



République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche  
Scientifique

Université 20 Aout 1955 Skikda

Faculté Des Sciences Et Technologie

Département : Génie Civil

Spécialité : Travaux Publics Option : Voies et Ouvrage d'Art (VOA)

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Travaux publics

Thème

*Etude de modernisation du CW 06 du P.K :68+500, à l'entrée de  
Djendel sur 6 Km*

Par

**KHENTOUL Chourouk**

Sous la direction du : **Dr. FILALI KAMEL**

Devant le jury composé de :

<b>Pr. Messast Salah</b>	<b>Professeur</b>	<b>Président</b>	<b>Skikda</b>
<b>Dr. Mendjel Djenette</b>	<b>MCA</b>	<b>Examineur</b>	<b>Skikda</b>
<b>Dr. Mebirouk Nadjib</b>		<b>Invité</b>	<b>Skikda</b>

Promotion 2024



Dédicaces

Je dédie ce projet  
à ma chère mère  
Et à mon cher père

## **Remercîment**

**Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux. Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce modeste travail que je le dédie à : Mes très chers parents.**

**Remercie tous ceux qui ont contribué à ce travail, de près ou de loin, notamment ma famille précieuse, le département de génie civile et tous ceux qui en sont responsables.**

**Un grand merci à notre superviseure pour son énorme soutien .**

**Je me félicite moi-même pour ma patience et ma persévérance jusqu'à ce moment.**

### Résumé

Notre présent projet rentre dans le cadre de la préparation du diplôme de Mastère option VOA.

Le thème choisi s'intitule « Modernisation du chemin de wilaya CW06».

Notre travail est divisé en deux parties :

La première : nous nous intéressons à l'étude de la route existante afin de connaître les causes de la modernisation tout en relevant les caractéristique géométrique ne répondant pas aux normes du B40.

Alors on entamera dans la deuxième (2ème) parties la modernisation du CW06 tout en donnant à la route les caractéristique d'une route Notionnel.

### ملخص

يأتي مشروعنا الحالي في إطار التحضير لنيل شهادة الماجستير VOA

الموضوع المختار هو "تحديث الطريق الولائية رقم 06 CW06".

عملنا مقسم إلى جزئين:

الجزء الاول : نهتم بدراسة الطريق الحالي لمعرفة أسباب التحديث مع ملاحظة الخصائص الهندسية التي تلي معايير B40.

الجزء الثاني تطرقنا إلى تحديث الطريق الولائية رقم 06 CW06 مع إعطاء الطريق خصائص الطريق الوطني.

### Summary

Our present project comes within the framework of the préparation of the Master's degree option VOA. The chosen theme is "Modernization of a notional section of the CW06 road".

Our work is divided into two parts: The first: we are interested in the study of the existing road in order to know the causes of the modernization while noting the geometric characteristics that do not meet the B40 standards.

Then we will begin in the second (2nd) parts the modernization of the CW06 while giving the road the

# Sommaire

---

## Sommaire

<b>Intitulé</b>	<b>Page</b>
<b>Résumé</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Introduction générale</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Généralités Sur Les Projets Routières</b>	
Introduction	<b>02</b>
I.1 Etapes d'un projet routier	<b>02</b>
I.2 Statut d'une liaison routier	<b>03</b>
I.3 Paramètres fondamentaux	<b>06</b>
I.4 Application à notre liaison	<b>08</b>
Conclusion	<b>09</b>
<b>Chapitre II : Paramètres du Projet</b>	
II .1 Présentation du projet	<b>10</b>
II.2 Objectif de l'étude	<b>11</b>
II.3 Eléments de bases adoptées	<b>11</b>
II.4 Etude de trafic	<b>12</b>
II.5 Modèles de présentation de trafic	<b>14</b>
II.6 Calcul de la capacité	<b>16</b>
II.7 Application au projet	<b>18</b>
Conclusion	<b>21</b>
<b>Chapitre III : caractéristiques géométrique</b>	
Introduction	<b>22</b>
III.1 Trace en plan	<b>22</b>
III.2 Profil en long	<b>36</b>
III.3 Profil en travers	<b>44</b>
III.4 Calcul des cubatures	<b>46</b>
<b>Chapitre IV : Géotechnique de la route</b>	
IV.1 Etudes géotechniques	<b>49</b>

## Sommaire

---

Introduction	49
IV.2 Dimensionnement du corps de chaussée	54
IV.3 Les principales méthodes de dimensionnement	60
IV.4 Application au projet	63
IV.5 Conclusion	75
<b>Chapitre V : Assainissement</b>	
Introduction	76
V.1 Objectif de l'assainissement	76
V.2 Drainage des eaux souterraines :	77
V.3 Types de canalisation	77
V.4 Quelques définitions des termes hydrauliques	78
V.5 Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements	79
V.6 Application au projet	82
Conclusion	87
<b>Chapitre VI : Signalisation et Eclairage</b>	
VI.1 Signalisation	88
Introduction	88
VI.2 Eclairage	91
Introduction	91
<b>chapitre VII : Impact sur l'environnement</b>	
Introduction	93
VII.1 Progressivité des études d'environnement	93
VII.2 Etude de l'impact	93
VII.3 Application au projet	96
DEVIS QUANTITATIF	97
<b>conclusion générale</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAPHE</b>	
<b>ANNEX</b>	

## LISTE DES TABLEAUX

---

### LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableaux</b>	<b>page</b>
<b>Tableau I.1</b> : Environnement de la route	<b>5</b>
<b>Tableau I.2</b> : Hauteur de l'œil.	<b>7</b>
<b>Tableau I.3</b> : Coefficient de frottement longitudinal (normes algériennes).	<b>7</b>
<b>Tableau I.4</b> : Coefficient de frottement transversal (normes algériennes).	<b>7</b>
<b>Tableau I.5</b> : Paramètres fondamentaux du projet.	<b>8</b>
<b>Tableau II.1</b> : Eléments de base adoptés.	<b>11</b>
<b>Tableau II.2</b> : coefficient d'équivalence P (L/UVP)	<b>17</b>
<b>Tableau II.3</b> : Valeurs de K1	<b>17</b>
<b>Tableau II.4</b> : Valeurs de K2	<b>18</b>
<b>Tableau II.5</b> : Valeurs de la capacité théorique	<b>18</b>
<b>Tableau II.6</b> : Résultats du calcul	<b>20</b>
<b>Tableau III.1</b> : Rayons du tracé en plan	<b>25</b>
<b>Tableau III.2</b> : la déclivité maximale selon la catégorie de la route selon B40	<b>39</b>
<b>Tableau III.3</b> : les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge pour le cas du CW06	<b>41</b>
<b>Tableau IV.1</b> : L'implantation des essais in-situ et la nature géologique du terrain	<b>51</b>
<b>Tableau IV.2</b> : L'analyse granulométrique d'échantillons testés	<b>52</b>
<b>Tableau IV.3</b> : Classification du sol selon l'abaque de CASAGRANDE	<b>52</b>
<b>Tableau IV.4</b> : Valeurs de la teneur en eau, densité sèche et degré de saturation	<b>52</b>
<b>Tableau IV.5</b> : Les caractéristiques de résistance au cisaillement rectiligne non consolidé non drainé	<b>53</b>

## LISTE DES TABLEAUX

---

<b>Tableau IV.6</b> : Les résultats des analyses chimiques sommaires.	<b>53</b>
<b>Tableau IV.7</b> : Coefficients d'équivalence chaque matériau	<b>61</b>
<b>Tableau IV.8</b> : Différents couches et ses épaisseurs réelles et le coefficient d'équivalent et son épaisseur équivalente	<b>64</b>
<b>Tableau IV.9</b> : Zones Climatiques De Pluviométrie	<b>65</b>
<b>Tableau IV.10</b> : choix de la température équivalente	<b>65</b>
<b>Tableau IV.11</b> : Type de réseaux principaux	<b>66</b>
<b>Tableau IV.12</b> : la classe de trafic (TPLi)	<b>67</b>
<b>Tableau IV.13</b> : Valeur du coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2)	<b>67</b>
<b>Tableau IV.14</b> : Risque adopté pour le réseau RP1	<b>68</b>
<b>Tableau IV.15</b> : Classe de sol en fonction CBR	<b>68</b>
<b>Tableau IV.16</b> : Classement avec couche de forme en matériau non traité	<b>69</b>
<b>Tableau IV.17</b> : Valeurs de $t = f(r\%)$ .	<b>72</b>
<b>Tableau IV.18</b> : Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2).	<b>72</b>
<b>Tableau IV.19</b> : Comparaison entre la méthode C.B.R et la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.	<b>75</b>
<b>Tableau V.1</b> : Les valeurs de coefficient de ruissellement	<b>79</b>
<b>Tableau V.2</b> : Valeurs de variable du GAUSS	<b>80</b>
<b>Tableau V.3</b> : Valeurs du coefficient de rugosité en fonction de la nature du terrain	<b>82</b>
<b>Tableau V.4</b> : Résultats du calcul	<b>87</b>
<b>Tableau VI.1</b> : Modulation des lignes discontinues.	<b>90</b>

## LISTE DES FIGURES

---

### LISTE DES FIGURES

Figure	page
<b>Figure.1</b> : vue géo satellite de la zone du projet tronçon	<b>01</b>
<b>Figure II.1</b> : tronçon d'étude	<b>11</b>
<b>FigureIII.1</b> : Les éléments du tracé en plan	<b>23</b>
<b>Figure III.2:</b> Courbes de raccordement	<b>26</b>
<b>Figure III.3</b> : Les éléments de la Clothoïde	<b>28</b>
<b>Figure III.4</b> : Courbe en S	<b>30</b>
<b>Figure III.5:</b> Courbe à sommet	<b>30</b>
<b>Figure III.6</b> : Courbe en C	<b>30</b>
<b>Figure III.7</b> : profile en long de la variante choisie	<b>37</b>
<b>Figure III.8:</b> Exemple de calcul du profil en long	<b>43</b>
<b>Figure III.9</b> : Le profil en travers	<b>45</b>
<b>Figure III.10</b> : profil en travers de projet	<b>46</b>
<b>Figure IV.1:</b> différents types de structures de la chaussée	<b>54</b>
<b>Figure IV.2</b> : Différentes structures de chaussées	<b>56</b>
<b>Figure IV3</b> : structure type d'une chaussée souple	<b>57</b>
<b>Figure IV.4</b> : structure type d'une chaussée semi-rigide	<b>58</b>
<b>Figure IV.5</b> : Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document structure type d'une chaussée rigide	<b>59</b>
<b>Figure IV.6</b> : La structure de chaussée adoptée (fascicule 03)	<b>70</b>
<b>Figure IV.7</b> : Structure de chaussée pour les calculs Alizé-mécanique	<b>73</b>

## **LISTE DES FIGURES**

---

<b>Figure IV.8</b> : Configuration d'Alizé, définition de la charge de référence	<b>74</b>
<b>Figure IV.9</b> : Résultats de calcul par alize	<b>74</b>
<b>Figure VI .1</b> : exigences de performances éclairage public	<b>91</b>

## Introduction générale

---

### Introduction générale

Les voies de communication sont la source même du développement d'un pays, les recherches et les études sur les tracés routiers ont pris actuellement une ampleur considérable à travers le monde.

