-5100*
0.00	X	X	1200	1200	2000	2400	2650-4000*	3000 - 4500	1500-4500*

Tableau III- 4-valeurs de la capacité théorique [Règlement B40].

(1) : pour sens de la circulation sur route à 2x2 voies ;

Valeur avec* : capacité pour les deux sens.

(2) : Capacité pour une seule voie de 3.50m ;

Valeur avec * : capacité pour les deux sens réunis.

(X) : capacité non applicable.

III - 3 -2 Calcul de nombre de voies :

Cas d'une chaussée bidirectionnelle : On compare Q à Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir :

$$Q_{adm} \geq Q \Rightarrow K_1 K_2 \geq C_{th} \Rightarrow C_{th} \geq \frac{Q}{K_1 K_2}$$

➤ Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

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

Avec :

S : Coefficient de dissymétrie en général =2/3

Q_{adm} :Débit admissible par voie.

III - 4 Application au projet :

a Données de trafics :

En se basant sur les données de trafic effectué par la société d'études technique de Sétif S.E.T.S (Année 2007) pour la région de Tizi-Ouzou s'agissant de la RN30, nous avons :

- Le trafic à l'année 2015 : $TJMA_{2015}=3771$ V/h
- Le taux d'accroissement annuel de trafic : $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé : $V_B=80$ Km/h
- Le pourcentage de poids lourds : $PL=35\%$
- L'année de mise en service sera en 2025
- La durée de vie de la route (20 ans).
- Le coefficient d'équivalence de poids lourd : $P=6$ (Route à **bonnes caractéristiques ; environnement E2**)

b Calcul de TJMA a l'horizon :

$$TJMA_{2025} = TJMA_{2015}(1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2025}=3771.(1 + 0.04)^{10}$$

$$TJMA_{2025}=5582\text{V/h}$$

$$TJMA_{2045}=5582.(1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2045} = 12230 \text{ V/h}$$

c Calcul des trafics effectifs :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ].TJMA_h$$

$$T_{eff} = [(1 - 0.35) + 6 \times 0.35].12230$$

$$T_{eff}=33634 \text{ V/h}$$

d Débit de pointe horaire normal :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right).T_{eff} \text{ Avec : } (1/n : \text{coefficient de pointe prise égale à } 0.12)$$

$$Q = \left(\frac{1}{0.12}\right).33634 \Rightarrow Q = 4036 \text{ uvp/h}$$

e Calcul du débit admissible :

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{Environnement E2} \\ \text{categorie C2} \end{array} \right\} \text{Et} \left\{ \begin{array}{l} K1 = 0.85 \\ K2 = 0.99 \end{array} \right\}$$

$$Q_{adm} \geq Q \Rightarrow K_1 K_2 \geq C_{th} \Rightarrow C_{th} \geq \frac{Q}{K_1 K_2}$$

$$C_{th} \geq \frac{Q}{K_1 K_2} = \frac{4036}{0.85 \times 0.99}$$

$$C_{th} \geq 4796 \text{ uvp/h}$$

D'après le règlement B40 (la capacité des routes (en uvp/heure) suivant la largeur de la chaussée et les dégagements latéraux), on prend : $C_{th} = 5100 \text{ uvp/h}$ qui représente la capacité pour les deux sens réunis.

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times \frac{5100}{2}$$

$$Q_{adm} = 2145 \text{ uvp/h}$$

f Détermination de nombre de voies :

$$N = S \times \frac{Q_{2045}}{Q_{adm}} \Rightarrow \frac{2}{3} \times \frac{4036}{2145} = 1.25$$

$$\underline{N=2 \text{ voies/sens}}$$

g Résultats de calcul :

$TJMA_{2015}$ V/j	$TJMA_{2025}$ V/j	$TJMA_{2045}$ V/j	T_{eff} V/j	Q_{2045} uvp/h	Q_{adm} uvp/h	N ^{bre} De voies
3771	5582	12230	33645	4036	2145	2

Conclusion :

La capacité théorique de notre projet est de $C_{th} = 2550 \text{ uvp/h}$.

D'après le **B40** On opte pour une route :

- Express (autoroute de 2×2 voie).
- Largeur utile de voies de 3,5 m.
- 2 accotements de 3.25 m
- Terre-plein central (TPC) de 1.5 m.
- Largeur totale de la route 22m.

Chapitre IV

***Dimensionnement du corps de
chaussée.***

IV - 1 Introduction :

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier. Il s'agit simultanément de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Afin d'assurer de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie. Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants : Le trafic, l'environnement de la route (le climat essentiellement) et le sol support. Dans notre étude, on examinera les différentes méthodes de dimensionnements avec une application au projet.

IV - 2 Principe de la constitution des chaussées :

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

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

IV - 3 Les différents types des chaussées :

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories (les détails sont mentionnés dans le premier chapitre) :

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

IV - 3 -1 Les différentes catégories de chaussée :

Il existe deux catégories de chaussées:

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

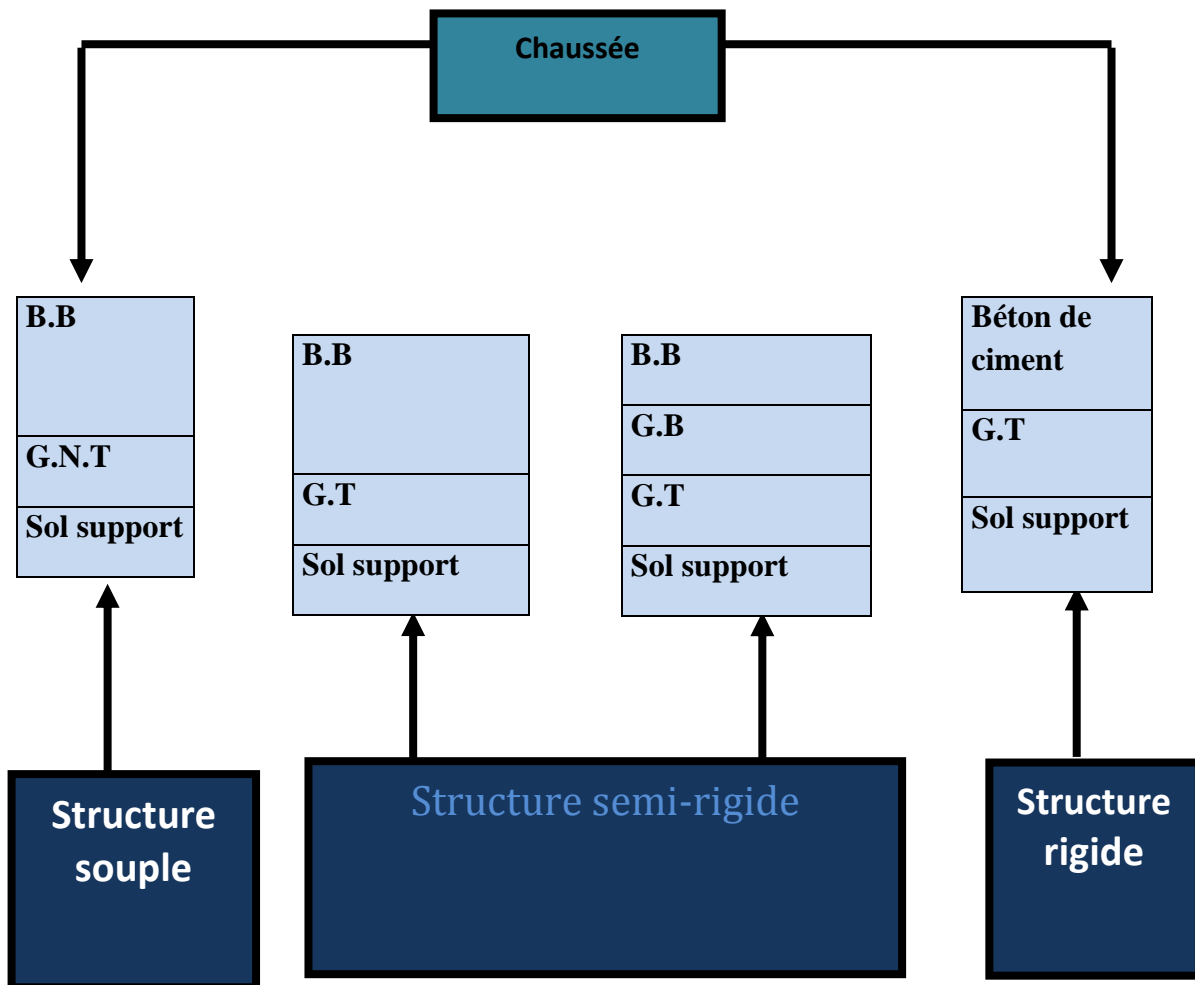


Figure IV- 1-Les différentes catégories de chaussée

GB : grave bitume

GT : grave traitée.

G.N.T : grave non traitée.

BB : béton bitumineux.

IV - 4 Les facteurs déterminants pour les études du dimensionnement de chaussée :

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

IV - 4 -1 Le trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement les poids lourds (véhicules supérieur à 3.5t). Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèque pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

- Le trafic des poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptage sur les voies existantes.
- Le trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N=T. A. C$$

Avec :

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul : $C = [(1+\tau)^P - 1] / \tau$.

Avec : τ : taux d'accroissement du trafic.

P : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

IV - 4 -2 L'environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

IV - 4 -3 Le sol support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé «plate-forme support de chaussée» constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

- De la nature de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme

IV - 4 -4 Les matériaux :

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

IV - 5 Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

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

IV - 5 -1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90% à 100%) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de **BOUSSINEQ**, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR. La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après:

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

Avec: e : épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

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

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e_{eq} = \sum_i^n e_i \times a_i$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où: a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

Et: e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau IV- 1-Coefficient d'équivalence

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e_1 » et « e_2 » et on calcule « e_3 ». Généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6- 8 cm

GB= 10 - 20 cm GC =15 -25 cm

GE =15-30 cm

TVO= 25cm et plus.

IV - 5 -2 Méthode des catalogues des structures :

Cette méthode dérivée du règlement algérien B60-B61 et elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20ème année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

a Détermination de la classe de trafic :

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

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

Tableau IV- 2-Classes du trafic

Le trafic cumulé est donné par la formule : $T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365$

Avec : T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service

n : durée de vie ($n = 20$ ans).

b Détermination de la classe du sol :

Le sol doit être classé selon la valeur de l'indice CBR de densité Proctor modifié Maximal :

Classe de sol	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

Tableau IV- 3-Classes de sols.

IV - 5 -3 Méthode A.A.S.H.O: (American Association of State Highway Officials):

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales. Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- L'influence des charges et de leur répétition.

IV - 5 -4 Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :

Elle est basée sur les résultats obtenus des essais «AASHO », on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches. L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue.

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

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

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

Avec :

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

$TJMA$ = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente e (en fonction de T_{eq} , I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C. L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

IV - 5 -6 Méthode des catalogues de dimensionnement des chaussées neuves

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches : Approche théorique et l'approche empirique.

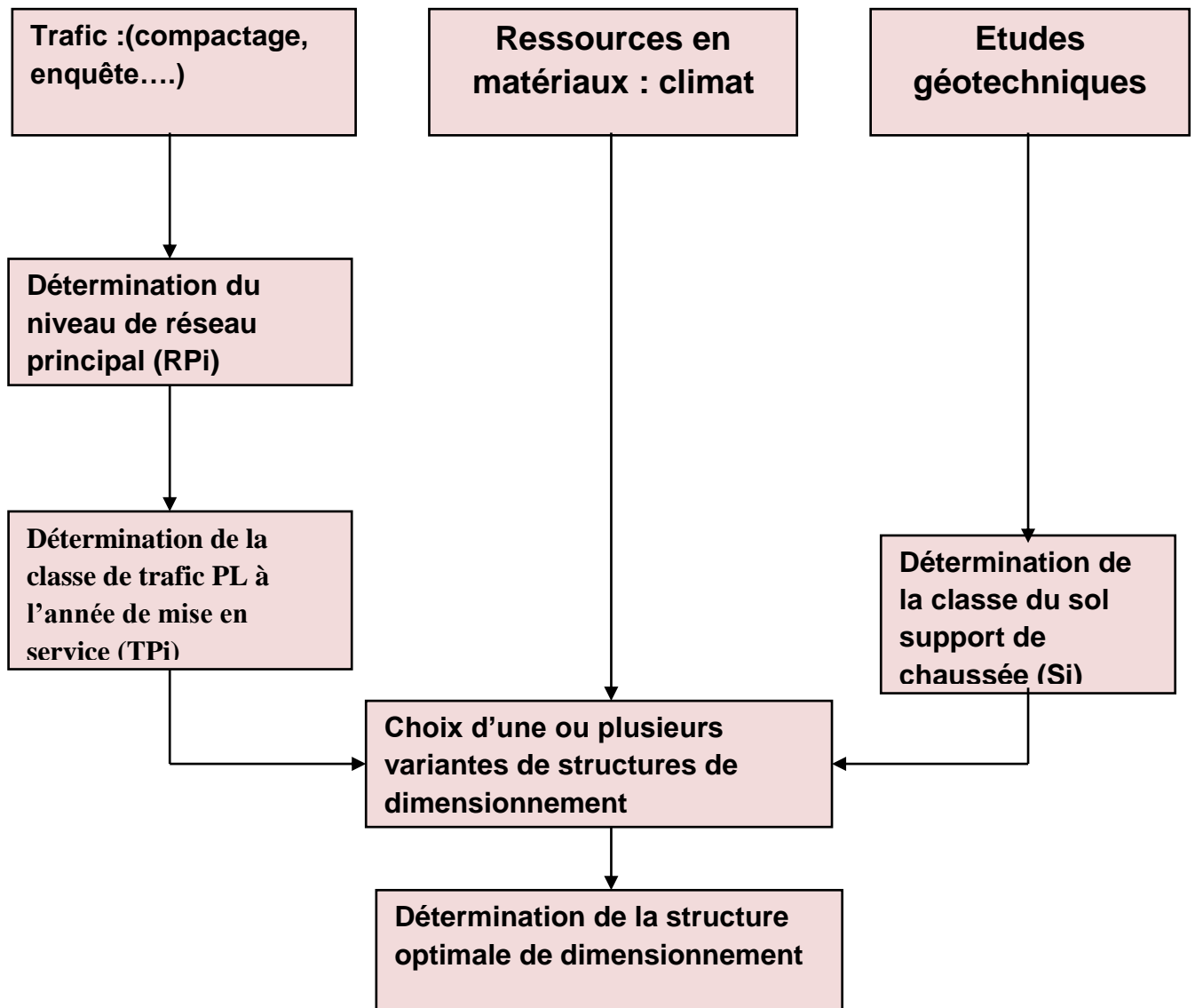


Figure IV- 2-Démarche du catalogue.

Cette méthode se base essentiellement sur quatre (4) paramètres :

- v Le trafic
- v La portance du sol support de la chaussée
- v Zone climatique
- v Matériaux

IV - 6 Application au projet :

Caractéristiques du sol support :

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de CBR < 5 (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S4. On prévoit une couche de forme en matériaux non traités pour améliorer la portance du sol support ; avec indice CBR d'ordre 10 ; afin de viser le sol support S2. Dans la suite du présent travail, les calculs se feront en tenant compte de l'indice CBR supposé après amélioration du sol

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux méthodes qui sont :

- La méthode CBR.
- La méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (catalogue algérien).

IV - 6 -1 Méthode C.B.R :

Calcul de l'épaisseur équivalente (Pour notre projet nous avons) :

- $TJMA_{2045} = 12230v/j$.
- $PL = 35\%$.
- $ICBR = 0.67$ (avant amélioration du sol)
- $ICBR = 10$ (après amélioration du sol)
- $N(PL) = 12230 * 0.35 = 4280 \text{ PL}/j$.
- Chaussée unidirectionnelle à 2 voies: 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- $N(PL) = 4280 * 0.90 = 3852 \text{ PL}/j/\text{sens}/\text{voie la plus chargé}$.

Calcul de l'épaisseur équivalent :

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \left(75 + 50 \log \frac{3852}{10} \right)}{10 + 5} = 41 \text{ cm}$$

$$e = 41 \text{ cm}$$

On a:

$$e_{eq} = \sum_i^n e_i \times a_i = a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + a_3 \cdot e_3$$

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e_1 et e_2 et on calcule e_3 , généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB: 5-8cm /GB: 10-20cm/ GC: 15-30cm

Calcul de l'épaisseur e_3 :

$e_1 = 6$ cm en béton bitumineux (BB)

$e_2 = 10$ cm en grave bitume (GB) avec : $\begin{cases} a_1 = 2,0. \\ a_2 = 1,4. \\ a_3 = 1,0. \end{cases}$

$$e_{eq} = 6 \times 2 + 10 \times 1,4 + 10 \times 1 \times e_3 = 41 \text{ cm.}$$

$$26 + e_3 = 41 \Rightarrow e_3 = 15 \text{ cm.}$$

Donc: $e_3 = 15$ cm de grave concassée.

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur Equivalente (cm)
BB	06	02	12
GB	10	1.4	14
GC	15	01	15
TOTAL	31		41

Tableau IV- 4-Résultats de l'épaisseur obtenue.

\Rightarrow Donc : notre structure comportera : **6BB+10GB+15GC**. Avec une couche de forme de **60 cm** en TUF (en deux couches).

IV - 6 -2 La méthode des catalogues :

❖ Données de l'étude :

- $TJMA_{2025} = 5582$ v/j. (année mise en service).
- $PL = 35\%$.
- Taux d'accroissement : $\tau = 4\%$.
- Durée de vie : 20 ans.

a Le trafic :

-Détermination du type de réseaux principaux :

On a la classification des réseaux principaux suivante :

On a: $TJMA_{2025} = 5582$ v/j > 1500 v/j.

\Rightarrow Donc le réseau principal est de niveau 1 (RP1).

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

Tableau IV- 5-Type de réseau principal.

Il s’agit d’une route express à deux chaussées unidirectionnelle (2*2) voies: 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.

b -Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1:

$TPL_{2025} = 5582/2 \times 90\% \times 35\% = 879 \text{ PL/j/sens/voie la plus chargé.}$

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/SENS	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau IV- 6-Classe du trafic RP1.

⇒ D’après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en **TPL5**.

c Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Notre sol est de classe **S4** ($I_{CBR} < 5$), donc on doit procéder à une amélioration du sol support en ajoutant une couche de forme de **60cm** en deux couches pour atteindre une classe de portance **S2**.

Pour le dimensionnement des structures, on distingue (4) classes de sols support à savoir (S3, S2, S1, S0). Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$E \text{ (MPa)} = 5 \times 10 = 50 \text{ (MPa)} \Rightarrow \text{S2.}$

Classes de sol support	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau IV- 7-Classes de la portance de sol-supports (C.T.T.P.).

d Détermination de la zone climatique :

D’après la carte de la zone climatique de l’Algérie, notre projet est dans la zone climatique (**I**)⇒ pluviométrie **>600mm/ans**. (Région de **Tizi-Ouzou**).

e Matériaux :

Les performances mécaniques des matériaux sont différentes et sont en fonction de leurs nature, on distingue les matériaux traités au bitume (**MTB**) et les matériaux non traité (**MNT**).

IV - 6 -3 Durée de vie :

Notre réseau principal est de classe RP1, et on a utilisé des matériaux traité au bitume, alors la durée de vie de notre chaussée est de **20 ans**

IV - 6 -4 Choix de différentes couches constitue de la chaussée :

Dans le cadre de notre projet pour **RP1**, et d'après le catalogue Algérien (**fascicule 3**) nous proposons la structure suivante :

- * Couche de roulement : **BB**.
- * Couche de base : **GB**.
- * Couche de fondation : **GNT**.

IV - 6 -5 Choix de dimensionnement

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **I**, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement (**4%**), portance de sol visée (**S2**) et une classe de trafic (**TPL5**). Avec toutes ces données et d'après le catalogue Algérien (**fascicule 3**) on a proposé la structure suivante:

- Couche de roulement : **BB = 6 cm**.
- Couche de base : **GB = 20 cm**.
- Couche de fondation : **GNT = 30 cm**.

IV - 7 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faudra vérifier que ε_t et ε_z calculées à l'aide d'**Alize III**, sont inférieures aux valeurs admissibles calculée c'est-à-dire respectivement à $\varepsilon_{t,adm}$, et $\varepsilon_{z,adm}$

$$e_z < e_{z,adm} \quad \text{Et} \quad e_t < e_{t,adm}$$

Avec :

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

ε_z : la déformation verticale sur le sol support.

a La déformation admissible au niveau du sol support :

On a: $e_{z,adm} = 22 * 10^{-3} * (TCEi)^{-0.235}$

Avec: $TCEi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times A$

$TPLi = 879 \text{ pl/j/sens.}$

$i = \text{taux d'accroissement } \tau = 4\%$

$A : \text{coefficient d'agressivité (pour RP1 } A = 0.6).$

$n = \text{durée de vie} = 20 \text{ ans.}$

$$TCEi = 879 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 0.6 = 5.73 \times 10^6$$

$$\Rightarrow e_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (5.73 \times 10^6)^{-0.235} = 567 \times 10^{-6}$$

b La déformation admissible pour les matériaux bitumineux (GB) :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{HZ}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Avec :

Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée

$$\Rightarrow Kne = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b \text{ (b : pente de la droite de fatigue).}$$

$K\theta$: facteur lié à la température $\Rightarrow K\theta = \sqrt{\frac{E(10^0\text{C})}{E(\theta_{eq})}}$

$E(10^0\text{C})$: Module complexe du matériau bitumineux.

$E(\theta_{eq})$: Température équivalente.

Kr : facteur lié au risque et aux dispersions. $\Rightarrow Kr = 10^{-tb\delta}$

t : fractile de la loi normale en fonction du risque adopté.

$$\delta : \text{Dispersion} \Rightarrow \delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}$$

Sn : dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : dispersion sur les épaisseurs (cm).

