

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
*Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique*  
*Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou*  
*Faculté du génie de la construction*  
*Département de génie civil*

## *Mémoire de fin d'étude*

*En vue de l'Obtention du Diplôme de Master entravaux publics*

*Option : Voies et Ouvrages d'Arts*

### *Thème*

*Etude d'un tronçon autoroutier reliant  
Tizi-Ouzou à l'autoroute est ouest sur  
unlinéaire de 13 km du pk10 au pk24*



*Étudié par :*

*REZZIK Dyhia*

*LADJIMI Ghiles*

*Dirigé par :*

*Mme GHANEM Fadhila*

Promotion 2020/2021

# REMERCIEMENTS

Toute notre gratitude, grâce et remerciements vont à Dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière, que nous remercions notre promotrice M<sup>me</sup>GHANEM Fadhila pour la sollicitude avec laquelle elle a suivi ce travail.

Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Toute notre gratitude va à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation spécialement M<sup>me</sup>MILOUDI NASSIMA.

Tous nos remerciements pour la direction des travaux publics(DTP) ainsi l'entreprise nationale des grands ouvrages d'Arts (ENGOA).

*Dyhia  
Ghiles*

# Dédicace

*Dieu le tout puissant, le clément le miséricordieux*

*Merci pour la force que tu m'as donné afin d'accomplir ce modeste travail que je dédie aux deux rois de mon cœur ; la lumière qui a éclairé mon parcours l'homme qui a toujours été là pour moi mon très cher père, et la femme qui a toujours veillé sur moi ma très chère mère.*

*A mes chères sœurs Sarah et Imen*

*A toute ma famille tantes et cousins*

*A tous mes amis spécialement hamza, Mahrez, Ghiles  
Yacine et Mouhend.*

*A ma chère binôme Dyhia*

*A toute la section de Travaux Publics de Tamda.*

*A toutes mes adorables que j'ai connu pendant tout mon  
parcours d'étude.*

**GHILES**

# Dédicace

*Dieu le tout puissant, le clément le miséricordieux*

*Merci pour la force que tu m'a donné afin d'accomplir ce  
modeste travail que je dédie*

*Aux deux rois de mon cœur ; la lumière qui a éclairé  
mon parcours l'homme qui a toujours été là pour moi  
mon très cher père, et les deux femmes qui ont toujours  
veillés sur moi ma très chère mère et ma grand-mère.*

*A mes chers frère Massinissa et Mayas*

*A mes chères sœurs Thiziri, Cylia, Anais, Amira*

*A mes chers oncles Sadek, Yahia, Abdeslam, M'hamed,  
Smail et surtout Elmebrouk qui m'a soutenu durant mon  
parcours d'étude.*

*A toute ma famille oncles, tantes et cousins.*

*A toute mes amis spécialement Cylia, Malika,  
Sabrina, Mounia, Sadia, Lydia, Bouzid, Lamia.*

*A mon binôme Remon.*

*A toute la section de travaux publics de Tamda.*

*A toutes mes adorables que j'ai connu pendant mon  
parcours.*

*Dyhia*

# SOMMAIRE

<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>I. Le réseau routier de la wilaya de Tizi Ouzou.....</b>	<b>2</b>
<b>II. Objectifs des projets d'aménagements sur la Route National 25 .....</b>	<b>2</b>
<b>III. Cadre de l'études .....</b>	<b>3</b>
<b>IV. Présentation de notre tronçon étudié.....</b>	<b>3</b>
IV. 1. La catégorie de la route.....	4
IV.2. Vitesse de référence .....	4
IV.3. Documents disponible.....	4
<b>Introduction .....</b>	<b>6</b>
<b>I. Définition .....</b>	<b>6</b>
<b>II. Analyse de trafic.....</b>	<b>6</b>
II.1. Différent type de trafic.....	7
II.1.1. Trafic normal .....	7
II.1.2. Trafic dévié .....	7
II.1.3. Trafic induit.....	7
II.1.4. Trafic total .....	7
<b>III. Les différente méthodes et mode de comptages.....</b>	<b>7</b>
III.1. Les Comptages.....	7
III.2. Les comptages automatiques.....	7
III.3. Les comptages permanents.....	7
III.4. Les comptages temporaires .....	8
III.5. Le compteur « pneumatique » .....	8
III.6. Le compteur plaque.....	8
III.7. Les comptages manuels .....	9
<b>IV. Enquêtes.....</b>	<b>9</b>
IV.1. Statistiques générales .....	9
IV.2. Enquêtes origine-destination (o/d).....	9
<b>V. Présentation des données du trafic .....</b>	<b>10</b>
<b>VI. Les indicateurs du trafic .....</b>	<b>10</b>
VI.1. Trafic journalier moyen annuel (TJMA).....	10
VI.2. Trafic journalier moyen horizon(TJMA <sub>h</sub> ) .....	10
VI.3. Trafic effectifs.....	11

VI.4. Débitdepointehorairenormal .....	11
VI.5. Débithoraireadmissible .....	12
VI.6. Calculdunombredesvoies .....	13
VI.7. Calculdel'annéedesaturation .....	13
VI.8. Débit horaire .....	13
<b>Conclusion .....</b>	<b>14</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>15</b>
<b>I. Le rôle de l'étude géotechnique .....</b>	<b>15</b>
<b>II. Les essais du laboratoire.....</b>	<b>15</b>
II.1. Analyse granulométrie par tamisât.....	15
II.2. But de l'essai.....	16
II.3. Principe de l'essai .....	16
<b>III. Essai de Los Angeles : « LA » .....</b>	<b>17</b>
III.1. But de l'essai.....	17
III.2. Principe de l'essai .....	17
<b>IV. Essais De Micro Deval (MDE) .....</b>	<b>17</b>
IV.1. But de l'essai .....	18
IV.2. Principe de l'essai.....	18
<b>V. Essai de Proctor : .....</b>	<b>18</b>
V.1. But de l'essai .....	19
V.2. Principe de l'essai.....	19
<b>VI. Essai CBR: (Californian-Bearing-Ratio).....</b>	<b>20</b>
VI.1. But de l'essai .....	20
VI.2. Principe de l'essai.....	20
<b>VII. Essai à la plaque .....</b>	<b>21</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>21</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>21</b>
<b>I. Différents types de structure de chaussée.....</b>	<b>21</b>
I.1. Chaussée souple .....	21
I.2. Chaussée semi –rigide .....	23
<b>II. Les différents facteurs déterminant le dimensionnement de la chaussée .....</b>	<b>23</b>
II.1. Le trafic.....	23
II.2. Le climat .....	24
II.3. Le sol support .....	24

II.4. Les matériaux .....	24
<b>III. Principales Méthodes de dimensionnement .....</b>	<b>24</b>
<b>IV. Dimensionnement du corps de chaussée.....</b>	<b>24</b>
IV.1. La méthode de CBR .....	24
IV.2. Notion de l'épaisseur équivalente .....	25
IV .3. Coefficients d'équivalence .....	27
<b>V. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves .....</b>	<b>28</b>
V.1. Application au projet.....	29
<b>VI. Détermination du type de réseaux principaux.....</b>	<b>29</b>
VI.1. Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1 .....	30
VI.2. Choix des structures types par niveau de réseau principal .....	30
VI.3. Calcul du trafic cumulé de PL (TCi).....	31
VI.4. Détermination de classe de sol support .....	31
<b>VII. Sur-classement des sols supports de chaussées.....</b>	<b>31</b>
VII.1. Détermination de la zone climatique.....	32
VII.2.Amélioration de la portance du sol support .....	32
<b>VIII. Choix de dimensionnement.....</b>	<b>32</b>
VIII.1. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support.....	33
VIII.2.Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) .....	33
VIII.3. Choix des températures équivalentes .....	34
VIII.4. Performances mécaniques des matériaux bitumineux .....	34
VIII.5.Application numérique .....	34
VIII.5.1.Déformation admissible verticale .....	34
VIII.5.2. Déformation admissible de traction .....	35
<b>IX. Calcul les déformations (<math>\epsilon_t</math>, <math>\epsilon_z</math>) sous l'essieu de 13t par Alizé .....</b>	<b>35</b>
IX.1.Principe du programme ALIZE III .....	35
<b>Conclusion.....</b>	<b>37</b>
<b>I. Tracé en plan.....</b>	<b>53</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>53</b>
I.1. Règles et principes du tracé en plan .....	53
I.2. Les éléments du tracé en plan.....	53
I.2.1. Alignements.....	54
I.2.2. Les arcs de cercle.....	55
I.3. Raccordements progressifs .....	58
I.2. 3. Clothoïde .....	59
a. Expression de clothoïde.....	59

<i>b. Expression mathématique de la Clothoïde</i> .....	59
I.3. Application au projet .....	60
<b>II. 61</b>	
<b>Profil en long</b> .....	<b>61</b>
II.1. Définition .....	61
II.2. Règles à respecter dans le trace de la ligne rouge .....	61
II.3. Déclivités .....	61
II.3.1. ....	61
Déclivité maximale .....	61
II.3.2. Déclivité minimale .....	62
II.4. Raccordements en profil en long .....	62
II.4.1. Raccordements convexes (angle saillant) .....	62
<i>a. Condition de confort</i> .....	62
<i>b. Condition de visibilité</i> .....	62
<i>c. Condition esthétique</i> .....	63
II.4.2. Raccordement concave (angle rentrant) .....	63
<b>III. Profil en travers</b> .....	<b>65</b>
III.1. Définition .....	65
III.2. Eléments du profil en travers .....	65
<b>III. Types du profil en travers</b> .....	<b>66</b>
III.1. Le profil en travers type .....	66
III.2. Le profil en travers courant .....	66
<b>IV. Profil en travers de notre tronçon est constitué de</b> .....	<b>67</b>
Application au projet .....	67
<b>I. Généralités</b> .....	<b>57</b>
<b>II. Cubatures des terrassements</b> .....	<b>57</b>
<b>III. Méthode utilisé</b> .....	<b>57</b>
<b>IV. Calcul des cubatures de terrassement</b> .....	<b>57</b>
<b>V. Les terrassements routiers</b> .....	<b>57</b>
V.1. Définition .....	57
V.1.1. Le déblaiement .....	58
V.1.2. Le remblaiement .....	58
<b>VI. Résultats des calculs des cubatures</b> .....	<b>58</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>59</b>
➤ <b>La collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route</b> .....	<b>59</b>

<b>II. Définitions .....</b>	<b>59</b>
II.1. Bassin versant.....	59
II.2. Collecteur (canalisation).....	59
II.3. Cheminée (chambre de visite).....	59
II.4. Sacs.....	60
II.5. Ovoïde .....	60
II.6. Les regards.....	60
<b>III. Nature et rôle des réseaux d'assainissement routier .....</b>	<b>60</b>
<b>IV. Données pluviométriques .....</b>	<b>60</b>
<b>V. Superficie des bassins versant .....</b>	<b>61</b>
V.1. Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée P(%) .....	61
V.1.1. Fréquence de l'averse .....	61
V.1.2 Estimation des débits de crue de référence .....	61
V.2. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement .....	62
Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnéeP(%) .....	62
V.2.1. L'intensité horaire I .....	63
V.3. Calcul de l'intensité de l'averse .....	63
V.4. Temps de concentration .....	63
V.5. Calcul de la fréquence de pluie de courte durée .....	65
V.6. Calcul de l'intensité moyenne .....	65
V.7. Calcule des débits.....	65
<b>VI. Dimensionnement des fossés .....</b>	<b>66</b>
VI.1. Critères de dimensionnement.....	67
<b>Conclusion : .....</b>	<b>67</b>
<b>I. Signalisation .....</b>	<b>68</b>
I.1. Introduction.....	68
I.3. Catégories de signalisation.....	68
I.4. Règles à respecter pour la signalisation .....	68
1. 5.Types de signalisation.....	69
I.5.1. Signalisation verticale.....	69
I.5.2. Signalisation horizontale .....	69
I.6. Caractéristiques générales des marques.....	70
<b>APPLICATION AU PROJET .....</b>	<b>70</b>
<b>II. ECLAIRAGE .....</b>	<b>72</b>
II.1. Catégories d'éclairage .....	72
II.2. Eclairage d'un point singulier .....	72

II.3. Paramètre de l'implantation des luminaires.....	73
<b>Application au projet .....</b>	<b>73</b>
<b>I. Devis quantitatif et estimatif.....</b>	<b>75</b>
I.1. Définition.....	75

## Liste des figures

Figure 1 : <b>Situation géographique</b> .....	2
<b>Figure 2</b> : Situation du tronçon.....	3
Figure 3: Boucles électromagnétiques pour le comptage permanent (monde de génie civil)...	8
Figure 4: Le comptage temporaire à l'aide d'un tube pneumatique (éclats-antivols).....	8
Figure 5: Compteur « plaque » : une plaque de détection. ....	9
Figure 6: Profil en travers de la route.....	14
Figure 7: <b>Essai de L'analyse Granulométrie</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 8 : Méthode d'exécution d'essai analyse granulométrie .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 9 : <b>La machine de Los Angeles</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 10 : <b>Mise en place par essais Micro-Deval</b> .....	18
Figure 11 : <b>Matériel pour l'essai Proctor</b> .....	19
Figure 12 : Courbe de l'essai Proctor modifié.....	19
Figure 13 : <b>Les appareils pour l'essai CBR</b> .....	20
Figure 14: <b>Coupe type d'une chaussée souple</b> .....	22
Figure 15 : Corps de chaussée adopté par la méthode CBR.....	28
Figure 16 : <b>La démarche de catalogue</b> .....	29
Figure 17: <b>Corps de chaussée</b> .....	33
Figure 18 : Prédimensionnement de corps de chaussée par Alizé.....	36
Figure 19: <b>Les déformations obtenues</b> .....	36
Figure 20: <b>Les éléments de la clothoïde</b> .....	59
Figure 21 : Eléments constituant le Profil en travers .....	65
Figure 22: <b>Fossé en béton</b> .....	66
Figure 23 : <b>panneaux d'indication</b> .....	71
Figure 24 : <b>Fleche de sélection</b> .....	71
Figure 25: <b>Flèches de rabattement</b> .....	72
Figure 26: Paramètres de l'implantation des luminaires .....	73
Figure 27 : éclairage des autoroutes.....	73

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Coefficient d'équivalence.....	11
Tableau 2 : Valeurs de K1 .....	12
Tableau 3 : Valeurs de K2 .....	12
Tableau 4 : Valeurs de capacité théorique.....	12
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul.....	14
Tableau 6: Coefficients des matériaux utilisés .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 7 : Classification des réseaux principaux .....	29
Tableau 9 : Classes du trafic.....	30
Tableau 10 : Structure de chaussées GB/GNT pour RP1 .....	30
Tableau 11 : Le choix de structure.....	30
Tableau 12 : Classe de sol.....	31
Tableau 13 : Indications sur le choix de la couche de forme à réaliser .....	31
Tableau 14 : Les résultats des différentes épaisseurs de la couche de forme.....	32
Tableau 14 : Types de matériaux et structure.....	33
Tableau 15 : Températures équivalentes .....	34
Tableau 16 : Caractéristique mécanique des matériaux bitumineux.....	34
Tableau 17: Les résultats obtenus.....	36
Tableau 18 : Les résultats de dimensionnement .....	37
Tableau 19: Coefficient de frottement .....	56
Tableau 20 : Récapitulatif de calcul .....	57
Tableau 21 : Les rayons des courbes .....	64
Tableau 22 : Résultat de calcul des cubatures .....	58
Tableau 23: Les variables de gauss et les périodes de retour .....	61
Tableau 24 : Caractéristiques principales du bassin .....	64
Tableau 25 : Coefficient de ruissèlement .....	66
Tableau 26 : Choix du type d'ouvrage en fonction du débit.....	67
Tableau 27: Résultats de calcul et de dimensionnement.....	67
Tableau 28 : Devis quantitatif et estimatif.....	75

# **Introduction générale**

## Introduction générale

---

L'analyse de la situation des pays équipés et développés, montre que le secteur du transport constitue une base au plan du développement national et de la croissance économique.