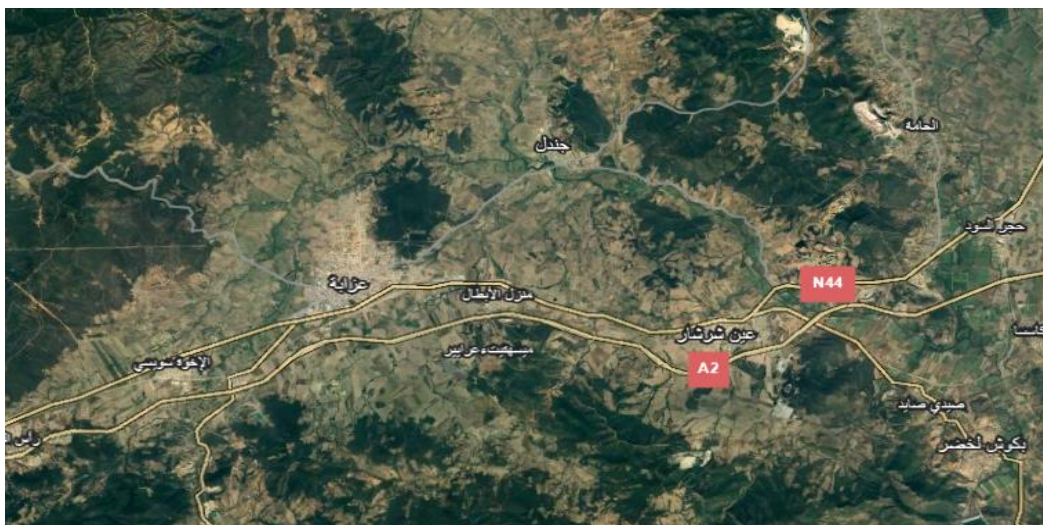
Généralement l'étude d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un profil en long. Mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant toute sa durée de vie. La qualité de la construction des chaussées jouent à ce titre, un rôle primordial.

Celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser. Il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences techniques arrêtées.

Par la volonté de l'état a choisi d'investir pour la réalisation de nouveaux tracés routiers et d'augmenter la capacité des chaussées existantes. Ainsi, par cette expertise, notre projet de la modernisation a pris une place importante pour l'extension de transport d'où le cas de notre étude, qui consiste à faire la modernisation d'un tronçon routier. Le tronçon de la route objet de la présente étude l'aménagement est une route reliant le chef-lieu de la wilaya de Annaba à la wilaya de Skikda en passant par le CW12.

Notre projet commence au PK :68+500, à l'entrée de Djendel (Wilaya de Skikda) la route a été projetée d'un façon à garder ou maximum la chaussée existante.

Ce projet contient trois parties, la première partie présente l'étude géométrique, la deuxième partie géotechnique routière et la troisième partie les ouvrages et dépendances de la route.



Source : Google Earth

**Figure 1** :vue géo satellite de la zone du projet tronçon

# **CHAPITRE I :**

## **Généralités Sur Les Projets Routières**

**Chapitre I : Généralités sur les projets routiers****Introduction :**

La route est une partie du secteur public ; elle pouvoir faire sa responsabilité des services de l'état ou des collectivités publiques. Sa construction et son exploitation peuvent être représentant à une société concessionnaire. Quelle que soit l'autorité de tutelle de nombreux intervenants participent à toutes les étapes de sa durée de vie, de la conception au fonctionnement.

Le projet routier moderne apparait comme un assemblage d'éléments de constructions répétitifs, agencés de tels stores qu'elle réponde aux impératifs de confort et de sécurité cités. Cet assemblage dépend plus particulièrement du trafic et de ses variations, de l'importance des besoins d'échange à satisfaire et notamment de la longévité espérée de l'ouvrage à construire.

**I.1 Etapes d'un projet routier****I.1.1 Etudes préliminaires**

- Analyse de la problématique autour du projet : étude des enjeux territoriaux.
- Définition des objectifs du projet : continuité ou renforcement d'axe, problèmes de circulation internes, de transit ou échanges.
- Recherche de scénarios : tracés, types d'axes.
- Le maitre d'ouvrage des études est signé.

**I.1.1 Décision ministérielle**

- Dossier définitif d'études préliminaires.
- Approbation des études préliminaires.

**I.1.2 Etudes avant-projet sommaire**

- Définition des différentes options du tracé du projet et comparaison.
- Description des impacts et mesures en faveur de l'environnement (biodiversité, paysage, air) pour la solution retenue.
- Etude géométriques, socio-économiques, de trafic, d'accidentologie :
  - Etape1 : étude initial.
  - Etape 2 : étude et comparaison de variantes.
  - Etape 3 : étude de la solution retenue.

**I.1.3 Approbation de l'avant-projet sommaire**

- Approbation de l'avant-projet sommaire.
- Fixation d'un tracé à l'intérieur d'un fuseau de 300m.
- Estimation des côtes.

Projet proposé à l'enquête publique.

- Instruction inter administrative.

**I.1.4 Enquête publique**

Le dossier d'enquête publique, qu'il soit préalable ou non à la déclaration d'utilité publique, est établi à partir des études d'avant-projet sommaire.

**I.1.5 Déclaration d'utilité publique :**

- Décret du premier ministre.
- Cahier des charges précis du projet, statut de la route, planning prévisionnel de réalisation, choix du concessionnaire, financement.
- Avant-projet détaillé : étude du tracé précis, définition du cout avec bonne fiabilité.
- Procédures complémentaires : enquêtes parcellaires, loi sur l'eau.
- Acquisition foncières.
- Mise en conformité des plans d'occupation des sols et plans locaux d'urbanisme.
- Projet d'exécution.
- Consultation des entreprises : appels d'offres.

**I.1.6 Approbation du projet par le ministère en charge de l'équipement****I.1.7 Démarrage des travaux****I.1.8 Mise en service****I.2 Statut d'une liaison routier :**

Une route est définie par sa forme, largeur, et épaisseur, et le matériau qui la composent. Il en existe plusieurs types.

On définit une route par ses caractéristiques géométriques (par exemple son tracé en plan, son profil en travers, son profil en long), par les matériaux utilisés pour la construction des couches qui constituent sa structure et par ses caractéristiques de surface. Le nombre et la largeur des voies de

circulation dépendent du volume et de la composition du trafic, c'est-à-dire le nombre et le type des véhicules amenés à y circuler.

Le choix des caractéristiques générales dépend du statut de la liaison qui lui-même dépend de la nature des fonctions que la voie doit assurer et du niveau de satisfaction atteindre :

**La nature de la fonction concerne les usages liés à l'environnement de la voie :**

- Dessertes des territoires avoisinants, dessertes agricoles, promenades, etc.
- Liaisons à courte distance (liaisons domicile /travail, liaisons ville /site touristique proche, etc.)
- Liaisons à moyenne ou grande distance (transports de marchandises et de voyageurs, migrations touristiques, etc.)

Les réponses à ces premiers points nous fixent sur la hiérarchisation de la liaison dans le réseau routier national.

**a) Le niveau de satisfaction à atteindre dépend :**

- Des fonctions prévisibles et les fonctions à privilégier du fait de choix politiques (aménagement du territoire, etc.).
- Du type d'environnement géographique que la route va traverser.
- Des volumes de trafic à prévoir.

Les réponses à ces derniers points permettant de définir la catégorie et l'environnement de la liaison.

Le statut de la route est alors parfaitement défini : par sa catégorie, son environnement et sa hiérarchisation dans le réseau routier national.

### **I.2.1. Catégorie de route**

Le choix de la catégorie est fonction de l'importance de la liaison ; les caractéristiques imposées par les normes, pour chaque catégorie, visent à assurer l'adéquation de la route aux fonctions que celle-ci doit assurer.

Les routes algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés :

- **Catégorie 1** : liaison entre deux grands centres économiques, les centres d'industrie lourde et les liaisons assurant le rabattement des centres d'industrie de transformation.
- **Catégorie 2** : liaisons entre les centres d'industrie de transformation et les liaisons assurant le rabattement des pôles d'industrie légères diversifiées sur le réseau précédent.
- **Catégorie 3** : liaisons des chefs-lieux de daïra et de wilaya non desservis par le réseau précédent, avec le réseau des catégories 1 et 2.
- **Catégorie 4** : liaisons des centres de vie avec le réseau des catégories 1 à 3.

➤ **Catégorie 5** : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

**I.2.2 Environnement de la route**

Trois classes d’environnement (E1, E2 et E3) ont été proposées dans le rapport B40 du ministre des travaux publics. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d’environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne.
- La sinuosité moyenne.

**a) La dénivelée cumulée moyenne :**

La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l’itinéraire, est la dénivelée cumulée totale. Le rapport de la dénivelée cumulée totale à la longueur de l’itinéraire **L** permet de mesurer la variation longitudinale de relief.

- $H/L \leq 1.5 \%$  → terrain plat.
- $1.5 \% \leq H/L \leq 4 \%$  → terrain vallonné.
- $4 \% < H/L$  → terrain montagneux.

**b) La sinuosité moyenne :**

La sinuosité moyenne  $\sigma$  est égale au rapport de la longueur sinueuse **L<sub>s</sub>** sur la longueur totale **L** de l’itinéraire →  $\sigma = L_s / L$

Ou **L<sub>s</sub>** : longueur cumulée des courbes de rayon en plan  $\leq 200m$ .

**L** : longueur totale de l’itinéraire.

Les trois types d’environnement **E<sub>i</sub>** sont caractérisés par le croisement des deux paramètres précédent selon le tableau 1.1 ci-dessous :

**Tableau I.1 : Environnement de la route**

Sinuosité Relief	Faible $\sigma \leq 0.1$	Moyenne $0.1 \leq \sigma \leq 0.3$	Forte $\sigma > 0.3$
$H / L \leq 1.5 \%$	E1	E2	/
$1.5 \% \leq H / L \leq 4 \%$	E2	E2	E3
$4 \% < H / L$	/	E3	E3

### I.2.3 Hiérarchisation du réseau routier

La hiérarchisation d'un réseau routier est basée sur l'importance du trafic poids lourd et de l'intérêt socio-économique de la liaison. Ainsi, le guide SITRA, a classé les routes en voie structurante (VS) et voie non structurante (VNS). En Algérie (CTTP2001), a opté pour deux types de réseaux désignés par réseau principal (RP) et réseau secondaire (RS) définit comme suit :

- c) **Le réseau principal (RP)** : il se compose des routes reliant :
- Les chefs-lieux de wilaya.
  - Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers.
  - Les agglomérations et importantes zones industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- Réseau principal de niveau 1 (RP1).
- Réseau principal de niveau 2 (RP2).

- d) **Le réseau secondaire (RS)** : il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP.

### I.2.4 Vitesse de référence (de base)

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 la catégorie, de l'environnement et de la politique économique du pays. Le choix de la vitesse de référence joue un rôle très important sur le cout de projet.

Choisir une vitesse de base élevée nécessite un aménagement plus approprié pour faire passer cette vitesse.

## I.3 Paramètres fondamentaux :

Les paramètres fondamentaux sont des données liées au comportement de l'utilisateur, à la géométrie des véhicules et à la dynamique des véhicules à prendre en compte dans l'établissement des caractéristiques de la route projetée. Parmi ces paramètres on peut citer :

- **La hauteur de l'œil et de l'obstacle** : ce sont des paramètres intervenant dans les calculs de distance de visibilité en point haut et bas, elles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel dans le plan vertical.

Tableau I.2 : Hauteur de l'œil.

	Hauteur de l'œil (h0)	Hauteur de l'obstacle éventuel (h1)	Hauteur de l'obstacle permanent (h2)
Catégorie 1-2	1.1 m	0.15 m	0.20 m
Catégorie 3-4-5	1.1 m	1.20 m	1.20 m

- **Le temps de perception réaction** : c'est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage lors d'une situation imprévue exigent un ralentissement ou un arrêt.

Catégorie 1-2 ; Environnement (E1) et (E2) :

- $T_1 = 1.8s$  pour :  $V > 80 \text{ Km/h}$  ;
- $T_1 = 2.0s$  pour :  $V \leq 80 \text{ Km/h}$ .

Catégorie 1-2 ; Environnement (E3) :

- $T_1 = 1.8s$  quelle que soit  $V$ .

Catégorie 3-4-5 :

- $T_1 = 1.8s$  pour :  $V > 60 \text{ Km/h}$ .
- $T_1 = 2.0s$  pour :  $V \leq 60 \text{ Km/h}$ .