C : coefficient égal à 0.02.

Kc : facteur lié au calage des résultats de calcul avec le comportement observé sur chaussée.

- coefficient d'agressive **GB = 0.6**
- zone climatique

-1/b	Kc	Sn	Sh	r	t	δ_6	C
6.84	1.3	0.45	3	10%	-1.282	100×10^{-6}	0.02

$$\Rightarrow Kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \Rightarrow Kne = \left(\frac{5.73 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.775$$

$$\Rightarrow K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^0 C)}{E(\theta_{eq})}} \Rightarrow K_{\theta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.336$$

$$\Rightarrow \delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2} \Rightarrow \delta = \sqrt{0.42^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0.618$$

$$\Rightarrow K_r = 10^{-tb\delta} \Rightarrow K_r = 10^{-(-1.282 \times -0.146 \times 0.618)} = 0.766$$

Donc : $\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^{\circ}C, 25HZ) \times K_{ne} \times k_{\theta} \times K_r \times K_c$

$$\Rightarrow \epsilon_{t,adm} = (100 \times 10^{-6}) \times 0.775 \times 1.336 \times 0.766 \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 103 \times 10^{-6}$$

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ϵ_z sol support	118×10^{-6}	567×10^{-6}
ϵ_t à la base de GB	116×10^{-6}	103×10^{-6}

- $118 \times 10^{-6} < 567 \times 10^{-6}$ condition vérifiée
- $116 \times 10^{-6} < 103 \times 10^{-6}$ condition vérifiée

Conclusion :

Méthode	CBR	De catalogue algérien
Résultats	6BB+10GB+15GC	6BB+20GB+30GNT

D'après le tableau, on remarque bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

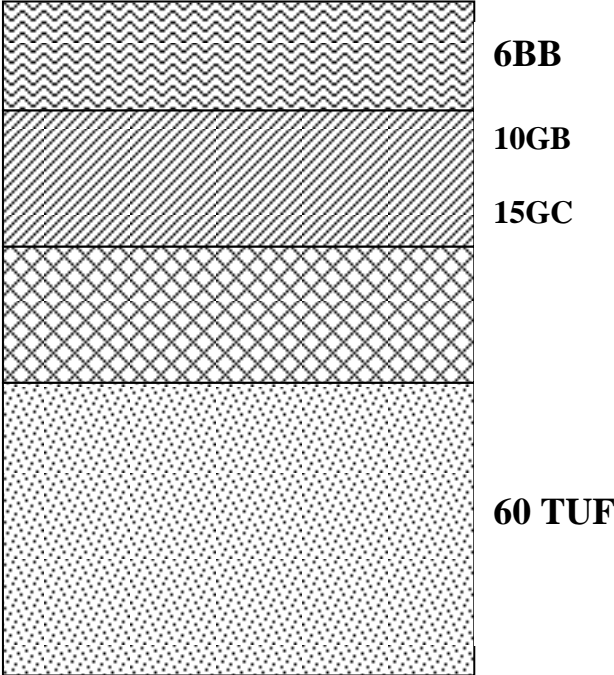


Figure IV- 3-Corps de chaussée

Chapitre V

Impact sur l'environnement.

V - 1 Introduction :

La protection constante de la qualité de vie et des milieux naturels est l'affaire de tous. Nous devons faire face aux multiples atteintes parfois irréparables qui menacent notre environnement. Le transport routier par les différentes nuisances qu'il génère est devenu aujourd'hui une préoccupation majeure, qui concerne tout particulièrement ceux qui sont chargés de concevoir, de construire et d'exploiter une infrastructure routière.

A cet effet une étude d'impact sur l'environnement a été élaboré afin d'essayer d'intégrer ce projet dans le paysage initial sans porter atteinte à l'environnement.

V - 2 Objectifs :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement.
- Limiter les paramètres qui peuvent engendrer la dégradation de l'environnement.
- Assurer la meilleure stratégie de l'entretien routier.

V - 3 L'étude d'impact sur l'environnement :

Tout projet de construction ou d'aménagement d'une infrastructure doit faire l'objet d'une évaluation de son impact sur l'environnement. La politique globale de protection de l'environnement en Algérie repose au décret n° 90-78 du 27 février 1990, loi de protection de la nature qui pose deux grands principes :

- ✓ La protection du milieu naturel, des ressources naturelles et du cadre de vie des populations.
- ✓ Il est fait obligation de procéder à une Etude d'impact sur l'environnement, préalablement à la réalisation de certains aménagements ou ouvrages et alors la loi du pays introduit la prise en compte systématique des préoccupations d'environnement pour les projets d'aménagement.

L'étude d'impact s'insère dans le dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique de tout projet supérieur. Ce document constitue une synthèse des études d'environnement réalisées tout au long de la procédure d'établissement de l'avant-projet sommaire.

Ce dossier comporte en général cinq volets :

- ✓ Les objectifs de l'opération.
- ✓ Un historique des études préalables au choix du projet présenté à l'enquête.
- ✓ Un état initial de l'environnement qui traite de domaine aussi variés que la topographie, le climat, la géologie, la pédologie, les eaux superficielles et souterraines,

le milieu naturel (faune, flore), l'agriculture, le bruit, les paysages et le patrimoine culturel.

- ✓ Les principaux effets du projet sur l'environnement.
- ✓ Les mesures prises pour supprimer, réduire ou compenser les impacts prévisibles.

V - 4 Effets sur les ressources naturelles et sur les écosystèmes:

Les ressources naturelles concernées par les effets du tracé sont :

V - 4 -1 L'air :

la 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 et des pneus, ou encore de l'évaporation d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant. La circulation routière est la principale source de monoxyde de carbone (CO) qui contribue largement à l'accumulation de photo-oxydants dans certaines zones urbaines.

a Effets sur la santé :

Il s'agit de nuisances sensorielles (bruit, odeurs) de l'irritation des voies respiratoires, des yeux et de tous les effets toxiques généraux : Par les composés du carbone avec le monoxyde de carbone qui agit sur le système nerveux et peut occasionner des troubles respiratoires. Par les particules : elles affectent tout d'abord les voies respiratoires. Par la teneur en ozone qui présente une toxicité.

b Effets sur l'environnement :

Ils concernent principalement :

- ✓ L'effet sur la végétation
- ✓ L'effet sur le patrimoine

V - 4 -2 L'eau :

La politique de l'eau est née d'un double problème : quantitatif et qualitatif.

A la fin du siècle dernier, la ressource était importante et une loi édictait certaines règles sur le droit de propriété des riverains et dans le domaine de l'assainissement.

L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Pour revenir au domaine strictement routier, on peut considérer qu'il existe au moins trois types de pollutions susceptibles de toucher les eaux de surface.

a Pendant la phase travaux :

Le risque peut provenir de tous les engins utilisés sur les chantiers (fuites de gasoil, d'huile, sans parler de vidanges sauvages), mais aussi d'équipements comme les centrales d'enrobages utilisées pour la confection des matériaux de chaussées.

b La pollution chronique :

Les eaux de ruissellement se chargent d'apports provenant des gaz d'échappement, de l'usure des chaussées, des véhicules et des pneumatiques.

c La pollution accidentelle :

Il s'agit en fait d'un risque aléatoire correspondant aux possibilités d'accidents de poids lourds transportant des produits toxiques ou dangereux susceptibles de rejoindre le réseau hydrographique ou les nappes.

V - 4 -3 La faune et la flore :

Parmi les nombreux types d'atteintes au patrimoine, nous n'aborderons que celui de la faune sauvage. Les animaux utilisent des cheminements bien précis reliant des zones où ils trouvent de la nourriture et de l'eau à des endroits où ils peuvent se réfugier et se reproduire. Lorsqu'une nouvelle infrastructure vient perturber ces cheminements, les animaux cherchent à les rétablir et n'hésitent pas à traverser la voie ce qui occasionne des accidents.

D'abord centrées sur les grands mammifères sauvages sous la pression des milieux cynégétiques, les préoccupations des maîtres d'ouvrages, des maîtres d'œuvre et des biologistes de la route, se sont élargies à d'autres groupes faunistiques dans un système d'approche plus global.

V - 5 Effet sur le cadre et la qualité de la vie :**V - 5 -1 Le Bruit :**

Ce mécontentement n'a cessé de croître au cours de la 2^{ème} moitié de ce siècle puisque plusieurs personnes interrogées à travers les différents pays du monde se plaignaient du bruit.

Certes le bruit routier n'est pas le seul en cause, mais on peut penser que l'accroissement du trafic d'une part et le développement d'un trafic nocturne de poids lourds d'autre part, ne sont pas étrangers à la place prise par cette nouvelle nuisance.

Bruit des carrières, des installations de production de matériaux, des chantiers de construction et d'entretien des routes, bruit de la circulation, bruit à l'intérieur des véhicules.

On n'abordera en fait ici que les questions liées au bruit extérieur de la circulation, susceptibles de constituer une nuisance pour les riverains des voies routières.

V - 6 Effets sur les activités humains :

Un nouvel aménagement a toujours des effets sur l'occupation des sols et les déplacements des personnes. C'est ainsi qu'un terrain ou une habitation située à proximité de l'ouvrage verra leur valeur fortement dépréciée, alors que les mêmes terrains situés à proximité d'un point d'échange pourront voir leur valeur fortement appréciée.

La prise en compte des contraintes agricoles lors de la conception même du projet, doit permettre de réduire les impacts qui sont :

- ✓ Une perte de l'espace agricole
- ✓ Une coupure de l'espace agricole
- ✓ Une déstructuration du parcellaire
- ✓ Une interruption des circulations agricoles
- ✓ Une coupure des réseaux de drainage et d'irrigation.

Enfin il faut prendre en compte les impacts sur la « sylviculture » qui, en général, se répartissent en trois types d'effets :

Les effets d'emprise qui se manifestent pour l'exploitant forestier par une diminution de surface boisée, donc une perte de production.

Les effets de coupure qui se traduisent par un morcellement de l'exploitation et de nouvelles contraintes pour les chemins de desserte.

Des effets indirects comme la mortalité d'arbres situés en bordure d'emprise.

V - 7 Mesures préventives pour préserver les ressources naturelles:

V - 7 -1 Solutions pour la pollution de l'air :

- ✓ L'utilisation des nouvelles sources d'énergies, comme le gaz de pétrole liquéfié ou encore mieux l'utilisation de la voiture électrique.
- ✓ L'évolution technologique des véhicules avec l'utilisation d'essence sans plomb

V - 7 -2 Solution pour la pollution de l'eau :

- ✓ La réalisation d'une plate-forme étanche,
- ✓ Un système de collecte de tout déversement potentiel, conduisant les produits vers des bassins où ils sont isolés par des systèmes de vannes, afin d'être récupérés ultérieurement par pompage.

V - 7 -3 Mesure de sécurités de la faune :

- ✓ La pose de grillages et de clôtures.
- ✓ La réalisation de passages aux animaux

V - 7 -4 Moyens de lutte contre le bruit routier :

Actions sur les conditions de circulation, on citera entre autres :

- ✓ La réduction du trafic par report sur un axe où il sera moins nuisant.
- ✓ Interdiction du trafic de poids lourds.
- ✓ Réduction des vitesses autorisées, et amélioration de la fluidité.
- ✓ Action au niveau d'un projet routier.
- ✓ Action sur le revêtement de la chaussée.

Conclusion :

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

Chapitre VI

***Caractéristiques
géométriques.***

Introduction :

La caractérisation géométrique d'une route peut se définir comme l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable. La route doit permettre à un usager normal, circulant à une vitesse inférieure ou égale à la vitesse de sécurité choisie, de parcourir son trajet dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort, de stabilité et d'économie.

Cela implique naturellement l'adoption par l'auteur de projet des caractéristiques géométriques qui sous-entendent des conditions de visibilité et de progressivité dans les modifications de trajectoires autorisant, notamment, un freinage sans risque anormal en cas d'imprévu et une limitation des risques en cas d'intempéries, notamment de pluie

En section courante, la géométrie d'une route est fondamentalement caractérisée par trois :

- Tracé en plan.
- Profil en long.
- Profil en travers

TRACE EN PLAN

VI - 1 - Introduction :

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort.

L'inconfort de l'utilisateur est d'autant plus important que le rayon des courbes est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale réglementaire ou à la vitesse effectivement adoptée par les usagers (plus faible pour les petits rayons). cela conduit en fonction de la catégorie de la route, à fixer des rayons minimaux.

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

Les éléments du tracé en plan ont été définies selon :

- La catégorie de la route.
- La vitesse de référence (ou de base).

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

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

L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.

- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

VI - 3 Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan d'une route est constitué de trois éléments:

VI - 3 -1 Les droites (alignements) :

La droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont déconseillés.

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

$$L_{max} = T.VB \text{ avec } T = 60 \text{ sec, donc } L_{max} = 60 * \frac{V_b}{3.6}$$

VB: vitesse de base en km/h

Quant à La longueur minimale L_{min} (courbe même sens) elle ne doit pas être inférieure à la distance parcourue avec la vitesse de base durant un temps d'adaptation qui est égale à 5 secondes.

$$L_{min} = T.VB \text{ avec } T = 5 \text{ sec, donc } L_{min} = 5 * \frac{V_b}{3.6}$$

Pour raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, on évitera les cas particuliers suivants:

Réunion de 2 Longues courbes par un alignement court.

Réunion de 2 Longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon.

VI - 3 -2 Les arcs de cercle

Il est bien de rappeler que pour une route de catégorie donnée, il n'y a aucun rayon inférieur à RHm (rayon minimum absolue), on utilise alors autant que possible des valeurs supérieures ou égale à RHm .

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

a 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'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

- **Rayon minimum absolu « RHm » :**

Correspond au devers maximum (d_{max}) : $RHm = \frac{v_r^2}{127(ft + d_{max})}$

NB : Aucun rayon < RHm .

Rayon minimum normal « RHN » doit permettre aux véhicules dépassant VB de 20 Km/h de rouler en toute sécurité. On utilise autant que possible des $R \geq RHN$:

$$RHN = RHm (Vr + 20) = \frac{(Vr+20)^2}{127(ft+dmax)}$$

➤ **Rayon au dévers minimal (RHd) ou « RH'' » :**

Correspond au dévers minimum (dmin) :

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times dmin} \text{ avec } \{dmin = 2.5\% \text{ cat } 1-2 \text{ et } 3\% \text{ cat } 3-4-5\}$$

Au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage.

Rayon minimal non déversé « RHnd » ou (RH') : Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est alors négatif pour l'un des sens de circulation. Le rayon minimal qui permet cette disposition est :

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 \times 0.035} \quad \text{Pour : Cat.1-2}$$

$$\text{Et : } RHnd = \frac{Vr^2}{127 \times (f'' - 0.03)} \text{ Pour : Cat.3-4-5}$$

$f'' = 0.07$ pour la Cat.3 et $f'' = 0.075$ pour la Cat.4-5.

b Visibilité en courbe :

Pour assurer une bonne visibilité en courbe, on opte pour l'augmentation de rayon de virage.

VI - 3 -3 Surlargeur :

Lorsqu'un véhicule circule dans un virage, il occupe une largeur plus grande qu'un alignement droit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une surlargeur par rapport à sa largeur normale en alignement. Ce problème, dit « *l'inscription des véhicules* » dans les virages < 200 m. donnée par la formule suivante :

$$S = L^2 / 2R$$

Avec : L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10 m)

R : rayon de l'axe de la route.

VI - 3 -4 Les courbes de raccordement :

Un tracé rationnelle de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle et entre eux, des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure 0 ($R = \text{infini}$) à l'extrémité de l'alignement à la courbure $1/R$ au début du cercle du virage.

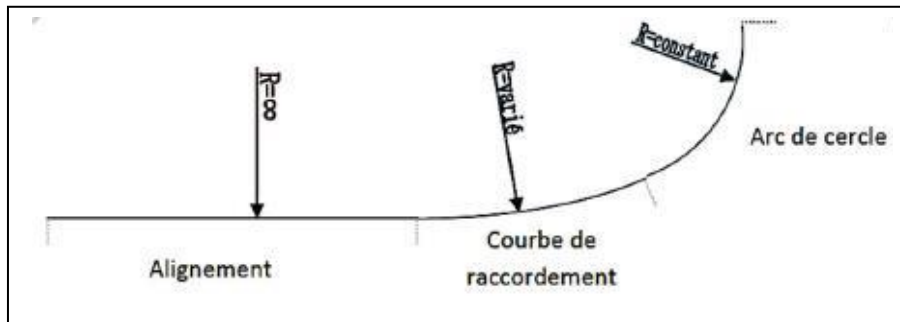


Figure VI- 1-Courbe de raccordement

VI - 3 -5 Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

VI - 3 -6 Types de courbe de raccordement:

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

a Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

b Lemniscate :

Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

c Clothoïde :

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.

Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L.

$$K = C \times L = \frac{1}{R} \text{ On pose: } 1/C = A^2 \Rightarrow L \cdot R = A^2$$

Les éléments de la Clothoïde :

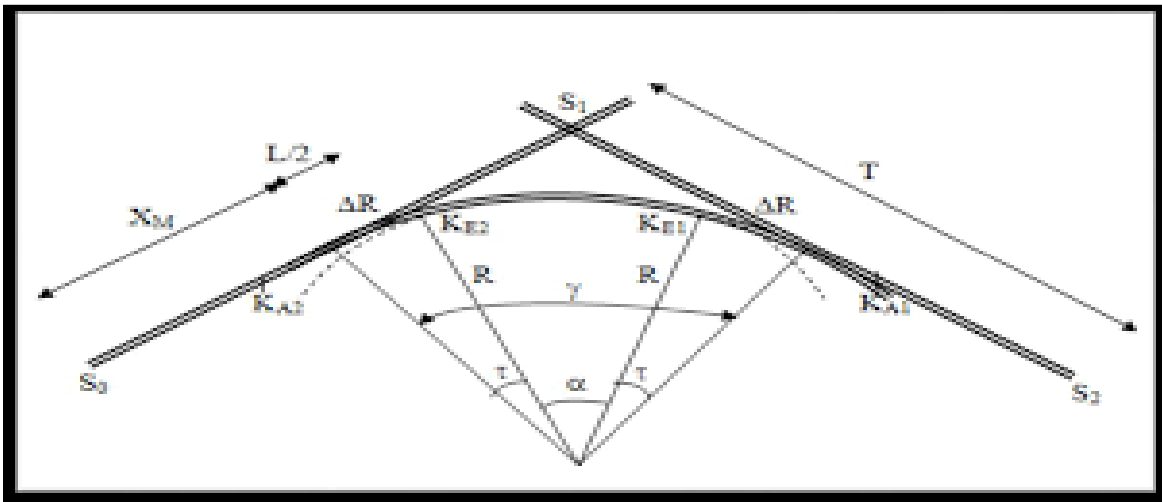


Figure VI- 2-Eléments de la Clothoïde

- A : Paramètre de la Clothoïde
- M : Centre de cercle
- R : Rayon de cercle
- K_A : Origine de la Clothoïde
- K_E : Extrémité de la Clothoïde
- L : longueur de la branche de la Clothoïde
- ΔR: mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- X_m : Abscisse du centre du cercle
- τ: Angle des tangentes
- X : Abscisse de KE
- Y : Origine de KE
- T_K: tangente courte
- T_L: tangente longue
- SL : Corde (KA – KE)
- σ: Angle polaire (angle de corde avec la tangente).

VI - 3 -7 Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer la condition suivante :

a Condition de confort optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

Règle générale B40:

$$- R \leq 1500m \Delta R = 1m \text{ (éventuellement } 0,5 \text{ m)} \quad L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$$

$$- 1500 < R \leq 5000m \quad L \geq R/9$$

$$- R > 5000m \quad \Delta R = 2,5m \quad L = \sqrt{7,75 R}$$

b Condition confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

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

Avec :

V_B : vitesse de base (Km/s).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

c Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zones de variation de dévers ($\Delta d\%$). Elle se traduit par la limitation de la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversée par rapport à celle de son axe. Cette pente relative est limitée à:

$$\Delta d < 0.5/V_B$$

$$L = l \cdot \Delta d \cdot V_B / 50$$

Avec :

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation du dévers.

Nota :

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie -chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq (5 \times \Delta d \times VB)/36$$

VI - 4 Combinaison des éléments de trace en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

VI - 4 -1 Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

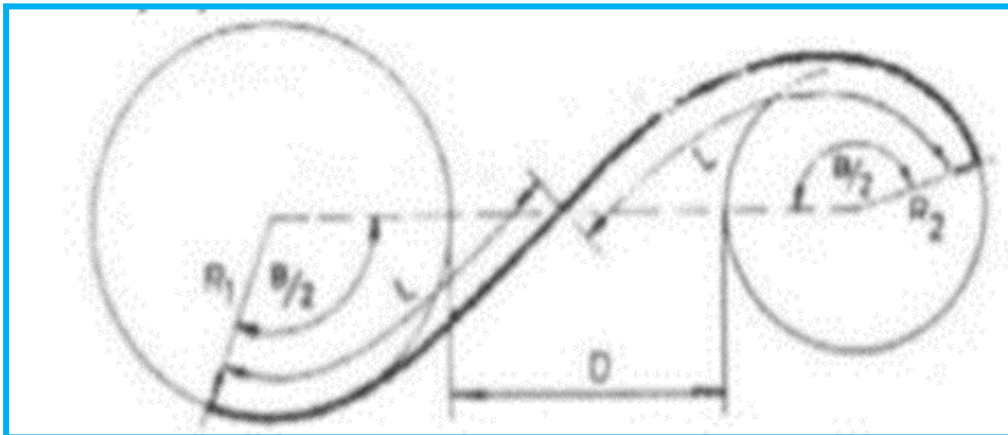


Figure VI- 3-Courbe en S.