Cela montre bien que le secteur du transport est un secteur stratégique sur les plans économique et social, et de l'intégrité du territoire. Il concourt à la satisfaction des besoins essentiels de la population et impulse et conforte le reste de l'économie nationale, dont il constitue une véritable locomotive ; comme cela a été le cas dans l'histoire des pays actuellement développés, ou en voie de développement.

En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic marchandise et voyageur.

La croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation de ses moyens de communication notamment dans le domaine des infrastructures routières. Les préoccupations dominantes des responsables d'infrastructures routières ont tendu progressivement à des techniques de réalisation nouvelles pouvant faciliter la circulation et amortir l'augmentation du trafic prenant conscience du problème.

La direction politique de notre pays a inscrit plusieurs projets routiers (dans le programme de développement) portant sur la réalisation des tracés routiers neufs, l'aménagement des carrefours, des rocade et le dédoublement des routes existantes, c'est dans ce contexte qu'on peut classer notre projet.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans le cadre des différents aménagements entrepris par la wilaya de TIZI OUZOU. Un tronçon autoroutier de 13 km partant de Boukalfa jusqu'à la station tafoughalt avec la création d'ouvrages tels que : trémies, échangeurs, ... et cela afin d'augmenter le niveau de service de la route.

Nous nous sommes donc proposés auprès de l'**ENGOA** de la wilaya de TIZI OUZOU pour faire l'étude d'aménagement en axe autoroutier d'un tronçon de cette route.

Après la récolte des données (levées topographiques, trafic, cartographique ...etc.) chez les services concernés notre travail sera structuré comme suit :

- ❖ Etude du trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- ❖ Exploitation des levées topographiques pour la réalisation d'un tracé en plan, profil en long et profils en travers de la route avec le logiciel **AUTOCAD, piste 5, allizee III**.
- ❖ Détermination des volumes des déblais et remblais.
- ❖ Dimensionnement du corps de chaussée et Etude d'assainissement.
- ❖ Etude d'équipement de la route

## Introduction générale

---

❖ Et enfin, calcul du devis quantitatif et estimatif du projet puis conclure.

# **Chapitre I**

## **Présentation du projet**

## Introduction

La Wilaya de TIZI OUZOU s'étend sur une superficie d'environ 3.568 km<sup>2</sup> située à 100 km à l'Est de la capitale Alger, et à 125 km à l'ouest de Bejaïa. Elle est d'une trentaine de kilomètres de la méditerranée et de 40 Km du massif du Djurdjura, elle est située dans la vallée de l'oued Sebaou avec un climat méditerranéen.



Figure 1 : Situation géographique

## I. Le réseau routier de la wilaya de TiziOuzou

La wilaya de Tizi-Ouzou possède un réseau routier d'un linéaire de 4805 km comme suite :

- 605 km de Routes Nationales.
- 652 km de Chemins de Wilaya.
- 3548 km de Chemins Communaux.
- 151 Ouvrages d'art dont 18 stratégiques.

## II. Objectifs des projets d'aménagements sur la Route National 25

La réalisation de la route reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute est – Ouest a pour but :

- Offrir un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux Wilayas (Bouira, Tizi-Ouzou) et réduire ainsi considérablement les coûts de transport ;
- Décongestionner le trafic des zones urbaines ;
- Réduire le temps de parcours des usagers de la route ;

- Assurer la régularité dans les déplacements des usagers de la route ;
- Réduire le nombre d'accidents ;
- Améliorer le cadre de vie des citoyens de la région d'étude.

### III. Cadre de l'études

Notre projet consiste à étudier l'aménagement en axe autoroutier de la RN 25 sur un linéaire de 13 km de Boukhalfa la station Tafoughalt incluant un échangeur.

### IV. Présentation de notre tronçon étudié

Dans son tracé notre autoroute traverse plusieurs agglomérations, telles que Tizi-Ouzou, Draa-Ben-Khedda, Draa-El-Mizan, Boukhalfa, Bouira, Lakhdaria, Tafoughalt, Aomar, El Hachimia, Bechloul, ...

La présente étude a pour principal objectif l'aménagement en axe autoroutier de la RN 25 du PK 10 au PK 24 sur un linéaire de 13 km. Il entre dans le cadre de la réalisation du schéma Directeur Routier National et fera partie de la pénétrante de la ROCADE SUD de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Cette infrastructure une fois aménagée constituera une pénétrante vers l'autoroute Est – Ouest pour la wilaya de Tizi-Ouzou et devra permettre d'alléger la charge de trafic sur la route nationale 25 dans son état actuel, et de constituer un véritable axe routier support d'échange de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est – Ouest.

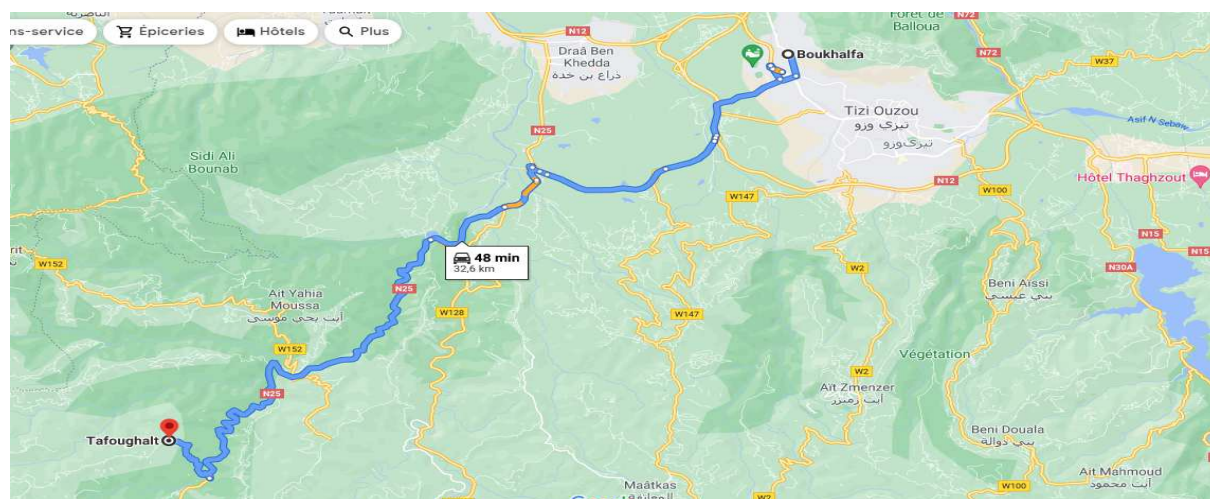


Figure 2 : Situation du tronçon

#### IV. 1. La catégorie de la route

L'Algérie a subdivisé ses routes en cinq (05) catégories suivant leurs finalités économiques et administratives des itinéraires considérés.

La RN 25 assure la liaison entre la Wilaya de Tizi-Ouzou et Bouira, et deux grands centres du transport NORD –OUEST algériens avec un trafic important (**16000 V/ J/2SENS**) avec un pourcentage de poids lourd de 35%.

Donc nous classons notre route dans la **catégorie une (C1)**.

#### IV.2. Vitesse de référence

La vitesse de référence est le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire et pour la corrélation de ses paramètres entre eux ; elle dépend de :

- Type de route ;
- Importance et genre de trafic (volume, structure) ;
- Topographie, soit degré de difficulté du terrain ;
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation ;

Pour notre cas la vitesse prise à partir de **ENGOA** est de **110 Km/m**.

**Résultat : notre projet est distingué par l'environnement E2 et la catégorie C1.**

#### IV.3. Documents disponible

Cette étude a été réalisée sur la base des documents suivants :

- Levé topographiques (semi de point) ;
- Cartes d'état-major au 1/25 000 ;
- Résultats de la campagne de trafic de 2012 ;
- Données climatiques pluviométriques ;
- Etudes et documents existants.

# **Chapitre II**

## **Etude de trafic**

## **Introduction**

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, sur une partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

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

## **I. Définition**

L'étude de trafic d'un projet routier a pour objet de connaître les différents flux de véhicules empruntant le réseau routier dans lequel s'insère le projet, par tronçon tant en nature qu'en quantité, à un instant donné puis à un terme donné, en appliquant l'évolution prévisible de l'activité humaine impactant le réseau routier en question.

## **II. Analyse de trafic**

Diverses méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adopter le niveau de connaissance aux besoins. Le coût des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire, mais on s'attache de disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause. Enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude du trafic au fur et à mesure de l'ensemble du projet.

Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

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

## **II.1. Différent type de trafic**

Dans le domaine de l'étude de trafic, on distingue quatre types différents :

### **II.1.1. Trafic normal**

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

### **II.1.2. Trafic dévié**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant sans investissement d'autres routes ayant la même destination.

### **II.1.3. Trafic induit**

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

### **II.1.4. Trafic total**

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

## **III. Les différentes méthodes et mode de comptages**

### **III.1. Les Comptages**

C'est la partie essentielle de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

### **III.2. Les comptages automatiques**

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

### **III.3. Les comptages permanents**

Ils sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier réseau routier national et le chemin de wilaya les plus circulés.



Figure 3: Boucles électromagnétiques pour le comptage permanent (monde de génie civil)

### III.4. Les comptages temporaires

Ils s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

Pour réaliser des comptages automatiques temporaires, il existe différents types de matériels :

### III.5. Le compteur « pneumatique »

Il comptabilise les passages par type de véhicule (TV, PL) et par sens. L'impulsion est donnée par l'écrasement du tuyau au passage de l'essieu.



Figure 4: Le comptage temporaire à l'aide d'un tube pneumatique (éclats-antivols)

### III.6. Le compteur plaque

Il comptabilise aussi le trafic par type de véhicule avec, en complément, la possibilité d'avoir un classement selon 15 plages de vitesse. Mais, il doit être fixé au milieu de la voie de circulation par perçage, ce qui nécessite une fermeture temporaire de la section, et il ne peut analyser qu'une seule L'inconvénient de cette méthode est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.



Figure 5: Compteur « plaque » : une plaque de détection.

### III.7. Les comptages manuels

Ils sont réalisés par des agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A)

## IV. Enquêtes

Il est plus souvent avantageux de compléter les informations recueillis à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin à ces différentes méthodes :

### IV.1. Statistiques générales

- Immatriculation des véhicules
- Production des véhicules
- Consommation de carburant
- Ventes pneumatiques
- Assurances

### IV.2. Enquêtes origine-destination (o/d)

Il existe différents types d'enquête O/D :

- Enquête par collage de papillons ou distribution de carte ;
- Enquête par relevé des numéros minéralogiques des véhicules ;
- Enquête de circulation par interview directe des conducteurs au bord de la route ;

- Enquête à domicile ;
- Enquête par envoi de carte postale Enquête par envoi de carte postale.

## V.Présentation des données du trafic

Les résultats de trafic qui nous ont été fournis par direction des travaux publics de Tizi-Ouzou sont les suivants :

- Le trafic à l'année 2012 :  $TJMA_{2012} = 16000 \text{ v/j/2sens}$  ;
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4\%$  ;
- La vitesse de base sur le tracé :  $V_B = 110\text{km/h}$  ;
- Le pourcentage de poids lourds  $Z = 35\%$  ;
- L'année de mise en service sera en 2017 ;
- La durée de vie estimée de  $n = 20$  ans ;

## VI. Les indicateurs du trafic

### VI.1.Trafic journalier moyen annuel (TJMA)

Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) d'une section routier est obtenu en calculant la moyenne sur une année du nombre de véhicules circulant sur cette section, tous sens confondus, au cours d'une journée.

Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) = trafic total de l'année / le nombre de jour.

Le TJMA à l'an 2007 est estimé à  $9800 \text{ v/j/sens}$

$$TJMA_{2007} = 16000\text{v/J/2sens} = 8000\text{v/J/sens}$$

### VI.2.Trafic journalier moyen horizon(TJMA<sub>h</sub>)

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

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

- $TJMA_h$ : le trafic à l'année horizon ;
- $TJMA_0$ : le trafic à l'année de référence ;
- n: nombre d'année ;
- $\tau$ : taux d'accroissement du trafic (4%) ;

Calcul du  $TJMA_h$  à l'année de mise en service (2017).

$$TJMA_{2017} = 8000 \cdot (1 + 0,04)^5 = 9733\text{V/j/sens}.$$

Donc:  $TJMA_{2017} = 9733V/j/sens.$

Calcul du trafic à 20 ans de mise en service ; à l'année 2037.

$$TJMA_{2037} = 9733(1 + 0,04)^{20} = 17529V/j/sens.$$

Donc:  $TJMA_{2037} = 17529 V/j/sens.$

### VI.3. Trafic effectifs

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement.