- **Le coefficient de frottement longitudinal  $F_l$**  : Ce coefficient varie avec la vitesse. Il est caractérisé le frottement pneu-chaussée. Il intervient dans la détermination des distances théoriques de freinage.

$F_l$  : Fonction de la vitesse de base et de la catégorie de la route.

Tableau I.3 : Coefficient de frottement longitudinal (normes algériennes).

V (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Catégorie 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
Catégorie 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	

- **Le coefficient de frottement transversal  $F_t$**  : Frottement entre pneu et chaussée lorsqu'un véhicule circule dans un virage. Ce coefficient dépend de la vitesse de base et de la catégorie de la route.

Tableau I.4 : Coefficient de frottement transversal (normes algériennes).

V (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Catégorie 1-2	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09
Catégorie 3-4-5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11	

- **Les dévers** : La valeur du dévers appliquée pour un projet, dépend de la catégorie de la liaison et des rayons en plan. Ils sont fixés en fonction :
  - Des conditions climatiques de la zone d'étude.
  - Des conditions topographiques (terrain plat ou montagneux).
  - Route urbaine ou rurale.

**I.4 Application à notre liaison :**

**I.4.1 Statut de la route :**

La liaison à étudier est un tronçon de route de :

- **Catégorie** : C'est une liaison entre deux grands centres économiques et d'industrie lourde (Skikda et Annaba) d'où la catégorie 1.
- **Environnement** :  $h/l = 1,49 \% < 1,5 \% \rightarrow$  Terrain plat.  
 $Ls/L = 0,13 \rightarrow 0,1 < \sigma = 0,13 < 0,3 \rightarrow$  sinuosité moyenne.  
 Donc : E2.
- **Réseau** : Au vue de la classe du trafic (voir trafic dans le chapitre dimensionnement), la liaison est classée en réseau principal de niveaux 1 ou 2. Comme la catégorie retenue est la une, alors on a opté pour le niveau 1.
- **Vitesse de référence est de 60 Km/h.** Cette vitesse semble très bien car notre projet.

**I.4.2 Valeurs des paramètres fondamentaux :**

Les valeurs des paramètres fondamentaux sont fixées en fonction d statut de la liaison, d'où les valeurs du tableau I.5 extraites des normes B40.

**Tableau I.5** : Paramètres fondamentaux du projet.

Paramètres fondamentaux	symbole	valeur
Dévers minimal	$D_{min}$	2,5%
Dévers maximal	$D_{max}$	7%
Temps de perception-réaction	$T_1$	2s
Frottement longitudinal	$F_l$	0,42
Frottement transversal	$F_t$	0,16

**Conclusion**

Selon les normes techniques énoncées dans la réglementation algérienne sur l'aménagement des routes, tout le paramètre, fondamental et les éléments de base sont définis et fixés. En fonction de ces paramètres, les valeurs des caractéristiques extrêmes du projet sont déterminées (rayon en plan, longueur minimale et maximal des alignements droits, distance de visibilité, etc.). Avant de calculer les caractéristiques liées à la géométrie de son tracé, une présentation détaillée de notre projet, du trafic ainsi qu'une détermination de la capacité et du nombre de voies de notre route ont été réalisées.

**Chapitre II**

**Paramètres du**

**Projet**

## Chapitre II : Paramètres du projet

### II .1 Présentation du projet :

Le tronçon de la route objet de la présente étude l'aménagement est une route reliant le chef-lieu de la wilaya d'Annaba à la wilaya de Skikda en passant par le CW12.

Dans notre étude on s'intéresse au tronçon reliant la ville de Ben Azzouz à Azzaba en passant par Djendel ; ce tronçon a connu une augmentation considérable du trafic.

L'utilisation de cette route par de nombreux passagers (le trafic transitoire en particulier), a motivé l'administration à penser au lancement de la modernisation de cette route, afin de désengorger la circulation sur la route nationale.

Pendant la saison estivale le trafic est très important de jour comme de nuit.

Notre projet commence au P.K :68+500, à l'entrée de Djendel (Wilaya de Skikda) la route a été projetée d'une façon à garder au maximum la chaussée existante.

#### A. Localités traversées et intersections

Dans ce projet une agglomération a signalé : **La ville de Djendel**

#### B. Les intersections :

Les intersections qui existent sont :

- Carrefour reliant Djendel CW06 au CW130.
- Carrefour reliant le CW06 au CC Ain Nechma
- Carrefour reliant le CW06 au CW12

#### C. Caractéristiques de la route existante

##### ▪ Caractéristiques géométriques

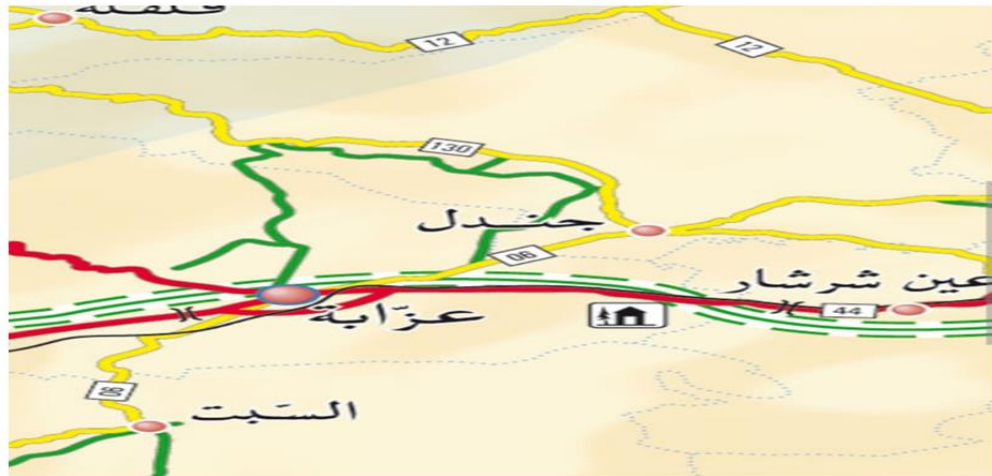
La route en projet, constitue une liaison entre la ville de Ben Azzouz à Azzaba en passant par Djendel, elle devrait être classée dans la **catégorie 1**.

Le tracé actuel présente en général des mauvaises caractéristiques géométriques, sauf quelques endroits.

Les courbes sont caractérisées par des rayons faible (hors norme) presque dans tout le long de tracé.

Les pentes longitudinales variés entre **0 et 7%**, la largeur de la chaussée existante est de **5.50m**, les accotements ont en générale une largeur de **1.5m**.

On peut dire donc que la route est caractérisée par sa moyenne sinuosité, et son relief vallonné, elle appartient au type d'environnement **E2**.



**Figure II.1 :** tronçon d'étude

## II.2 Objectif de l'étude :

Vu l'importance de cette route, Le taux de croissance du trafic devient de plus en plus important, la route actuelle pose de sérieux problèmes, notamment sur la sécurité et le confort des usagers, ainsi que sur la fluidité du trafic.

L'aménagement assurant le confort et la sécurité de l'utilisateur, ainsi que la fluidité du futur trafic font l'objet de cette étude.

Cette phase (avant-projet détaillé), a pour but de bien examiner la variante retenue en phase avant-projet sommaire afin d'élaborer un dossier détaillé contenant toutes les étapes nécessaires à la réalisation de la nouvelle chaussée ainsi que toutes les modifications apportées sur la chaussée existante.

## II.3 Eléments de bases adoptées :

Les éléments de base sont la catégorie de la route, l'environnement et la vitesse de référence, ces éléments adoptés suivant les normes de B40.

Pour notre projet on propose le tableau suivant :

**Tableau II.1 :** Eléments de base adoptés.

Catégorie	Environnement	Vitesse de référence
C1	E2	60 Km/h

**II.4 Etude de trafic :**

Les déplacements sont un reflet de l'organisation de l'espace et des liens entre les activités et les hommes, aussi en amont de toute réflexion relative à un projet d'aménagement, est-il nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant la connaissance des trafics. L'étude de trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement qui convient et la caractéristique 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, en 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'entretiens ;
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

**II.4.1 Différents types de trafic**

On a quatre types de trafic :

**a) Trafic normal**

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

**b) Trafic dévié**

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

**c) Trafic induit**

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

**d) Trafic total**

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

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

**II.4.2 L'analyse du trafic existant :**

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et Consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, Composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute Par le recueil des données.

Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- **Les comptages** : ils permettent de quantifier le trafic.
- **Les enquêtes** : elles permettent d'obtenir des renseignements qualificatifs.

**II.4.2.1 Les comptages :**

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

**a) Les comptages automatiques :**

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne :

- ❖ Les comptages permanents : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
- ❖ Les comptages temporaires : s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

**b) Les comptages manuels :**

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

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

**II.4.2.2 La connaissance des flux (les enquêtes) :**

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

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en

Définissant leur origine et destination.il existe plusieurs types d'enquêtes :

➤ **Enquêtes papillons ou distributions :**

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes Entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou On distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

- ✓ **Les avantages de la méthode :** sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.
- ✓ **Les inconvénients de la méthode :** c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

➤ **Relevé des plaques minéralogiques :**

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre à chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

➤ **Interview des conducteurs :**

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis, On arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées : (Origine, Motif, Fréquence et durée, Trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule.

➤ **Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage :**

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'une interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

## **II.5 Modèles de présentation de trafic :**

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre

en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humains. Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

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

**a) Prolongation de l'évolution passée :**

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

Le trafic  $T_n$  à l'année  $n$  sera :  $T_n = T_0(1 + \tau)^n$  ..... 0-1

Avec :

$T_0$  : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

$\tau$  : est le taux de croissance. (Notre pénétrante a un taux de 4%)

**b) Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :**

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

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

**c) Modèle gravitaire :**

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

**d) Modèle de facteurs croissance :**

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

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

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

## II.6 Calcul de la capacité :

### II.6.1 Définition de la capacité :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point où s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée, la capacité dépend :

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).

### II.6.2 Projection futur du trafic :

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

$$TJMA_h = TJMA_0(1 + \tau)^n \dots\dots\dots 0-2$$

Avec :

$TJMA_h$  : Trafic à l'année horizon.

$TJMA_0$  : Trafic à l'année de référence.

$n$  : nombre d'année.

$\tau$  : taux d'accroissement du trafic (%).

### II.6.3 Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (u.v.p), en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (u.v.p)

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P.Z] \times TJMA_h \dots\dots\dots 0-3$$

Avec :

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

$Z$  : Pourcentage de poids lourd.

$P$  : Coefficient d'équivalence pour le poids lourd qu'il dépend

$TJMA_h$  : Trafic moyen journalier annuel de l'année horizon en (v/j).

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

**Tableau II.2 : coefficient d'équivalence P (L/UVP)**

Routes	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
2 voies	3	6	12
3 voies	2,5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

✓ **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 (u.v.p) et donné par la formule suivante :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot T_{eff} \dots\dots\dots 0-4$$

$T_{eff}$  : Trafic effectif.

$Q$  : Débit de pointe horaire.

$n$  : nombre d'heure, (en général  $n = 8 \text{ heures}$  et  $\frac{1}{n} = 0,12$ )

✓ **Débit horaire admissible :**

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :  $Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} \dots\dots\dots 0-5$

Avec :

$Q_{adm}$  : Débit admissible par voie.

$K_1$  : Coefficient qui dépend de l'environnement.

$K_2$  : Coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

$C_{th}$  : Capacité théorique.

**Tableau II.3 : Valeurs de K<sub>1</sub>**

Environnement	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
K <sub>1</sub>	0,75	0,85	0,90 à 0,95

Tableau II.4 : Valeurs de  $K_2$ 

Environnement	1	2	3	4	5
$E_1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$E_2$	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
$E_3$	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau II.5 : Valeurs de la capacité théorique

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3,5	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

✓ **Détermination nombre des voies :**

➤ **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :** On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  et on opte le profil auquel correspond la valeur de  $Q_{adm}$  la plus proche à  $Q$  ;  $Q \leq Q_{adm}$

➤ **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :** Le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :  $S \cdot Q / Q_{adm}$

Avec :  $S$  : coefficient de dissymétrie, en général égale à  $2/3$ .