VI - 4 -2 Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

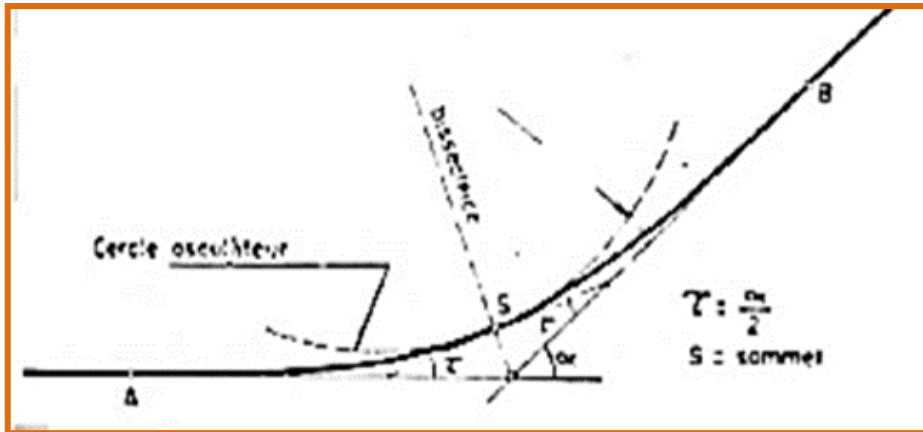


Figure VI- 4-Courbe en sommet.

VI - 4 -3 Courbe en C :

Une courbe constituée deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

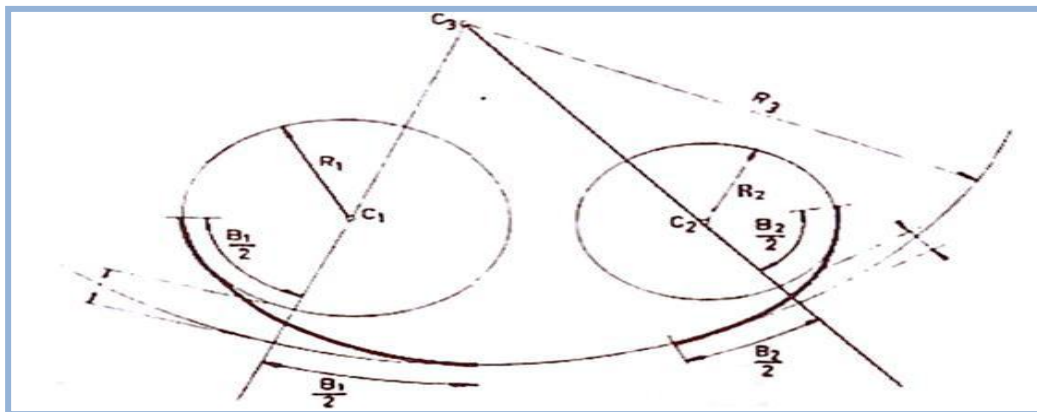


Figure VI- 5-Courbe en C.

VI - 4 -1 Courbe en ovale:

Un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

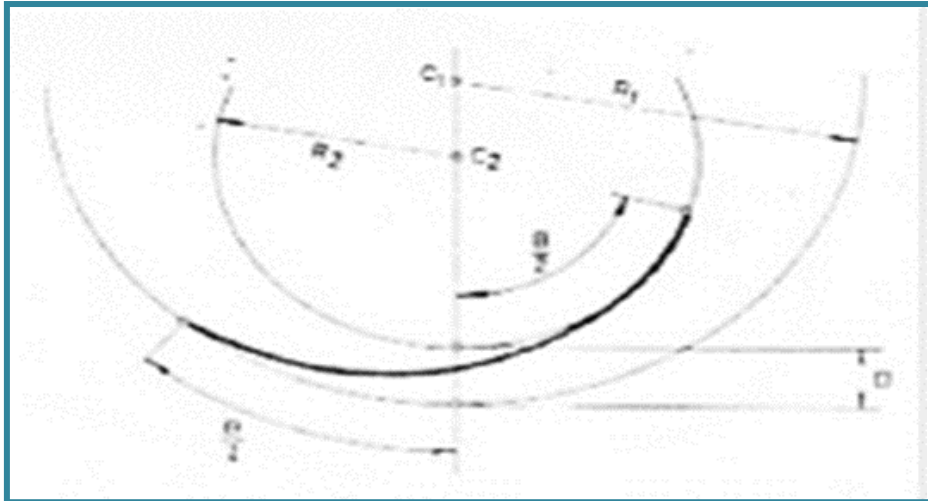


Figure VI- 6-Courbe en ovale.

VI - 5 La vitesse de référence (de base) :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief, etc.....).

VI - 5 -1 Choix de la vitesse de référence:

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

VI - 5 -2 Vitesse de projet:

La vitesse de projet V_p est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales:

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

Application au projet :

Pour notre projet est situé dans un environnement E2, et classé en catégorie C2 avec une vitesse de base $V_B=80$ Km /h, le règlement B40 préconise les rayons suivant :

Paramètres	symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V_B	80
Rayon horizontal minimal (m)	R_{Hm} (7%)	252
Rayon horizontal normal (m)	R_{HN} (5%)	280
Rayon horizontal déversé (m)	R_{Hd} (2.5%)	1008
Rayon horizontal non déversé (m)	R_{Hnd} (-2.5%)	1440
Longueur minimale (m)	L_{min}	111,11
Longueur maximale (m)	L_{max}	1333,33
Frottement longitudinal	f_L	0,39
Frottement transversal	f_t	0,13
Temps perception-réaction(s)	T_{pr}	2

Tableau VI- 1-Calcul des paramètres du projet.

VI - 5 -3 construction de l'axe :➤ **Pratique avec le logiciel PISTE 5 :**

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel piste5, qui un logiciel développé par la DTITM Direction Technique d'Infrastructure de Transport et Matériaux cette direction est l'ex SETRA (service d'étude sur les transports, les routes et leurs aménagements). Le logiciel est l'un des, plus utilisés dans la conception des ouvrages linéaires en particulier les Routes.

Il est basé sur la méthode Française de conception géométrique des routes à partir des éléments connus

- Axe en plan.
- Profil en long.
- Profil en travers.

Ce logiciel prend en considération les normes géométriques de conception routière telles que :

- Aménagement des routes principales ou ARP.

- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapide urbaine ICTAVRU.
- Instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison ICTAAL.

➤ **Construction du terrain :**

Pour représenter le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaines opérations :

- Fichier ⇒ nouveau, donner un nom (ex : axe en plan), et choisir : ‘‘conception plane (dap)’’⇒puis ouvrir, ok.
- Fichier ⇒ fond de plan ⇒ouvrir.
- Puis définir les points, les droites, les cercles, les rayons et l'axe

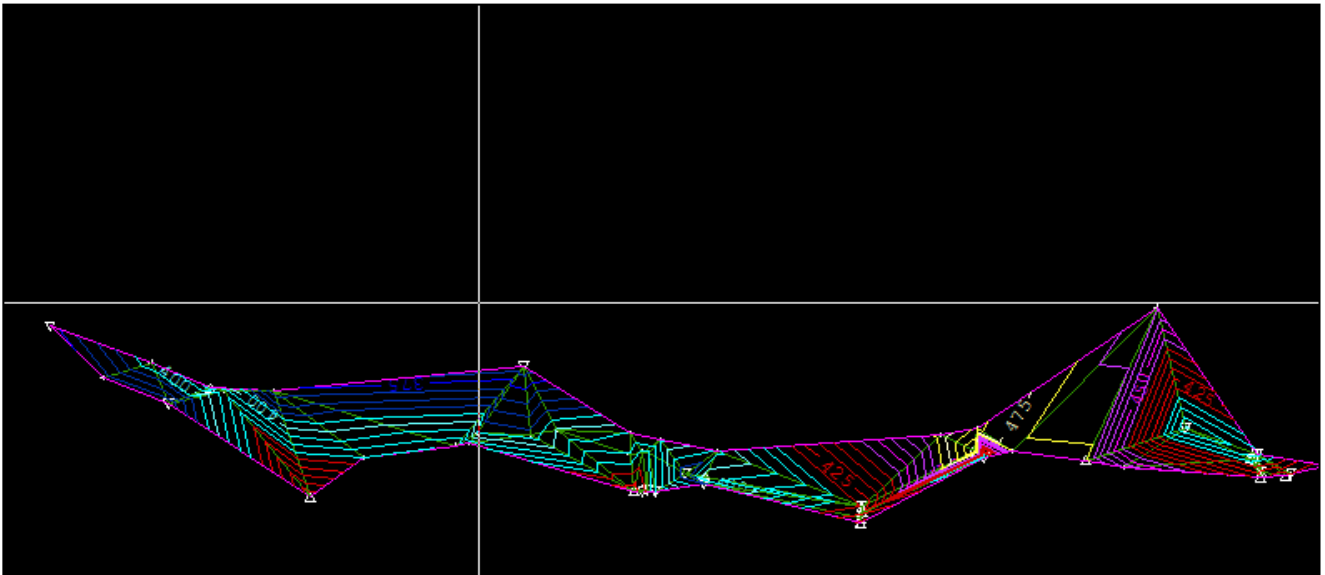


Figure VI- 7-Triangulation et courbes de niveau

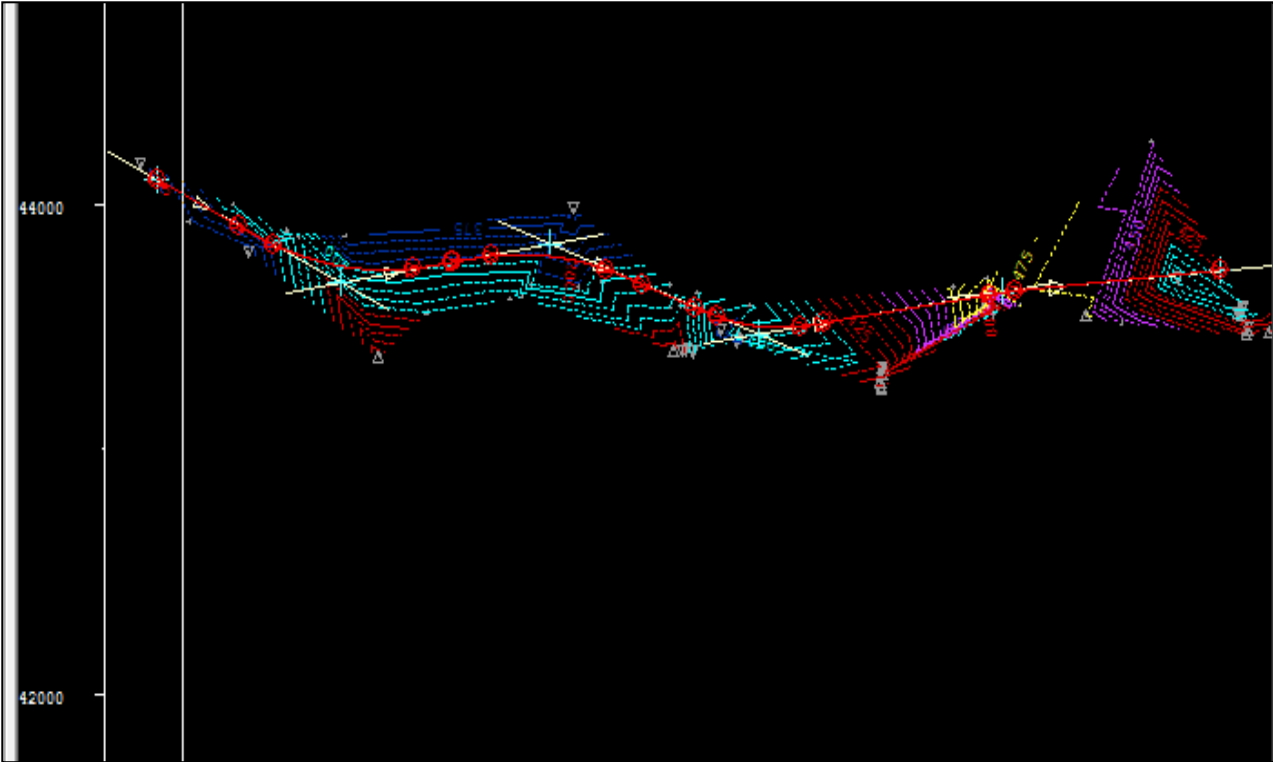


Figure VI- 9-Axe en plan

PROFIL EN LONG

VI - 6 Introduction :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle (n'est pas une projection horizontale).

Dans le cas des autoroutes, dont les deux chaussées unidirectionnelles sont séparées par un terre-plein central, le profil en long déterminant est une coupe par le milieu du terre-plein (axe de référence). Le niveau de l'autoroute en cet endroit est la moyenne entre les niveaux des bords intérieurs des chaussées. Si les deux chaussées ne sont pas symétriques, on considérera chacune d'elles indépendamment avec son propre profil en long.

L'échelle des longueurs (en abscisse) est en général celle du plan de situation, tandis que l'échelle des hauteurs (en ordonnées) est 10 fois plus grande pour accuser les déclivités qui sans cela seraient presque imperceptibles. Le profil en long est donc une représentation déformée.

VI - 7 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Le tracé du profil en long doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux, pour cela il faut respecter certaines règles pratiques régissant celui-ci :

- Respecter les règles du B40 (déclivités Max et Min).
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- Epouser le terrain naturel pour limiter les volumes des déblais et remblais et les équilibrer afin de déterminer le coût.
- Coordonner entre le tracé en plan et le profil en long.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long sur un léger déblai qui implique une mauvaise évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Placer les zones à dévers nuls en pente en profil en long, Pour assurer un bon écoulement des eaux.
- Eviter de placer un point bas du profil en long dans une zone de déblais et en sens inverse, il est aussi contre indiqué de prévoir un remblai dans un point haut du profil en long.

VI - 8 Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il faut signaler toute fois et dès 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 : $R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}}$ pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elle ne peut être évitée, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

VI - 9 Déclivités :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente !) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

VI - 9 -1 Déclivité minimum :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5%, pour éviter la stagnation des eaux.

Remarque :

La norme concernant la déclivité minimum (0.5 %,) n'est pas respectée dans les endroits du tracé où il y a renforcement (la route existante à renforcer était mal conçue).

VI - 9 -2 Déclivité maximum :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

- Condition d'adhérence
- Vitesse minimum de PL
- Condition économique

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ($i_{\text{max}} = 7\%$) dans le franchissement de la cote.

VI - 10 Raccordements en profil en long :

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

Et on distingue deux types de raccordements :

VI - 10 -1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

a Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle sera soumis le véhicule lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe. Cette accélération est limitée à (0.3m/s^2 soit $g/40$), le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$\frac{v^2}{R_v} < \frac{g}{40} \text{ Avec: } g=10\text{m/s}^2$$

D'ou: $R_v \geq 0.3 V^2$ (cat. 1-2).

$R_v \geq 0, 23 V^2$ (cat 3-4-5).

Tel que :

R_v : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km /h).

b Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$RV \geq \frac{d^2}{2*(h_0+h_1+2*\sqrt{h_0*h_1})} \approx 0.27d^2$$

d : Distance d'arrêt (m).

h_0 : Hauteur de l'œil (m).

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_r=80$ (Km/h) et pour la catégorie 2 on a :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	RVm1	2 500
Min- normal	RVN1	6 000
Dépassement	RVD	11 000

Tableau VI- 2-Rayons convexes (angle saillant).

VI - 10 -2 Raccordements concaves (angle rentrant) :

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement. La présence d'un passage supérieur au droit d'un angle rentrant mérite un examen particulier.

La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas déterminante c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicules devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$RV' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0,035 \times d_1)}$$

Pour une vitesse $V_B = 80$ km/h et catégorie 2 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R'_{vm}	2400
Min-normal	R'_{vn}	3000

Tableau VI- 3-Rayons concaves (angle rentrant) (B40).Rayons concaves (angle rentrant) (B40).

VI - 11 La conception longitudinale :

Tout comme le tracé en plan on utilise le logiciel PISTE 5, le fichier est déjà ouvert et interpoler.

Visualisation de l'axe :

Fichier ⇒ projet piste ⇒ ouvrir (on cherche notre axe « axe projeté »)

Ouvrir ⇒ on aura le terrain avec les profils.

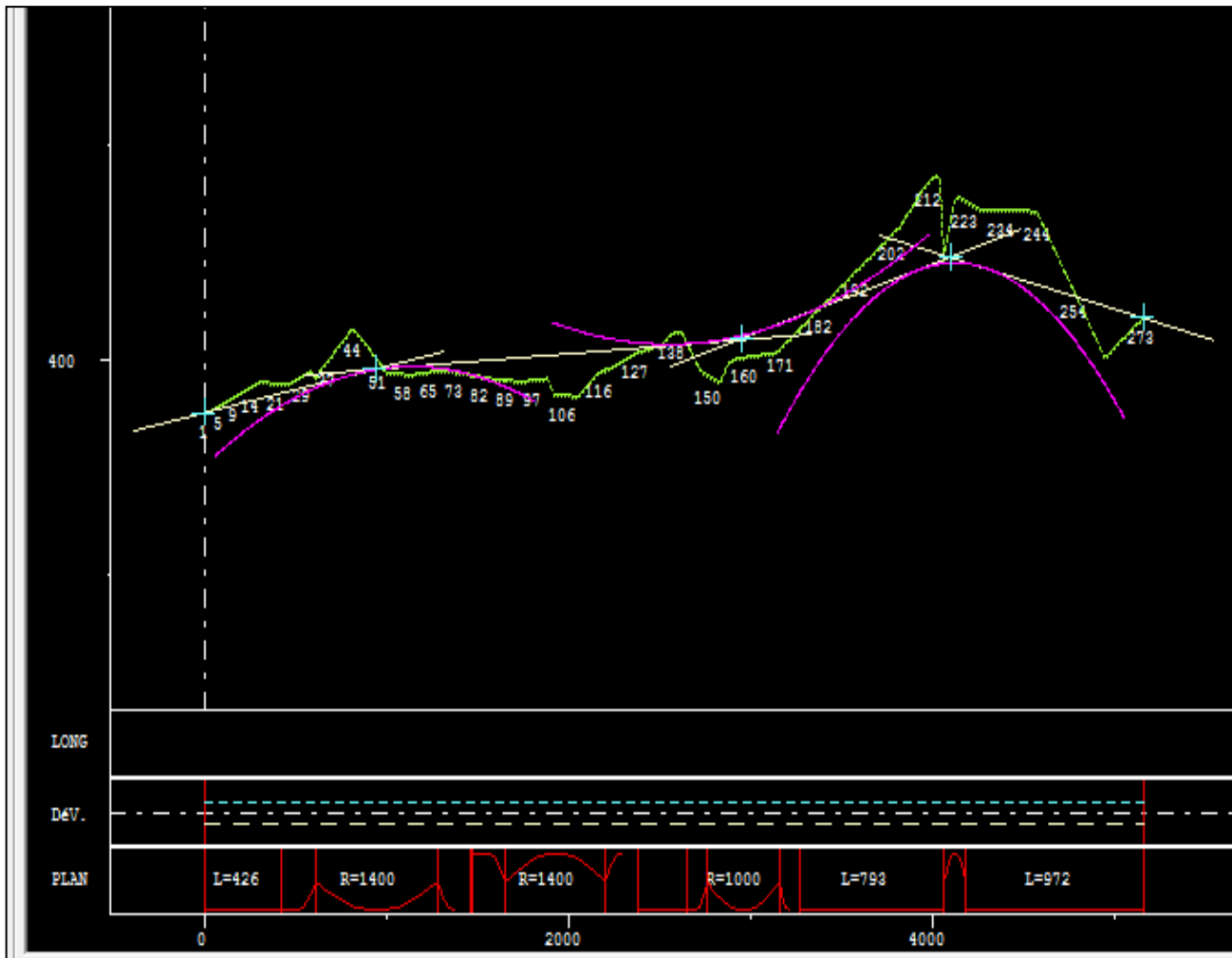


Figure VI- 10-Profil en long

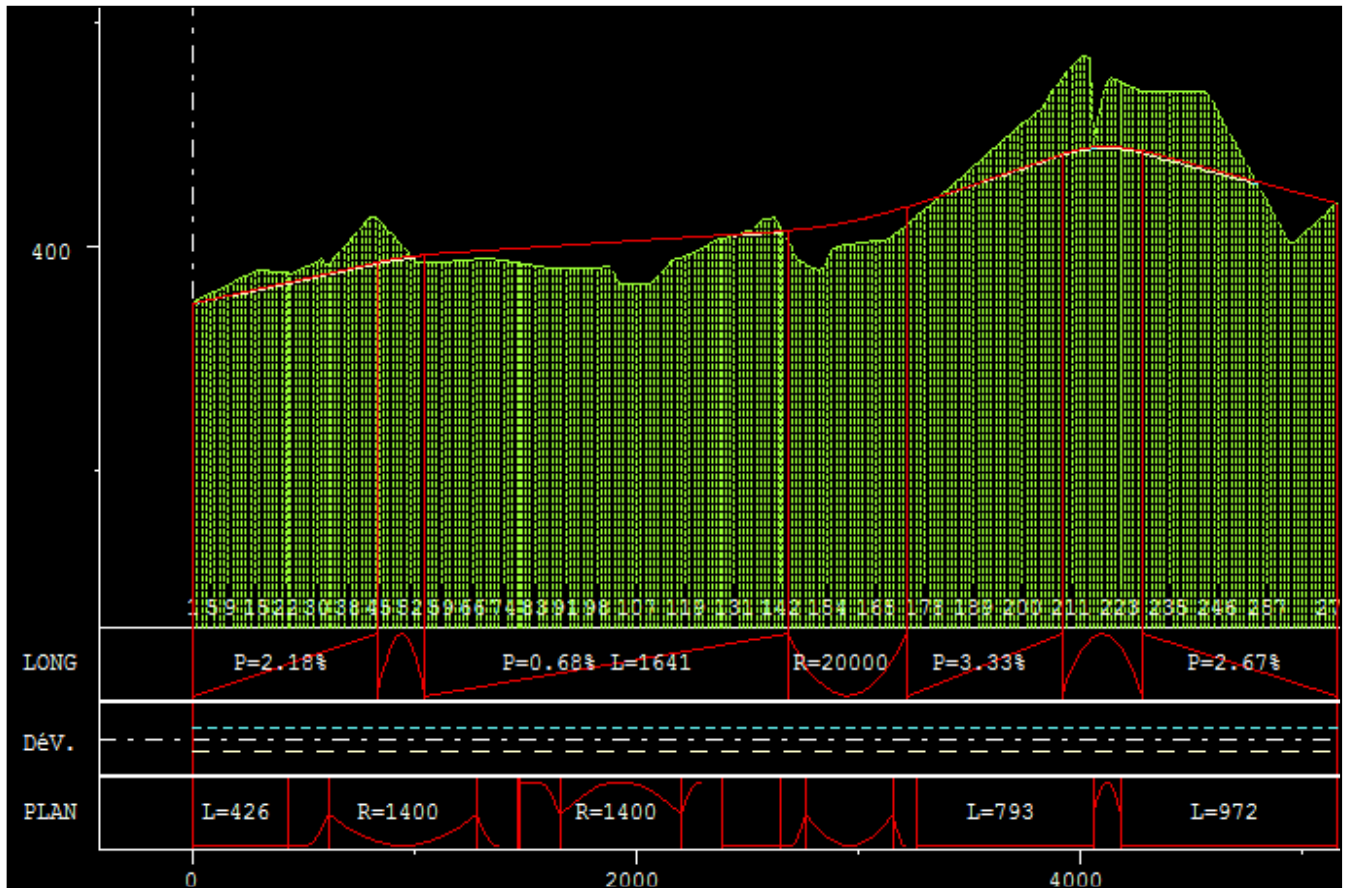


Figure VI- 11-Axe de profil en long

PROFIL EN TRAVERS

VI - 12 Introduction :

Après les études du tracé en situation et du tracé en élévation qui recherchaient essentiellement l'évolution de l'axe de la route, il s'agit maintenant de définir le 3eme élément d'un projet routier.