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

Le trafic effectif est donné par la relation suivante:

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

- $T_{eff}$ : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- $Z$ : pourcentage de poids lourds (35%).
- $P$ : coefficient d'équivalence pour le poids lourd (tableau 1), il dépend de la nature de la route (nombre de voies et de l'environnement).

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

Tableau 1 : Coefficient d'équivalence

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

Nous avons  $\left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ voies et plus (autoroutes)} \\ E_2 \end{array} \right\} \rightarrow P = 4$

Le pourcentage de poids lourds est égal à  $z = 35\%$ .

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

$$T_{eff} = [(1 - 0,35) + (4 \times 0,35)] 17529 = 35934 (UVP/j/sens).$$

Donc:  $T_{eff} (2037) = 35934 UVP/j/sens.$

### VI.4. Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en

unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

$$Q_h = (1/n) T_{\text{eff}}$$

- Q: débit de pointe horaire (UVP/h)
- n: nombre d'heure, (en général n = 8 heures).
- 1/n : coefficient de pointe horaire pris égale à 0,12.
- T<sub>eff</sub>: trafic effectif.

Donc :

$$Q_h(2037) = 0.12 \times 35934 = 4309.68 \text{ uvp/h}$$

$$Q_h(2037) = 4310 \text{ uvp/h/sens.}$$

### VI.5. Débit horaire admissible

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

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

- K<sub>1</sub>: coefficient lié à l'environnement (tableau 2).
- K<sub>2</sub>: coefficient de réduction de capacité (tableau 3).
- C<sub>th</sub>: capacité effective par voie, qu'un profil travers peut couler en régime stable (tableau 4).

Tableau 2 : Valeurs de K1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau 3 : Valeurs de K2

catégorie					
environnement	C1	C2	C3	C4	C5
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 4 : Valeurs de capacité théorique.

Type de la route	Capacité théorique (uvp /h)
Route à 2 voies de 3,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées (par voies)	1500 à 1800

**D'après les données que nous avons :**

- $K_1 = 0,85$  pour  $E_2$ .
- $K_2 = 0,99$  pour environnement ( $E_2$ ) et catégorie ( $C_1$ ).
- $C_{th} = 1800$  UVP/h/voie pour une route à deux chaussées séparées.

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1800 = 1514,7 \text{ uvp/h}$$

Donc :

$$Q_{adm} = 1515 \text{ uvp/h/voie.}$$

## **VI.6. Calcul d'un nombre de voies**

### **a. Cas d'une chaussée bidirectionnelle:**

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

### **b. Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

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

$$n = SQ/Q_{adm}$$

Avec:

- $S$  : coefficient de dissymétrie en général égale à  $2/3$  ;
- $Q_{adm}$  : débit admissible par voie.

Dans notre cas, nous avons une route unidirectionnelle, donc :

$$n = S \cdot \frac{Q}{Q_{adm}} = \frac{2}{3} \times \left( \frac{4310}{1515} \right) = 2,89$$

Donc:  $n = 3$  voies/sens

## **VI.7. Calcul de l'année de saturation**

$$T_{eff}(2017) = [(1 - 0,35) + (4 \times 0,35)]9733 = 19952,65 \text{ UVP/j/sens.}$$

$$T_{eff}(2017) = 19953 \text{ UVP/j/sens.}$$

## **VI.8. Débit horaire**

$$Q_h(2017) = 0,12 \times 19953 = 2394 \text{ UVP/h/sens.}$$

$$Q_h(2017) = 2394 \text{ UVP/h/sens.}$$

Donc, le débit de saturation est :

$$Q_{sat} = 3 \times Q_{adm} = 3 \times 1\,515 = 4\,545 \text{ uvp/j.}$$

Et :

$$Q_{sat} = (1 + \tau)^n \times Q_{2017} = 3 \times Q_{adm} \Rightarrow n = \frac{\ln \frac{3 \times Q_{adm}}{Q_{2017}}}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln \frac{4\,545}{1\,2394}}{\ln(1 + 0,04)} = 16.34 \approx 16 \text{ ans.}$$

**Donc l'année desaturation = 2017+16 = 2033**

Nous constatons que la route sera saturée à 16 ans après la date de mise en service. Donc, il faut prévoir un élargissement de la chaussée ou de réaliser une autre déviation.

## Conclusion

Le profil de la route adopté est (2x3 voies). Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul

TJMA2017( v /j)	TJMA2037 (v /j)	Teff (uvp/h)	Q <sub>2017</sub> (uvp/h)	Q <sub>adm</sub> (uvp/h)	Nbr de Voies par sens	L'année de saturation
9733	17529	35934	12394	1515	3	2033

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que son profil en travers est de:

- Chaussée bidirectionnelle de **2X3** voies de **3.5m**.
- Terrain plein central (TPC) de **3m**.

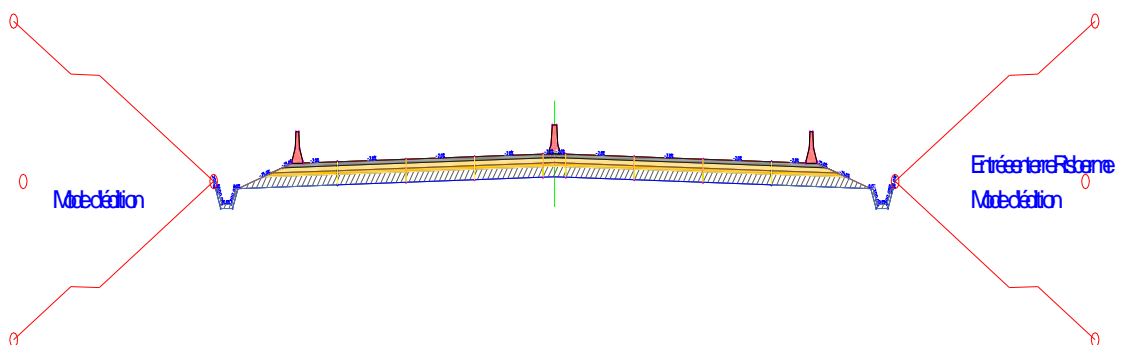


Figure 6 : Profil en travers de la route

# **Chapitre III**

## **Etude géotechnique**

## Introduction

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés.

## I. Le rôle de l'étude géotechnique

La géotechnique permet d'étudier les propriétés des sols et des roches en fonction des projets et des constructions telles que les routes et les ouvrages d'arts.

La géotechnique joue un rôle essentiel dans tous les travaux de génie civil et d'aménagements. On peut citer :

- Les fondations des ouvrages : bâtiments, ponts, usines, silos... ;
- Les ouvrages de soutènement ;
- La stabilité des pentes naturelles et des talus ;
- Les terrassements : routes, autoroutes, voies ferrées... ;
- Les tunnels et travaux souterrains ;
- Les barrages et notamment digues et barrages en terre ;
- Les ouvrages fluviaux, portuaires et maritimes ;
- L'hydrogéologie et la protection de l'environnement.

## II. Les essais du laboratoire

### II.1. Analyse granulométrie par tamisât

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80  $\mu\text{m}$ ) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et solsgraveleux (pauvres en fines) ; C'est un essai qui a pour objectif de déterminer larépartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

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

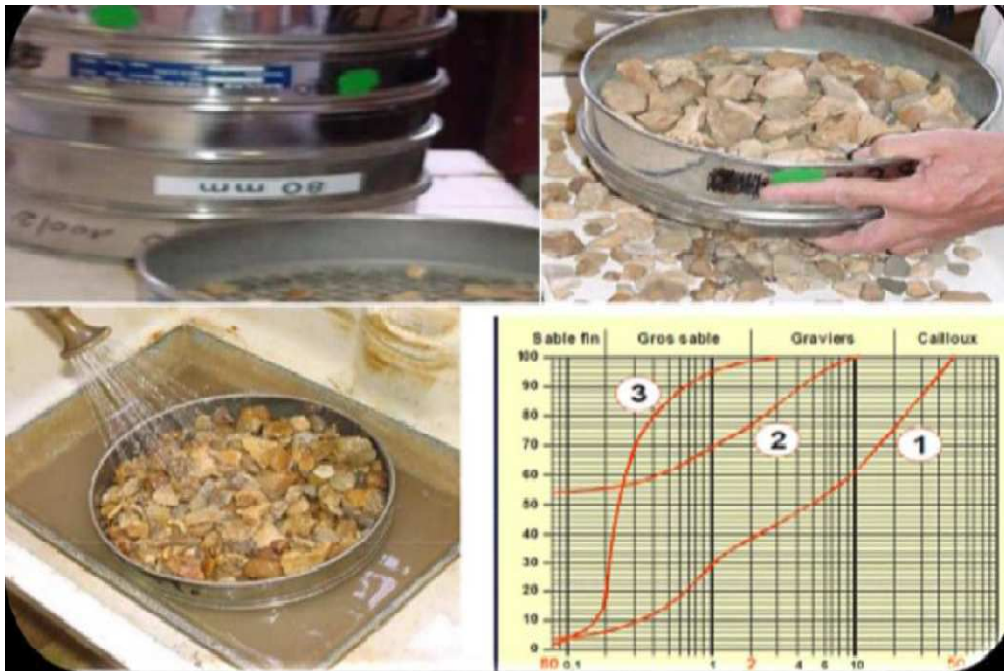


Figure 7 : Essai de L'analyse Granulométrie

### II.2. But de l'essai

C'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

### II.3. Principe de l'essai

Pour les fractions de matériaux compris entre 80 $\mu$ m et 50 mm. Séparer par brassage sous l'eau les grains agglomérés, puis une fois séchés, les classer au moyen d'une série de tamis et peser le refus cumulé sur chaque tamis. Rapporter à la masse totale sèche pour définir des pourcentages.



Figure 8 : Méthode d'exécution d'essai analyse granulométrie

### III. Essai de Los Angeles : « LA »

#### III.1. But de l'essai

Essai de Los Angeles permet de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs. L'essai Los Angeles est pris en compte pour la définition des catégories de résistance mécanique normalisées.

#### III.2. Principe de l'essai

L'essai consiste à mesurer la masse  $m$  d'éléments inférieurs à 1,6mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

Si  $M$  est la masse du matériau soumis à l'essai et  $m$  la masse des éléments inférieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai, la résistance à la fragmentation aux chocs est exprimée par le coefficient Los Angeles LA.

$$LA = \frac{m}{M} \times 100$$

- $M$  : la masse du matériau soumis à l'essai.
- $m$  : la masse des éléments inférieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai.



Figure 9 : La machine de Los Angeles

### IV. Essais De Micro Deval (MDE)

La machine micro-Deval comporte un à quatre cylindres creux en acier inox ayant un diamètre intérieur de 20 cm et une longueur utile de 15,4 cm. Ces cylindres ont une épaisseur supérieure ou égale à 3 mm. Ils sont posés sur deux arbres horizontaux soudés sur un châssis métallique tubulaire et sont aussi très étanches grâce à un joint placé sur le couvercle.

Un moteur assure une rotation de 100 tours par minute et s'arrête en achevant les 12 000 tours pour un échantillon de granulométrie variant entre 4-14 mm et 14 000 tours pour un

échantillon ayant une granulométrie variant de 25-50 mm. Elle a des billes d'inox de 10 mm.

#### IV.1. But de l'essai

L'objectif principal de cet essai c'est de mesurer la résistance à l'usure par frottement des matériaux en technique routière. En présence de l'eau, on rajoute à chaque fois 2.5L d'eau.



Figure 10 : Mise en place par essais Micro-Deval

#### IV.2. Principe de l'essai

L'essai consiste à prendre un échantillon représentatif de 5Kg de 10/14mm subir un cycle de broyage en présence d'eau dans un broyeur à boulets. Son degré de fragmentation est apprécié par la proportion de l'échantillon devenue plus petite que 1,6mm.

### V. Essai de Proctor :

L'essai Proctor, mis au point par l'ingénieur Ralph R. Proctor (1933), est un essai géotechnique qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol granulaire (ou non) par compactage à une énergie fixée.

Les caractéristiques de compactage Proctor sont des paramètres très utilisés pour identifier les matériaux et pour définir les spécifications de compactage qui leur sont applicables lorsqu'ils sont utilisés dans la construction des remblais, des couches de forme et des assises de chaussées.



Figure 11 : Matériel pour l'essai Proctor

### V.1. But de l'essai

Son but c'est la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

### V.2. Principe de l'essai

L'essai consiste à compacter dans un moule normalisé, à l'aide d'une dame normalisée, selon un processus bien défini, l'échantillon de sol à étudier et à mesurer sa teneur en eau et son poids spécifique sec après compactage.

L'essai est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à différents teneurs en eau. Et aussi on définit plusieurs points d'une courbe  $(\gamma_d, \omega)$  ; on trace cette courbe qui représente un maximum dont l'abscisse est la teneur en eau optimale et l'ordonnée la densité sèche optimale.

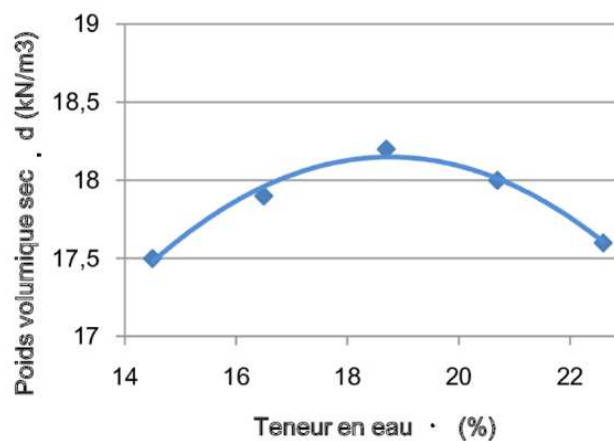


Figure 12 : Courbe de l'essai Proctor modifié

## VI. Essai CBR (Californian-Bearing-Ratio)

L'essai CBR (Californian-Bearing-Ratio) est un essai de portance (aptitude des matériaux à supporter les charges) des remblais et des couches de formes compactées des ouvrages routiers.