## II.7 Application au projet :

### II.7.1 Données de trafic :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par notre promoteur qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année 2006  $TJMA_{2006} = 1705$  v/j ;
- Le pourcentage de poids lourds  $PL = Z = 50$  % ;
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4$  % ;
- La vitesse de base sur le tracé  $V_B = 60$  km/h ;
- L'année de mise en service sera en 2023 ;
- La durée de vie estimée de 20 ans ;
- Année d'horizon à long terme : 2043.

**II.7.2 Détermination de nombre de voies :****➤ Calcul de TJMA horizon :**

On applique l'équation II-2 avec les données suivantes :

**TJMA<sub>h</sub>** : trafic à l'horizon (année de mise en service 2023) ;

**TJMA<sub>0</sub>** : trafic à l'année zéro (origine 2006) ;

$$\mathbf{TJMA_{2006} = 1705 \text{ v/j}}$$

$$\mathbf{TJMA_{2023} = TJMA_{2006}(1 + \tau)^n}$$

$$\mathbf{TJMA_{2023} = 1705 \times (1 + 0,04)^{17} = 3321,17 \text{ v/j.}}$$

$$\mathbf{TJMA_{2023} = 3321,17 \text{ v/j}}$$

Trafic à l'année (2043) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$\mathbf{TJMA_{2043} = 3321,17 \times (1 + 0,04)^{20} = 7277,09 \text{ v/j ;}}$$

$$\mathbf{TJMA_{2043} = 7277,09 \text{ v/j.}}$$

**➤ Calcul du trafic effectif :**

On applique l'équation II-3 avec les données suivantes :

**Z** : Pourcentage du poids lourd, **Z = 50%**.

: Coefficient d'équivalence, **P = 6 (E2)**.

$$\text{Donc : } \mathbf{T_{eff 2043} = [(1 - 0,5) + (6 \times 0,5)] \times 7277,09}$$

$$\mathbf{T_{eff 2043} = 25469,82 \text{ uvp/h}}$$

**➤ Débit de pointe horaire normale :**

On applique l'équation II-4 avec **1/n = 0,12**

$$\mathbf{Q_{2043} = 0,12 \times 25469,82 = 3056,37 ;}$$

$$\mathbf{Q_{2043} = 3056,38 \text{ uvp/h}}$$

**➤ Débit admissible**

Les valeurs des coefficients **K<sub>1</sub>** , **K<sub>2</sub>** et la capacité théorique **C<sub>th</sub>** sont pris respectivement :

**0,85**, **0,99** et **2000 uvp/h**, donc :

$$\mathbf{Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1600 = 1346,6 \text{ uvp/h}}$$

$$\mathbf{Q_{adm} = 1346,6 \text{ uvp/h}}$$

**Analyse pour une durée de vie de 10 ans selon le B40 :**

$$\mathbf{Q_{2023} = 2064,78 \text{ uvp/h}}$$

$$\mathbf{Q_{adm} = 1346,6 \text{ uvp/h}}$$

**Q<sub>2023</sub> > Q<sub>adm</sub>** : Chaussée saturée après 10 ans

Pour parer à ce problème, on va essayer d'augmenter la largeur de la chaussée en la maintenant bidirectionnelle, soit : 2x3.5=7m. alors :

Cth=2000 uvp/j (tableau B40)

$$Q_{2023} = 2064.78 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 1683 \text{ uvp/h}$$

$Q_{2023} > Q_{adm}$  : Chaussée toujours saturée après 10 ans

Et pour :

$Q_{2043} > Q_{adm}$  en 2043, la chaussée est saturée, alors, son élargissement est indispensable

➤ Détermination de nombre des voies

$$N = S \frac{Q}{Q_{adm}} ; \text{ Avec } S = 2/3$$

Dans notre cas :

$$N = (2/3) \times (3056,38/1683) = 1,81 ,$$

Donc : Notre route nécessite une modernisation.

➤ Calcul de l'année de saturation :

On détermine la durée de vie avant saturation de l'évitement en une voie par la formule

$$\text{suivante : } Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2006} \dots\dots\dots 0-5$$

Avec :

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} = 4 \times 1683 = 6732 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{service} = Q_{2006} = 0,12 \times T_{eff\ 2023} = 0,12 \times ((1 - 0,05) + (6 \times 0,05)) \times 3321,17$$

$$Q_{service} = 1394,89 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Après : } n = \frac{\ln(Q_{saturation}/Q_{2020})}{\ln(1 + \tau)} = \frac{\ln(6732/1397,89)}{\ln(1 + 0,04)}$$

$$n = 40\text{ans}$$

L'année de saturation est : 2023 + 40 = 2063

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II.6 : Résultats du calcul

TJMA <sub>2006</sub> (V/j)	TJMA <sub>2023</sub> (v /j)	TJMA <sub>2043</sub> (V /j)	Teff <sub>2043</sub> (UVP/j)	Q <sub>2043</sub> (UVP/j)	Nombre de Vois/sens	Année de saturation
1705	3321,17	7277,09	25469,82	3056,38	2	2063

**Conclusion :**

D'après les calculs, le profil en travers retenu pour le projet est constitué des éléments suivants :

- ✓ Chaussée : 2x2 voies de 7m
- ✓ Accotement : 2x1 ,5
- ✓ Terre-plein-central : 2.5m

Ce choix est le plus approprié pour supporter le trafic dans les prochaines années.

**Chapitre III**  
**caractéristiques**  
**géométrique**

## Chapitre III caractéristiques géométrique

### Introduction

La façon, pour un ingénieur, d'élaborer la surface gauche de l'espace que constituent la route, consiste à étudier et concevoir les trois éléments géométriques simples qui définissent, le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

### III.1 Trace en plan :

#### III .1.1 Définition du tracé en plan :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de L'ensemble des points définissant le tracé de la route. C'est la représentation sur un plan Horizontal de l'axe de la route.

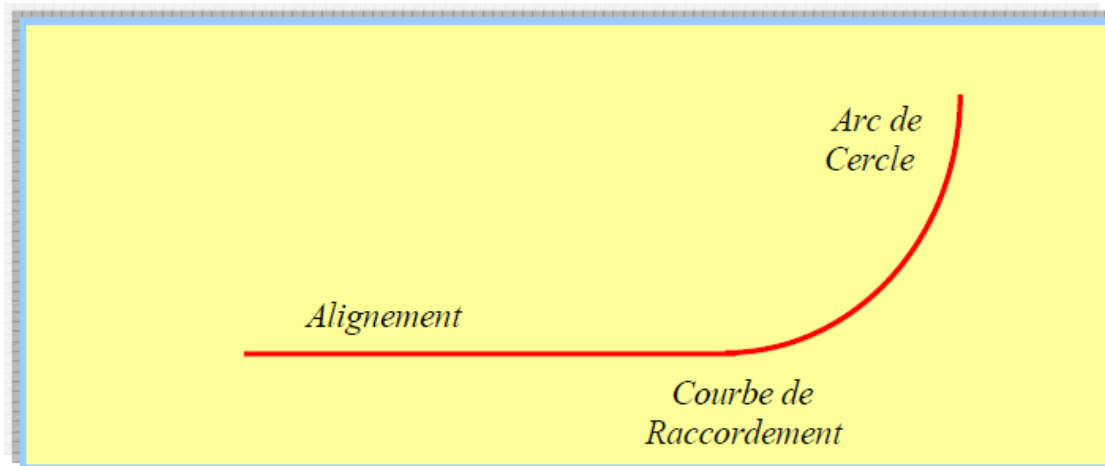
#### III.1.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles ;
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement ;
- Adapter au maximum le terrain naturel ;
- Appliquer les normes du **B40** si possible ;
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet ;
- Respecter la cote des plus hautes eaux ;
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau ;
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si possible ;
- Se raccorder sur les réseaux existants ;
- S'inscrire dans le couloir choisi ;
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques ;
- Il est recommandé que les alignements représentent 60% au plus de la longueur totale du trajet ;
- En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10 m.

#### III.1.3 Eléments 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.



Source : Ancien mémoire

Figure III.1 : Les éléments du tracé en plan

**a) Les 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. Donc 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.

**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.

$$L_{min} = 5 \times V_B / 3,6 \dots\dots\dots 0-1$$

$V_B$  : vitesse de base en Km/h.

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

$$L_{max} = 60 \times V_B / 3,6 \dots\dots\dots 0-2$$

**b) Arcs de cercle :**

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse ;
- Visibilité en courbe ;
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

**Stabilité En Courbe :**

Dans un virage **R** un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

**1. Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :**

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal.

$$RHm = V_B^2 / [127 \times (Ft + D_{max})] \dots\dots\dots 0-3$$

**Ft** : Coefficient de frottement transversal.

Ainsi pour chaque **V<sub>B</sub>** on définit une série de couple (**R, d**) ; Avec :

**D<sub>max</sub>** = 7 % Pour catégories 1 et 2 ;

**D<sub>max</sub>** = 8 % Pour catégories 3 et 4 ;

**D<sub>max</sub>** = 9 % Pour catégorie 5.

**2. Rayon horizontal minimal normal (RHn) :**

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant **V<sub>B</sub>** de 20km/h De rouler en sécurité. **RHn** =  $(V_B + 20)^2 / [127 \times (Ft + D_{max})]$  .....0-4

**3. Rayon au dévers minimal (RHd) :**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse **V<sub>B</sub>** serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RHd = V_B^2 / (127 \times 2 \times D_{min}) \dots\dots\dots 0-5$$

Avec :

**D<sub>min</sub>** = 2,5 % Pour catégories 1 et 2 ;

**D<sub>min</sub>** = 3 % Pour catégories 3, 4 et 5 ;

**4. Rayon minimal non déversé (RHnd) :**

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse  $V_B$  une courbe de devers égale à  $d_{min}$  vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

Pour les cas 1 et 2 :  $RHnd = V_B^2 / (127 \times 0,035)$  .....0-6

Pour les cas 3, 4 et 5 :  $RHnd = V_r^2 / [127 \times (f' - D_{min})]$  .....0-7

Avec :

$f^n = 0,060$  Pour catégories 1 et 2 ;

$f^n = 0,070$  Pour catégorie 3 ;

$f^n = 0,075$  Pour catégories 4 et 5.

Pour notre projet (modernisation du CW06) situé dans un environnement(E2), et classé en catégorie (C1) avec une vitesse de base de 60 km/h, le règlement B40 préconise les rayons suivants : (voir le tableau)

**Tableau III.1 : Rayons du tracé en plan**

paramètres	symboles	valeurs
Rayon horizontal minimal (m)	RHM (7 %)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5 %)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2,5 %)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (2,5 %)	1400

**Visibilité masquée dans une sinuosité :**

Un virage d'une route peut être masqué de côté intérieure de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou un foret, pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer.  $S = L^2 / 2R$  .....0-8

Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à la visibilité soit bonne, mais nous partons de l'idée que le tracer adopter qu'il est nécessaire de « déraser » l'intérieur du virage. En plan, la limite de ce dérasement sera donnée par la projection vertical de la courbe enveloppe des rayons visuel partons de l'œil du conducteur.

Le niveau du dérasement tiendra compte du niveau admis de l'œil du conducteur ou du niveau des obstacles à percevoir « objet ou voiture » prendre une marge pour la végétation la largeur et de

dérasement et comptée à partir de l'axe de la route, mais le calcul se fait au droit de la trajectoire des véhicule côté intérieure du virage.

Avec :

$d$  : Longueur de visibilité =Md (chaussée bidirectionnel) et  $R_t = R - 2,5 m$ .