VI - 13 Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical.

Le profil en travers contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, trottoirs).

Il existe deux types de profil en travers dont le premier est le profil en travers type, il permet le calcul des terrassements, le deuxième est le profil en travers courant qui est une pièce de base dessinée avec des distances variables. Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur l'autoroute, qui définit le nombre de voies. et on distingue plusieurs sortes :

- Profil en remblai
- Profil en déblai
- Profil mixte

VI - 14 Eléments constitutifs du profil en travers:

Le profil en travers est composé des éléments suivants :

- **La chaussée:**

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

- **La largeur roulable :**

Elle comprend les sur largeurs de la chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt.

- **Plate-forme:**

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

- **L'assiette:**

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

- **L'emprise :**

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.

- **Les accotements:**

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

Une bande de guidage.

Une bande d'arrêt.

Une berme extérieure.

- **Le terre-plein central :**

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

Les sur largeurs de la chaussée (bande de guidage).

Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

- **Le fossé :**

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

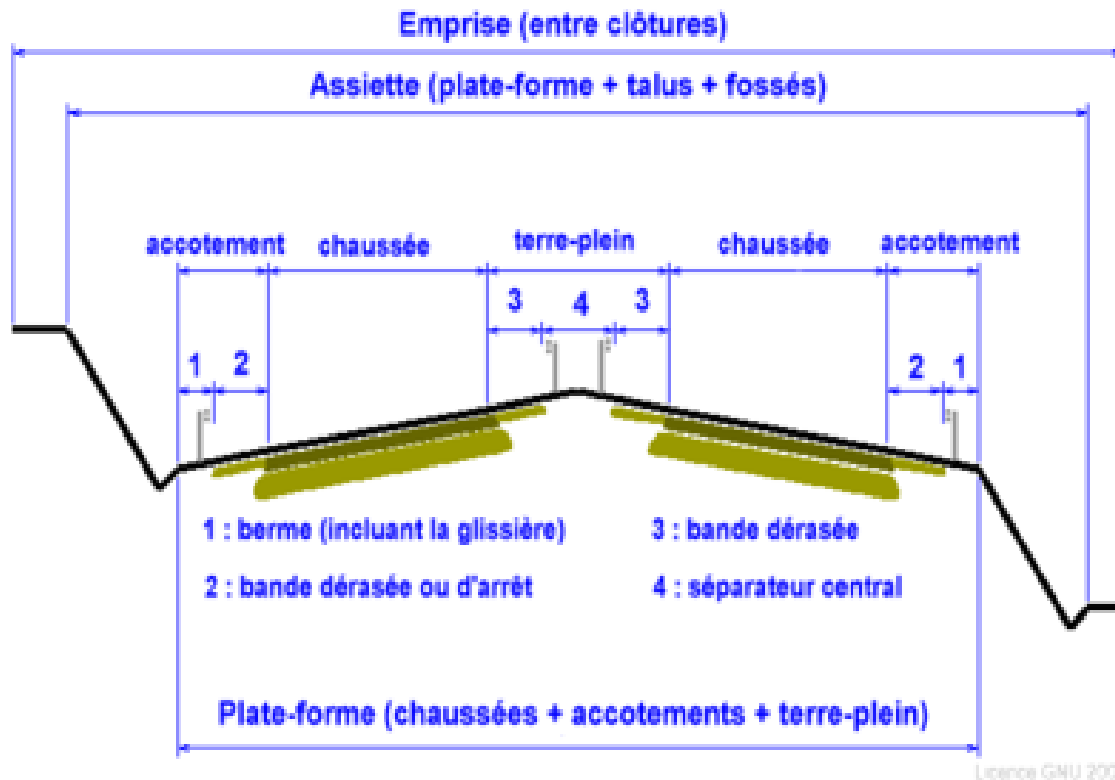


Figure VI- 12-Eléments constitutifs du profil en travers.

VI - 15 Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil travers:

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

VI - 15 -1 Profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'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 cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

VI - 15 -2 Profil en travers courant

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20 m. Selon le terrain naturel il existe trois types de profil en travers : les profils en déblais, en remblais et ou bien les profils mixtes.

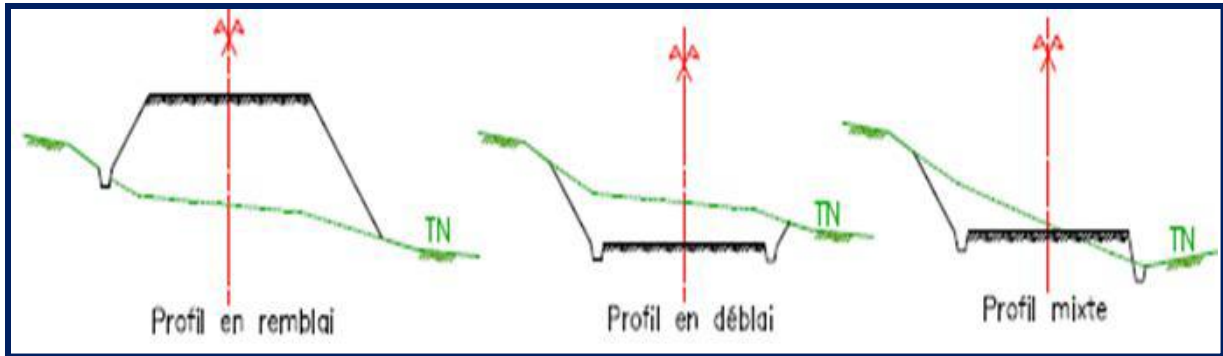


Figure VI- 13-Différents types de profil en travers.

VI - 16 Conception transversale:

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la pénétrante sera composée :

- D'une route de 2×2 voies de 3.5m pour chacune.
- Terre-plein central (T.P.C) de 1.5m.
- Accotement : 3.25 m à chaque coté droit de la chaussée

Calcul des perspectives :

A l'aide du logiciel piste, on calcul les perspectives qui correspondent au profil en travers.

Dans le menu de la conception transversale, on fait :

Calcul ⇒perspective

On donne les valeurs implicites, ensuite on clique sur le bouton droit

⇒**visualiser perspective.**

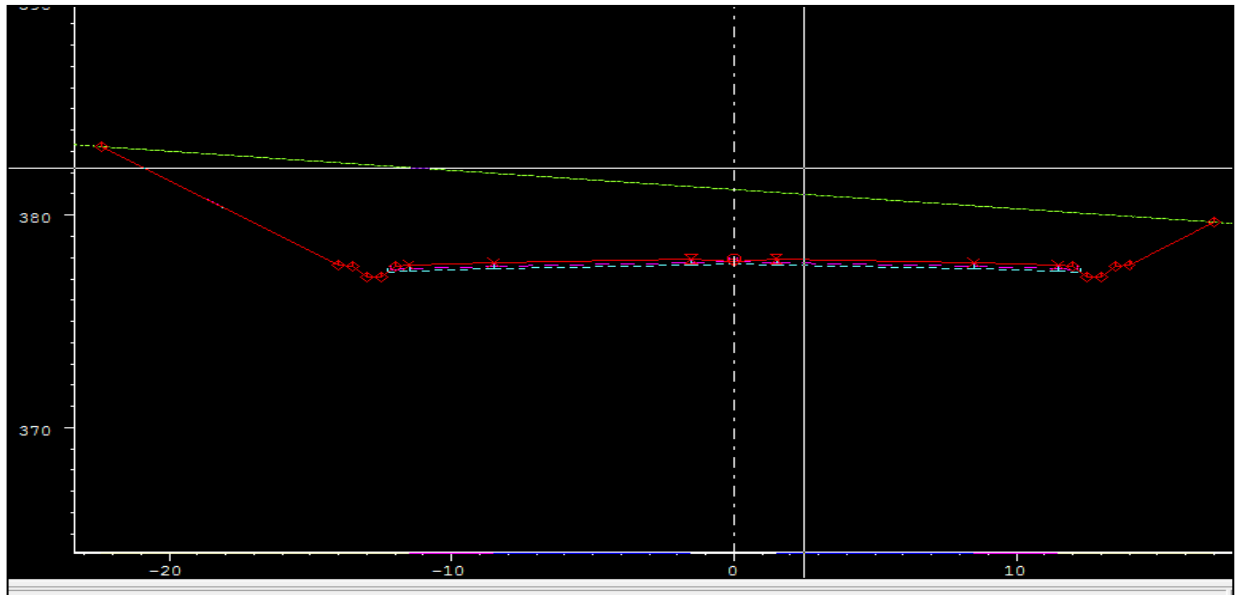


Figure VI- 14-Profil en travers

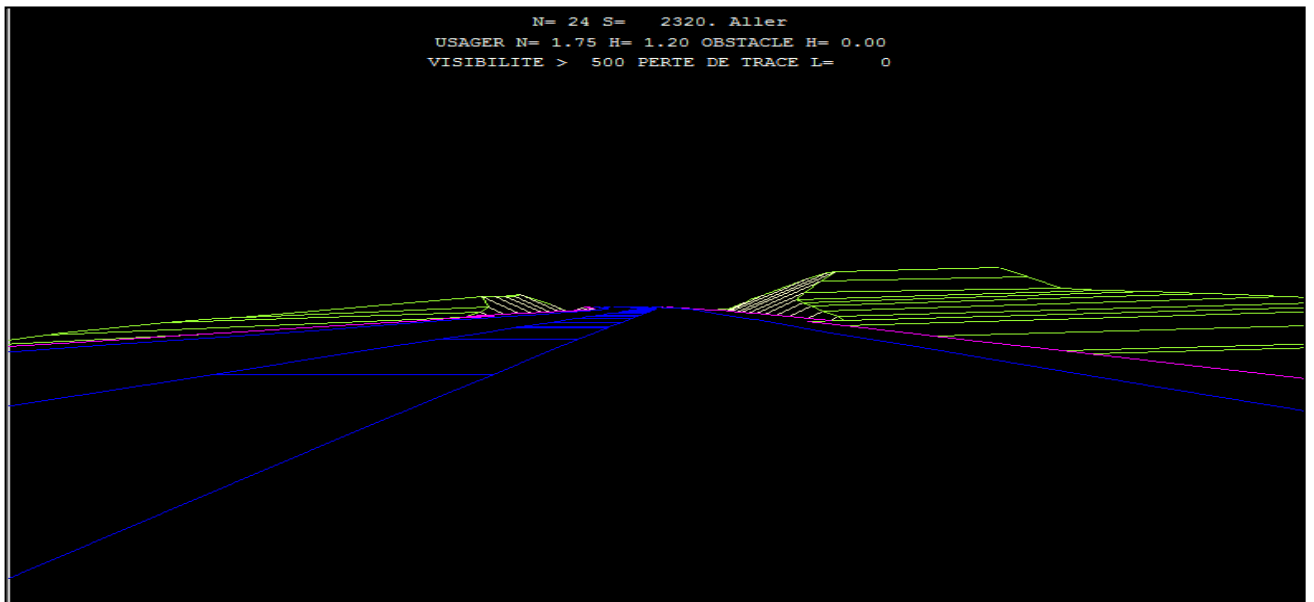


Figure VI- 15-Perspective de la route.

Conclusion :

A travers cette étude géométrique, on a aboutit aux différents tracés d'un projet routier (tracé en plan, profil en long, et le profil en travers) en respectant les conditions de ces tracés. Et aussi les résultats du calcul qui sont joints en annexe.

Chapitre VII

Cubatures.

VII - 1 Introduction :

La réalisation d'un projet routier ne peut en général se faire sans modifier la forme naturelle du terrain, car il n'est pas possible que le projet suit exactement les ondulations du relief du terrain. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle "les cubatures des terrassements". Ce calcul nécessite la connaissance des éléments suivants:

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

VII - 2 Méthodes de calcul des cubatures :

Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

T N : Terrain Naturelle.

D : Surface Déblai.

R : Surface Remblai.

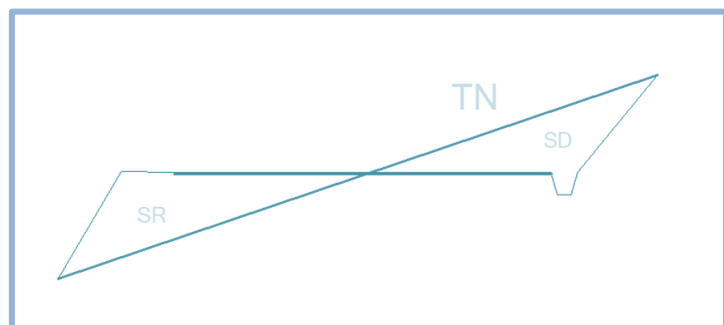


Figure VII- 1-Surfaces de déblai et de remblai.

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifient le calcul :

- Méthode de SARRAUS.
- Méthode linéaire.
- Méthode de GULDEN.

VII - 2 -1 Formule de SARRAUS :

C'est la méthode de la moyenne des aires la plus utilisée en travaux publics ; Cette méthode consiste à calculer séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux.

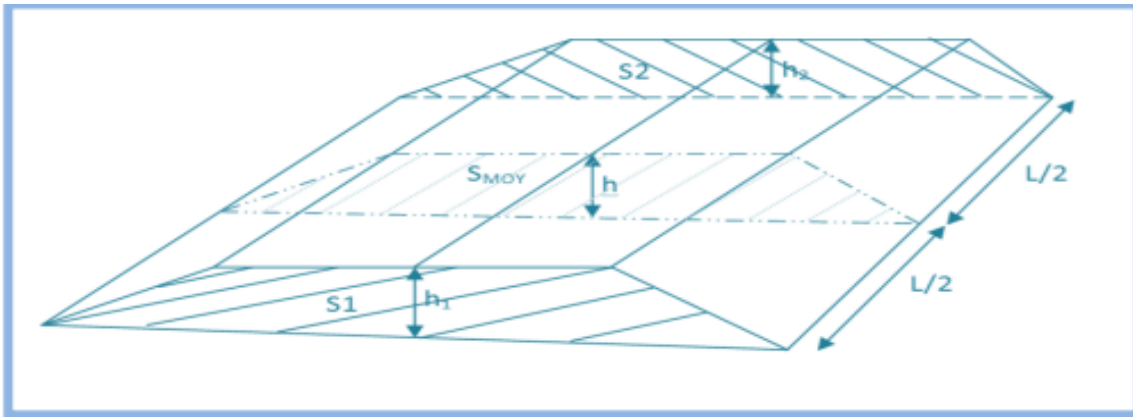


Figure VII- 2- Représentation de distance d’application.

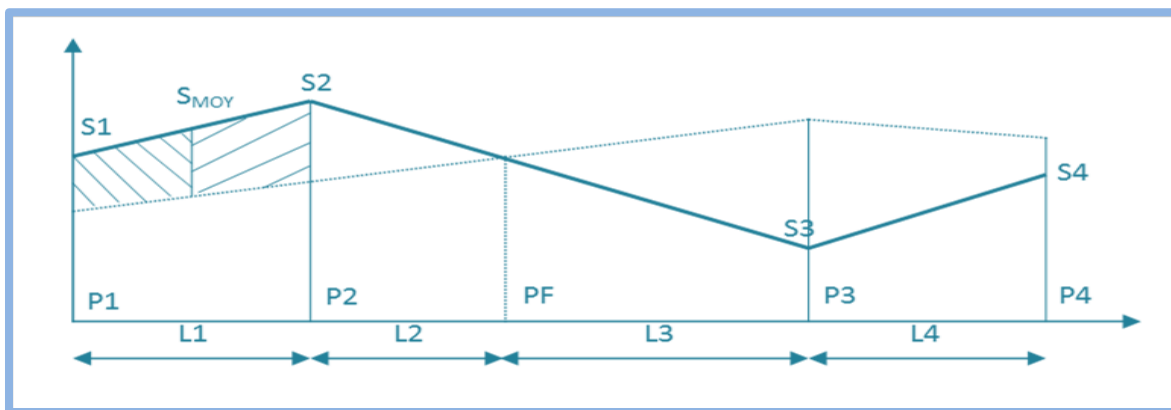


Figure VII- 3- Profil en long d’un tracé donné.

P_F: profil fictif, c’est le profil où le volume des terrassements est nul.

S_i: surface de profil en travers P_i.

L_i: distance entre les profils.

S_{MOY}: surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P₁ et P₂).

Si on applique la formule de **SARRAUS** le volume entre **P₁** et **P₂** de surface **S₁** et **S₂** sera :

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

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions **S_{MOY}** et $(S_1+S_2)/2$; Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront:

- Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$
- Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$
- Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$
- Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$

En additionnant membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

VII - 2 -2 Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces.

Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quelque soit le tracé en plan.

VII - 2 -3 Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

Si on utilise la méthode de **GULDEN**, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

VII - 3 Calcul des cubatures de terrassement :

Le calcul est effectué à l'aide du logiciel **PISTE 5**. Les résultats sont joints en annexes.

Les résultats finaux obtenus sont :

Volume des déblais (VD)	2331102 m ³
Volume des remblais (VR)	980698 m ³

Conclusion :

Nous avons un volume des déblais supérieur au volume des remblais ce qui prévoit des terres à évacuer, à mettre en dépôt, et à réutiliser comme remblais si elles représentent de bonnes caractéristiques.

Chapitre VIII

Assainissement.

VIII - 1 Introduction :

L'évacuation des eaux pluviales est la liante préoccupation fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau provoque plusieurs inconvénients tel que les problèmes d'inondation ; glissement des terrains, ainsi que les problèmes d'érosion, stabilité des talus, et la dégradation des chaussées par défaut de portance du sol.

Donc une solution à ses problèmes fut adaptée, c'est de prévoir des dispositions adéquates pour évacuer l'eau loin de la route.

VIII - 2 Définition :

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et 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, gondoles, etc....

Les drainages : ouvrages enterrés 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, cheminées, sacs, ...)

VIII - 3 Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- la sécurité des usagers, en évacuant l'eau des chaussées et des talus.
- la pérennité de l'infrastructure, en collectant les eaux et en les évacuant de la route.
- la lutte contre la pollution routière.
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Garantir la stabilité de l'ouvrage durant toute sa durée de vie.

VIII - 4 Assainissement de la chaussée :

L'architecture d'un réseau d'assainissement peut être décomposée conventionnellement en 5 grandes parties :

Les réseaux de collecte longitudinaux.

- Les ouvrages transversaux.

- Les ouvrages de raccordement.
- Les ouvrages de contenance et de dépollution.
- Les exutoires.

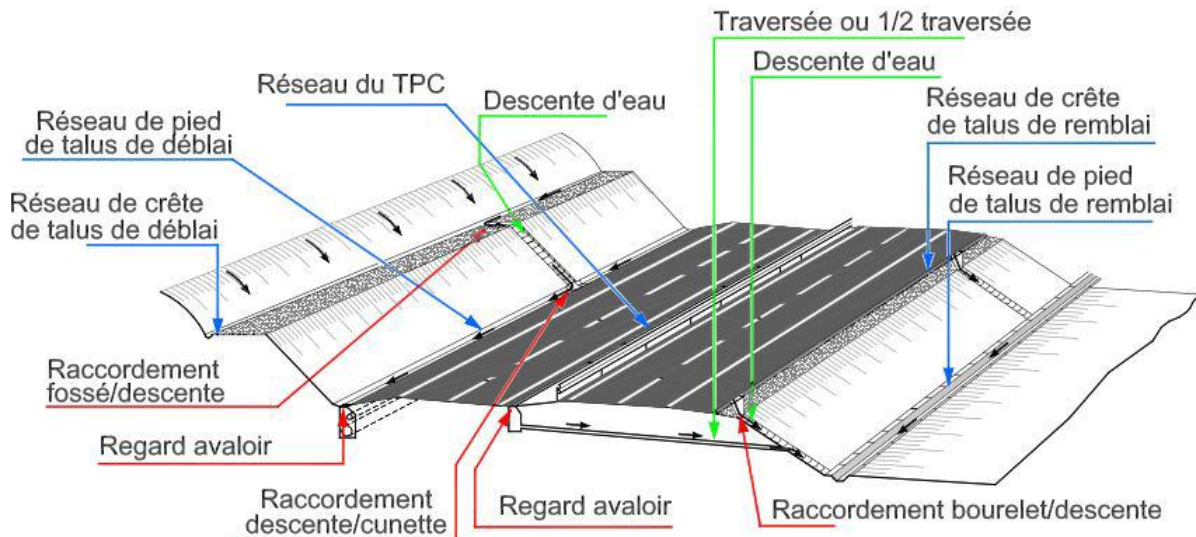


Figure VIII- 1-Différents ouvrages d'assainissement.