Il s'agit de déterminer l'Indice Portant Immédiat, Indice CBR (Californian-Bearing-Ratio) après immersion d'un sol ou d'un matériau granulaire utilisé dans la construction des ouvrages en terre ou des assises de chaussées.

C'est un essai de poinçonnement à l'aide d'une presse standard (presse CBR) à vitesse constante (1,27 tr/mn) et le diamètre du piston 19,6 cm.



Figure 13 : Les appareils pour l'essai CBR

### VI.1. But de l'essai

L'objectif principal de cet essai c'est de connaître les caractérisations mécaniques des sols naturels et de sols compactés dans des remblais et des couches de forme, de fondations et de sous-fondations de routes et aéroports. Donc c'est un essai qui a pour but :

- D'établir une classification des sols (GTR) « Guide des Terrassements Routières »
- D'évaluer la traficabilité des engins de terrassement (IPI) « Indice de Portance Immédiat).
- Déterminer l'épaisseur des chaussées CBR (Californian-Bearing-Ratio) augmente ⇒ épaisseur diminue)

### VI.2. Principe de l'essai

Il mesure la résistance à l'effort tranchant d'un sol et le gonflement du sol lorsqu'il est immergé dans l'eau pendant 4 jours. Il nous permet de calculer la portance du sol, en estimant sa résistance au poinçonnement. Il est applicable aux sols fins, ainsi qu'aux sols grenus dont la teneur en éléments de plus de 20mm de dimension maximale ne dépasse pas 25%.

## VII. Essai à la plaque

Après repérage du point d'auscultation de la plate-forme, il est appliqué, par l'intermédiaire d'une plaque de diamètre 60 cm, deux cycles de chargement successifs conduits selon des modalités également normalisées.

Le chargement est maintenu pour les deux cycles jusqu'à constatation de la stabilisation de l'enfoncement de la plaque.

La valeur de l'enfoncement de la plaque mesurée à la fin du second cycle permet de calculer le « Module sous chargement statique à la plaque EV2 ».

L'essai s'applique aux plates-formes d'ouvrages de terrassement et d'assainissement dont le  $D_{\max}$  « diamètre maximale » est inférieur à 200 mm et la valeur maximale du module pouvant être mesuré par cet essai est de 250 MPa.

Le « Module sous chargement statique à la plaque » ne caractérise pas l'état de compacité des sols situés sous la plate-forme auscultée.

## Conclusion

La géotechnique routière a pour objectif de définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour la structure de chaussée.

# **Chapitre IV**

## **Dimensionnement du corps de chaussée**

## Introduction

On entend par dimensionnement des chaussées l'épaisseur à donner à un corps chaussé, Elle doit être suffisante pour qu'elle ait une durée convenable, et non Surabondante pour éviter les dépenses superflues.

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans les conditions de confort et de sécurité voulue. Si le corps de chaussée se repose sur un sous-sol présentant une portance insuffisante. On est donc amène à apporter sur le sol naturel une épaisseur quelque fois importante de matériaux choisis dont la qualité va croître au fur et a mesure qu'on se rapproche de la surface de la chaussée car les matériaux seront soumis à pression fort au fur et a mesure qu'il se rapproche de la surface de roulement.

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée retenue, sont fixes en fonction des paramètres fondamentaux qui sont :

- L'environnement de la route.
- Le trafic.
- La nature du sol support.
- Les matériaux choisis.
- La durée de vie de la chaussée.

## I. Différents types de structure de chaussée

Il existe deux types de chaussée :

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

### I.1. Chaussée souple

Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :

- La couche de surface ou couche de roulement ;
- La couche de base ;

- La couche de fondation ;
- La couche de forme.



Figure 14: Coupe type d'une chaussée souple

#### ➤ Couche de surface

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillements provoqués par la circulation.

Elle est en générale composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition avec les couches inférieures les plus rigides.

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

#### ➤ Couche de base:

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de (grave bitume, tuf, sable gypseux,).

Elle a pour rôle essentiel de prendre les efforts verticaux et de répartir les contraintes normales qui en résultent sur la couche de fondation sansse déformer ni se dégrader.

La couche de base est constituée avec beaucoup de soin elle doit porter de meilleurs matériaux car les contraintes sont plus élevées vers la surface qu'au fond.

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

#### ➤ Couche de fondation

La couche de fondation constitue avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et coût.

➤ **Couche de forme**

La couche de forme est constituée généralement des matériaux disponibles sur le chantier ou localement, elle sera constituée généralement des matériaux sableux ou graveleux Propres. Elle a pour rôle d'améliorer et d'uniformiser certains sols fins non traitée possédant des caractéristiques géotechniques médiocres.

### **I.2. Chaussée semi –rigide**

On distingue :

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...)

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm.

Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

## **II. Les différents facteurs déterminant le dimensionnement de la chaussée**

Le dimensionnement basé sur la connaissance d'un certains paramètres fondamentaux liés au trafic, climat, sol support et matériaux.

### **II.1. Le trafic**

Le trafic principalement le trafic poids lourds, est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures, le trafic gouverne les choix suivants :

- Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

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

- De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.
- De trafic cumulé sur la période considérée.

## II.2. Le climat

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la pluie influe sur la teneur en eau des sols et la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques. Ce paramètre est introduit dans la méthode du catalogue des chaussées neuves (CTTP).

## II.3. Le sol support

Le sol support est le sol terrassé (pour les bons sols) ou le sol terrassé surmonté d'une couche de forme (pour les sols de faible portance)

## II.4. Les matériaux

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations par les véhicules lourds.

## III. 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 de comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- La méthode de C.B.R (California -Béaring - Ratio) ;
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves CTTP ;
- Méthode du catalogue des structures ;
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet, nous allons utiliser deux méthodes qui sont : *la méthode dite CBR et la méthode de C.T.T.P.*

## IV. Dimensionnement du corps de chaussée

### IV.1. La méthode de CBR

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suit la théorie de BOUSSINESQ soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice C.B.R.

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5}$$

Avec :

- e : épaisseur totale (cm).
- $I_{CBR}$  : indice CBR
- P : charge par roue **P = 6.5 t (essieu 13 t)**

L'influence du trafic ne doit pas être négligée dans le dimensionnement du corps de chaussée Nous tiendrons compte par la formule suivante :

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

- N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.
- Log : logarithme décimal.

#### IV.2. Notion de l'épaisseur équivalente

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient « a » appelé coefficient d'équivalence.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches

$$e = \sum a_i e_i$$

Avec :

- $a_i$  : Coefficient d'équivalence;
- $e_i$  : Épaisseur réelle.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Coefficients des matériaux utilisés

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence « a »
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

**Remarque :** pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe  $e_1$  et  $e_2$  et on calcule  $e_3$

- $e_1$  : épaisseur de la couche de roulement ;
- $e_2$  : épaisseur de la couche de base ;
- $e_3$  : épaisseur de la couche de fondation.

Généralement les épaisseurs adoptées sont :

**BB : 5 – 8 cm      GB : 10 – 20 cm      GC : 15 – 30 cm      TVO : 30 cm et plus**

**Cas d'un tracé neuf :**

On a:  $PL = 35 \%$ ,  $\tau = 4\%$ ,  $CBR = 7$

- $TJMA_{2017} = 9733 \text{ Véh}/j/\text{sens}$  (année de mise de service)
- $NPL_{2017} = 9733 \times 35\% = 3407 \text{ PL}/j/\text{sens}$ .
- $NPL_{2037} = 3407 \times (1 + 0.04)^{20} = 7466 \text{ PL}/j/\text{sens}$ .

**Méthode de C.B.R**

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

**Avec :**

- $P$  : charge par roue  **$P = 6.5 \text{ t}$  (essieu 13 t).**
- Log : logarithme décimal.
- $N = 7466 \text{ PL}/j/\text{sens}$ .
- $I_{CBR} = 7$ .

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left( 75 + 50 \log \left( \frac{7466}{10} \right) \right)}{7 + 5} = 55 \text{ cm}$$

Comme le corps de chaussée est composé de matériaux divers, on fait intervenir des coefficients d'équivalence :

$$e_{eq} = \sum_{i=1}^3 e_i a_i = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$$

### IV .3. Coefficients d'équivalence

- Couche de roulement en Béton Bitumineux : **BB = 2.**
- Couche de base en Grave Bitume : **GB = 1,2.**

- Couche de fondation en Grave Concassée : **GC = 1**.

Pour calcul des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

$$e = 8 \times 2 + 10 \times 1.2 + 1 \times e_3 = 55 \text{ cm}$$

$$e = 55 - (12 + 16)$$

Donc :  **$e_3 = 27 \text{ cm}$**

Alors :

Épaisseur réelles est de : **8 (BB) + 10(GB) + 27(GC) = 45 cm**

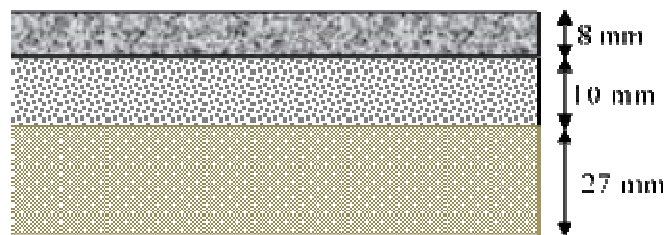


Figure 15 : Corps de chaussée adopté par la méthode CBR

## V. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

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

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

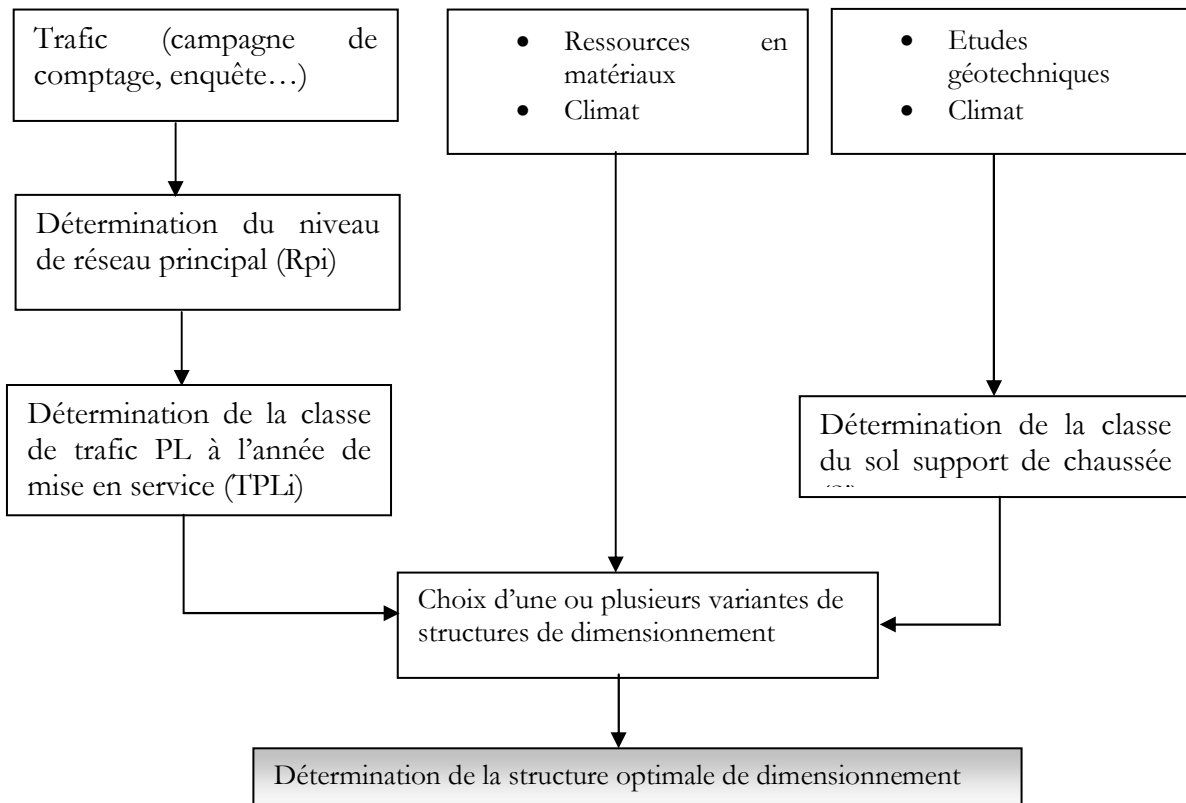


Figure 16: La démarche de catalogue

**V.1. Application au projet**

- $TJMA_{2012} = 16000 \text{ v/j /2sens}$
- Mise en service : 2017
- Durée de vie : 20 ans
- Zone climatique I pluviométrie > 600mm/an
- Taux d'accroissement :  $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 35 \%$
- C.B.R = 7

**VI. Détermination du type de réseaux principaux**

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

Tableau 7: Classification des réseaux principaux

Réseau principal	Trafics (véhicule / jour )
RP1	>1500
RP2	<1500

➤  $TJMA = 16000 > 1500$  v/j alors on a un réseaux principal « RP1 ».

**VI.1. Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1**

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic PL/j/sens compté en moyenne journalière annuelle (MJA), sur la voie la plus chargée, à l'année de mise en service.