$d = d_{arrêt} = d1$  (Chaussée unidirectionnel) et  $E = E_t + 2,5 m$ .

Les distances en question devraient en réalité se mesurer selon l'arc de trajectoire, mais pour simplifier on peut admettre (comme le fait la norme) qu'elles sont mesurées sur la corde de l'arc.

**Sur largeur :**

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

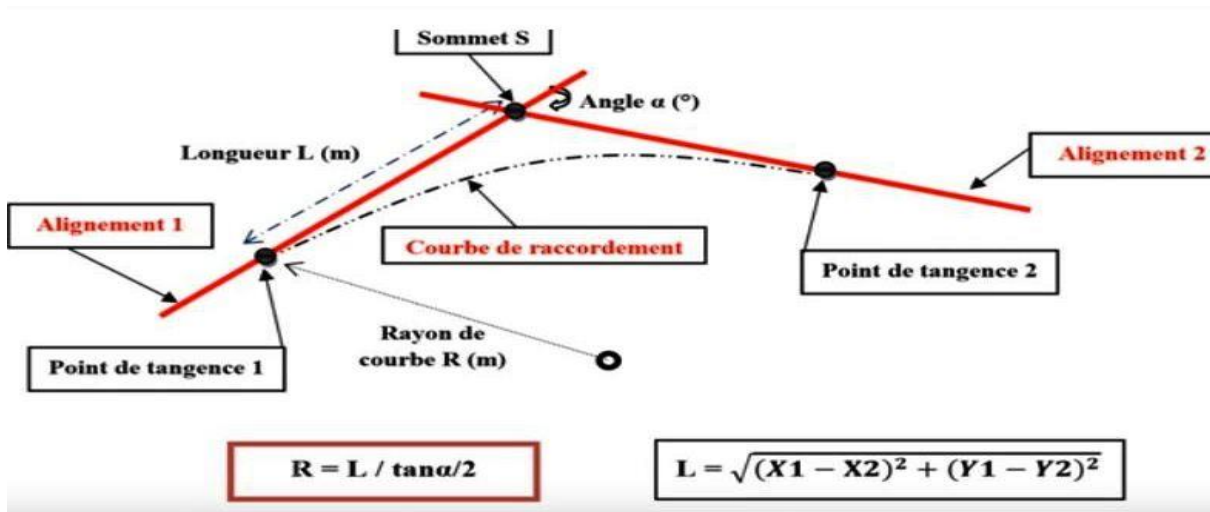
$L$  : longueur du véhicule (valeur moyenne  $L = 10 m$ )

$R$  : rayon de l'axe de la route.

**Courbes de raccordement :**

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la Clothilde grâce à ses particularités, c'est -à- dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.



Source : Ancien mémoire

Figure III.2 : Courbes de raccordement

**Rôle et nécessité des courbes de raccordement :**

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

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

**Types de courbe de raccordement :**

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

- Parabole cubique ;
- Lemniscate ;
- Clothilde.

**1. Parabole cubique :**

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

**2. Lemniscate :**

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

**3. Clothoïde :**

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

La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

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

**c) Expression mathématique de la Clothoïde :**

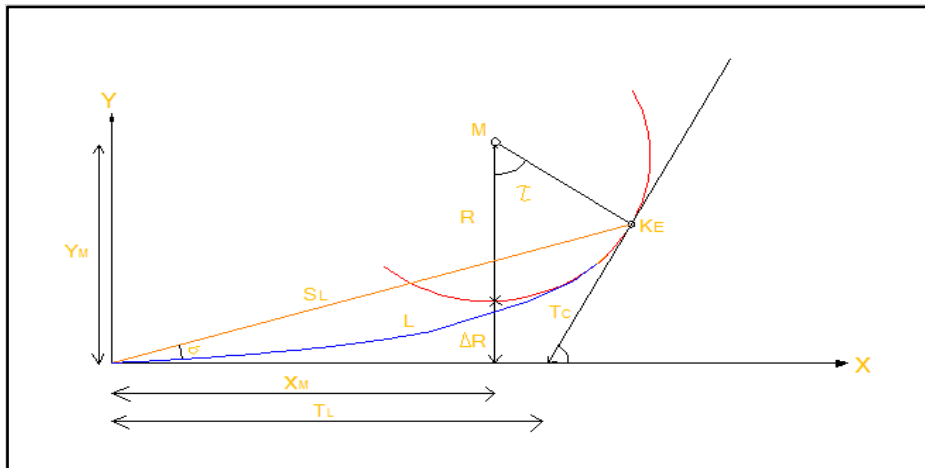
**1. Expression mathématique :**

Courbure  $K$  linéairement proportionnelle à la longueur curviligne  $L$ .

$$K = C \times L \dots\dots\dots 0-9$$

On pose :  $1/C = A2 \Rightarrow L \times R = A2$

2. Eléments de la Clothoïde :



Source : Ancien mémoire

Figure III.3 : Les éléments de la Clothoïde

M : Centre de cercle ;

R : Rayon de cercle ;

KE : Extrémité de la Clothoïde ;

L : longueur de la branche de la Clothoïde ;

ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit et de l'arc du cercle (le ripage) ;

XM : Abscisse du centre du cercle ;

τ : Angle des tangentes ;

X : Abscisse de KE ;

YM : Origine de KE ;

TC : tangente courte ;

TL : tangente longue ;

SL : Cored (KA – KE) ;

σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente).

**Les conditions de raccordement :**

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

**1. Condition de confort optique :**

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

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

**Règle général (B40) :**

➤  $R \leq 1500 \text{ m} \Rightarrow \Delta R = 1 \text{ m}$  (Éventuellement 0.5m)

$L = (24R \times \Delta R)^{1/2}$  .....0-10

➤  $1500 \leq R \leq 5000 \text{ m}$

$L \geq R/9$  .....0-11

➤  $R > 5000\text{m}$                        $\Delta R = 2.5 \text{ m}$

$L = 7.75(R)^{1/2}$  .....0-12

**2. Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours  $\Delta d$

Du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$L \geq \frac{V_B^2}{15} \left( \frac{V_B^2}{127R} - \Delta d \right)$  .....0-13

$V_B$  : vitesse de base (km/h).

$R$  : le rayon en (m).

$\Delta d$  : variation de dévers, ( $\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{initial}}$ ) (%).

**3. Condition de gauchissement :**

Le demi chaussé 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  $\Delta p < 0.5/V_B$ .

$L \geq l \times \Delta d \times V_B$  .....0-14

- ❖  $L$  : Longueur de raccordement.
- ❖  $l$  : Largeur de la chaussée.
- ❖  $\Delta d$  : Variation de dévers.

**Note :**

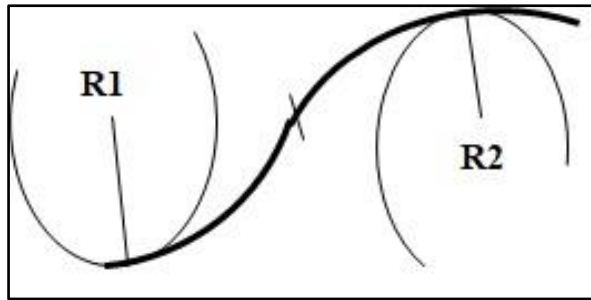
La vérification des deux conditions de gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée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

$L \geq \frac{5}{36} \Delta d \cdot V_B$  .....0-15

**III.I.4 Combinaison des éléments du tracé en plan :**

➤ **Courbe en S :**

C'est une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leurs points de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

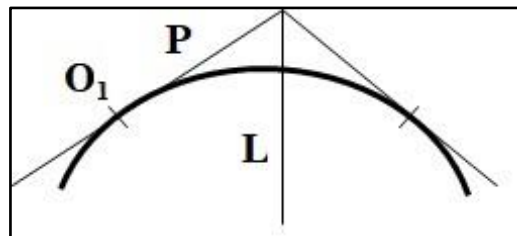


Source : Ancien mémoire

Figure III.4 : Courbe en S.

➤ **Courbe à sommet :**

Elle Définit le raccordement entre deux éléments droits de directions différentes. Elle se compose de deux branches de Clothoïde qui ont à leurs points de raccordement le même rayon de courbure et la même tangente.

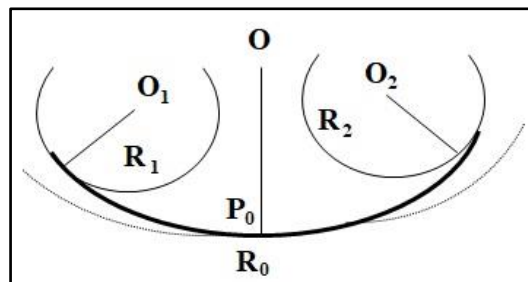


Source : Ancien mémoire

Figure III.5 : Courbe à sommet.

➤ **Courbe en C :**

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



Source : Ancien mémoire

Figure III.6: Courbe en C.

➤ **Courbe en Ove :**

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

**III.1.5 Notion de dévers :**

Le dévers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

➤ **Dévers en alignement :**

En alignement le dévers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à :  $d_{\min} = 2.5$

➤ **Dévers en courbe :**

En courbe permet de :

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

➤ **Rayon de courbure :**

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite dévers, exprimée par sa tangente ; d'où le rayon de courbure.

### II.1.5.1 Dévers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de rayon  $R \geq R_{Hnd}$  le dévers est égal à **2.5%** et pour les courbes de rayon  $R < R_{Hnd}$  un calcul de dévers peut être fait par l'interpolation en «  $1/R$  ».

Les rayons compris entre  $R_{Hd}$  et  $R_{Hnd}$  sont au dévers minimal mais des rayons supérieurs à  $R_{Hnd}$  peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

### III.1.5.2 Raccordement de dévers :

En alignement droit les dévers sont de type unique et ont des valeurs constantes (**2.5%**), en courbe ils ont des valeurs supérieures (**de 3 à 7%**).

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des Clothoïde :

- Dans le cas où les dévers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle ;
- Dans le cas où les dévers sont opposés, le problème se pose pour passer du dévers d'alignement droit au dévers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un dévers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance  $d_{\min}$ . Appelée longueur de gauchissement ;
- Pour les courbes en **S**, il est souhaitable de prendre le dévers nul au point d'inflexion ;

- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le devers peut unique peut être conservé.