VIII - 5 Choix des ouvrages d'évacuation :

Le choix des ouvrages d'évacuation des eaux superficielles doit s'appuyer sur les deux principes de base suivante :

- L'utilisation d'ouvrage superficiel dont les coûts d'investissement et d'entretiens est plus faible que ceux des ouvrages enterrés.
- Rejeter les eaux hors de la plate-forme chaque fois que cela est possible, afin de diminuer les déblais de transit.

VIII - 6 Étapes de la conception d'une étude d'assainissement :

En général, la conception d'un réseau d'assainissement passe par les étapes suivantes :

1. Etablissement de la vue en plan du réseau, c'est-à-dire le traçage en plan des collecteurs et des regards ainsi que les boites de branchement ;
2. Délimitation des bassins versants élémentaires, cette étape consiste à subdiviser le plan en sous bassins élémentaires de l'amont vers l'aval.
3. Appliquer une méthode de calcul pour déterminer les débits élémentaires de chaque bassin puis établir les assemblages des bassins élémentaires.
4. Faire le montage des profils en long afin de fixer les pentes des conduites.
5. Dimensionner les collecteurs et vérifier si le réseau fonctionne bien.

6. Avant métrés et détail estimatif du projet.

VIII - 7 Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, sa pente puis à vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, et pour cela on utilise la formule :

$$Q_a = Q_s$$

Avec : Q_a : débit d'apport en provenance du bassin (m³/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

VIII - 7 -1 Le débit d'apport Q_a :

Il est calculé en appliquant la formule de la méthode Rationnelle :

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

Avec : K : coefficient de concentration $K = 0,2778$.

I : intensité de l'averse exprimée en mm/h.

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m²).

➤ 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.

Le tableau suivant donne les valeurs de C :

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtu en enrobe	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau VIII- 1-Valeurs des coefficients de ruissellement.

➤ **Intensité de l'averse «It»**

L'intensité de l'averse I_t est donnée par la formule suivante :

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

Avec:

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

T_c : Temps de concentration (heure).

B : b-1, d'où b : exposant climatique.

Pour déterminer l'intensité de la pluie on passe par plusieurs étapes de calcul qui sont:

a Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_j = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{cv^2 + 1}} \times e^{u\sqrt{\ln(cv^2+1)}}$$

Avec :

P_jmoy : hauteur de la pluie journalière moyenne (mm).

Cv : coefficient de variation.

U : variable de Gauss.

Fréquence (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retours (ans)	2	5	10	20	50	100
Variables de Gauss (U)	0.000	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau VIII- 2-Variante de gauss en fonction de la période de retour.

Remarque :

Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.

Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.

Les ponts dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

b Fréquence de l'averse «Pt(%)» :

Pour une durée de temps spécifique, la fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_J (\%) \left(\frac{T_c}{24}\right)^b$$

Avec : P_t : hauteur de pluie de durée t (mm)

P_J : pluie journalière maximale annuelle.

b : l'exposant climatique de la région.

T_c : temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu' à son exutoire ou le point de calcul).

c Temps de concentration « T_c » :

La durée « t » de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps déconcentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giadotti, comme suit:

La formule de **VENTURA** : Lorsque : $A < 5 \text{ km}^2$: $T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{p}}$

La formule de **PASSINI** : Lorsque $5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$: $T_c = \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}}$

La formule de **GIADOTTI** : Lorsque $25 \text{ km}^2 < A < 200 \text{ km}^2$: $T_c = \frac{1.5L + 4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{H}}$

Avec : T_c : le temps de concentration (heure).

A : superficie de bassin versant (km^2).

L : longueur de thalwegs principaux (m.p.m)

H : la différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

VIII - 7 -2 Débit de saturation (Q_s) :

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par la formule de MAMING STICKLER : **$Q_s = V \cdot S_m$**

Avec : **$V = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot R_h^{2/3}$**

Et : **K_{st}** : coefficient de MANING STRICLER. Ou :

Kst = 30 en terre.

Kst = 40 en buses métalliques.

Kst = 50 en maçonneries.

Kst = 70 en bétons (dalots).

Kst = 80 en bétons (buses préfabriquées).

J : pente longitudinale de l'ouvrage

Rh : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillé).

Sm: surface mouillée (m²).

VIII - 8 Pente de pose des ouvrages :

La pente maximale de pose des ouvrages est celle qui correspond à une vitesse maximale de 4m/s selon le document SETRA (1984) et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuses et la formation de dépôts (pierres, terres, ...etc.) qui peuvent conduire à l'obstruction des ouvrages, et pour assurer aussi l'auto curage.

VIII - 9 Application au projet :

a Données pluviométriques :

La région de Tizi-Ouzou est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

Les données nécessaires aux calculs concernent:

La pluie journalière moyenne: **P₂₄ = P_{jmoy} = 65.03 mm.**

Le coefficient de variation de la région considérée: **C_v = 0.38.**

L'exposant climatique de la région: **b = 0.37.**

b Calcul de précipitation journalière :

D'après la formule de GALTON:
$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{cv^2+1}} \times e^{u\sqrt{\ln(cv^2+1)}}$$

Généralement, pour les routes on prend en compte la fréquence décennale (10ans), donc le variable de GAUSS **U = 1,28.**

Pendant 10 ans : cas d'une buse :

$$P_{j(10\%)} = \frac{65.03}{\sqrt{(0.38)^2 + 1}} \times e^{1.28\sqrt{\ln((0.38)^2 + 1)}}$$

$$P_{j(10\%)} = 75.62 \text{ mm}$$

➤ Fréquence d'averse Pt (10%) :

La fréquence d'averse **Pt (10%)** pour une durée **t= 0.25heures** est donnée par la formule :

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

$$P_{t(10\%)} = 75.62 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.37} \Rightarrow P_{t(10\%)} = 13.96 \text{ mm}$$

➤ l'intensité de l'averse It :

$$I_t = I \times \left(\frac{T_c}{24}\right)^B \text{ avec: } B = b - 1 \Rightarrow 0.37 - 1 = -0.63$$

$$I = \frac{P_{j(10\%)}}{24} = \frac{75.62}{24} = 3.15 \text{ mm/h}$$

Donc : l'intensité de la pluie est :

$$\Rightarrow I_t = 3.15 \times \left(\frac{0.25}{24}\right)^{-0.63} = 55.86 \text{ mm/h}$$

$$I_t = 55.86 \text{ mm/h}$$

Pendant 50ans : cas d'un dalot :

U=2.05. Cv=0.38. Pjmoy=65.03mm.

$$P_{j(2\%)} = \frac{65.03}{\sqrt{(0.38)^2 + 1}} \times e^{2.05\sqrt{\ln((0.38)^2 + 1)}}$$

$$P_{j(2\%)} = 124.009 \text{ mm}$$

$$P_{t(2\%)} = 124.009 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.37} \Rightarrow P_{t(2\%)} = 22.90 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow I = \frac{124.009}{24} = 5.16 \text{ mm/h}$$

$$\text{Donc: } I_t = 5.16 \times \left(\frac{0.25}{24}\right)^{-0.63} = 91.51 \text{ mm/h} \Rightarrow I_t = 91.51 \text{ mm/h}$$

c Calcul du débit d'apport Qa :

$$\text{On a : } Q_a = K.C.I.A$$

La surface du bassin versant :

On considère la présence des trois éléments (Chaussée, accotement, talus), la section de 100m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route total. Une largeur de talus été prise défavorable égale 10 m.

$$\text{Donc : } Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$$

Avec : $Q_A = K.I.CA.A_A$: débit apporté par l'accotement.

$Q_t = K.I.Ct.A_t$: débit apporté par le talus.

$Q_c = K.I.Cc.A_c$: débit apporté par la chaussée

Les résultats de calcul de chaque axe sont donnés dans le tableau suivant :

Surface D'apport	Surface (ha).10 ⁻⁴	C	I (mm/h)	K	Débit (m ³ /s)	Débit Total : Qa
Chaussée	700	0.95	55.86	0.2778	1.03	1.69
Accotement	325	0.40	55.86	0.2778	0.20	
Talus	1000	0.30	55.86	0.2778	0.46	

d Calcul du débit de saturation (Qs) :

- **Dimensionnement des fossés :**

Le dimensionnement des fossés doit satisfaire l'égalité, entre le débit d'apport et son débit de saturation :

$$Q_a = Q_s = S_m.KST.Rh^{2/3}.J^{1/2}$$

Avec : S_m : surface mouillée : $S_m = h \times (b + n.h)$

P_m : périmètre mouillé : $P_m = b + 2 h\sqrt{1 + n^2}$

R_h : rayon hydraulique : $R_h = S_m / P_m$

P : pente du talus : $P = 1/n$

n : coefficient de Manning, (pris égal à 1.5).

On fixe la base du fossé à ($b = 50 \text{ cm}$) et la pente du talus à ($1/n = 1/1.5$) et $J=4\%$, d'où la possibilité de calculer le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h . Par un calcul itératif, on aura Q_s supérieur ou égal au débit d'apport Q_a pour chaque valeur de h .

Pour les fossés en béton : $K_{st} = 70$.

- **Calcul du rayon hydraulique :**

$$Rh = \frac{S_m}{P_m} \Rightarrow \frac{h \times (b \times nh)}{b + 2h\sqrt{1+n^2}}$$

Le débit de saturation s'écrira alors :

$$Q_s = Q_a = KST \times h \times (b \times nh) \times \left[\frac{h \times (b \times nh)}{b + 2h\sqrt{1+n^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$$

On aura : $h=0.4\text{m}$

Alors :

$$Q_s = 70 \times 0.4(0.5 \times 1.5 \times 0.4) \times \left[\frac{0.4 \times (0.5 \times 1.5 \times 0.4)}{b + 2 \times 0.4\sqrt{1 + 1.5^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \times 0.04^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow Q_s = 2.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

On a: $Q_s = 2.28 \text{ m}^3/\text{s}$ ET $Q_a = 1.69 \text{ m}^3/\text{s}$.

D'où: $Q_s > Q_a \Rightarrow$ c'est vérifié.

- **Dimensionnement des buses :**

Pour dimensionner les buses, deux paramètres à envisager Q et J .

Le débit Q , il est calculé par la formule $Q_a = kst .C.I.A$

J : est la pente du radier qui est imposé par la pente du profil en travers qui prend au maximum une valeur de **13%** et ceci pour éviter les glissements des conduites sous l'effet des fortes charges. Avec un rapport de remplissage ($\rho = 0,5$).

On prend : $Q_a = Q_s$

Avec :

$$Q_s = S_m . KST . Rh^{2/3} . J^{1/2} \text{ et } Q_a = K . C . I . A$$

$$S_m: \text{ surface mouillée } = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

$$Rh : \text{ rayon hydraulique } = R/2$$

$$K_{st} = 80 \text{ (pour les buses)}$$

J : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s, pour notre cas J=7%.

Calcul de Qa :

$$K=0.2778$$

$$I_{(10\%)}=3.15\text{mm/h.}$$

$$A=13900\text{ha}=1.39\text{km}^2 \text{ (aire du bassin versant)}$$

$$It=I \times \left(\frac{Tc}{24}\right)^{b-1} \Rightarrow Tc=0.127 \times \sqrt{\frac{1.39}{0.03}} = 0.864\text{h. (Le temps de concentration pour les bassins versant inférieur a } 5 \text{ km}^2).$$

$$\Rightarrow It=3.15 \times \left(\frac{0.864}{24}\right)^{-0.63} = 25.57\text{mm/h.}$$

$$\text{Donc : } Qa=0.2778*0.20*25.57*1.39=1.97\text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Alors : } Qs=R^{8/3} = \frac{2^{2/3} \times Qa}{Kst \times (J)^{1/2} \times \frac{1}{2} \times \pi}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{2/3} \times 1.97}{80 \times (0.07)^{1/2} \times \frac{1}{2} \times 3.14} = 0.363\text{m}$$

$$R=0.363\text{m} \Rightarrow D=2R \Rightarrow D=0.726\text{m.}$$

Donc : $\Phi=800\text{mm.}$

• **Dimensionnement des dalots:**

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1 à 2 m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans notre projet, les dalots sont en béton (Kst =70).

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$.

Surface D'apport	Surface (ha).10 ⁻⁴	C	I (mm/h)	K	Débit (m ³ /s)	Débit Total : Qa
Chaussée	700	0.95	91.51	0.2778	1.69	2.78
Accotement	325	0.40	91.51	0.2778	0.33	
Talus	1000	0.30	91.51	0.2778	0.76	

On a: $Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_m^{2/3} \cdot J^{1/2}$

Avec :

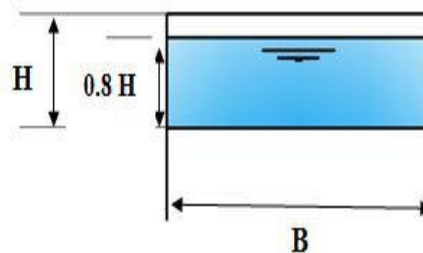
$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = 2 \times 0.8 \times h + B$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0.8 \times h \times B$$

$$\text{Rayon mouillé : } R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times B}{0.16 \times h + B}$$

$$J = 2.5\%$$

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre B et on calcule le paramètre H. On fixe B=2m On trouve h= 1.5m.



Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot. Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER $\Rightarrow Q_a \leq Q_s$

$$\text{On écrit alors : } Q_s = 0.8 \times h \times B \times K_{st} \times \left(\frac{0.8 \times h \times B}{0.16 \times h + B} \right)^{2/3} \times J^{1/2}$$

$$Q_s = 0.8 \times 1.5 \times 2 \times 70 \times \left(\frac{0.8 \times 1.5 \times 2}{0.16 \times 1.5 + 2} \right)^{2/3} \times (0.025)^{1/2}$$

$$= 10.16 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{On a: } Q_s = 10.16 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ET } Q_a = 2.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc : $Q_a \leq Q_s \Rightarrow$ c'est vérifié.

Conclusion :

D'après notre étude sur le réseau d'assainissement ; notre projet comportera :

- **Fossé de (0.4m*0.5m)**
- **Buse de Ø 800mm.**
- **Dalot de (2m*1.5m).**

Chapitre IX

Signalisation routière.

IX - 1 Introduction :

La signalisation routière permet d'informer les usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons, quant aux règles à respecter lors de leurs déplacements.

Qu'elle soit verticale ou horizontale, permanente ou temporaire, la signalisation routière a été conçue et intégrée dans le code de la route avec un objectif très précis : limiter les causes d'accident de la route.

IX - 2 Types de signalisation :

On distingue trois types de signalisation :

- ✓ La signalisation verticale.
- ✓ La signalisation routière horizontale.
- ✓ La signalisation temporaire.

IX - 2 -1 La signalisation verticale :

Lors de chaque déplacement, les usagers croisent des panneaux de signalisation, aussi nommés "éléments de signalisation verticale". Ce type de signalisation répond à trois missions fondamentales :

- Avertir des **dangers** à l'aide des panneaux triangulaires
- Signaler une **interdiction** ou une **obligation** à l'aide des panneaux ronds
- Donner des **indications** et des **informations** lors d'un trajet

IX - 2 -2 La signalisation routière horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur les chaussées qui sont employées pour régler la circulation. La signalisation horizontale se divise en trois types :

a Marque longitudinale :

- **Lignes continues** : ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.
- **Lignes discontinues** : sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive) ; leurs modulations sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (en mètre)	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T ₁ T' ₁	3.00 1.50	10.00 5.00	1/3
T ₂ T' ₂	3.00 0.50	3.5 0.50	1
T ₃ T' ₃	3.00 20.00	1.33 6.00	3

Tableau IX- 1-1 Modulations des lignes discontinues.

Avec : T₁ ou T'₁ : Ligne axiale ou délimitation de voie.

T₂ ou T'₂ : Ligne de rive.

T₃ ou T'₃ : Ligne délimitation des voies de décélération ou d'accélération.

b Marques transversales :

➤ **Lignes transversales continues :**

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

➤ **Lignes transversales discontinues :**

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

c Autre marquage :

➤ **Flèche de rabattement :**

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

➤ **Flèches de sélection :**

Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

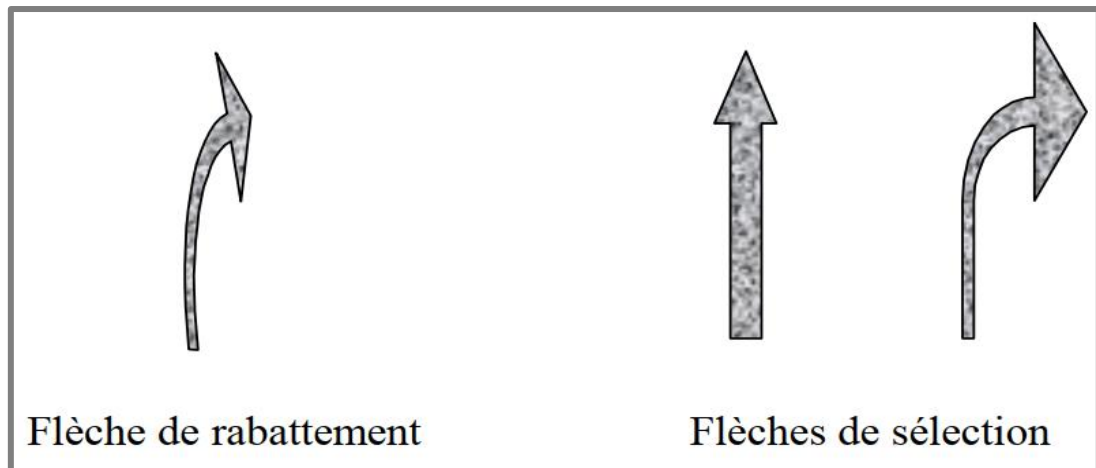


Figure IX- 1-Flèche de signalisation.

IX - 2 -3 La signalisation temporaire :

La signalisation temporaire est symbolisée par la **couleur jaune des panneaux et du marquage au sol** ; elle indique la proximité aux travaux ou des difficultés de circulation temporaires même lorsqu'il n'existe pas de limitation de vitesse, l'objectif est de sensibiliser les conducteurs afin qu'ils ralentissent.

IX - 3 Caractéristiques générales des marquages :

- ✓ Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- ✓ La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
 - ➔ U = **7.5cm** sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
 - ➔ U = **6cm** sur les routes et voies urbaines.
 - ➔ U = **5cm** pour les autres routes.

IX - 4 Les critères de conception de la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale

IX - 5 Application au projet

❖ Signalisation verticale :

➔ Signalisation de direction :

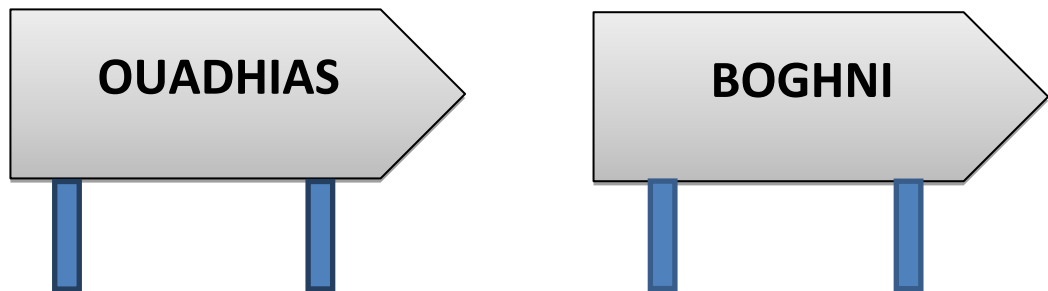


Figure IX- 2-Les panneaux de direction

➔ Signalisation d'indication :

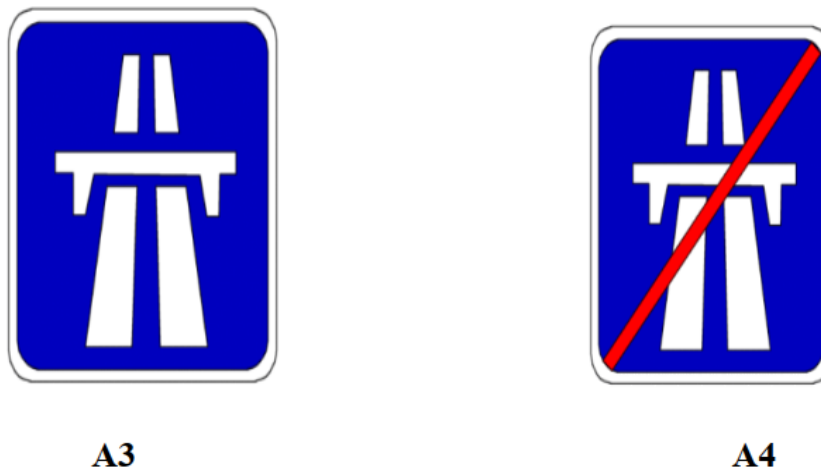


Figure IX- 3-Panneaux d'indication.