Tableau 8 : Classes du trafic

	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/sens pour RP1	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000

- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement :  $\tau = 4\%$ .

$$TPL_i = \frac{TJMA_{2017} \times Z}{2} \times 0.8$$

$$TPL = \left( \frac{9733 \times 0.35}{2} \times 0.8 \right) = 1362 \text{ PL/J/sens}$$

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

**VI.2. Choix des structures types par niveau de réseau principal**

D'après le catalogue de dimensionnement (fascicule 03), notre choix se fixe sur une structure de type : GB/GNT

Tableau 9 : Structure de chaussées GB/GNT pour RP1

	S1	S2	S1	S0
TPLi PL/J/Sens	50 MPa	50 MPa	125 MPa	200 MPa
1500 TPL5 600				

Tableau 10 : Le choix de structure

niveau de réseau principal	Matériaux types	Structure
RP1	MTB (matériaux traité au bitume)	GB/GNT

### VI.3. Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Où :

- i = taux d'accroissement géométrique, pris égal à **0.04** ;
- n = durée de vie considérée. **20 ans**

$$TCi = 1533 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} = 1.141 \times 10^6 \text{ (nombre d'essieux de 13 t)}$$

$$TCi = 1.141 \times 10^6 \text{ (nombre d'essieux de 13 t)}$$

### VI.4. Détermination de classe de sol support

Tableau 11 : Classe de sol

Classe de sol	Indice CBR
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	<5

Nous avons :  $I_{CBR} = 7$

$$5 < I_{CBR} < 10$$

D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que le sol est de classe **S3**.

### VII. Sur-classement des sols supports de chaussées

Le cas de sols de faible portance (S3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables et d'utiliser le catalogue qui préconise le sol de classe S1 et S2 pour le RP1.

Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

Tableau 12 : Indications sur le choix de la couche de forme à réaliser

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme.	Epaisseur de matériaux de couche de forme.	Classe de portance de sol support visée (Sj).
S3	Matériaux non traités (*) (MNT)	40 cm (en bicouches)	S2

**Matériaux non traités (\*)** : Grave naturelle propre (T.V.O, T.V.C, TUF), Matériaux locaux.

### VII.1.Détermination de la zone climatique

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans :

La zone climatique **1 (pluviométrie > 600mm/an)**

### VII.2.Amélioration de la portance du sol support

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

Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Les résultats des différentes épaisseurs de la couche de forme.

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF $E_{cf}$	Portance visée
<S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

## VIII. 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 (**S3**)
- et une classe de trafic (**TPL5**).

Avec toutes ces données le catalogue algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

- Couche de roulement : **BB=6 cm**
- Couche de base : **GB=20cm**
- Couche de fondation : **GNT=30cm**
- Couche de forme : **TOV=40cm en bicouches**

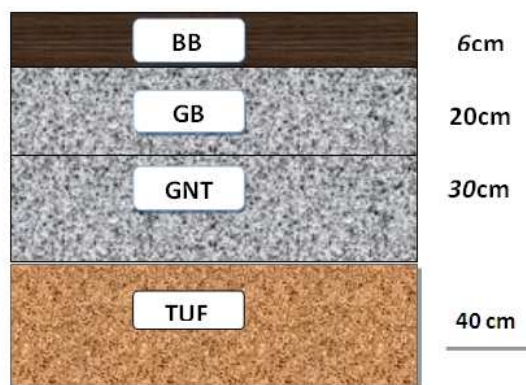


Figure 17: Corps de chaussée

**VIII.1.Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support**

Il faudra vérifier que  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  calculées à l'aide d'Alize 3, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à  $\epsilon_{t,adm}$  et  $\epsilon_z$

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6(10^\circ c, 25hZ) \times \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc$$

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

**VIII.2.Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi)**

$$TCE_i = TCi . A$$

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{((1 + i)^{20} - 1)}{i} = [1533 \times 365 \times (1 + 0.04)^{20} - 1] / 0.04$$

$$TCi = 1,14 \times 10^6 PL/J/Sens.$$

Tableau 14 : Types de matériaux et structure

Niveau de réseau principale (R <sub>Pi</sub> )	Types de matériaux et structure	Valeurs de A
RP1	Chaussées a matériaux traites au bitume : GB/GC, GB /Tuf,GB/GC	0.6

Alors :

$$TCE = 1,14 \times 10^6 \times 0.6$$

$$\epsilon_{TCE} = 6.84 \times 10^6 PL/j/ sens$$

## VIII.3.Choix des températures équivalentes

Tableau 15 : Températures équivalentes

Zone climatique			
Températures équivalentes $\theta_{eq}$ (C°)	I et II	III	IV
	20	25	30

## VIII.4.Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Tableau 16 : Caractéristique mécanique des matériaux bitumineux

Matériau	E(30° ,1 0HZ) (MPa)	E(25° ,10 HZ) (MPa)	E(20° ,10 HZ) (MPa)	E(10° ,10 HZ) (MPa)	$\epsilon_6(10^\circ c, 25$ hZ) $10^{-6}$	-1/b	SN	$S_H$ (c m)	v	Kc cal age
BB	2500	3500	-	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et les tableaux ci-dessus nous obtenons les paramètres suivants :

- $\theta_{eq}$  = température équivalent ( $\theta_{eq} = 20c^\circ$ ) => **E (20° ,10HZ)=7000 MPa.**
- Classe de trafic (**TPL<sub>5</sub>**)
- Risque adoptés pour réseau RP<sub>1</sub>(**R%=10**)
- C : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (**t = -1.282**).

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b} \times Sh\right)^2}$$

$$\delta = 0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2$$

$$\delta = 0.371$$

## VIII.5.Application numérique

## VIII.5.1.Déformation admissible verticale

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (6.84 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 544 \times 10^{-6} \text{ def}$$

### VIII.5.2. Déformation admissible de traction

$$\varepsilon_{t, adm} = \varepsilon_6(10^\circ c, 25hZ) \times \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(20^\circ C)}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc$$

$$\varepsilon_{t, adm} = 100 \times 10^{-6} \times \left(\frac{6.84 \times 10^5}{10^6}\right)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.146 \times 0.371)} \times 1.3$$

$$\varepsilon_{t, adm} = 144 \times 10^{-6} \text{ def}$$

## IX. Calcul des déformations ( $\varepsilon_t, \varepsilon_z$ ) sous l'essieu de 13t par Alizé

### IX.1. Principe du programme ALIZE III

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussées/Paris. Il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure

Son principe consiste à modéliser une structure, de manière de calculer les contraintes, ainsi que les déformations provoquées par une charge type.

Le (input) du programme ALIZE III, est pour chaque couche :

- L'épaisseur.
- Le module de rigidité (E).
- Le coefficient de poisson ( $\nu$ ).

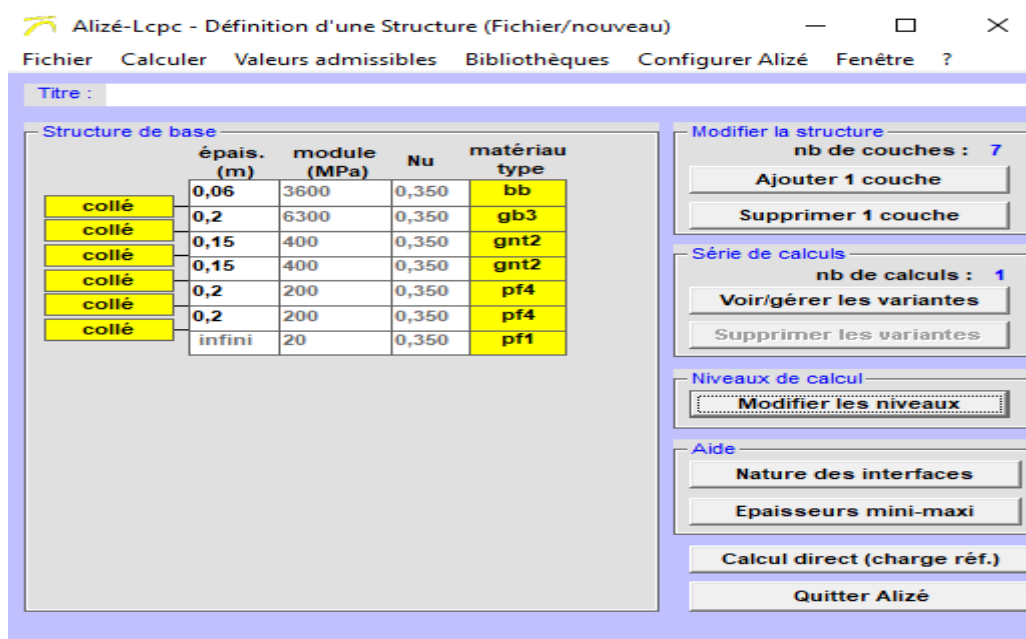


Figure 18: Prédimensionnement de ceps de chaussée par Alizé

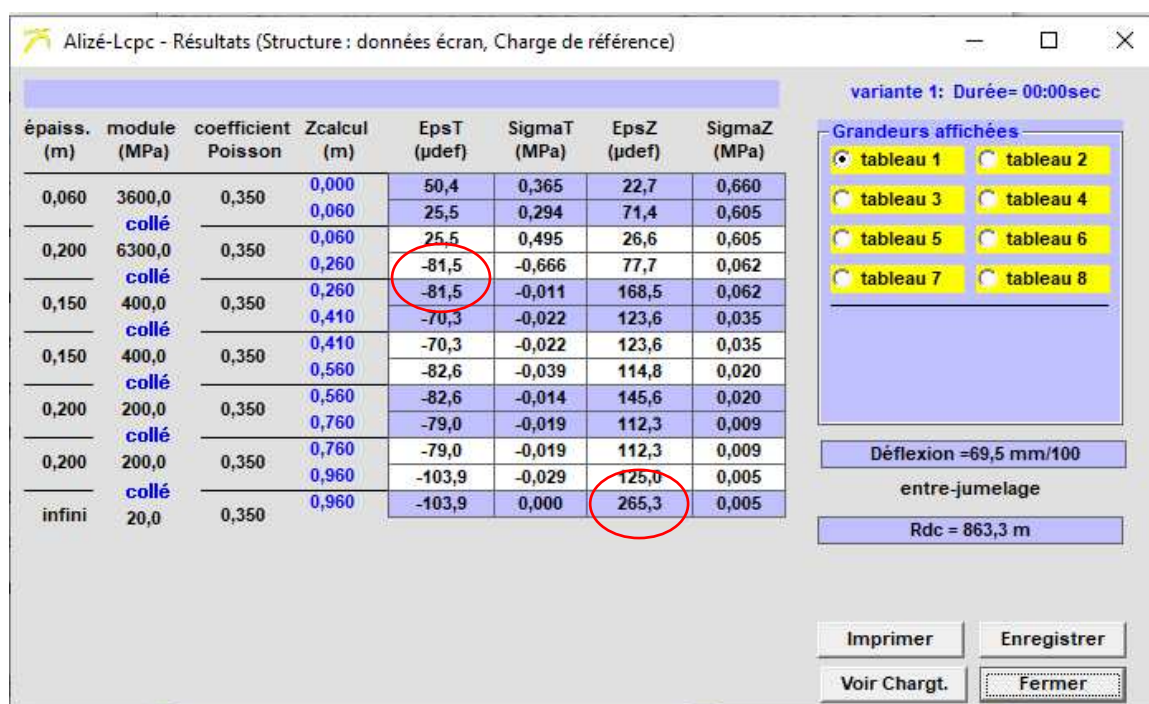


Figure 19: Les déformations obtenues

Tableau 17: Les résultats obtenus

	Déformation admissible	Déformation calculée par alizé calculée
$\epsilon_{t.a}$	$144 \times 10^{-6}$	$-81.5 \times 10^{-6}$
$\epsilon_{z.a}$	$544 \times 10^{-6}$	$265.3 \times 10^{-6}$

$$\begin{cases} \varepsilon_t. < \varepsilon_t. adm \\ \varepsilon_z. < \varepsilon_z. adm \end{cases} \rightarrow \text{La modalisation est vérifiée.}$$

**Résumé :**

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

Tableau 18 : Les résultats de dimensionnement

CBR	Catalogue des structures
8BB+10GB+27GNT	6BB+20GB+30GNT+40TUF

**Conclusion**

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- Augmentation de la longévité de la route.
- Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.
- Minimiser les coûts d'entretien ;
- Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.
- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges son cesse croissantes (l'orniérage).

# **Chapitre V**

## **Etude géométrique**

## I. Tracé en plan

### Introduction

Dans sa définition, le tracé en situation ou le tracé horizontal ou Le tracé en plan est la projection verticale de la route sur un plan horizontal. Ce plan est en général une carte topographique ou un plan de situation où le relief du terrain est représenté par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et la rugosité de la chaussée assuré par la couche de roulement.

#### I.1.Règles et principes du tracé en plan

Respecter les normes de la ARP (l'aménagement des routes principales).

- Adapter le trace au terrain naturel afin d'éviter les grands mouvements de terre (les terrassements important).
- Se raccordé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et zones forestiers.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres)
- Recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de visibilité de déplacement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal sans dépasser le rayon non déverse).

#### I.2.Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

- Des droites (alignements) ;
- Des arcs de cercle ;
- Des courbes de raccordement(CR) de courbure progressives.

### I.2.1. Alignements

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie :

- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

La longueur des alignements dépend de :

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

#### a. Règles concernant la longueur des alignements

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

##### a.1. Longueur minimale

D'après le **B 40**, la longueur minimale correspond à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation  $t = 5s$ .

$$L_{min} = (5 \times V_B) / 3.6$$

Avec :  $V_B = 110 \text{ km/h}$

AN :

$$L_{min} = 5 \times \frac{110}{3.6} = 153 \text{ m}$$

$$L_{min} = 153 \text{ m}$$

##### a.2. Longueur maximale

D'après le **B 40**, pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant une minute (60 s)

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

AN :

$$L_{max} = 60 \times \frac{110}{3.6} = 1834m$$

$$L_{max} = \mathbf{1834m}$$

### I.2.2. 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 absolu), on utilise alors autant que possible des valeurs supérieures ou égales 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.

#### Remarque

- Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas).
- Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux.

Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d).

Le devers maximum correspondent au rayon minimum absolu RHm sont :

- $d_{max} = 7\%$  pour les catégories (1– 2).
- $d_{max} = 8\%$  pour les catégories (3– 4).
- $d_{max} = 9\%$  pour la catégorie 5.