### III.1.6. La vitesse de référence (de base) :

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

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

#### III.1.6.1 Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

#### III.1.6.2 Vitesse de projet :

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

On entend par conditions normales :

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

### III.1.7 Application au projet :

#### III.1.7.1 Calcul des rayons :

On a :  $V_r = 60 \text{ Km/h} \rightarrow f_t = 0,16$  ;

Avec :  $E_2, C_1 \rightarrow d_{\max} = 7 \%$  et  $d_{\min} = 2,5 \%$ ,  $d = d_{\min} = 2,5\%$

##### a) Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

$$RHm = V_r^2 / [127 \times (f_t + D_{\max})] = 60^2 / [127 \times (0,16 + 0,07)] = 123,24 \text{ m}$$

##### b) Rayon minimal normal (RHn) :

$$\begin{aligned} RHn &= (V_B + 20)^2 / [127 \times (f_t + D_{\max})] \\ &= (60 + 20)^2 / [127 \times (0,16 + 0,07)] = 219,10 \text{ m} = 219,10 \text{ m} \end{aligned}$$

##### c) Rayon au dévers minimal (RHd) :

$$RHd = V_r^2 / (127 \times 2 \times D_{\min}) = 60^2 / (127 \times 2 \times 0,025) = 566,93 \text{ m}$$

d) Rayon minimal non déversé (RHnd) :

$$RHnd = V_r^2 / [127 \times (0,06 - 0,035)] = 60^2 / (127 \times 0,035) = 809,90 \text{ m}$$

III.1.7.2 Caractéristiques de la courbe de raccordement :

A) Détermination de L :

➤ Pour R = 500 m

1. Condition de confort optique :

$$R/3 < A_{min} \leq R \text{ D'où : } 166,66 \leq A_{min} \leq 500$$

Comme : R = 500 m < 1500 m ⇒ L ≥ √(24 × R × ΔR), on prend : ΔR = 1 m

$$\text{Donc : } L \geq \sqrt{24 \times 500 \times 1} = 109,54 \text{ m}$$

$$L \geq 109,54\text{m} \dots \dots \dots (1)$$

2. Condition de confort dynamique et de gauchissement :

$$\Delta d = ?$$

$$\Delta d = d - (-2,5)$$

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

$$d = 0,07 + \left(\frac{1}{500} \times \frac{1}{123,24}\right) \times \frac{0,07 - 0,025}{\frac{1}{123,24} - \frac{1}{219,10}}$$

$$d = 2,71 \% \rightarrow \Delta d = 2,71 - (-2,5) = 5,21 \%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \Delta d \times V_B$$

$$L \geq \frac{5}{36} 5,21 \times 60 = 43,41 \text{ m}$$

$$L \geq 43,41 \dots \dots \dots (2)$$

De (1),(2) on aura : L ≥ 109,54m.

$$L = \frac{A^2}{R} \Rightarrow A = \sqrt{L \times R} = 234,03 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } A = 234,03 \text{ m}$$

b) Calcul de ΔR :

$$\Delta R1 = \frac{L^2}{24R} = 109,54^2 / (24 \times 500) = 0,99\text{m}$$

Exemple de calcul :

Pour le cas de notre étude on a choisi notre exemple à partir du premier rayon rencontré dans l'itinéraire dont les coordonnées des sommets et le rayon qui sont les suivants :

$$S_1 (x_1 = 23733,055; y_1 = 8459,992)$$

$$S_2 (x_2 = 23733,7318; y_2 = 8081,5312)$$

$$S_3 (x_3 = 23569,332; y_3 = 7606,3198)$$

$$\text{Rayon } R = 500 \text{ m et } V_r = 60 \text{ Km/h}$$

**a) Calcul de gisement :**

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

$$S_1 S_2 \begin{cases} |\Delta X_1| = |X_{S_2} - X_{S_1}| = 23733,7318 - 23733,055 = 0,6768 \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S_2} - Y_{S_1}| = 8081,5312 - 8459,992 = -378,4608 \end{cases}$$

$$S_2 S_3 \begin{cases} |\Delta X_2| = |X_{S_3} - X_{S_2}| = 23569,332 - 23733,7318 = -164,3998 \\ |\Delta Y_2| = |Y_{S_3} - Y_{S_2}| = 7606,3198 - 8081,5312 = -475,2114 \end{cases}$$

$$\text{Avec : } \Delta X_1 = 0,6768 > 0$$

$$\Delta Y_1 = -378,4608 < 0$$

Donc :

$$\arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 0,0017$$

$$G_{S_1 S_2} = 200 - 0,108 = \mathbf{199,892 \text{ grades}}$$

$$\text{Avec : } \Delta X_2 = -164,3998 < 0$$

$$\Delta Y_2 = -475,2114 < 0$$

$$\arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 0,3459$$

$$G_{S_2 S_3} = 200 + 21,200 = \mathbf{221,200 \text{ grades}}$$

**b) Calcul de l'angle  $\gamma$  :**

$$\gamma = |G_{S_2 S_3} - G_{S_1 S_2}| = 221,21 - 199,892 = \mathbf{21,308 \text{ grades}}$$

**c) Calcul de l'angle  $\tau$  :**

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{109,54}{2 \times 500} \times \frac{200}{\pi} = \mathbf{6,98 \text{ grades}}$$

**Vérification de non chevauchement :**

$$\gamma / 2 = 21,308 / 2 = \mathbf{10,654 \text{ grades}}$$

D'où :

$$\tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

d) Calcul des distances :

$$S_1S_2 = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{(0,6768)^2 + (-378,4608)^2} = 378,46\text{m}$$

$$S_2S_3 = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{(-164,3998)^2 + (-475,2114)^2} = 502,84\text{m}$$

e) Calcule de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{A_2}{2 \cdot R} = \frac{L}{2} = 54,77 \text{ m}$$

1. Abscisse de KE :

$$X = L \left( 1 - \frac{L}{40 \cdot R^2} \right) = 109,54\text{m}$$

2. Origine de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6 \cdot R} = 3,99 \text{ m}$$

3. Calcule de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \tan \frac{Y}{2}$$

$$T = 54,77 + (500 + 1) \text{tg} (21,308/2)$$

$$T = 139,40$$

4. Calcul des Coordonnées  $S_L$  :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\text{Avec : } S_L = \sqrt{(109,45^2) + (3,99^2)} = 109,61 \text{ m et } \sigma = \arctg \frac{Y}{X} = \arctg \frac{3,99}{109,54} = 2,31 \text{ grades}$$

5. Calcul de l'arc :

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2\tau)]}{200}$$

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{(\pi \times 500(21,308 - 2 \times 6,98))}{200} = 57,68\text{m}$$

6. Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + (S_1S_2 - T) \times \sin G_{S1S2} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + (S_1S_2 - T) \times \cos G_{S1S2} \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 23733,055 + (378,46 - 139,40) \times \sin (199,892) = 23733,48\text{m} \\ Y_{KA1} = 8459,992 + (378,46 - 139,40) \times \cos (199,892) = 8220,97 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin (G_{S0}^{S1} + \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos (G_{S0}^{S1} + \sigma) \end{cases}$$

$$KE1 \begin{cases} X_{KE1} = 23733.48 + 109.61 \times \sin (199,892+ 2,31) = 23729,67m \\ Y_{KE1} = 8220,97+ 109.61 \times \cos (199,892+ 2,31) = 8111,425m \end{cases}$$

$$KA2 \begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \times \sin G_{S2}^{S3} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \times \cos G_{S2}^{S3} \end{cases}$$

$$KA2 \begin{cases} X_{KA2} = 23733,7318+ \mathbf{139,40} \times \sin (221,200) = 23688,16m \\ Y_{KA2} = 8081,5312+ \mathbf{139,40} \times \cos (221,200) = 7949.79m \end{cases}$$

$$KE2 \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin (G_{S1}^{S2} - \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos (G_{S1}^{S2} - \sigma) \end{cases}$$

$$KE2 \begin{cases} X_{KE2} = 23688,16 - 109.61 \times \sin (221,200- 2,31) = 23720,21m \\ Y_{KE2} = 7949.79 - 109.61 \times \cos (221,200- 2,31) = 8054,608m \end{cases}$$

### III.2 Profil en long :

#### Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

C'est en général une succession d'alignement droit (rampes et pentes) raccordés par courbe circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturelle
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet ... etc.

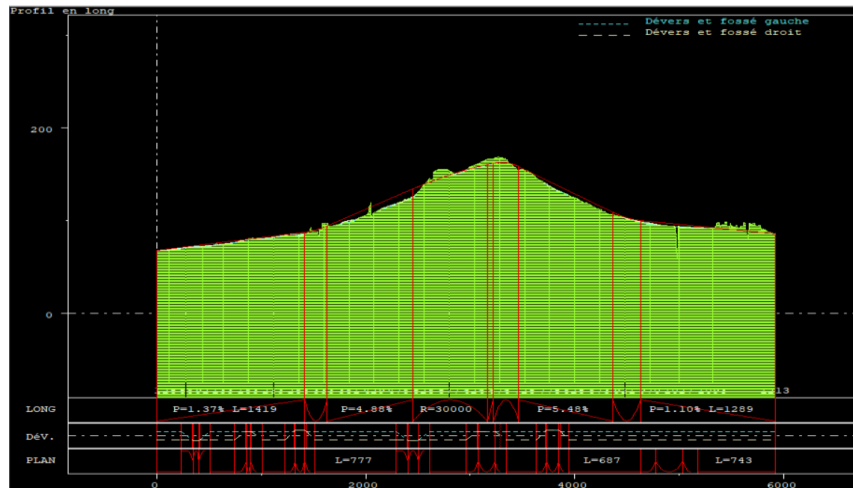


Figure III.7 : profil en long de la variante choisie

### III.2.1 Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur :

- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

**III.2.2 Coordination du tracé en plan et du profil en long**

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin.

- Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs...etc.).
- Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination tracé en plan-profil en long, les règles suivantes sont à suivre :
- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

**III.2.3 Déclivités**

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nombre de pente pour les descentes et rampe pour montées.

**III.2.3.1 Déclivité minimum**

Dans un terrain plat on n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement au long de la route au bord de la chaussée.

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- Au moins 0,5% et de préférences 1 %, si possible.
- $L_{min} = 0,5 \%$  dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément.
- $L_{min} = 0,5 \%$  dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

**III.2.3.2 Déclivité maximum**

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de :

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

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

**Tableau III.2** : la déclivité maximale selon la catégorie de la route selon **B40**

V <sub>r</sub> [Km/h]	40	60	80	100	120	140
I <sub>max</sub> [%]	8	7	6	5	4	4

Pour notre cas la vitesse VR=60 Km/h donc la pente maximale I<sub>max</sub> = 7%.

**III.2.4 Raccordement en profil en long**

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long.

Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types :

**III.2.4.1 Raccordement convexes (angle saillant)**

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

**a) Condition de confort**

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

Limitation de l'accélération verticale :

$g/40$  pour cas : 1-2

$V_r^2/R_v < g/40$

Pour  $g = 10 \text{ m/s}$

$$R_{v_{\min}} = \begin{cases} 0.3 V_r^2 \text{ pour cas 1-2} \\ 0.23 V_r^2 \text{ pour cas 3-4-5} \end{cases}$$

Dans notre cas :  $R_{v_{\min}} = 0,3 \cdot V_r^2 \dots\dots\dots 0-16$

Avec :

$R_v$  : rayon vertical (m)

$V_r$  : vitesse référence (Km/h).

**b) Condition de visibilité**

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s’apercevoir à une distance double de la distance d’arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2} (h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 h_1}) \dots\dots\dots 0-17$$

Avec :

$D_1$  : Distance d’arrêt [m]

$h_0$  : Hauteur de l’œil [m]

$h_1$  : Hauteur de l’obstacle [m]

$h_0 = 1,1 \text{ m}, h_1 = 0,15 \text{ m}$

**III.2.4.2 Raccordements concaves (angle rentrant)**

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

Cette condition s’exprime par la relation :

$$R'_v = \frac{d_1^2}{(1,5+0,035.d_1)} \dots\dots\dots 0-18$$

Avec :

$R'_v$  : Rayon minimum du cercle de raccordement.

$d_1$  : Distance d’arrêt.

**a) Condition esthétique**

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de Raccordement minimale et ( $b > 50$ ) pour des dévers  $d < 10\%$  (spécial échangeur).

$$R_{v_{\min}} = 100 \times \frac{50}{\Delta d(\%)} \dots\dots\dots 0-19$$

Avec :

$d$  : Changement des dévers ;

$R_{v_{\min}}$  : Rayon vertical minimal.

**III.2.5 Caractéristiques des rayons en long**

Pour le cas de le CW06, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants (selon le B40)

**Tableau III.3 :** les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge pour le cas du CW06

Catégorie		C1
Environnement		E2
Vitesses de base	(Km/h)	60
Rayon en angle saillant	Route bidirectionnelle : (2voies)	
RV	RVm1 (minimal absolu) en m	2500
	RVn1 (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant	Route unidirectionnelle :(2voies)	
RV	RVm1 (minimal absolu) en m	2400
	RVn1 (minimal normal) en m	3000
	Déclivité maximale I <sub>MAX</sub> (%)	6

**III.2.6 Détermination pratiques du profil en long**

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

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

À l'équation de parabole  $X^2 - 2 R Y = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$  .....0-20

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- Donnée La pente **P<sub>1</sub>** de la droite (AS).
- Donnée la pente **P<sub>2</sub>** de la droite (DS).
- Donnée le rayon **R**.