→ Signalisation d'interdiction et d'obligation :

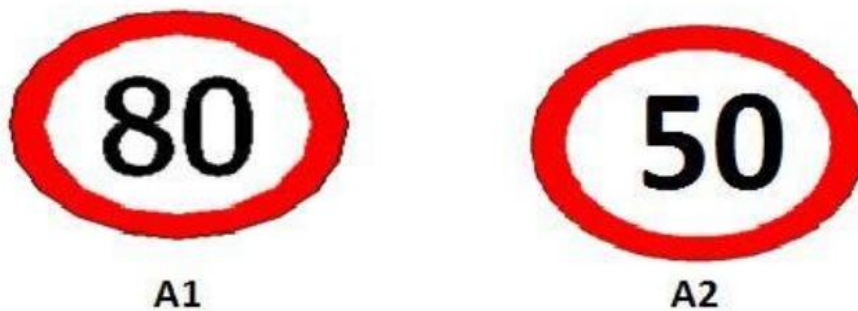


Figure IX- 4-Panneaux d'obligations.

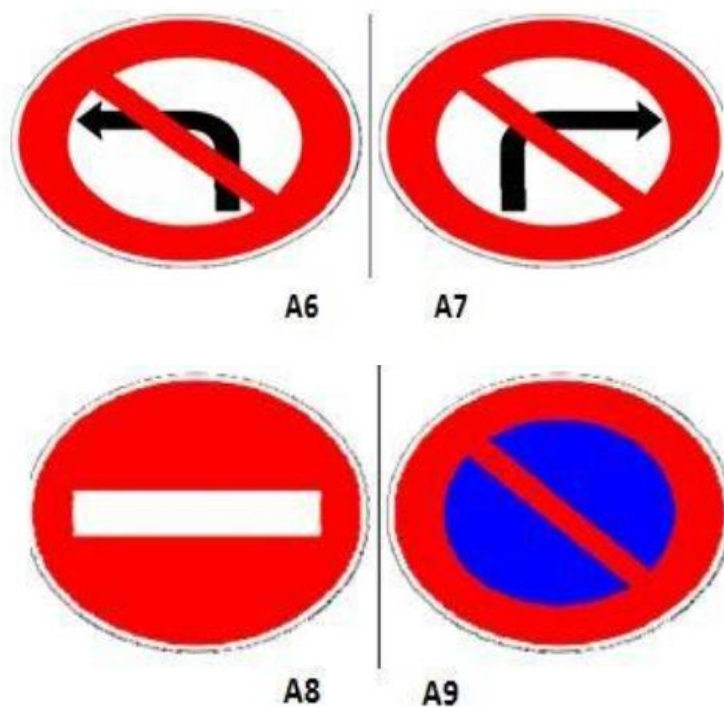


Figure IX- 5-Panneaux d'interdictions.

Le panneau **A1** est utilisé au niveau de l'autoroute pour limiter la vitesse au **80km/h**.

- Le panneau **A2** est utilisé au niveau des bretelles de l'échangeur nord pour limiter la vitesse au 50 km/h.
- Le panneau **A3** indique le début d'une section d'autoroute.
- Le panneau **A4** indique la fin d'une section d'autoroute.

- Les panneaux **A6** et **A7** sont utilisés à la rentrée et la sortie des bretelles pour indiquer une interdiction de tourner à droite ou à la gauche au niveau des sorties des bretelles.
- Le panneau **A8** est utilisé pour marquer une interdiction de rouler dans un sens de circulation, on trouve ce genre de panneau aux rentrés des routes.
- Le panneau **A9** indique l'interdiction de stationner sauf pour les cas d'urgence.

❖ **Signalisation horizontale :**

La largeur des lignes de signalisation horizontale est pour :

- La route : **U = 7.5 cm.**
- Les bretelles et les voies d'accès : **U = 5 cm.**

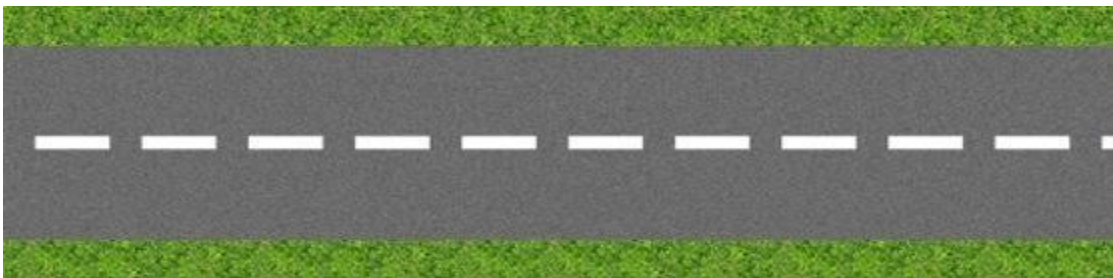


Figure IX- 6-Lignes discontinues pour délimiter les voies.

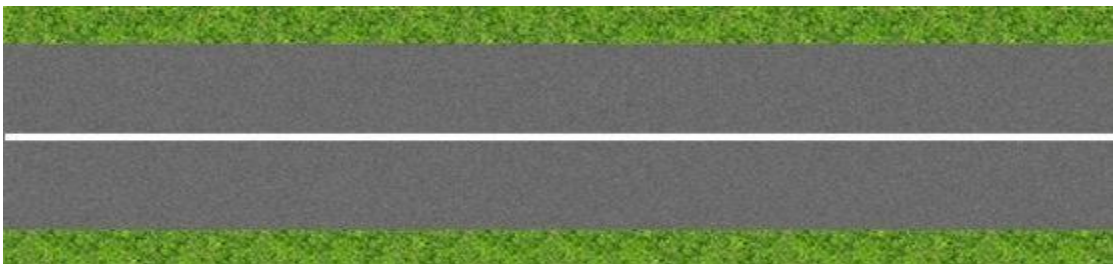


Figure IX- 7-Lignes continues pour délimiter la chaussée.



Figure IX- 8-lignes jaunes discontinues pour délimiter la bande d'arrêt d'urgence

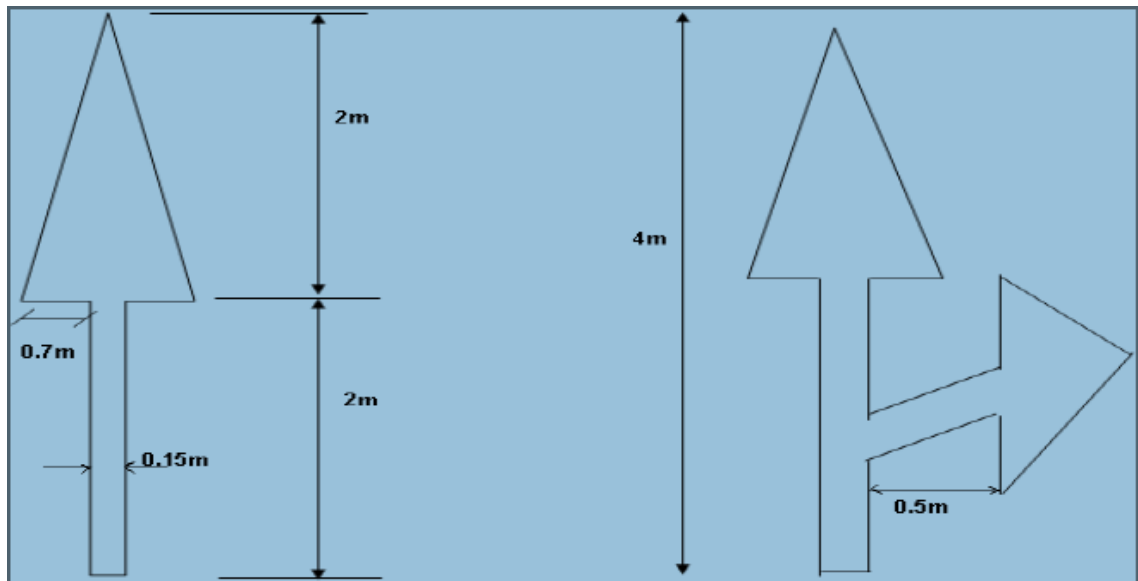


Figure IX- 9-Flèches pour les manœuvres des véhicules qui sont permises dans une voie donnée

Conclusion :

La signalisation routière a pour objet :

- ✓ De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.
- ✓ De rappeler certaine prescription du code de la route.
- ✓ De donner des informations relatives à l'usage de la route

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

Au cours de l'étude d'un tronçon de la voie express reliant Draa el Mizan-Ain el Hammam, nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes en considération, le confort, la sécurité des usagers, l'économie et l'environnement.

Ce travail nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier.

En respectant le règlement algérien B40 on a aboutit aux caractéristiques suivantes :

- Une chaussée de 2×2voies, de 3.5 m pour chacune.
- Un accotement de 3.25 m par chaque côté.
- Terre-plein central de 1.5m.
- Une couche de roulement (BB) de 12 cm.
- Une couche de base (GB) de 14 cm.
- Une couche de fondation (GC) de 15 cm
- Largeur totale de la route est 22m.

Ce projet a été une opportunité pour nous de concrétiser nos connaissances théoriques acquises pendant notre cycle de formation à l'université MOLOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou .IL était aussi une grande occasion pour saisir le déroulement d'un projet d'ouvrage d'art en général, et un projet routier en particulier.

Ce projet nous a mené à profiter de l'expérience des personnes du domaine, d'apprendre une méthodologie rationnelle, et d'acquérir une patience de recherche pour un but donné.

Finalement et après avoir jugé ce travail on se permet de le prendre comme bagage préliminaire pour entamer une autre étape dans ce vaste domaine.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- **B40 : normes techniques d'aménagement des routes 1977, Algérie**
- **CTTP, Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : 2001, Algérie.**
 - ✓ fascicule1
 - ✓ fascicule2
 - ✓ fascicule3
- **I.C.T.A.A.L. (Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison). 2000, France.**
- **Cours de route master 1.**
- **OTMANE Hamid. 2015/2016. Mémoire de fin d'étude. « Etude de la liaison d'échangeur CW 06 avec la 2ème Rcade sud de la wilaya d'Alger en phase APD», UMMTO.**
- **Kouadria Yassine. 2018/2019. Mémoire de fin d'étude. « Étude de dédoublement d'un tronçon routier de 6 km sur la RN46 du Pk 194+000 au Pk 200+000 (Wilaya de Biskra) » Université Mohamed Khider de Biskra.**
- **SETS, 2015, Documents concernant l'étude pour la réalisation d'une voie express reliant AIN EL HEMMAM-DRAA EL MIZAN : Etude de trafics**
- **SETS, 2015, Documents concernant l'étude pour la réalisation d'une voie express reliant AIN EL HEMMAM-DRAA EL MIZAN : Etude d'impact sur l'environnement**
- **SETS, 2015, Documents concernant l'étude pour la réalisation d'une voie express reliant AIN EL HEMMAM-DRAA EL MIZAN : Mouvement des terres**
- **Code algérien de la route.**

ANNEXES

Annexe A : profil en long

Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5
ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	392.514
D1	PENTE= 4.275 %	336.728		
			336.728	406.907
PAR1	S= 550.4557 Z= 411.4750			
	R = -5000.00	330.463		
			667.192	410.112
D2	PENTE= -2.335 %	818.759		
			1485.950	390.997
PAR2	S= 1649.3803 Z= 389.0888			
	R = 7000.00	170.180		
			1656.130	389.092
D3	PENTE= 0.096 %	725.186		
			2381.316	389.791
PAR3	S= 2377.4588 Z= 389.7894			
	R = 4000.00	329.209		
			2710.524	403.656
D4	PENTE= 8.327 %	1017.506		
			3728.030	488.380
PAR4	S= 4061.0955 Z= 502.2466			
	R = -4000.00	12.164		
			3740.194	489.374
LONGUEUR DE L'AXE		3740.194		

Annexe B : Axe en plan

Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0.000	602120.960	4043970.360
D1	ANG = 371.527g	555.198			
			555.198	602621.547	4043730.239
L1	XC= 602967.543				
	YC= 4044451.548				
	R = 800.000	593.685			
			1148.883	603200.018	4043686.070
D2	ANG = 18.771g	288.238			
			1437.121	603475.818	4043769.830
L2	XC= 603708.292				
	YC= 4043004.353				
	R = -800.000	568.121			
			2005.243	604031.067	4043736.348
D3	ANG = 373.561g	322.195			
			2327.438	604325.874	4043606.352
C3	XC= 604729.343				
	YC= 4044521.345				
	R = 1000.000	513.887			
			2841.325	604827.766	4043526.201
D4	ANG = 6.276g	898.869			
			3740.194	605722.270	4043614.670
LONGUEUR DE L'AXE		5153.284			

nnexe C : Volume chaussée

N°	ABSCISSE	FORME	BASE	CHAUSSEE	ACCOTE	T.P.C.
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
1	0.000					
2	20.000	58.8		47.6	24.2	4.6
3	40.000	58.6		47.6	24.1	4.6
4	60.000	58.6		47.6	24.1	4.6
5	80.000	58.6		47.6	24.1	4.6
6	100.000	58.6		47.6	24.1	4.6
7	120.000	58.6		47.6	24.1	4.6
8	140.000	58.6		47.6	24.1	4.6
9	160.000	58.6		47.6	24.1	4.6
10	180.000	58.6		47.6	24.1	4.6
11	200.000	58.6		47.6	24.1	4.6
12	220.000	58.6		47.6	24.1	4.6
13	240.000	58.6		47.6	24.1	4.6
14	260.000	58.6		47.6	24.1	4.6
15	280.000	58.6		47.6	24.1	4.6
16	300.000	58.6		47.6	24.1	4.6
17	320.000	58.6		47.6	24.1	4.6
18	340.000	58.6		47.6	24.1	4.6
19	360.000	58.6		47.6	24.1	4.6
20	380.000	58.6		47.6	24.1	4.6
21	400.000	58.6		47.6	24.1	4.6
22	420.000	38.2		31.0	15.7	3.0
23	426.041	29.3		23.8	12.0	2.3
24	440.000	49.8		40.4	20.4	3.9
25	460.000	58.6		47.6	24.1	4.6
26	480.000	58.6		47.6	24.1	4.6
27	500.000	58.6		47.6	24.1	4.6
28	520.000	58.6		47.6	24.1	4.6
29	540.000	58.6		47.6	24.1	4.6
30	560.000	58.6		47.6	24.1	4.6
31	580.000	58.6		47.6	24.1	4.6
32	600.000	45.5		36.9	18.7	3.6
33	611.041	29.3		23.8	12.0	2.3
34	620.000	42.4		34.5	17.4	3.3
35	640.000	58.6		47.6	24.1	4.6
36	660.000	58.6		47.6	24.1	4.6
37	680.000	58.6		47.6	24.1	4.6
38	700.000	58.6		47.6	24.1	4.6
39	720.000	58.6		47.6	24.1	4.6

40	740.000	58.6		47.6	24.1	4.6
41	760.000	58.6		47.6	24.1	4.6
42	780.000	58.6		47.6	24.1	4.6
43	800.000	58.6		47.6	24.1	4.6
44	820.000	58.6		47.6	24.1	4.6
45	840.000	58.6		47.6	24.1	4.6
46	860.000	58.6		47.6	24.1	4.6
47	880.000	58.6		47.6	24.1	4.6
48	900.000	58.6		47.6	24.1	4.6
49	920.000	58.6		47.6	24.1	4.6
50	940.000	58.6		47.6	24.1	4.6
51	960.000	58.6		47.6	24.1	4.6
52	980.000	58.9		47.6	24.2	4.6
53	1000.000	58.9		47.6	24.2	4.6
54	1020.000	59.2		47.6	24.3	4.6
55	1040.000	59.2		47.6	24.3	4.6
56	1060.000	59.2		47.6	24.3	4.6
57	1080.000	59.2		47.6	24.3	4.6
58	1100.000	59.2		47.6	24.3	4.6
59	1120.000	59.2		47.6	24.3	4.6
60	1140.000	59.2		47.6	24.3	4.6
61	1160.000	59.2		47.6	24.3	4.6
62	1180.000	59.2		47.6	24.3	4.6
63	1200.000	59.2		47.6	24.3	4.6
64	1220.000	59.2		47.6	24.3	4.6
65	1240.000	59.2		47.6	24.3	4.6
66	1260.000	59.2		47.6	24.3	4.6
67	1280.000	31.1		25.0	12.8	2.4
68	1281.047	29.6		23.8	12.2	2.3
69	1300.000	57.6		46.4	23.7	4.5
70	1320.000	59.2		47.6	24.3	4.6
71	1340.000	59.2		47.6	24.3	4.6
72	1360.000	59.2		47.6	24.3	4.6
73	1380.000	59.2		47.6	24.3	4.6
74	1400.000	59.2		47.6	24.3	4.6
75	1420.000	59.2		47.6	24.3	4.6
76	1440.000	59.2		47.6	24.3	4.6
77	1460.000	38.5		31.0	15.8	3.0
78	1466.047	16.1		13.0	6.6	1.3
79	1470.902	20.6		16.6	8.5	1.6
80	1480.000	43.0		34.6	17.7	3.4
81	1500.000	59.2		47.6	24.3	4.6
82	1520.000	59.2		47.6	24.3	4.6

83	1540.000	59.2		47.6	24.3	4.6
84	1560.000	59.2		47.6	24.3	4.6
85	1580.000	59.2		47.6	24.3	4.6
86	1600.000	59.2		47.6	24.3	4.6
87	1620.000	59.2		47.6	24.3	4.6
88	1640.000	53.1		42.7	21.8	4.2
89	1655.902	29.6		23.8	12.2	2.3
90	1660.000	35.6		28.7	14.7	2.8
91	1680.000	59.2		47.6	24.3	4.6
92	1700.000	59.2		47.6	24.3	4.6
93	1720.000	59.2		47.6	24.3	4.6
94	1740.000	59.2		47.6	24.3	4.6
95	1760.000	59.2		47.6	24.3	4.6
96	1780.000	59.2		47.6	24.3	4.6
97	1800.000	59.2		47.6	24.3	4.6
98	1820.000	59.2		47.6	24.3	4.6
99	1840.000	59.2		47.6	24.3	4.6
100	1860.000	59.2		47.6	24.3	4.6
101	1880.000	59.2		47.6	24.3	4.6
102	1900.000	59.2		47.6	24.3	4.6
103	1920.000	59.2		47.6	24.3	4.6
104	1940.000	59.2		47.6	24.3	4.6
105	1960.000	59.2		47.6	24.3	4.6
106	1980.000	59.2		47.6	24.3	4.6
107	2000.000	59.2		47.6	24.3	4.6
108	2020.000	59.2		47.6	24.3	4.6
109	2040.000	59.2		47.6	24.3	4.6
110	2060.000	59.2		47.6	24.3	4.6
111	2080.000	59.2		47.6	24.3	4.6
112	2100.000	59.2		47.6	24.3	4.6
113	2120.000	59.2		47.6	24.3	4.6
114	2140.000	59.2		47.6	24.3	4.6
115	2160.000	59.2		47.6	24.3	4.6
116	2180.000	55.7		44.8	22.9	4.4
117	2197.647	29.6		23.8	12.2	2.3
118	2200.000	33.1		26.6	13.6	2.6
119	2220.000	59.2		47.6	24.3	4.6
120	2240.000	59.2		47.6	24.3	4.6
121	2260.000	59.2		47.6	24.3	4.6
122	2280.000	59.2		47.6	24.3	4.6
123	2300.000	59.2		47.6	24.3	4.6
124	2320.000	59.2		47.6	24.3	4.6
125	2340.000	59.2		47.6	24.3	4.6

126	2360.000	59.2		47.6	24.3	4.6
127	2380.000	33.5		26.9	13.8	2.6
128	2382.647	29.6		23.8	12.2	2.3
129	2400.000	55.2		44.5	22.7	4.3
130	2420.000	59.1		47.6	24.3	4.6
131	2440.000	58.9		47.6	24.2	4.6
132	2460.000	58.9		47.6	24.2	4.6
133	2480.000	58.6		47.6	24.1	4.6
134	2500.000	58.6		47.6	24.1	4.6
135	2520.000	58.6		47.6	24.1	4.6
136	2540.000	58.6		47.6	24.1	4.6
137	2560.000	58.6		47.6	24.1	4.6
138	2580.000	58.6		47.6	24.1	4.6
139	2600.000	58.6		47.6	24.1	4.6
140	2620.000	58.6		47.6	24.1	4.6
141	2640.000	42.3		34.4	17.4	3.3
142	2648.884	29.3		23.8	12.0	2.3
143	2660.000	45.2		37.0	18.6	3.6
144	2680.000	59.2		47.6	24.3	4.6
145	2700.000	59.2		47.6	24.3	4.6
146	2720.000	59.2		47.6	24.3	4.6
147	2740.000	57.5		46.3	23.6	4.5
148	2758.884	29.6		23.8	12.2	2.3
149	2760.000	31.2		25.1	12.8	2.4
150	2780.000	59.2		47.6	24.3	4.6
151	2800.000	59.2		47.6	24.3	4.6
152	2820.000	59.2		47.6	24.3	4.6
153	2840.000	59.2		47.6	24.3	4.6
154	2860.000	59.2		47.6	24.3	4.6
155	2880.000	59.2		47.6	24.3	4.6
156	2900.000	59.2		47.6	24.3	4.6
157	2920.000	59.2		47.6	24.3	4.6
158	2940.000	59.2		47.6	24.3	4.6
159	2960.000	59.2		47.6	24.3	4.6
160	2980.000	59.2		47.6	24.3	4.6
161	3000.000	59.2		47.6	24.3	4.6
162	3020.000	59.2		47.6	24.3	4.6
163	3040.000	59.2		47.6	24.3	4.6
164	3060.000	59.2		47.6	24.3	4.6
165	3080.000	59.2		47.6	24.3	4.6
166	3100.000	59.2		47.6	24.3	4.6
167	3120.000	59.2		47.6	24.3	4.6
168	3140.000	53.8		43.3	22.1	4.2