#### a. Rayon horizontal minimal absolu

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de devers maximal.

$$RHm = \frac{V_B^2}{127 \cdot (f_t + d_{max})}$$

Avec :

- $f_t$  : coefficient de frottement transversal donné par la B40

Tableau 19: Coefficient de frottement

V	40	60	80	100	120
Ft	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10

AN :

$$V_B = 110 \text{ km/h} \rightarrow f_t = (0.11 + 0.10)/2 \rightarrow f_t = 0.105$$

$$RHm = \frac{110^2}{127(0.105 + 0.07)}$$

$$\mathbf{RHm = 544.43 \text{ m}}$$

*a. Rayon minimal normal*

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

$$RHn = \frac{(V_B + 20)^2}{127(f_t + d_n)}$$

Le dévers associé au rayon normal est :

$$d(RHn) = d_{max} - 2\% = 7 - 2 = 5\%$$

Selon la B40 la vitesse de base maximal est de  $V_B = 120 \text{ km/h}$

$$V_B + 20 = 130 \text{ km/h} > 120 \text{ km/h}$$

Dans ce cas, la vitesse à prendre dans le calcul est  $V_B = 120 \text{ km/h}$

AN:

$$RHn = \frac{(120)^2}{127(0.1+0.05)} = 756 \text{ m}$$

$$\mathbf{RHn=756 \text{ m}}$$

*b. Rayon au dévers minimal*

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage de telle façon que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse  $V_B$  serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé  $d_{min} = 2.5\%$  en catégorie 1-2

$d_{min} = 3\%$  en catégorie 3-4

$$RHd = \frac{V_B^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

AN :

Pour  $V_B = 110 \text{ km/h}$  catégorie 2

$$d_{min} = 2.5\%$$

$$RHd = \frac{110^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1906 \text{ m}$$

$$\mathbf{RHd = 1906 \text{ m}}$$

*c. Rayon minimal non déversé*

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

➤ Cat 1-2 :

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0,035}$$

➤ Cat 3-4-5 :

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 (f' - dmin)}$$

Avec :

➤ **Cat3** →  $f' = 0.07$

➤ **Cat4 – 5** →  $f' = 0.075$

**AN:**

$$RHnd = \frac{110^2}{127 \times 0.035} = 2722 \text{ m}$$

$$\mathbf{RHnd = 2722m}$$

Pour notre projet est situé dans un environnement E<sub>2</sub>, et classé en catégorie C<sub>2</sub> avec une vitesse de base V<sub>B</sub>=110 Km /h, le règlement (B40) préconise les rayons suivant :(voir le tableau)

Tableau 20 :

Tableau 21 : Récapitulatif de calcul

Paramètres	Symboles	valeurs
Vitesse (km/h)	V <sub>B</sub>	110
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	545
Rayon horizontal normal (m)	RHN (7%)	649
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1906
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	2722

Règles d'utilisation des rayons en plan :

- On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.
- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm. On utilise autant que possible des valeurs de rayons  $\geq$  RHN.
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers **interpolé linéairement** en  $1/R$  et arrondi à 0,5 % près
- Entre dmax et d (RHN) si  $RHm < R < RHN$ .

$$\text{➤ } d = d_{max} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

- Entre d (RHN) et d min si  $RHN < R < RHd$ .

$$d = d_{min} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$$

- Tous les rayons déversés  $< RHd$  sont munis de courbes de raccordement progressif. Les rayons  $> RHd$  peuvent être munis de courbe de raccordement progressif.
- Un rayon RHm doit être encadré par RHN.
- Tout arc de tracé de longueur supérieure à 400 m présentant simultanément  $RH > 1.400$  m et  $RV > 10.000$  m (angle saillant) est assimilé à un grand alignement. Aux extrémités d'un tel arc les véhicules rapides peuvent atteindre  $V_b + 40$  (limitée à 120 Km/h).
- Aux extrémités d'un grand alignement droit, on prévoira des arcs de rayons en plan au moins égaux à RHm ( $V_b + 40$ ) sans dépasser RHm (120).

### I.3.Raccordements progressifs

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croit linéairement de  $R$  qui tend vers l'infini jusqu'à  $R = \text{constant}$ ), pour assurer :

- La stabilité transversale de véhicule.
- Le confort des passagers de véhicule.
- La transition de la chaussée.
- Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

**1.2. 3.Clothoïde**

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il infini jusqu'au point asymptotique ou il s'annule

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

*a. Expression de clothoïde*

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)

$$A = \sqrt{R L}$$

C'est -à- dire pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

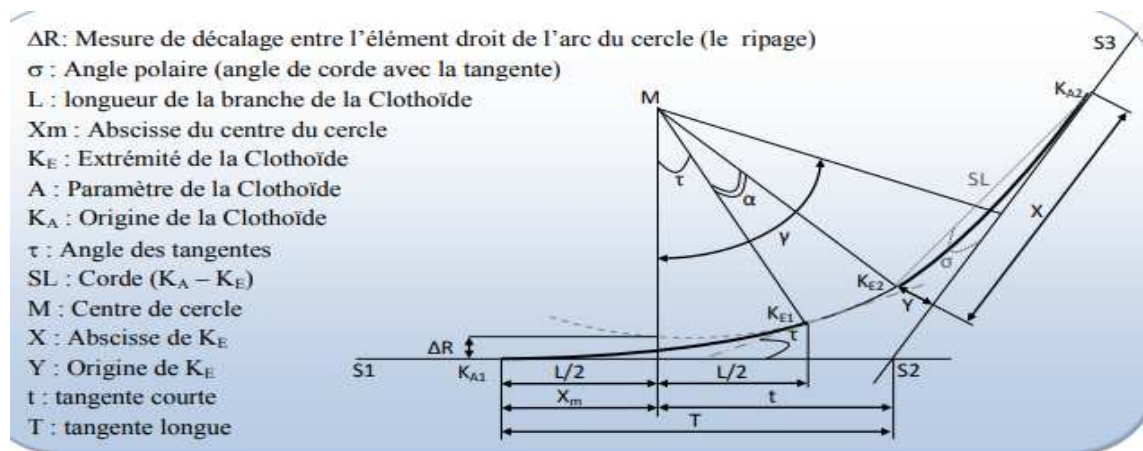


Figure 20: Les éléments de la clothoïde

*b. Expression mathématique de la Clothoïde*

Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C . L$$

On pose:  $\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow LR = A$

Le choix d'une clothoïde doit satisfaire les conditions suivantes :

b.1. Condition optique

La Clothoïde doit aider la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être  $\leq 3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.

$$R > A \geq R/3$$

**Règle générale (B40):**

- $R \leq 1500m \Rightarrow \Delta R = 1m$  (éventuellement 0,5 m)  $L = \sqrt{24.R.\Delta R}$
- $1500 < R \leq 5000m \Rightarrow L \geq R/9.$
- $R > 5000m \Rightarrow \Delta R = 2,5m \quad L = 7,75 \sqrt{R}$

## b.2. Condition de confort dynamique

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

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

R : rayon en (m).

$\Delta d$  : variation de dévers.

## b.3. Condition de gauchissement

La demi chaussée extérieur au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule .le raccordement doit assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que  $\Delta p < 0,5/V_B$ .

$$L \geq l. \Delta d. V_B$$

Tel que :

- L : longueur de raccordement.
- l : largeur de la chaussée.
- $\Delta d$  : variation de dévers.

**I.3. Application au projet**

Dans le cas de notre projet, tous les calculs sont effectués automatiquement à l'aide du logiciel **piste5**.

## II. Profil en long

### II.1. Définition

Le profil en long est une coupe longitudinale de terrain, suivant le plan vertical pour l'axe du tracé, il est constitué en général d'une sécession d'alignements raccordés par des courbes circulaires.

Le profil en long est constitué de deux éléments géométriques :

- Lignes droites (déclivité)
- Arcs de cercles tangente

### II.2. Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge

Parmi les règles qu'il faut tenir en compte sont :

- Adaptation au relief et à l'environnement ;
- Suivre le terrain naturel afin d'optimiser les mouvements de matériaux ;
- Utilisation des grands rayons verticaux ;
- Assurer la coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- Respecter la valeur maximale et minimale de déclivité ;
- Considération de l'exigence de PHE d'une crue centennale ;
- Adaptation aux réseaux divers (gazoducs, réseaux d'alimentation en eau et d'assainissement, lignes électriques...) ;
- Gabarits exigés à l'intersection avec des routes et des oued.

### II.3. 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).

Elle prend le nom de **pente pour les descentes et rampe pour les montées**.

Le pourcentage de déclivité dans les rampes pentes est choisi de manière à assurer :

- Une circulation sans gêne pour les poids en limitant la valeur des rampes si possibles ou en créant des voies supplémentaires.
- L'assainissement de la plate-forme le long des sections en déblais ou dans les zones de versants nus par la création de pente longitudinale.

#### II.3.1. Déclivité maximale

Selon les B40, pour une vitesse  $V_B=110$  Km/h, la pente maximale  **$I_{max}=7\%$**

### II.3.2. Déclivité minimale

- Dans les zones de dévers nul, au moins de 0.5% à 1% pour éviter la stagnation des eaux.
- Dans la longue section en déblai ; au moins 0.2% pour l'ouvrage longitudinal d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément enterré du cote aval.

### II.4. 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 :

#### II.4.1. Raccordements convexes (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle 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.
- Condition d'esthétique

##### a. Condition de confort

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, elle est limitée à :

***g* 40** (Catégorie 1-2) et

***g* 30** (Catégorie 3-4-5)

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$R_V \geq 0.3V^2 \rightarrow$  (Catégories 1-2).

$R_V \geq 0.23V^2 \rightarrow$  (Catégories 3-4-5).

Avec :

***R<sub>V</sub>*** : le rayon vertical (m).

***V*** : Vitesse de référence (km/h).

Pour notre tronçon, nous avons un rayon minimal de :

$$R_V \geq 0.3 \times 110^2 = 3630m$$

##### 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 :

$$RV = \frac{d_1^2}{2(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})^2}$$

Avec

D1 : Distance d'arrêt (m)

h0 : Hauteur de l'oeil (m)

h1 : Hauteur de l'obstacle (m)

Pour un rayon de 3000 m, nous avons  $\begin{cases} h_0 = 1.1 \text{ m} \\ h_1 = 0.15 \text{ m} \end{cases}$

$$d_1 = \frac{4}{1000} * \frac{V_B^2}{f_l \pm i} = \frac{4}{1000} * \frac{110^2}{0.105 + 0.07} = 277 \text{ m}$$

$$RV = \frac{277^2}{2(\sqrt{1.1} + \sqrt{0.15})^2} = 9426 \text{ m}$$

### c. Condition esthétique

Comme tout ouvrage désigné de ce nom, une grande route moderne devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte. , pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et pour des dévers  $d < 10\%$  'spécial échangeur'.

$$R_{vm} = 100. \frac{50}{\Delta d\%}$$

Avec :

- $\Delta d$  : changement de dévers (%).
- $R_{vmin}$  : rayon vertical minimum (m).

### II.4.2. Raccordement concave (angle rentrant)

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 véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

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

AN :

$$Rv' = \frac{277^2}{1.5 + (0.035 \times 277)} = 6854m$$

D' après le calcul, et selon la norme ICTAL pour une vitesse  $V_b = 110$  Km/h et catégorie C1 et un environnement E2 on adopte pour des valeurs de rayons suivant :

Tableau 22: Les rayons des courbes

Catégorie	L2
Rayon minimal en angle saillant	<b>6000</b>
Rayon minimal en angle rentrant	<b>3000</b>

### Application au projet

Le profil en long est présenté dans la planche suivante.

### III. Profil en travers

#### III.1.Définition

Le Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

#### III.2.Eléments du profil en travers

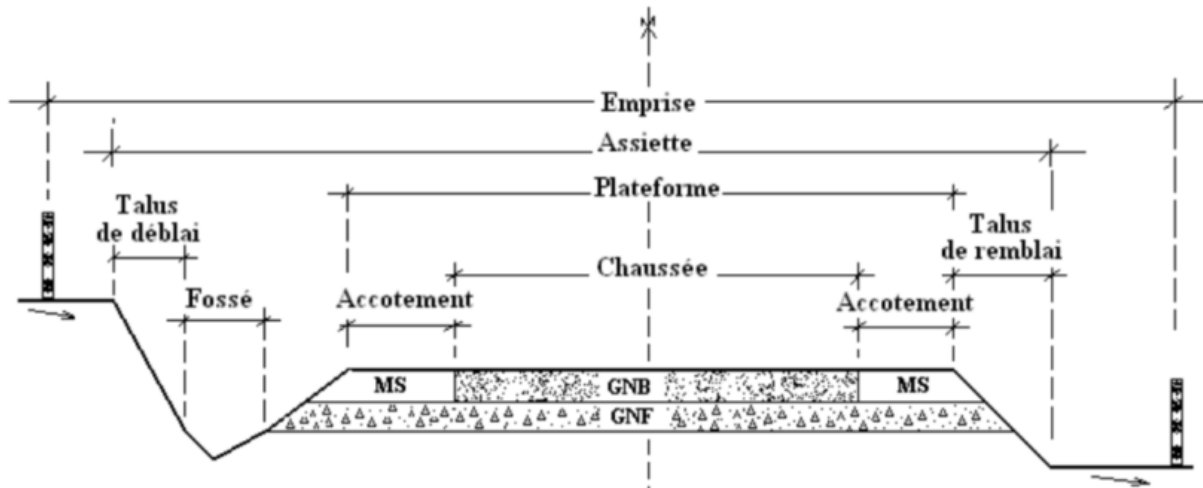


Figure 21 : Eléments constituant le Profil en travers

#### **La chaussée :**

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

#### **La largeur rouable :**

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

#### **La plateforme :**

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

#### **L'assiette :**

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

**L'emprise :**

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, ect...) 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 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 talus et les eaux de pluie.

### III. Types du profil en travers

Ils existent deux types de profil:

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

#### III.1. Le 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 de terrassements.

#### III.2. Le profil en travers courant

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20m.

#### IV. Profil en travers de notre tronçon est constitué de

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera composé d'une route de 2×3 voies.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée :  $2 \times (3,5\text{m} \times 3) = 21(\text{m})$ .
- Accotement :  $3 \text{ m} \times 2 = 6 (\text{m})$ .
- Un terre-plain-central (TPC) : 3m
- L'entrée en terre :  $1\text{m} \times 2 = 2\text{m}$
- Caniveaux :  $(0.5 \times 0.5 \times 0.5)\text{m}$
- Plateforme : 32.5m

#### Application au projet

Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demi profils en travers type que nous appliquerons à notre projet.