**III.2.6.1 Détermination de la position du point de rencontre (s)**

On a :

$$Z_A = Z_D + L p_2 \quad m = Z_A - Z_A \dots\dots\dots 0-21$$

$$Z_D = Z_A + L p_1 \quad n = Z_D - Z_D \dots\dots\dots 0-22$$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc :  $m/n = x / (L - x) \Rightarrow x = m.3. L / (n + m)$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P_1 X + Z_A \end{cases} \dots\dots\dots 0-23$$

**III.2.6.2 Calcul de la tangente**

$$T = R/2 (p_1 \pm p_2) \dots\dots\dots 0-24$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T \end{cases} \dots\dots\dots 0-25 \qquad C \begin{cases} X_C = X_S - T \\ Z_C = Z_S - T \end{cases} \dots\dots\dots 0-26$$

**III.2.6.3 Projection horizontale de la longueur de raccordement**

$$LR = 2T \dots\dots\dots 0-27$$

**III.2.6.4 Calcul de la flèche :**

$$H = T^2/2R \dots\dots\dots 0-28$$

**III.2.6.5 Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :**

$$M \begin{cases} H_X = x^2/2R \\ Z_M = Z_B + X \cdot p_1 - X^2/2R \end{cases} \dots\dots\dots 0-29$$

**III.2.6.6 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :**

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

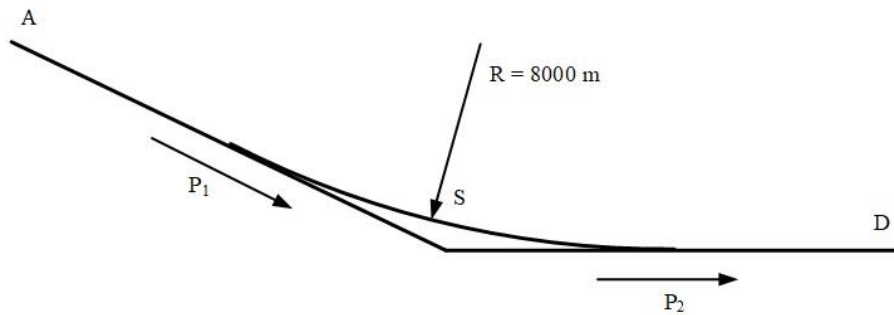
$$X_1 = R p_1, X_2 = R p_2 \dots\dots\dots 0-30$$

$$J \begin{cases} X_J = X_B - R p_1 \\ Z_J = Z_B + X_1 \cdot p_1 - X_1^2/2R \end{cases} \dots\dots\dots 0-31$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J (A) et J (D).

III.2.7 Application au projet

Exemple de calcul du profil en long :



Source : Ancien mémoire

Figure III.8 : Exemple de calcul du profil en long

On prend le cas du premier rayon : R = 6000m.

A	$X_A = 0,000$	S	$X_S = 1524,59$	D	$X_D = 2806,36$
	$Y_A = 68,25$		$Y_S = 89,11$		$Y_D = 151,71$

a) Calcul des pentes et des rampes :

$$\text{Pente} = \text{rampe} = \frac{\Delta z}{\Delta x} \%$$

$$P_1 = \Delta Z_1 / \Delta X_1$$

$$P_1 = \frac{89,11 - 68,25}{1524,59 - 0,000} = 1,368\%$$

$$P_2 = \Delta Y_2 / \Delta X_2$$

$$P_2 = \frac{151,71 - 89,11}{2806,36 - 1524,59} = 4,884\%$$

b) Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| \pm |P_2|)$$

$$T = 6000 \times (0,01368 + 0,04884) / 2 = 105,47 \text{ m}$$

c) Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = 0,93 \text{ m}$$

d) Calcul des coordonnées des points de tangentes :

- Calcul des coordonnées du point B :

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T = 1524,59 - 105,47 = 1419,12 \text{ m.} \\ Y_B = Y_S - T \cdot P_1 = 89,11 - (105,47 \times 0,01368) = 87,67 \text{ m.} \end{cases}$$

- **Calcul des coordonnées point C :**

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = 1524,59 + 105,47 = 1630,06 \text{ m.} \\ Y_C = Y_S + T \cdot P_2 = 89,11 + (105,47 \times (0,04884)) = 94,26 \text{ m} \end{cases}$$

- **Calcul des coordonnées du point J :**

$$J \begin{cases} X_J = X_B - R_{p1} = 1419,12 - (6000 \times (0,04884)) = 1337,03 \text{ m.} \\ Y_J = Y_B + X_{1.p1} - T_1^2 / 2R = 87,67 + (6000 \times (0,01368)^2) - 105,47 / 2 \times 6000 \\ Y_J = 89,31 \text{ m} \end{cases}$$

f) **Calcul de la longueur de la courbe :**

$$L = 2 \times T = 2 \times 105,47 = 210,94 \text{ m}$$

**Remarque:** les résultats de calcul de la ligne rouge sont jointes en annexe.

### III.3 Profil en travers

#### Définition

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout appelé « Profil en travers » contenant toutes les dimensions largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

#### III.3.1 Différents types de profil en travers

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

##### III.3.1.1 Profil en travers type

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (En remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

##### III.3.1.2 Profil en travers courants

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (Accidenté ou plat).

#### III.3.2 Les éléments de composition du profil en travers

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

##### a. La chaussée

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

**b. La largeur roulable :**

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

**c. La plateforme :**

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

**d. Assiette :**

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

**e. L'emprise :**

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances elle coïncidant généralement avec le domaine public.

**f. Les accotements :**

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

**g. 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.

**h. 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.

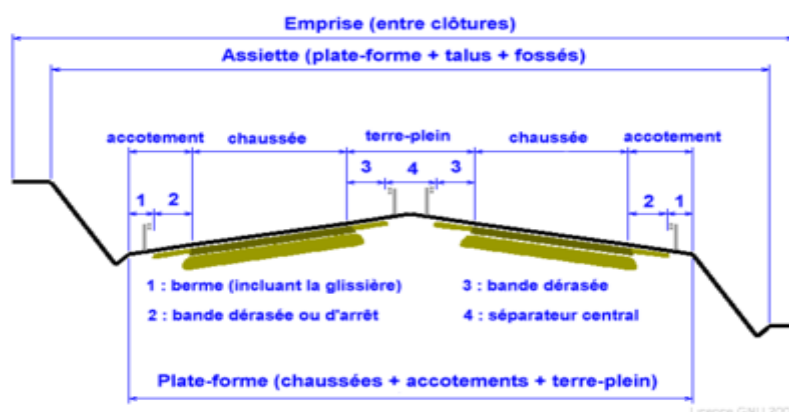


Figure III.9 : Le profil en travers.

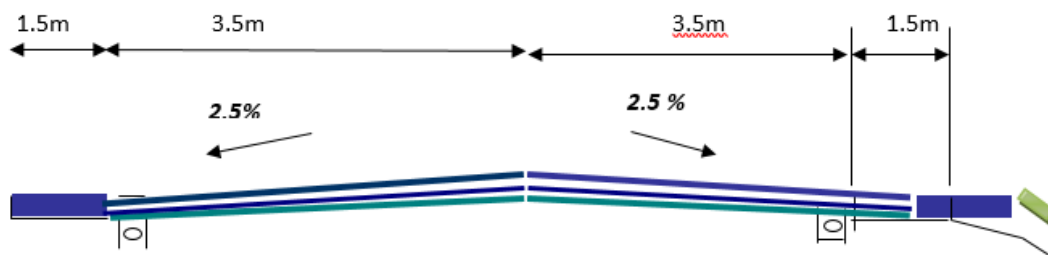
### III.3.3 Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera composé d'une chaussée Bidirectionnelle.

Les éléments du Profil en travers du CW 06 type sont comme suit :

- Deux chaussées de 3,5 m : ( $2 \times 3.5 = 7 \text{ m}$ ) ;
- Une berme de 1m à chaque côté droit de la chaussée :  $2 \times 1 \text{ m}$  ;
- Un accotement de 1.5 m :  $2 \times 1.5 = 3 \text{ m}$ .

**La largeur de la plate-forme est de 10 m.**



**Figure III.10** : profil en travers de projet

## III.4 Calcul des cubatures

### Introduction

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils sont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers. La modification de la formeuse raine naturel comporte deux actions, la premières d'ajouter des terres (remblais) et le deuxième d'enlever des terres (déblais).

### Définition :

Les cubatures de terrassement, c 'est l'évolution des cubes de déblais que comporte-le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet. Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

**III.4.1 Méthodes de calcul des Cubatures**

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblais-déblais, parmi lesquelles nous citerons :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès) ;
- Méthode de l'aire moyenne des aires (méthode par défaut) ;
- Méthode de la longueur applicable ;
- Méthode approchée.

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs.

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.

**III.4.2 Description de la méthode**

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S) \dots\dots\dots 0-32$$

- H : hauteur entre deux profils
- S : surface limitée à mi-distances des profils
- S<sub>1</sub> : surface de profil en travers P1
- S<sub>2</sub> : surface de profil en travers P2

**III.4.3 Application au projet :**

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

**Figure III.8 :** variation longitudinale du relief.

Le volume compris entre deux profils en travers P1 et P2 de section S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> sera égale à :

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{moy}) \dots\dots\dots 0-33$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S<sub>moy</sub> et  $\frac{(S_1 + S_2)}{2}$ .

Ceci donne :  $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Donc les volumes seront :

Entre P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> :  $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2) \dots\dots\dots 0-34$

Entre P<sub>2</sub> et P<sub>F</sub> :  $V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$  .....0-35

Entre P<sub>F</sub> et P<sub>3</sub> :  $V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$  .....0-36

Entre P<sub>3</sub> et P<sub>4</sub> :  $V_4 = \frac{l_1}{2} \times (S_3 + S_4)$  .....0-37

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

$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$  .....0-38

**III.4.4 Calcul des cubatures de terrassement**

Le calcul s’effectue à l’aide de logiciel Piste 5.05 :

désignations	Volume (m <sup>3</sup> )
Le volume de déblais	174050
Le volume de remblais	34852

# **Chapitre IV**

**Géotechnique de la route**

**Géotechnique de la route****IV.1 Etudes géotechniques****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 ;

Ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

**IV.1.1 Les objectifs principaux d'une étude géotechnique**

- Au stade des études, de bien définir le projet : optimisation du mouvement des terres, dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux, etc.
- Au stade de l'exécution, de réaliser les travaux avec le minimum d'aléa possibles choix des moyens et des matériels adaptés à la nature des sols rencontrés, méthode d'exécution.

**IV.1.2 Les moyens de la reconnaissance**

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé sont essentiellement :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais (in-situ).
- Les essais de laboratoire.

**IV.1.2.1 L'étude des archives et documents existants**

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

**IV.1.2.2 Les visites sur site et les essais (in-situ)**

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

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

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

**IV.1.2.3 Les différents essais en laboratoire**

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Les essais d'identification.
- Les essais mécaniques.

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de notre projet sont des essais d'identification :

- L'analyse chimique sommaire.
- Analyse granulométriques.
- Limites d'ATTERBERG.

**a. Analyses chimiques sommaires**

Le but des essais chimiques est de déterminer les différents pourcentages des : insolubles, gypse, calcaire, chlorures des matériaux du sol support.

**b. Analyses granulométriques**

Les résultats des analyses granulométriques sont des courbes dites courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique, cette analyse se fait par une série des tamis.

**➤ Principe d'essai**

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

**➤ But de l'essai**

C'est un essai 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).

**➤ Domaine d'utilisation**

La granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation.

**c. Limites d'ATTERBERG****➤ Limite de plasticité (Wp)**

Caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique.

Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

➤ **Limite de liquidité (WL)**

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

$$WL = \omega (N/25)^{0,121} \dots\dots\dots 0-39$$

$\omega$  : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups

N : nombre de coups ;

IP : L'indice de plasticité, avec :  $IP = WL - WP$ .