169	3156.356	29.6		23.8	12.2	2.3
170	3160.000	35.0		28.1	14.4	2.7
171	3180.000	59.2		47.6	24.3	4.6
172	3200.000	59.2		47.6	24.3	4.6
173	3220.000	59.2		47.6	24.3	4.6
174	3240.000	59.2		47.6	24.3	4.6
175	3260.000	39.0		31.4	16.0	3.0
176	3266.356	29.6		23.8	12.2	2.3
177	3280.000	49.8		40.0	20.5	3.9
178	3300.000	59.2		47.6	24.3	4.6
179	3320.000	59.2		47.6	24.3	4.6
180	3340.000	59.2		47.6	24.3	4.6
181	3360.000	58.9		47.6	24.2	4.6
182	3380.000	58.5		47.6	24.2	4.6
183	3400.000	58.6		47.6	24.1	4.6
184	3420.000	58.6		47.6	24.1	4.6
185	3440.000	58.6		47.6	24.1	4.6
186	3460.000	58.6		47.6	24.1	4.6
187	3480.000	58.6		47.6	24.1	4.6
188	3500.000	58.6		47.6	24.1	4.6
189	3520.000	58.6		47.6	24.1	4.6
190	3540.000	58.6		47.6	24.1	4.6
191	3560.000	58.6		47.6	24.1	4.6
192	3580.000	58.6		47.6	24.1	4.6
193	3600.000	58.6		47.6	24.1	4.6
194	3620.000	58.6		47.6	24.1	4.6
195	3640.000	58.6		47.6	24.1	4.6
196	3660.000	58.6		47.6	24.1	4.6
197	3680.000	58.6		47.6	24.1	4.6
198	3700.000	58.6		47.6	24.1	4.6
199	3720.000	58.6		47.6	24.1	4.6
200	3740.000	58.6		47.6	24.1	4.6
201	3760.000	58.6		47.6	24.1	4.6
202	3780.000	58.6		47.6	24.1	4.6
203	3800.000	58.6		47.6	24.1	4.6
204	3820.000	58.6		47.6	24.1	4.6
205	3840.000	58.6		47.6	24.1	4.6
206	3860.000	58.6		47.6	24.1	4.6
207	3880.000	58.6		47.6	24.1	4.6
208	3900.000	58.6		47.6	24.1	4.6
209	3920.000	58.6		47.6	24.1	4.6
210	3940.000	58.6		47.6	24.1	4.6
211	3960.000	58.6		47.6	24.1	4.6

212	3980.000	58.6		47.6	24.1	4.6
213	4000.000	58.6		47.6	24.1	4.6
214	4020.000	58.6		47.6	24.1	4.6
215	4040.000	57.8		46.9	23.7	4.6
216	4059.446	29.4		23.8	12.1	2.3
217	4060.000	30.3		24.5	12.4	2.4
218	4080.000	58.6		47.6	24.1	4.6
219	4100.000	58.6		47.6	24.1	4.6
220	4120.000	58.6		47.6	24.1	4.6
221	4140.000	58.6		47.6	24.1	4.6
222	4160.000	58.6		47.6	24.1	4.6
223	4180.000	31.6		25.7	13.0	2.5
224	4181.590	29.3		23.8	12.0	2.3
225	4200.000	56.3		45.7	23.1	4.4
226	4220.000	58.6		47.6	24.1	4.6
227	4240.000	58.6		47.6	24.1	4.6
228	4260.000	58.6		47.6	24.1	4.6
229	4280.000	58.6		47.6	24.1	4.6
230	4300.000	58.6		47.6	24.1	4.6
231	4320.000	58.6		47.6	24.1	4.6
232	4340.000	58.6		47.6	24.1	4.6
233	4360.000	58.6		47.6	24.1	4.6
234	4380.000	58.6		47.6	24.1	4.6
235	4400.000	58.6		47.6	24.1	4.6
236	4420.000	58.6		47.6	24.1	4.6
237	4440.000	58.6		47.6	24.1	4.6
238	4460.000	58.6		47.6	24.1	4.6
239	4480.000	58.6		47.6	24.1	4.6
240	4500.000	58.6		47.6	24.1	4.6
241	4520.000	58.6		47.6	24.1	4.6
242	4540.000	58.6		47.6	24.1	4.6
243	4560.000	58.6		47.6	24.1	4.6
244	4580.000	58.6		47.6	24.1	4.6
245	4600.000	58.6		47.6	24.1	4.6
246	4620.000	58.6		47.6	24.1	4.6
247	4640.000	58.6		47.6	24.1	4.6
248	4660.000	58.6		47.6	24.1	4.6
249	4680.000	58.6		47.6	24.1	4.6
250	4700.000	58.6		47.6	24.1	4.6
251	4720.000	58.6		47.6	24.1	4.6
252	4740.000	58.6		47.6	24.1	4.6
253	4760.000	58.6		47.6	24.1	4.6
254	4780.000	58.6		47.6	24.1	4.6

255	4800.000	58.9		47.6	24.2	4.6
256	4820.000	59.2		47.6	24.3	4.6
257	4840.000	59.2		47.6	24.3	4.6
258	4860.000	59.2		47.6	24.3	4.6
259	4880.000	59.2		47.6	24.3	4.6
260	4900.000	59.2		47.6	24.3	4.6
261	4920.000	59.2		47.6	24.3	4.6
262	4940.000	59.2		47.6	24.3	4.6
263	4960.000	59.2		47.6	24.3	4.6
264	4980.000	59.2		47.6	24.3	4.6
265	5000.000	59.2		47.6	24.3	4.6
266	5020.000	59.2		47.6	24.3	4.6
267	5040.000	59.2		47.6	24.3	4.6
268	5060.000	59.2		47.6	24.3	4.6
269	5080.000	59.2		47.6	24.3	4.6
270	5100.000	59.2		47.6	24.3	4.6
271	5120.000	59.2		47.6	24.3	4.6
272	5140.000	49.0		39.6	20.1	3.8
273	5153.284					
		15120	0	12225	6213	1188

Annexe E : Tabulation

N°	ABSCISSE	COTE	COTE 2	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0.000	392.514	392.513	602120.960	4043970.360	271.527g	2.50	-2.50
2	25.000	392.237	393.582	602143.501	4043959.548	271.527g	2.50	-2.50
3	50.000	391.960	394.651	602166.042	4043948.735	271.527g	2.50	-2.50
4	75.000	391.684	395.719	602188.583	4043937.923	271.527g	2.50	-2.50
5	100.000	392.038	396.788	602211.124	4043927.110	271.527g	2.50	-2.50
6	125.000	393.083	397.857	602233.664	4043916.298	271.527g	2.50	-2.50
7	150.000	394.128	398.925	602256.205	4043905.486	271.527g	2.50	-2.50
8	175.000	395.173	399.994	602278.746	4043894.673	271.527g	2.50	-2.50
9	200.000	396.218	401.063	602301.287	4043883.861	271.527g	2.50	-2.50
10	225.000	397.262	402.131	602323.828	4043873.048	271.527g	2.50	-2.50
11	250.000	398.307	403.200	602346.369	4043862.236	271.527g	2.50	-2.50
12	275.000	398.315	404.268	602368.910	4043851.424	271.527g	2.50	-2.50
13	300.000	395.581	405.337	602391.451	4043840.611	271.527g	2.50	-2.50
14	325.000	398.174	406.406	602413.992	4043829.799	271.527g	2.50	-2.50
15	350.000	400.766	407.457	602436.533	4043818.986	271.527g	2.50	-2.50
16	375.000	403.359	408.397	602459.073	4043808.174	271.527g	2.50	-2.50
17	400.000	405.951	409.211	602481.614	4043797.362	271.527g	2.50	-2.50
18	425.000	408.544	409.901	602504.155	4043786.549	271.527g	2.50	-2.50
19	450.000	411.136	410.466	602526.696	4043775.737	271.527g	2.50	-2.50
20	475.000	413.729	410.906	602549.237	4043764.924	271.527g	2.50	-2.50
21	500.000	415.811	411.220	602571.778	4043754.112	271.527g	2.50	-1.62
22	525.000	414.557	411.410	602594.319	4043743.300	271.527g	2.50	0.24
23	550.000	413.303	411.475	602616.860	4043732.487	271.527g	2.50	2.11
24	555.198	413.042	411.473	602621.547	4043730.239	271.527g	2.50	2.50
25	575.000	411.993	411.415	602639.505	4043721.897	273.102g	2.50	2.50
26	600.000	410.511	411.230	602662.463	4043712.003	275.092g	2.50	2.50
27	625.000	408.854	410.919	602685.719	4043702.832	277.081g	2.50	2.50
28	650.000	407.024	410.484	602709.250	4043694.392	279.071g	2.50	2.50
29	675.000	405.022	409.930	602733.033	4043686.691	281.060g	2.50	2.50
30	700.000	402.851	409.346	602757.046	4043679.738	283.050g	2.50	2.50
31	725.000	402.522	408.763	602781.264	4043673.537	285.039g	2.50	2.50
32	750.000	402.974	408.179	602805.663	4043668.097	287.028g	2.50	2.50
33	775.000	403.316	407.595	602830.221	4043663.422	289.018g	2.50	2.50
34	800.000	403.547	407.012	602854.913	4043659.516	291.007g	2.50	2.50
35	825.000	403.667	406.428	602879.715	4043656.383	292.997g	2.50	2.50
36	850.000	403.676	405.844	602904.603	4043654.027	294.986g	2.50	2.50
37	875.000	403.574	405.261	602929.552	4043652.450	296.976g	2.50	2.50
38	900.000	403.360	404.677	602954.538	4043651.653	298.965g	2.50	2.50
39	925.000	403.281	404.093	602979.537	4043651.637	300.954g	2.50	2.50

40	950.000	403.572	403.510	603004.525	4043652.403	302.944g	2.50	2.50
41	975.000	403.778	402.926	603029.476	4043653.948	304.933g	2.50	2.50
42	1000.000	403.900	402.342	603054.366	4043656.273	306.923g	2.50	2.50
43	1025.000	403.937	401.758	603079.172	4043659.374	308.912g	2.50	2.50
44	1050.000	403.889	401.175	603103.869	4043663.249	310.902g	2.50	2.50
45	1075.000	403.758	400.591	603128.433	4043667.893	312.891g	2.50	2.50
46	1100.000	403.541	400.007	603152.840	4043673.302	314.881g	2.50	2.50
47	1125.000	403.241	399.424	603177.065	4043679.472	316.870g	2.50	2.50
48	1148.883	402.876	398.866	603200.018	4043686.070	318.771g	2.50	2.50
49	1150.000	402.857	398.840	603201.087	4043686.395	318.771g	2.50	2.42
50	1175.000	402.434	398.256	603225.008	4043693.660	318.771g	2.50	0.55
51	1200.000	401.667	397.673	603248.929	4043700.924	318.771g	2.50	-1.31
52	1225.000	400.815	397.089	603272.850	4043708.189	318.771g	2.50	-2.50
53	1250.000	399.962	396.505	603296.771	4043715.454	318.771g	2.50	-2.50
54	1275.000	399.110	395.922	603320.693	4043722.719	318.771g	2.50	-2.50
55	1300.000	398.257	395.338	603344.614	4043729.984	318.771g	2.50	-2.50
56	1325.000	397.405	394.754	603368.535	4043737.249	318.771g	2.50	-2.50
57	1350.000	396.552	394.171	603392.456	4043744.513	318.771g	2.50	-2.50
58	1375.000	395.700	393.587	603416.377	4043751.778	318.771g	2.14	-2.50
59	1400.000	394.847	393.003	603440.298	4043759.043	318.771g	0.27	-2.50
60	1425.000	393.995	392.420	603464.220	4043766.308	318.771g	-1.59	-2.50
61	1437.121	393.581	392.137	603475.818	4043769.830	318.771g	-2.50	-2.50
62	1450.000	393.156	391.836	603488.170	4043773.473	317.746g	-2.50	-2.50
63	1475.000	392.408	391.252	603512.309	4043779.976	315.756g	-2.50	-2.50
64	1500.000	391.764	390.683	603536.639	4043785.720	313.767g	-2.50	-2.50
65	1525.000	391.224	390.194	603561.136	4043790.702	311.777g	-2.50	-2.50
66	1550.000	390.790	389.794	603585.778	4043794.916	309.788g	-2.50	-2.50
67	1575.000	390.460	389.484	603610.539	4043798.358	307.798g	-2.50	-2.50
68	1600.000	389.589	389.263	603635.395	4043801.025	305.809g	-2.50	-2.50
69	1625.000	383.931	389.131	603660.322	4043802.914	303.820g	-2.50	-2.50
70	1650.000	382.380	389.089	603685.297	4043804.022	301.830g	-2.50	-2.50
71	1675.000	381.912	389.110	603710.294	4043804.351	299.841g	-2.50	-2.50
72	1700.000	381.507	389.134	603735.288	4043803.897	297.851g	-2.50	-2.50
73	1725.000	381.166	389.158	603760.257	4043802.664	295.862g	-2.50	-2.50
74	1750.000	380.887	389.183	603785.175	4043800.650	293.872g	-2.50	-2.50
75	1775.000	382.467	389.207	603810.017	4043797.859	291.883g	-2.50	-2.50
76	1800.000	384.960	389.231	603834.761	4043794.293	289.894g	-2.50	-2.50
77	1825.000	387.497	389.255	603859.381	4043789.956	287.904g	-2.50	-2.50
78	1850.000	389.352	389.279	603883.853	4043784.852	285.915g	-2.50	-2.50
79	1875.000	390.228	389.303	603908.154	4043778.985	283.925g	-2.50	-2.50
80	1900.000	391.186	389.327	603932.260	4043772.363	281.936g	-2.50	-2.50
81	1925.000	392.225	389.351	603956.147	4043764.990	279.946g	-2.50	-2.50
82	1950.000	393.345	389.375	603979.792	4043756.874	277.957g	-2.50	-2.50

83	1975.000	394.544	389.400	604003.172	4043748.024	275.968g	-2.50	-2.50
84	2000.000	395.821	389.424	604026.264	4043738.447	273.978g	-2.50	-2.50
85	2005.243	396.098	389.429	604031.067	4043736.348	273.561g	-2.50	-2.50
86	2025.000	397.151	389.448	604049.145	4043728.376	273.561g	-1.03	-2.50
87	2050.000	398.483	389.472	604072.020	4043718.290	273.561g	0.84	-2.50
88	2075.000	399.814	389.496	604094.895	4043708.203	273.561g	2.50	-2.50
89	2100.000	401.146	389.520	604117.770	4043698.116	273.561g	2.50	-2.50
90	2125.000	402.478	389.544	604140.645	4043688.029	273.561g	2.50	-2.50
91	2150.000	403.810	389.568	604163.520	4043677.943	273.561g	2.50	-2.50
92	2175.000	404.877	389.592	604186.394	4043667.856	273.561g	2.50	-2.50
93	2200.000	405.687	389.616	604209.269	4043657.769	273.561g	2.50	-2.50
94	2225.000	406.497	389.641	604232.144	4043647.683	273.561g	2.50	-2.50
95	2250.000	409.111	389.665	604255.019	4043637.596	273.561g	2.50	-2.50
96	2275.000	409.758	389.689	604277.894	4043627.509	273.561g	2.50	-2.50
97	2300.000	410.405	389.713	604300.769	4043617.422	273.561g	2.50	-2.50
98	2325.000	411.154	389.737	604323.643	4043607.336	273.561g	2.50	-2.50
99	2327.438	411.325	389.739	604325.874	4043606.352	273.561g	2.50	-2.50
100	2350.000	409.559	389.761	604346.619	4043597.483	274.997g	2.50	-2.50
101	2375.000	405.149	389.785	604369.833	4043588.204	276.589g	2.50	-2.50
102	2400.000	400.690	389.853	604393.271	4043579.509	278.180g	2.50	-2.50
103	2425.000	397.056	390.072	604416.920	4043571.402	279.772g	2.50	-2.50
104	2450.000	395.645	390.447	604440.764	4043563.889	281.363g	2.50	-2.50
105	2475.000	394.298	390.979	604464.788	4043556.975	282.955g	2.50	-2.50
106	2500.000	393.015	391.666	604488.977	4043550.663	284.547g	2.50	-2.50
107	2525.000	391.797	392.510	604513.317	4043544.958	286.138g	2.50	-2.50
108	2550.000	390.645	393.511	604537.791	4043539.863	287.730g	2.50	-2.50
109	2575.000	392.800	394.667	604562.386	4043535.381	289.321g	2.50	-2.50
110	2600.000	397.785	395.980	604587.084	4043531.516	290.913g	2.50	-2.50
111	2625.000	398.639	397.449	604611.872	4043528.269	292.504g	2.50	-2.50
112	2650.000	399.091	399.074	604636.733	4043525.643	294.096g	2.50	-2.50
113	2675.000	399.493	400.856	604661.652	4043523.639	295.687g	2.50	-2.50
114	2700.000	399.844	402.794	604686.613	4043522.259	297.279g	2.50	-2.50
115	2725.000	400.145	404.861	604711.601	4043521.503	298.870g	2.50	-2.50
116	2750.000	400.395	406.943	604736.600	4043521.372	300.462g	2.50	-2.50
117	2775.000	400.593	409.025	604761.595	4043521.866	302.054g	2.50	-2.50
118	2800.000	401.959	411.106	604786.569	4043522.984	303.645g	2.50	-2.50
119	2825.000	403.975	413.188	604811.507	4043524.727	305.237g	2.50	-2.50
120	2841.325	405.316	414.547	604827.766	4043526.201	306.276g	2.50	-2.50
121	2850.000	406.034	415.270	604836.398	4043527.055	306.276g	2.50	-2.50
122	2875.000	408.104	417.351	604861.277	4043529.515	306.276g	2.50	-2.50
123	2900.000	410.173	419.433	604886.156	4043531.976	306.276g	2.50	-2.50
124	2925.000	412.242	421.515	604911.034	4043534.436	306.276g	2.50	-2.50
125	2950.000	414.311	423.596	604935.913	4043536.897	306.276g	2.50	-2.50

126	2975.000	416.381	425.678	604960.792	4043539.357	306.276g	2.50	-2.50
127	3000.000	418.450	427.760	604985.670	4043541.818	306.276g	2.50	-2.50
128	3025.000	420.519	429.841	605010.549	4043544.279	306.276g	2.50	-2.50
129	3050.000	422.588	431.923	605035.427	4043546.739	306.276g	2.50	-2.50
130	3075.000	424.658	434.005	605060.306	4043549.200	306.276g	2.50	-2.50
131	3100.000	426.727	436.086	605085.185	4043551.660	306.276g	2.50	-2.50
132	3125.000	428.796	438.168	605110.063	4043554.121	306.276g	2.50	-2.50
133	3150.000	430.865	440.250	605134.942	4043556.581	306.276g	2.50	-2.50
134	3175.000	432.935	442.331	605159.820	4043559.042	306.276g	2.50	-2.50
135	3200.000	435.004	444.413	605184.699	4043561.503	306.276g	2.50	-2.50
136	3225.000	437.073	446.495	605209.578	4043563.963	306.276g	2.50	-2.50
137	3250.000	439.142	448.576	605234.456	4043566.424	306.276g	2.50	-2.50
138	3275.000	441.211	450.658	605259.335	4043568.884	306.276g	2.50	-2.50
139	3300.000	443.281	452.740	605284.214	4043571.345	306.276g	2.50	-2.50
140	3325.000	445.350	454.821	605309.092	4043573.805	306.276g	2.50	-2.50
141	3350.000	447.419	456.903	605333.971	4043576.266	306.276g	2.50	-2.50
142	3375.000	449.488	458.984	605358.849	4043578.727	306.276g	2.50	-2.50
143	3400.000	451.558	461.066	605383.728	4043581.187	306.276g	2.50	-2.50
144	3425.000	453.627	463.148	605408.607	4043583.648	306.276g	2.50	-2.50
145	3450.000	455.696	465.229	605433.485	4043586.108	306.276g	2.50	-2.50
146	3475.000	457.765	467.311	605458.364	4043588.569	306.276g	2.50	-2.50
147	3500.000	459.835	469.393	605483.243	4043591.029	306.276g	2.50	-2.50
148	3525.000	462.130	471.474	605508.121	4043593.490	306.276g	2.50	-2.50
149	3550.000	465.493	473.556	605533.000	4043595.951	306.276g	2.50	-2.50
150	3575.000	468.857	475.638	605557.878	4043598.411	306.276g	2.50	-2.50
151	3600.000	472.220	477.719	605582.757	4043600.872	306.276g	2.50	-2.50
152	3625.000	475.584	479.801	605607.636	4043603.332	306.276g	2.50	-2.50
153	3650.000	478.947	481.883	605632.514	4043605.793	306.276g	2.50	-2.50
154	3675.000	482.311	483.964	605657.393	4043608.253	306.276g	2.50	-2.50
155	3700.000	485.257	486.046	605682.271	4043610.714	306.276g	2.50	-2.50
156	3725.000	486.980	488.128	605707.150	4043613.175	306.276g	2.50	-2.50
157	3740.194	488.026	489.374	605722.270	4043614.670	306.276g	2.50	-2.50