# **Chapitre VI**

## **Les cubatures**

## I. Généralités

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet :

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

## II. Cubatures des terrassements

On appelle cubature tout calcul de volume, si on recherche une exactitude des résultats, le calcul des volumes des terrassements est très compliqué et très long donc on doit accepter quelques petites erreurs, le calcul des cubatures est réduit à des calculs d'intégrales qui nécessite une géométrie descriptive pour chaque profil.

## III. Méthode utilisée

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

## IV. Calcul des cubatures de terrassement

Dans notre projet le calcul s'effectue à l'aide de logiciel (**piste 5**) voir « annexe »

## V. Les terrassements routiers

### V.1. Définition

Terrasser, c'est extraire, transporter et éventuellement utiliser un sol naturel en vue de construire un ouvrage (tranchée, remblai, etc.)

On distingue dans l'exécution des terrassements trois phases essentielles :

- L'extraction.
- Le transport.
- La mise en remblai ou en dépôt.

### V.1.1. Le déblaiement

Il consiste à extraire les terres avec des engins mécaniques selon la profondeur donnée par le topographe.

Le déblai occupe un volume de **2057508.2** m<sup>3</sup> peut être utilisé comme remblais, s'il est consistant et s'il répond aux normes techniques

### V.1.2. Le remblaiement

Les remblais occupent un volume de **1468792.7** m<sup>3</sup> Il consiste à remplir les terres avec des matériaux répondant aux normes techniques.

Avant la mise en place des remblais, nous allons procéder d'abord au décapage de la terre végétale sur une épaisseur moyenne de 0,5 m, elle sera mise en dépôt provisoire pour servir de revêtement des talus de remblais et déblais

## VI. Résultats des calculs des cubatures

Les résultats sont obtenu automatiquement par le logiciel PISTE 5, sont résumée en tableau si dessous

Tableau 23 : **Résultat de calcul des cubatures**

<b>Volume déblai <math>v_d(m^3)</math></b>	<b>11502266</b>
<b>Volume remblai <math>v_r(m^3)</math></b>	<b>11789159</b>

# **Chapitre VII**

## **Assainissement**

## Introduction

L'assainissement routier comprend l'ensemble des moyens utilisés pour résoudre les problèmes de collecte et d'évacuation des eaux superficielles et internes dans l'emprise de la route et par extension, ceux des rétablissements des petits écoulements naturels.

L'assainissement routier comporte en fait trois volets :

- La collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route

Toute accumulation d'eau sur la chaussée favorise en particulier l'aquaplanage, augmente les projections d'eau par les véhicules et tend ainsi à diminuer la sécurité des usagers. De plus l'eau qui stagne en surface, finit toujours par s'infiltrer.

- La collecte et l'évacuation des eaux internes (le drainage)

L'eau infiltrée provoque, avec le temps, des désordres dans les couches de chaussées ou entraînent une perte de portance du support.

- Le rétablissement des petits écoulements naturels

Des ouvrages de rétablissement bien conçus et correctement exécutés permettant de se prémunir contre les inondations et contre les dégâts causés aux différents ouvrages, notamment aux remblais routiers.

## II. Définitions

### II.1. Bassin versant

C'est la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré. Elle est définie par la topographie et délimitée soit par une crête soit artificiellement par une canalisation.

### II.2. Collecteur (canalisation)

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites Collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

### II.3. Cheminée (chambre de visite)

Ouvrage placé sur les canalisations pour contrôler, nettoyer et pour faciliter l'entretien des canalisations pour cette dernière raison, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 100 m.

#### II.4. Sacs

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles, et sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

#### II.5. Ovoïde

Lorsque les débits sont importants et entraînent de gros diamètres, la canalisation est remplacée par un ovoïde.

#### II.6. Les regards

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

### III. Nature et rôle des réseaux d'assainissement routier

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés. Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route.

### IV. 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 pluies sont importantes en automne et en hiver, elles tombent d'octobre à Mai avec un maximum en Novembre et un autre en Février.

D'après les observations effectuées à la station météorologiques :

- Pluie moyenne journalière  $P_{moyj} = 46,4\text{mm}$
- L'exposant climatique  $b = 0,36$
- Le coefficient de variation climatique  $C_v = 0,45$

## V. Superficie des bassins versant

### V.1. Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée P(%)

Le calcul de la précipitation  $P_j$  (%) est obtenu par la formule suivante :

$$P_j(f\%) = \frac{P_j}{\sqrt{c_v^2 + 1}} e^{u\sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

La pluie de référence pour le dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie (t) en minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans.

Soit le tableau suivant qui donne les valeurs du variable de GAUSS en fonction de la fréquence:

Tableau 24: Les variables de gauss et les périodes de retour

Fréquence%	Période de retour (ans)	Variable de GAUSS
10	10	1,282
2	50	2,057
1	100	2,327

#### V.1.1. Fréquence de l'averse

L'intensité de l'averse de durée t et de fréquence  $f=0.1$  (période de retour  $T=10$  ans) est estimée par la relation Intensité-Durée-Fréquence de forme suivante :

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

Où :

- $P_t(f\%)$  est la pluie maximale de durée t (min) pour la période de retour T (fréquence f)
- $P_j(f\%)$  hauteur de pluie journalière maximale de fréquence "f"
- b : paramètres climatiques
- t : durée de l'averse égale au temps de concentration  $T_c$  (heure)

#### V.1.2 Estimation des débits de crue de référence

Les ouvrages projetés doivent pouvoir évacuer, dans les conditions satisfaisantes, les volumes d'eau des bassins qu'ils desservent. Les ouvrages sont calculés non pour la forte précipitation pluviale connue, mais pour une précipitation donnée dont la probabilité est déterminée.

Dans ce projet, la base de calcul est la pluie décennale, c'est à dire la plus forte pluie susceptible de survenir dans une période de 10 ans.

La méthodologie adoptée pour déterminer les débits caractéristiques consiste comme pour l'estimation du temps de concentration, à appliquer la méthode rationnelle suivant la formule :

Formule rationnelle :

$$Q = 0.00278CLA$$

- A : aire de la surface drainée en ha
- I : intensité de la pluie décennale dont la durée est égale au temps de concentration en [mm/h]
- C : coefficient de ruissellement

Débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING STRICKLER :

Tel que :  $Q_s = S \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot j^{1/2}$

S : section mouillée.

K : coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage

Avec :

- K=30 : Paroi en terre.
- K =70 : Paroi en bétons (dalots).
- K =80 : Paroi en bétons (buses préfabriquées).
- R : rayon hydraulique (m). = section mouillée / périmètre mouillé.
- J : pente longitudinale du fossé.

## V.2. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement

Application au projet :

Voici les données hydrologiques de la zone d'étude :

- Les précipitations moyennes de 24h :  $P_{24} = P_j$  40 mm
- Le coefficient de variation de la région considérée  $C_v = 0.45$
- L'exposant climatique de la région  $b = 0.36$

Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée P(%)

**Pendant 10 ans**

$U = 1.282, C_v = 0.45, P_{jmoy} = 40 \text{ mm}$

$$P_t(10\%) = \frac{40}{\sqrt{0.45^2 + 1}} \cdot e^{1.282 \cdot \sqrt{\ln(0.45^2 + 1)}} \Rightarrow P_{tj}(10\%) = 57.67 \text{ mm} \text{ Pendant 50 ans}$$

$U = 2.057, C_v = 0.45, P_{jmoy} = 40 \text{ mm}$ .

$$P_t(2\%) = \frac{40}{\sqrt{0.45^2 + 1}} \cdot e^{2.057 \cdot \sqrt{\ln(0.45^2 + 1)}} \Rightarrow P_t(2\%) = 80.45 \text{ mm}$$

**V.2.1. L'intensité horaire I**

$$I = \frac{P_t}{tc}$$

$$I(10\%) = \frac{57.67}{24} = 2.40 \text{ mm/h}$$

$$I(2\%) = \frac{80.45}{24} = 3.35 \text{ mm/h}$$

- I : Intensité de la pluie (mm/h).
- tc : Temps de concentration (heure).
- P(t) : Hauteur de la pluie de durée tc (mm).

**V.3. Calcul de l'intensité de l'averse**

$$P(t) = p_j \cdot (TC/24)^b$$

Avec :

- Pj : Hauteur de la pluie journalière.
- b : Exposant de climatique.
- TC: Temps de concentration (heure).

**V.4. Temps de concentration**

En se basant sur les caractéristiques morphologiques des bassins étudiés il est possible d'établir le temps de concentration de ces derniers, pour un usage postérieur dans les calculs de débit de design.

Le temps de concentration est évalué avec l'aide de formules usuelles acceptées par les autorités

Algériennes. Ils sont la formule de Ventura, la de Passini et la de Giandotti. Le critère pour choisir une ou autre est la superficie du bassin versant:

Les temps de concentration sont fonction de la superficie et de la pente des bassins versants.

Pour une superficie de bassin versant inférieure à 5 km<sup>2</sup> on utilise la formule de **VENTURA** :

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$$

Avec :

- $t_c$  : Temps de concentration en heures
- $A$  : Superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>
- $P$  : Pente moyenne du talweg principal du bassin versant en m/m
- On considère un temps de concentration minimum de 3 minutes (0,05 h).

Pour un bassin versant de superficie comprise entre 5 et 25 km<sup>2</sup> on utilise la formule de **PASSINI** :

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

Avec:

- $t_c$  : Temps de concentration en heures
- $S$  : Superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>
- $P$  : Pente moyenne du talweg principal du bassin versant en m/m
- $L$  : Longueur du talweg du bassin versant en km

Pour une superficie supérieure à 25 km<sup>2</sup> on utilise la formule de **GIANDOTTI**

$$t_c = (4 \times \sqrt{A}) + 1.5L / 0.8\sqrt{H}$$

Avec:

- $t_c$  : Temps de concentration en heures
- $S$  : Superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>
- $L$  : Longueur du talweg du bassin versant en km
- $H$  : Hauteur moyenne du bassin versant par rapport à l'exutoire (en m)

Il est présenté ci-dessous un tableau et un plan avec les caractéristiques principales du bassin versant hydrographique défini, ainsi que le temps de concentration résultant, pour la plateforme autoroutière et les canaux latéraux.

Tableau 25: Caractéristiques principales du bassin

Numéro du bassin	PK	Superficie e (km <sup>2</sup> )	Longueur r (Km)	Cotes	Cotes intérieures	Dénivèlement s (m)	Pentes	TC (heures)
	Exutoire e			supérieure s				Ventura S<5km <sup>2</sup>
<b>1</b>	11+300	0.046	0.265	214.0	122.5	91.5	0.3453	0.050

**V.5. Calcul de la fréquence de pluie de courte durée**

$$P(t) = 1.13 \times p_j \times (TC/24)^b$$

Avec :

- $P_j$  : Hauteur de la pluie journalière.=46.4
- $b$  : Exposant de climatique.=0.36
- $TC$ : Temps de concentration (heure).=0.05

AN :

$$P(t) = 1.13 \times 46.4 \times \left(\frac{0.05}{24}\right)^{0.36}$$

$$P(t) = 5.68 \text{ mm/h}$$

**V.6. Calcul de l'intensité moyenne**

$$I(t) = P(t) / Tc$$

AN :

$$I(t) = \frac{5.68}{0.05}$$

$$I(t) = 113.6 \text{ mm/h}$$

**V.7. Calcule des débits**

Finalement, et selon l'ensemble des données obtenues antérieurement, on peut procéder au calcul des débits de crue. Pour ce calcul, la méthode utilisée celui de la Méthode Rationnelle, qui est largement utilisée et internationalement acceptée. Pour le calcul des débits de référence selon la Méthode Rationnelle, la formule utilisée est la suivante :

$$Q = \frac{c \times A \times I}{3.6}$$

Tel que :

- $Q$  : Débit pointe (m<sup>3</sup>/s)
- $C$  : Coefficient de ruissellement dans la période de retour considérée
- $A$  : Superficie du bassin (km<sup>2</sup>)
- $I$  : Intensité de pluie (mm/h) pour la période de retour considérée, correspondante à une durée effective de la pluie égale au temps de concentration du bassin.

Tableau 26 : Coefficient de ruissèlement

Type de surfaces	C
Habitation très dense	0.9
Habitation dense	0.6 à 0.7
Habitation moins dense	0.4 à 0.5
Cartier résidentiel	0.2 à 0.3
Espace vert	0.05 à 0.2
Espace pavé à large point	0.6
Voie en macadam non goudronné	0.35
Allée en gravier	0.2
Surface totalement imperméable (toiture, chaussée, trottoir)	0.9

AN :

$$Q = \frac{0.9 \times 46000 \times 113.6}{3.6}$$

$$Q = 1.3064 \text{ m}^3/\text{s}$$

### VI. Dimensionnement des fossés

Les fossés sont placés à l'extérieur de la plate-forme, dans les sections en déblais, ils recueillent et écoulent les eaux de ruissellements. La hauteur des talus de déblais est supérieur à 3.00 m alors on prévoit des fossés de forme trapézoïdal à parois en béton

A partir des résultats obtenus précédemment :

On fixe  $n=1$ ,  $b=0.5\text{m}$  tq  $I=0.01\%$

$Q_a = Q_s$

$$Q_a = K_{ST} \cdot h \cdot (b + n \cdot h) \cdot \left[ \frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

en béton armée

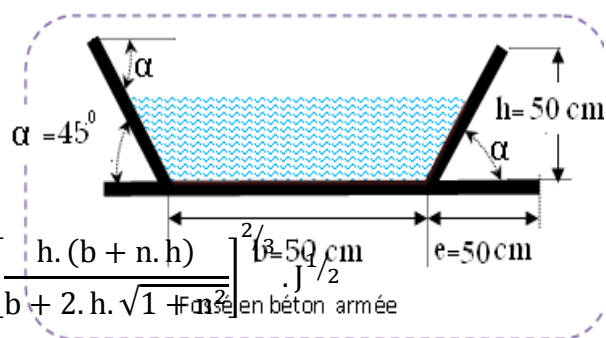


Figure 22:Fossé en béton

$$h = \left[ \frac{Qa}{k_{st} \cdot b \sqrt{I}} \right]^{3/5} \frac{\left( 1 + \frac{2h\sqrt{1+n^2}}{b} \right)^{2/5}}{1 + \frac{nh}{b}} = \left[ \frac{0.27}{70 \cdot 0.5 \cdot \sqrt{0.001}} \right]^{3/5} \frac{(1 + 4 \cdot \sqrt{2}h)^{2/5}}{1 + 2h}$$

$$= 0,46 \frac{(1 + 5,66h)^{2/5}}{1 + 2h}$$

Nous obtenons par calcul itératif

$$h = 0.46m$$

Pour des réseaux de sécurité on prend **b=0.5m** et **h=0.5m**

TqQa < Qs vérifiée

### VI.1. Critères de dimensionnement

Pour la réalisation des calculs hydrauliques, on a suivi le « Guide technique Assainissement routier »(2006) (GTAR) du SETRA.

La typologie d'ouvrages proposée pour des faibles débits est la suivante :

Tableau 27 : Choix du type d'ouvrage en fonction du débit

Debit	Q<4,25	4,25<Q<5,5	5,5<Q<9,5	9,5<Q<14	14<Q<28	28<Q<35
Types	buse	dalot	dalot	dalot	dalot	dalot
dimension	1.5	1.5×1.5	2×2	3×2	4×3	2×(3×2)

### Conclusion :

Les résultats de calcul et de dimensionnement sont représentés en tableau ci-dessous

Tableau 28: Résultats de calcul et de dimensionnement

Numéro du bassins	Emplacement de l'exutoire	Superficie A	Intensité I	Coefficient de ruissèlement	Débit Q	Types d'ouvrage
1	11+300	0.046	113.6	0.9	1.3064	Buse Ø1.5
2	12+100	500.44	132.49	0.59	29.66	Dalot2×(3×2)

**Chapitre VIII**

**Equipements de la  
route**

## I. Signalisation

### I.1. Introduction

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation Horizontale.

### I.2. L'objet de la signalisation routière

La signalisation routière a pour objet :

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

### I.3. Catégories de signalisation

On distingue :

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

### I.4. Règles à respecter pour la signalisation

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

Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).

Cohérence avec les règles de circulation.

Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

Eviter la publicité irrégulière.

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

## 1. 5.Types de signalisation

### I.5.1. Signalisation verticale

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

a. Signaux de danger :

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

b. Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

c. Signaux à simple indication :

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

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

d. Signaux de position des dangers :

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

### I.5.2.Signalisation horizontale

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Elle se divise en trois types :

a. **Marquage longitudinal**

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

- **Lignes discontinues** : Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.
- **Lignes axiales** ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leurs intervalles.
- **Lignes de rive, les lignes de délimitation** des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- **Ligne d'avertissement de la ligne continue**, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

b. Marquage transversal :

- Lignes transversales continues éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- Lignes transversales discontinues éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient céder le passage à l'intersection.

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.

### I.6. Caractéristiques générales des marques

· Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange

Pour les marques provisoires.

· La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant

Le type de route, à savoir :

- $U = 7.5\text{cm}$  sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
- $U = 6\text{cm}$  sur les routes et voies urbaines.
- $U = 5\text{cm}$  pour les autres routes.

## APPLICATION AU PROJET

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

- Panneaux de signalisations d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisations d'interdiction de priorité (type B).

- Panneaux de signalisations d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14,E15).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

- Pour les routes et voies urbaines :  $U = 6\text{cm}$ .
- Pour les bretelles et les voies d'accès :  $U = 5\text{cm}$ .

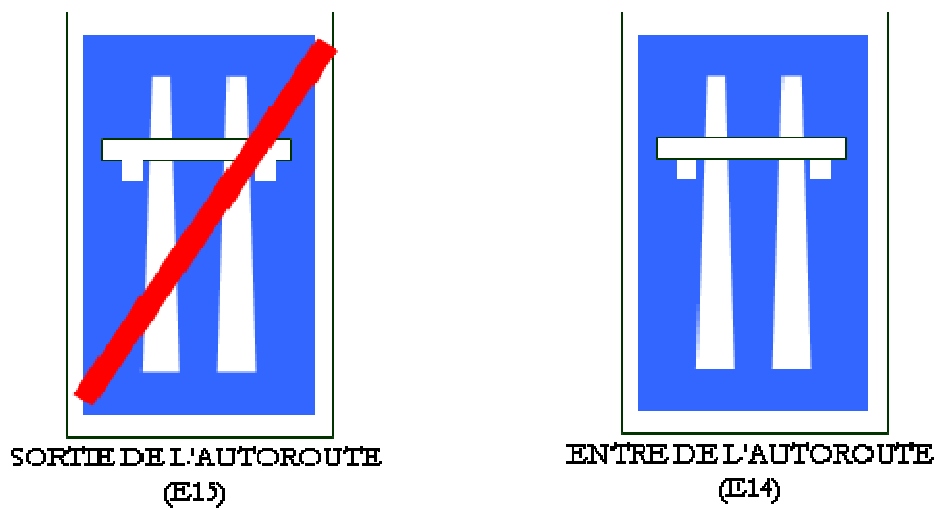


Figure 23 :panneaux d'indication

Fleche de sélection

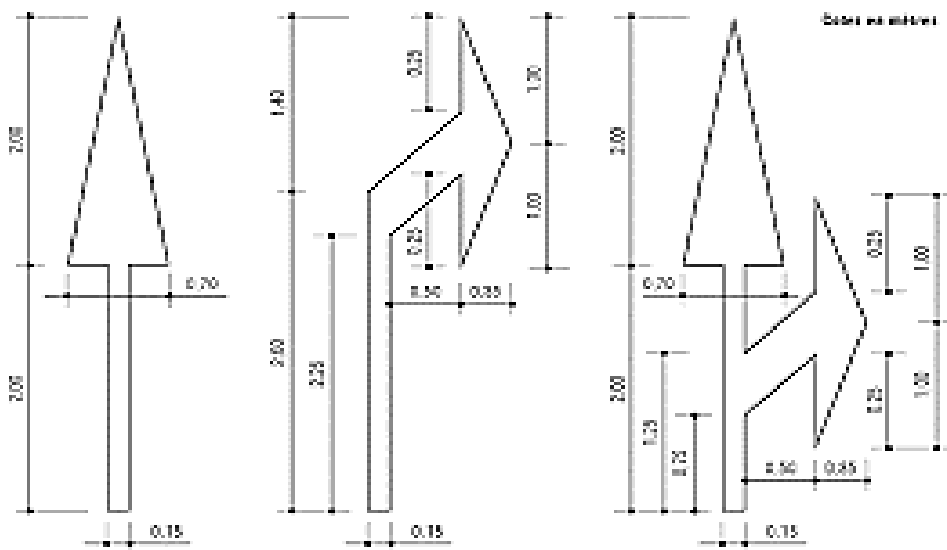


Figure 24 : Fleche de sélection

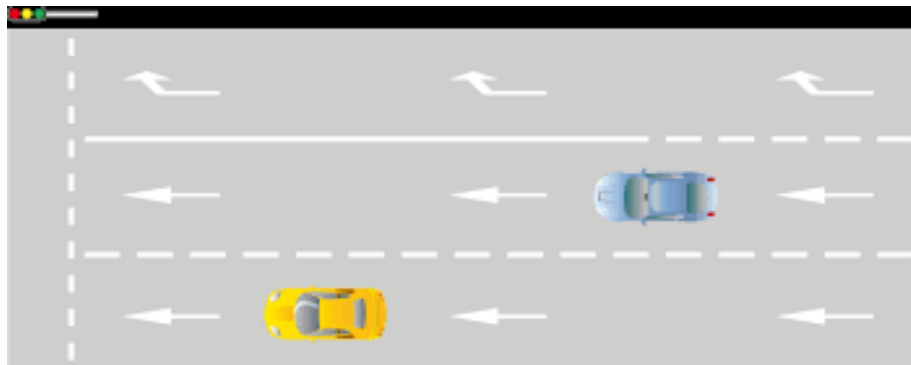


Figure 25:Flèches de rabattement

## II. ECLAIRAGE

### Introduction

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler dans la nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

### II.1. Catégories d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.

Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.

Eclairage des voies de cercle, catégorie C.

Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

### II.2.Eclairage d'un point singulier

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé Doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.

- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

### II.3. Paramètre de l'implantation des luminaires

- L'espacement ( $e$ ) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- La hauteur ( $h$ ) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur ( $l$ ) de la chaussée
- Le porte à faux ( $p$ ) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb ( $s$ ) par rapport au bord de la chaussée.

### Application au projet

Eclairage des voies de circulation (le long de la route) :

Pour l'éclairage des lampadaires sont implantés dans le terre-plein-central. Ils sont espacés de 20 m l'un par rapport à l'autre.

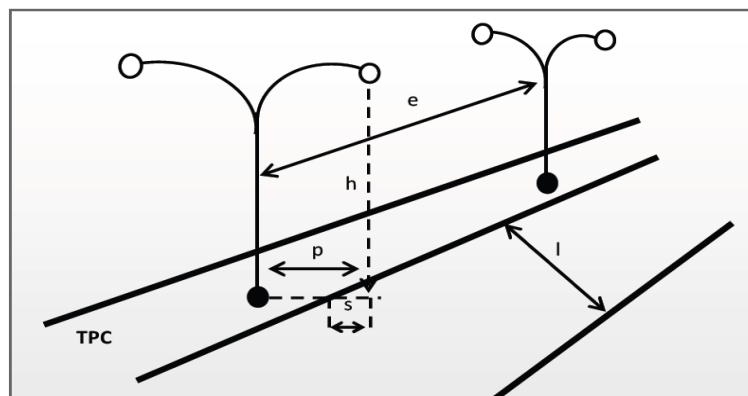


Figure 26: Paramètres de l'implantation des luminaires



Figure 27 : éclairage des autoroutes

# **Chapitre IX**

## **Devis quantitatif et estimatif**

## I. Devis quantitatif et estimatif

### I.1. Définition

Le **devis quantitatif** estimatif est un élément qui permet d'analyser les éléments composant le prix et donc de comparer les offres. Il comporte toute indication permettant d'apprécier les propositions de prix.

Tableau 29 : Devis quantitatif et estimatif

Désignation	Unité (U)	PU (DA)	Quantités M <sup>3</sup>	Montant DA
<b>Travaux de préparation</b>				
- <b>Implantation et nivellement.</b>	Km	50 000,00	16300	815000000,00
- <b>Ouverture de l'emprise au Bull-Dozer</b>	Km	100 000,00	16300	1630000000,00
<b>Installation du chantier</b>				
- <b>Etude d'exécution</b>	F	3000 000,00	1	3000 000,00
- <b>Etudes géotechnique</b>	F	2000 000 ,00	1	2000 000,00
- <b>Amené et réception du matériels</b>	F	6000 000,00	1	6000 000,00
<b>Terrassements</b>				
- <b>Déblais mise en dépôt</b>	M <sup>3</sup>	400,00	11502266	4600906400,00
- <b>Déblais mise en remblais</b>	M <sup>3</sup>	1500,00	11789159	17683738500,00
<b>Travaux de Chaussée</b>				
- <b>Couche de forme en TUF (Ep=0,4)</b>	M <sup>3</sup>	200,00	166400	33280000,00
- <b>Couche de fondation en grave non traiter (Ep= 0,3 m).</b>	M <sup>3</sup>	120,00	124800	14976000,00
- <b>Couche de base de base en grave bitume (Ep=0.2m)</b>	M <sup>3</sup>	4200,00	83200	349440000,00
- <b>Couche de roulement (ep=0.06 m)</b>	M <sup>3</sup>	4800,00	21060	101088000,0
<b>Dispositif de sécurité</b>				
- <b>Barriere de sécurité en béton armé</b>	Ml	4000,00	52000	208000000,00
<b>Total (H.T)</b>		<b>25 447 428 900,00 DA</b>		
<b>Total (T.T.C) TVA 19%</b>		<b>30034920391,00 DA</b>		

Le prix hors taxe en chiffre :

**Vingt-cinq milliards quatre cent quarante-sept millions quatre cent vingt-neuf mille neuf cent Dinars Algérien.**

Le prix TTC en chiffre :

**Trente milliards trente-quatre millions neuf cent vingt mille trois cent quatre-vingt-onze Dinars Algérien.**

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

Ce projet de fin d'études nous a permis d'améliorer notre niveau de connaissance que soit théoriques ou bien techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'Université Mouloud Mammeri de TiziOuzou.

Nous avons appliqué toutes les normes nécessaires pour arriver à faire ce modeste travail, directives et recommandations liées au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

La réalisation de notre tronçon permettra de fluidifier la circulation automobile et de relier TIZI OUZOU **al' autoroute est-ouest** au niveau de **Djebahia** vu les perspectives de développement qui constitue un lieu de transit pour les échanges entre la wilaya de TIZI OUZOU et BOUIRA d'une façon globale.

Notre tronçon est d'une linéaire de 13 km a 2\*3 vois est une largeur totale de 32.5 m, avec un devis. **Trente milliards trente-quatre millions neuf cent vingt mille trois cent quatre-vingt-onze Dinars Algérien.**

A la fin, ce modeste travail réaliser avec impatience nous a pousser à maitriser l'outil informatique tel queles logiciels de spécialité (**EXCEL, WORD, AUTOCAD, PISTE5,ALIZE**)

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- **I.C.T.A.A.L** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(**CTTP**).
- SETRA (service d'études techniques des routes et autoroutes), publié en France Décembre 1992.
- B.A.E.L 91(béton armé aux états limites ultimes)
- Le rapport géotechnique donné par ENGOA de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Le rapport de calcul de trafic sur les routes de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- La carte d'état-major.
- La carte géologique de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Cours de routes de Mme **GHANEM F**
- Cours de routes de 1<sup>ère</sup> année Master.
- Cours de routes 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> année de ENTP
- Thèses de fin d'études de l'UMMTO et l'ENTP.

# **Annexes**