Annexe F : Perspective

N°	Abscisse	Sens	Haut.	Posit.	Haut. 2		Dist. de	Perte
pers			usager	usager	obst.		visibilité	de tracé
1	0	ALLER	1.20	1.75	0.00		374.00	
2	100	ALLER	1.20	1.75	0.00		280.00	
3	200	ALLER	1.20	1.75	0.00		186.00	
4	300	ALLER	1.20	1.75	0.00		129.00	
5	400	ALLER	1.20	1.75	0.00		125.00	
6	500	ALLER	1.20	1.75	0.00		130.00	
7	600	ALLER	1.20	1.75	0.00		401.00	
8	700	ALLER	1.20	1.75	0.00		315.00	
9	800	ALLER	1.20	1.75	0.00		246.00	
10	900	ALLER	1.20	1.75	0.00		223.00	
11	1000	ALLER	1.20	1.75	0.00		331.00	
12	1100	ALLER	1.20	1.75	0.00		422.00	
13	1200	ALLER	1.20	1.75	0.00		325.00	
14	1300	ALLER	1.20	1.75	0.00		237.00	
15	1400	ALLER	1.20	1.75	0.00		176.00	
16	1500	ALLER	1.20	1.75	0.00		179.00	
17	1600	ALLER	1.20	1.75	0.00		262.00	
18	1700	ALLER	1.20	1.75	0.00		181.00	
19	1800	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	100.00	
20	0	ALLER	1.20	1.75	0.00		374.00	
21	100	ALLER	1.20	1.75	0.00		280.00	
22	200	ALLER	1.20	1.75	0.00		186.00	
23	300	ALLER	1.20	1.75	0.00		129.00	
24	400	ALLER	1.20	1.75	0.00		125.00	
25	500	ALLER	1.20	1.75	0.00		130.00	
26	600	ALLER	1.20	1.75	0.00		401.00	
27	700	ALLER	1.20	1.75	0.00		315.00	
28	800	ALLER	1.20	1.75	0.00		246.00	
29	900	ALLER	1.20	1.75	0.00		223.00	
30	1000	ALLER	1.20	1.75	0.00		331.00	
31	1100	ALLER	1.20	1.75	0.00		422.00	
32	1200	ALLER	1.20	1.75	0.00		325.00	
33	1300	ALLER	1.20	1.75	0.00		237.00	
34	1400	ALLER	1.20	1.75	0.00		176.00	
35	1500	ALLER	1.20	1.75	0.00		179.00	
36	1600	ALLER	1.20	1.75	0.00		262.00	
37	1700	ALLER	1.20	1.75	0.00		181.00	
38	1800	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	100.00	

ANNEXE J : CUBATURE

N°	ABSCISSE	REBLAI	DEBLAI	DECAPAGE	PURGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
1	0.000				
2	20.000	0.0	628.3	0.0	0.0
3	40.000	0.0	976.2	0.0	0.0
4	60.000	0.0	1341.6	0.0	0.0
5	80.000	0.0	1725.0	0.0	0.0
6	100.000	0.0	2126.5	0.0	0.0
7	120.000	0.0	2546.1	0.0	0.0
8	140.000	0.0	2983.8	0.0	0.0
9	160.000	0.0	3439.6	0.0	0.0
10	180.000	0.0	3913.5	0.0	0.0
11	200.000	0.0	4405.4	0.0	0.0
12	220.000	0.0	4915.5	0.0	0.0
13	240.000	0.0	5443.6	0.0	0.0
14	260.000	0.0	5989.8	0.0	0.0
15	280.000	0.0	6549.7	0.0	0.0
16	300.000	0.0	6823.9	0.0	0.0
17	320.000	0.0	6630.0	0.0	0.0
18	340.000	0.0	6007.3	0.0	0.0
19	360.000	0.0	5323.2	0.0	0.0
20	380.000	0.0	4667.6	0.0	0.0
21	400.000	0.0	4040.6	0.0	0.0
22	420.000	0.0	2277.5	0.0	0.0
23	426.041	0.0	1701.8	0.0	0.0
24	440.000	0.0	2827.2	0.0	0.0
25	460.000	0.0	3565.7	0.0	0.0
26	480.000	0.0	3923.5	0.0	0.0
27	500.000	0.0	4307.1	0.0	0.0
28	520.000	0.0	4723.9	0.0	0.0
29	540.000	0.0	5181.9	0.0	0.0
30	560.000	0.0	5690.3	0.0	0.0
31	580.000	0.0	5929.6	0.0	0.0
32	600.000	0.0	4100.0	0.0	0.0
33	611.041	0.0	2483.4	0.0	0.0
34	620.000	0.0	3447.2	0.0	0.0
35	640.000	0.0	5128.2	0.0	0.0
36	660.000	0.0	6867.6	0.0	0.0
37	680.000	0.0	8867.5	0.0	0.0
38	700.000	0.0	11083.7	0.0	0.0
39	720.000	0.0	13521.3	0.0	0.0

40	740.000	0.0	16185.6	0.0	0.0
41	760.000	0.0	18976.9	0.0	0.0
42	780.000	0.0	21055.2	0.0	0.0
43	800.000	0.0	22153.5	0.0	0.0
44	820.000	0.0	22160.6	0.0	0.0
45	840.000	0.0	20958.7	0.0	0.0
46	860.000	0.0	18296.7	0.0	0.0
47	880.000	0.0	14717.3	0.0	0.0
48	900.000	0.0	11107.8	0.0	0.0
49	920.000	0.0	7892.3	0.0	0.0
50	940.000	0.0	5084.0	0.0	0.0
51	960.000	0.0	2695.8	0.0	0.0
52	980.000	189.3	880.2	0.0	0.0
53	1000.000	1169.8	65.1	0.0	0.0
54	1020.000	1386.9	0.0	0.0	0.0
55	1040.000	1498.2	0.0	0.0	0.0
56	1060.000	1625.6	0.0	0.0	0.0
57	1080.000	1782.7	0.0	0.0	0.0
58	1100.000	1971.5	0.0	0.0	0.0
59	1120.000	2121.9	0.0	0.0	0.0
60	1140.000	2136.3	0.0	0.0	0.0
61	1160.000	2033.8	0.0	0.0	0.0
62	1180.000	1941.2	0.0	0.0	0.0
63	1200.000	1870.6	0.0	0.0	0.0
64	1220.000	1821.7	0.0	0.0	0.0
65	1240.000	1793.8	0.0	0.0	0.0
66	1260.000	1786.9	0.0	0.0	0.0
67	1280.000	947.6	0.0	0.0	0.0
68	1281.047	901.2	0.0	0.0	0.0
69	1300.000	1789.3	0.0	0.0	0.0
70	1320.000	1926.4	0.0	0.0	0.0
71	1340.000	2084.8	0.0	0.0	0.0
72	1360.000	2315.6	0.0	0.0	0.0
73	1380.000	2613.3	0.0	0.0	0.0
74	1400.000	2940.7	0.0	0.0	0.0
75	1420.000	3290.8	0.0	0.0	0.0
76	1440.000	3661.1	0.0	0.0	0.0
77	1460.000	2636.5	0.0	0.0	0.0
78	1466.047	1136.4	0.0	0.0	0.0
79	1470.902	1488.2	0.0	0.0	0.0
80	1480.000	3238.1	0.0	0.0	0.0
81	1500.000	4865.0	0.0	0.0	0.0
82	1520.000	5286.4	0.0	0.0	0.0

83	1540.000	5710.7	0.0	0.0	0.0
84	1560.000	6132.9	0.0	0.0	0.0
85	1580.000	6547.6	0.0	0.0	0.0
86	1600.000	6948.9	0.0	0.0	0.0
87	1620.000	7330.6	0.0	0.0	0.0
88	1640.000	6898.6	0.0	0.0	0.0
89	1655.902	3972.6	0.0	0.0	0.0
90	1660.000	4824.5	0.0	0.0	0.0
91	1680.000	8289.8	0.0	0.0	0.0
92	1700.000	8530.3	0.0	0.0	0.0
93	1720.000	8728.5	0.0	0.0	0.0
94	1740.000	8883.0	0.0	0.0	0.0
95	1760.000	8992.8	0.0	0.0	0.0
96	1780.000	9057.2	0.0	0.0	0.0
97	1800.000	9075.9	0.0	0.0	0.0
98	1820.000	9048.8	0.0	0.0	0.0
99	1840.000	8976.0	0.0	0.0	0.0
100	1860.000	8858.1	0.0	0.0	0.0
101	1880.000	9194.5	0.0	0.0	0.0
102	1900.000	12641.9	0.0	0.0	0.0
103	1920.000	17260.8	0.0	0.0	0.0
104	1940.000	19234.5	0.0	0.0	0.0
105	1960.000	19718.9	0.0	0.0	0.0
106	1980.000	20170.4	0.0	0.0	0.0
107	2000.000	20587.4	0.0	0.0	0.0
108	2020.000	20969.1	0.0	0.0	0.0
109	2040.000	21314.2	0.0	0.0	0.0
110	2060.000	20790.6	0.0	0.0	0.0
111	2080.000	17951.6	0.0	0.0	0.0
112	2100.000	15047.1	0.0	0.0	0.0
113	2120.000	12354.2	0.0	0.0	0.0
114	2140.000	9935.8	0.0	0.0	0.0
115	2160.000	8204.9	0.0	0.0	0.0
116	2180.000	6767.9	0.0	0.0	0.0
117	2197.647	3284.7	0.0	0.0	0.0
118	2200.000	3624.4	0.0	0.0	0.0
119	2220.000	5780.5	0.0	0.0	0.0
120	2240.000	5082.0	0.0	0.0	0.0
121	2260.000	4397.2	0.0	0.0	0.0
122	2280.000	3731.8	0.0	0.0	0.0
123	2300.000	3091.0	0.0	0.0	0.0
124	2320.000	2479.3	0.0	0.0	0.0
125	2340.000	1912.5	0.0	0.0	0.0

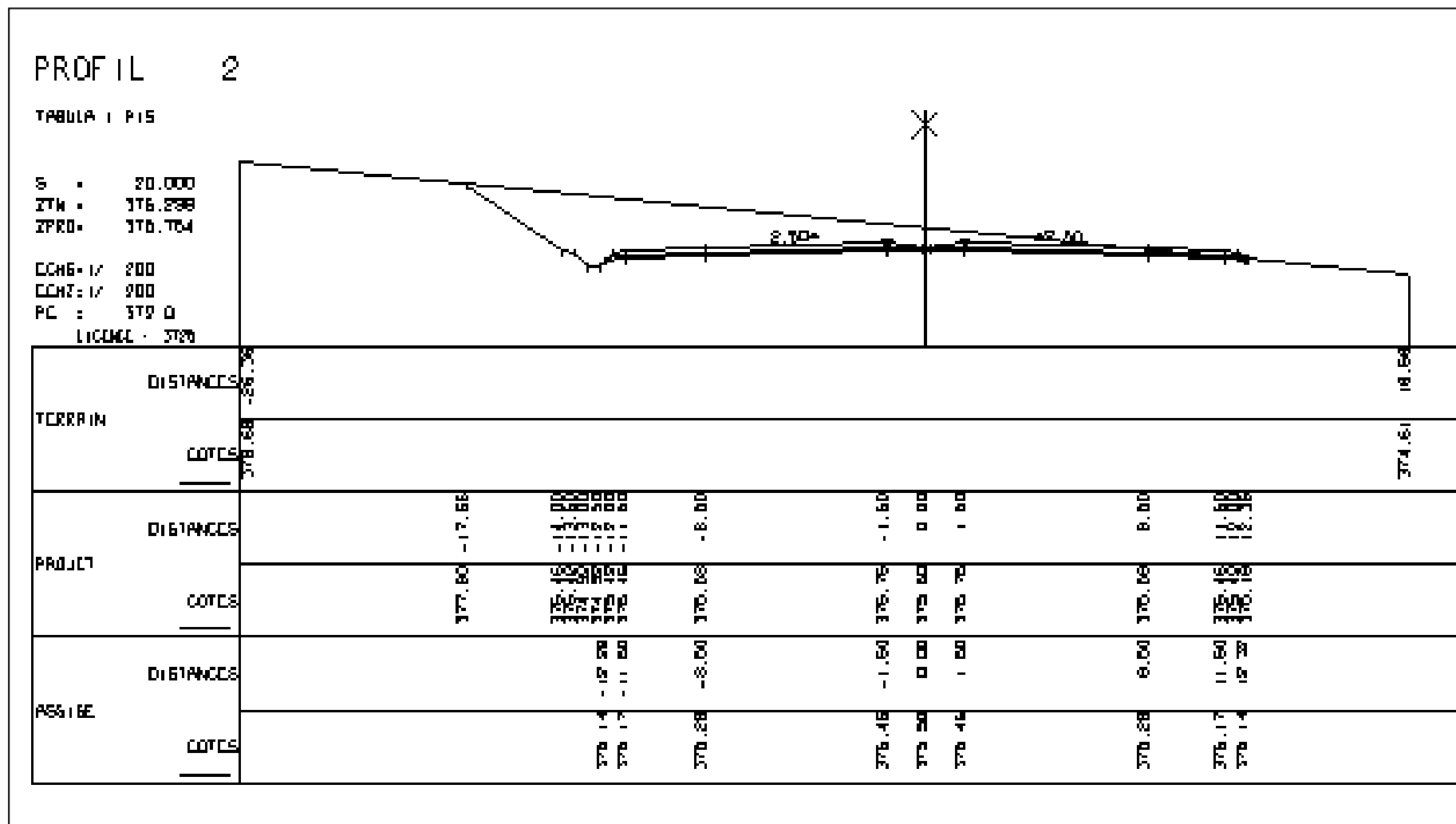
126	2360.000	1415.2	0.0	0.0	0.0
127	2380.000	561.3	0.0	0.0	0.0
128	2382.647	470.5	0.0	0.0	0.0
129	2400.000	600.4	0.0	0.0	0.0
130	2420.000	369.5	0.3	0.0	0.0
131	2440.000	159.2	51.0	0.0	0.0
132	2460.000	16.4	166.4	0.0	0.0
133	2480.000	0.0	418.7	0.0	0.0
134	2500.000	0.0	701.7	0.0	0.0
135	2520.000	0.0	1023.2	0.0	0.0
136	2540.000	0.0	2464.8	0.0	0.0
137	2560.000	0.0	3821.5	0.0	0.0
138	2580.000	0.0	4637.1	0.0	0.0
139	2600.000	0.0	5044.6	0.0	0.0
140	2620.000	0.0	4898.4	0.0	0.0
141	2640.000	0.0	1351.1	0.0	0.0
142	2648.884	0.0	376.0	0.0	0.0
143	2660.000	374.7	3.4	0.0	0.0
144	2680.000	2900.9	0.0	0.0	0.0
145	2700.000	5990.3	0.0	0.0	0.0
146	2720.000	8995.4	0.0	0.0	0.0
147	2740.000	11478.6	0.0	0.0	0.0
148	2758.884	7120.2	0.0	0.0	0.0
149	2760.000	7590.3	0.0	0.0	0.0
150	2780.000	16607.9	0.0	0.0	0.0
151	2800.000	18607.4	0.0	0.0	0.0
152	2820.000	19010.0	0.0	0.0	0.0
153	2840.000	17280.9	0.0	0.0	0.0
154	2860.000	13746.4	0.0	0.0	0.0
155	2880.000	9136.7	0.0	0.0	0.0
156	2900.000	7813.8	0.0	0.0	0.0
157	2920.000	7730.3	0.0	0.0	0.0
158	2940.000	7703.0	0.0	0.0	0.0
159	2960.000	7731.8	0.0	0.0	0.0
160	2980.000	7817.2	0.0	0.0	0.0
161	3000.000	7960.0	0.0	0.0	0.0
162	3020.000	8161.8	0.0	0.0	0.0
163	3040.000	8424.2	0.0	0.0	0.0
164	3060.000	8749.6	0.0	0.0	0.0
165	3080.000	9048.9	0.0	0.0	0.0
166	3100.000	9210.8	0.0	0.0	0.0
167	3120.000	9198.5	0.0	0.0	0.0
168	3140.000	8154.6	0.0	0.0	0.0

169	3156.356	4298.0	0.0	0.0	0.0
170	3160.000	5015.5	0.0	0.0	0.0
171	3180.000	7690.5	0.0	0.0	0.0
172	3200.000	6620.8	0.0	0.0	0.0
173	3220.000	5583.9	0.0	0.0	0.0
174	3240.000	4610.1	0.0	0.0	0.0
175	3260.000	2437.8	0.0	0.0	0.0
176	3266.356	1712.0	0.0	0.0	0.0
177	3280.000	2402.8	0.0	0.0	0.0
178	3300.000	2082.5	0.0	0.0	0.0
179	3320.000	1376.0	0.0	0.0	0.0
180	3340.000	737.4	0.0	0.0	0.0
181	3360.000	214.6	85.8	0.0	0.0
182	3380.000	0.0	482.4	0.0	0.0
183	3400.000	0.0	1159.5	0.0	0.0
184	3420.000	0.0	1901.2	0.0	0.0
185	3440.000	0.0	2710.7	0.0	0.0
186	3460.000	0.0	3588.1	0.0	0.0
187	3480.000	0.0	4533.3	0.0	0.0
188	3500.000	0.0	5546.3	0.0	0.0
189	3520.000	0.0	6627.1	0.0	0.0
190	3540.000	0.0	7775.8	0.0	0.0
191	3560.000	0.0	8992.3	0.0	0.0
192	3580.000	0.0	10276.6	0.0	0.0
193	3600.000	0.0	11628.7	0.0	0.0
194	3620.000	0.0	13048.7	0.0	0.0
195	3640.000	0.0	14536.5	0.0	0.0
196	3660.000	0.0	16092.1	0.0	0.0
197	3680.000	0.0	17715.6	0.0	0.0
198	3700.000	0.0	19406.9	0.0	0.0
199	3720.000	0.0	21166.0	0.0	0.0
200	3740.000	0.0	22992.9	0.0	0.0
201	3760.000	0.0	24827.2	0.0	0.0
202	3780.000	0.0	26534.4	0.0	0.0
203	3800.000	0.0	28642.6	0.0	0.0
204	3820.000	0.0	31153.6	0.0	0.0
205	3840.000	0.0	33315.2	0.0	0.0
206	3860.000	0.0	35722.5	0.0	0.0
207	3880.000	0.0	38409.4	0.0	0.0
208	3900.000	0.0	41129.6	0.0	0.0
209	3920.000	0.0	44037.7	0.0	0.0
210	3940.000	0.0	46618.5	0.0	0.0
211	3960.000	0.0	48894.7	0.0	0.0

212	3980.000	0.0	50866.3	0.0	0.0
213	4000.000	0.0	52490.2	0.0	0.0
214	4020.000	0.0	57871.2	0.0	0.0
215	4040.000	0.0	47730.5	0.0	0.0
216	4059.446	98.0	2842.4	0.0	0.0
217	4060.000	256.3	2984.4	0.0	0.0
218	4080.000	0.0	15078.3	0.0	0.0
219	4100.000	0.0	24302.3	0.0	0.0
220	4120.000	0.0	31082.5	0.0	0.0
221	4140.000	0.0	35625.3	0.0	0.0
222	4160.000	0.0	38124.7	0.0	0.0
223	4180.000	0.0	20618.6	0.0	0.0
224	4181.590	0.0	18961.5	0.0	0.0
225	4200.000	0.0	35247.2	0.0	0.0
226	4220.000	0.0	35848.0	0.0	0.0
227	4240.000	0.0	35213.9	0.0	0.0
228	4260.000	0.0	34966.5	0.0	0.0
229	4280.000	0.0	35105.3	0.0	0.0
230	4300.000	0.0	35581.6	0.0	0.0
231	4320.000	0.0	36345.9	0.0	0.0
232	4340.000	0.0	36962.1	0.0	0.0
233	4360.000	0.0	37578.3	0.0	0.0
234	4380.000	0.0	38194.5	0.0	0.0
235	4400.000	0.0	38810.8	0.0	0.0
236	4420.000	0.0	39427.0	0.0	0.0
237	4440.000	0.0	40043.2	0.0	0.0
238	4460.000	0.0	40659.4	0.0	0.0
239	4480.000	0.0	41275.7	0.0	0.0
240	4500.000	0.0	41891.9	0.0	0.0
241	4520.000	0.0	42508.1	0.0	0.0
242	4540.000	0.0	43124.3	0.0	0.0
243	4560.000	0.0	43951.0	0.0	0.0
244	4580.000	0.0	42512.9	0.0	0.0
245	4600.000	0.0	38517.4	0.0	0.0
246	4620.000	0.0	34123.6	0.0	0.0
247	4640.000	0.0	29282.7	0.0	0.0
248	4660.000	0.0	24696.7	0.0	0.0
249	4680.000	0.0	19675.3	0.0	0.0
250	4700.000	0.0	14876.6	0.0	0.0
251	4720.000	0.0	10661.2	0.0	0.0
252	4740.000	0.0	7029.2	0.0	0.0
253	4760.000	0.0	3980.6	0.0	0.0
254	4780.000	0.0	1515.4	0.0	0.0

255	4800.000	450.5	35.2	0.0	0.0
256	4820.000	2398.5	0.0	0.0	0.0
257	4840.000	4944.8	0.0	0.0	0.0
258	4860.000	8074.5	0.0	0.0	0.0
259	4880.000	11746.9	0.0	0.0	0.0
260	4900.000	15692.7	0.0	0.0	0.0
261	4920.000	19828.2	0.0	0.0	0.0
262	4940.000	23992.1	0.0	0.0	0.0
263	4960.000	23493.9	0.0	0.0	0.0
264	4980.000	21001.2	0.0	0.0	0.0
265	5000.000	17929.6	0.0	0.0	0.0
266	5020.000	14527.4	0.0	0.0	0.0
267	5040.000	11389.9	0.0	0.0	0.0
268	5060.000	8583.2	0.0	0.0	0.0
269	5080.000	6107.4	0.0	0.0	0.0
270	5100.000	3962.5	0.0	0.0	0.0
271	5120.000	2148.5	0.0	0.0	0.0
272	5140.000	567.6	37.4	0.0	0.0
273	5153.284				
		980698	2331102	0	0

Annexe M : profil en travers



Annexe N : perspective