➤ **Principe de l'essai**

La détermination de WL et WP nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permette de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casa grande.

➤ **But de l'essai**

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

➤ **Domaine d'application**

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

**IV.1.2.4 Résultats des essais :**

➤ **Résultats des essais in-situ**

**Tableau IV.1** : L'implantation des essais in-situ et la nature géologique du terrain.

<b>Profondeur (m)</b>	<b>Coordonnées</b>		<b>Nature</b>
6,00	16160,49	<b>Y</b>	Grés friable jaunâtre avec passage des couches argileuses
	9809,40	16160,49	

➤ **Interprétation des essais de laboratoire**

**a) Granulométrie et sédimentation**

**Tableau IV.2 :** L'analyse granulométrique d'échantillons testés.

Profondeur (m)	< 80 μ (%)	Classification du sol
1,30 – 1,50	50	Granulométrie étalées constitués essentiellement d'argile graveleuse peu limoneuse
2,80 – 3,00	70	

**b) plasticité**

**Tableau IV.3 :** Classification du sol selon l'abaque de CASAGRANDE.

Profondeur (m)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Classification du sol
1,30 – 1,50	35,34	17,67	17,67	Argiles peu plastiques
2,80 – 3,00	47,44	23,69	23,75	

**c) E Densité sèche et Teneur en eau :**

**Tableau IV.4 :** Valeurs de la teneur en eau, densité sèche et degré de saturation.

Profondeur (m)	W (%)	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_h$ (t/m <sup>3</sup> )	Sr (%)	Classification du sol
1,30 – 1,50	27,47	1,40	1,79	79,80	Sol moyennement dense, humide
2,80 – 3,00	24,50	1,46	1,82	77,80	

d) **Caractéristiques intrinsèque :****Tableau IV.5 :** Les caractéristiques de résistance au cisaillement rectiligne non consolidé non drainé.

Profondeur (m)	Angle de frottement ( $\phi^\circ$ )	Cohésion (bars)
3,20 – 3,40	13	0,23
2,80 – 3,00	12	0,20

D'après les résultats de cisaillement ; le sol est plus cohérent que frottent

L'investigation géotechnique donne un CBR de 3.29(le plus défavorable)

e) **Analyses chimiques :****Tableau IV.6 :** Les résultats des analyses chimiques sommaires.

Résultats exprimées en % de poids				
Profondeur (m)	Sulfates SO4-	Carbonates CaCo3	Chlorures C1- « Solubles dans l'eau »	Matière organique
1,30 – 1,50	Traces	0,20	0,21	L'agressivité nulle selon la norme NF P18-011 du 06/92
2,80 – 3,00	N-D	0,40	0,21	

**IV.1.3 Conclusion :**

Le projet comporte la modernisation de la route au P.K :68+500, à l'entrée de Djendel (Wilaya de Skikda) .

L'investigation in-situ par sondages carottés a mis en évidence, un sol formé des couches d'argile sableuse graveleuse parfois marneuse marqué par la présence des grés friable.

Le sol est peu plastique. Les valeurs des essais de cisaillement ( $\phi$ , C) montre que le sol en place est mixte (grenus et fin).

Le sol est moyennement dense. Les résultats de la teneur en eau sont représentatifs à celle d'un sol humide.

Les résultats du degré de saturation sont représentatifs à celle d'un sol saturé d'eau.

Les résultats de l'analyse chimique montrent que l'agressivité du sol est nulle.

## IV.2 Dimensionnement du corps de chaussée

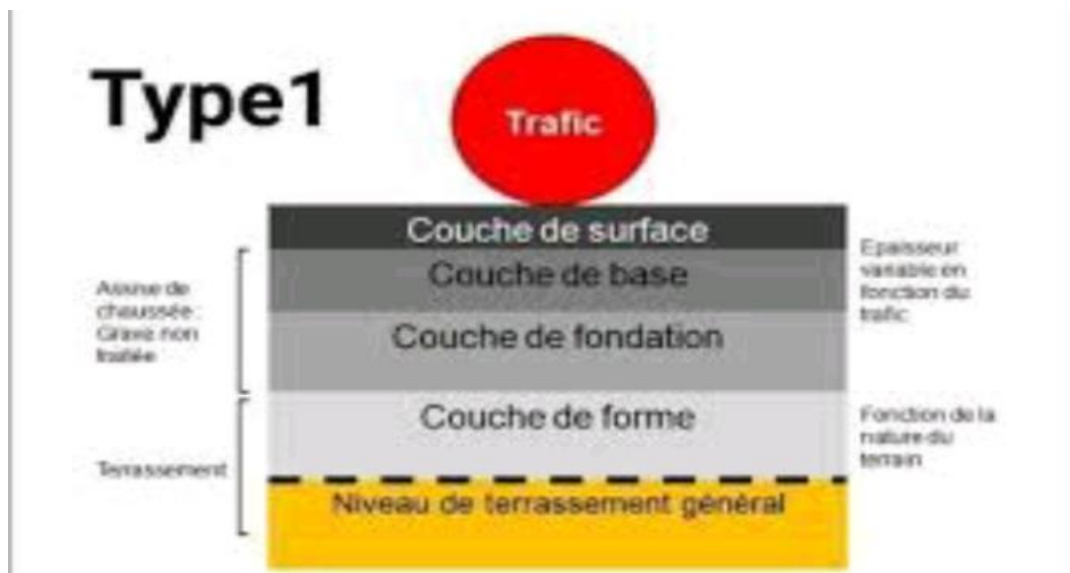
### Introduction

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds. Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

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

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



Source : Site web

**Figure IV.1** : différents types de structures de la chaussée.

### IV.2.1 Les différents facteurs pour les études de dimensionnement

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

#### IV.2.1.1 Trafic

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à 3,5 tonnes) .il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu 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 qui est donnée par :

$$N = T.A.C$$

Avec :

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

#### IV.2.1.2 Environnement

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

#### IV.2.1.3 Le Sol Support

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

Les plates-formes sont définies à partir :

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

#### IV.2.1.4 Matériaux

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

**IV.2.2 La chaussée :**

**Définition :**

D’après l’exécution des terrassements, y’ compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate–forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature ;
- Reporter le poids sur le terrain de fondation.

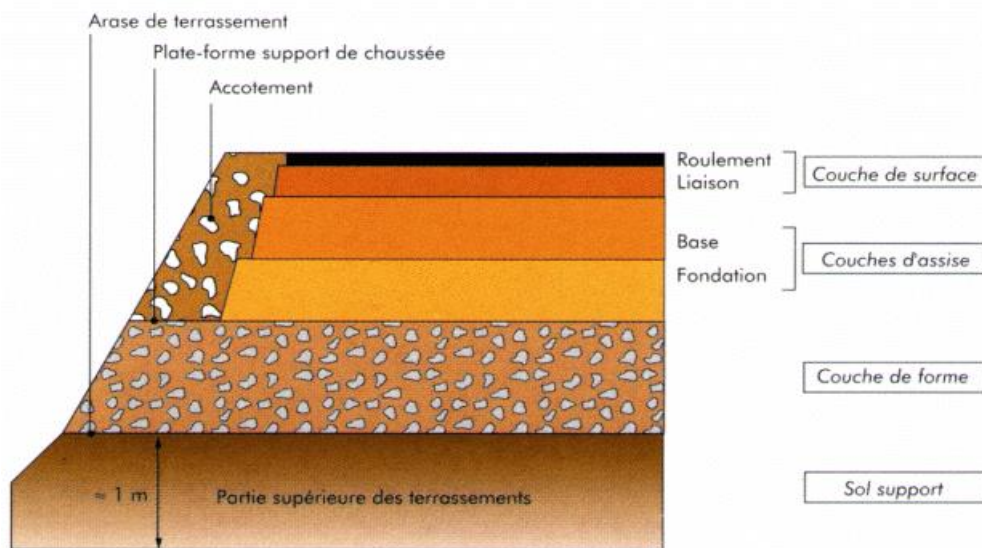
Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

**IV.2.2.1 Différentes structures de chaussées :**

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

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



Source : Site web

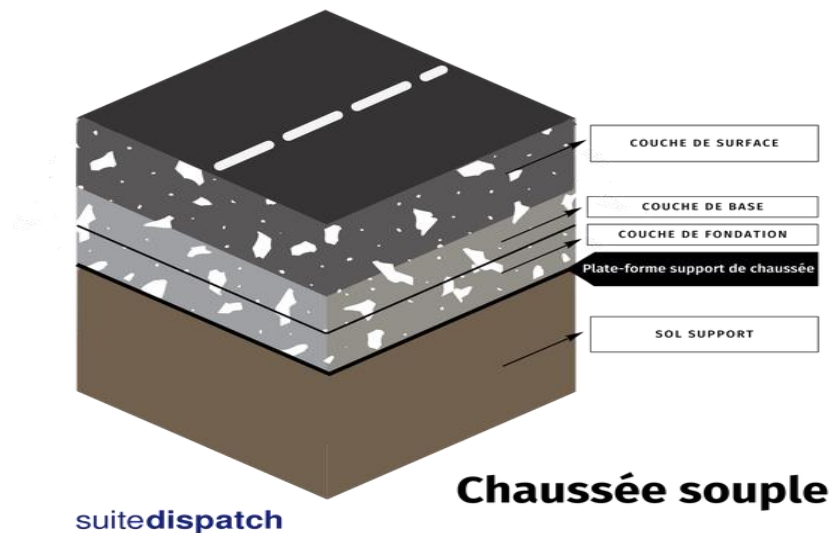
**Figure IV.2 :** Différentes structures de chaussées.

**a) Chaussée souple**

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.



Source : Site web

**Figure IV.3 :** structure type d'une chaussée souple.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 04 couches suivantes :

➤ **Couche de roulement (surface)**

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers.

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

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

➤ **Couche de base**

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

### ➤ Couche de fondation

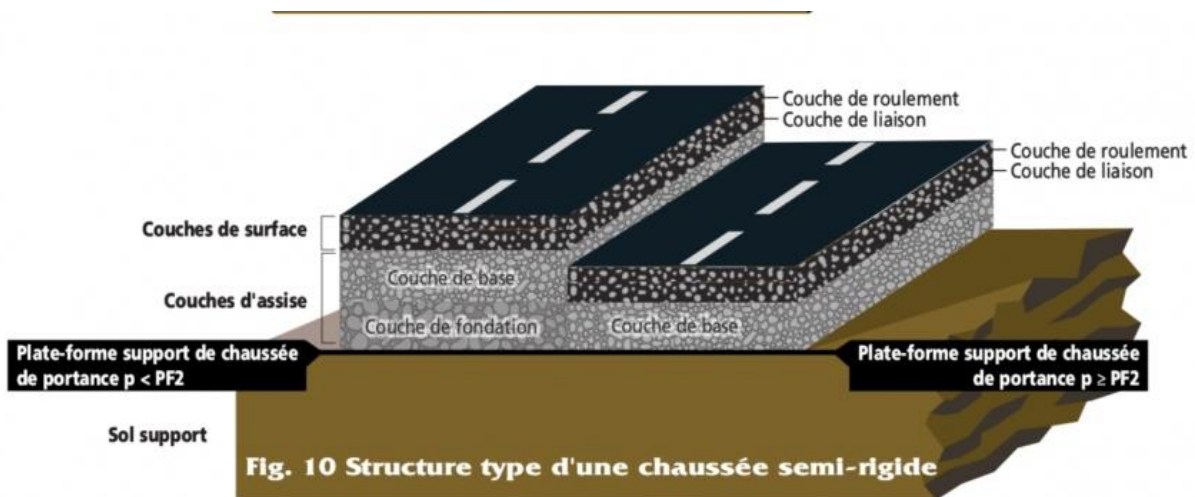
Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

### ➤ Couche de forme

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

## b) Chaussée semi-rigide



Source : Site web

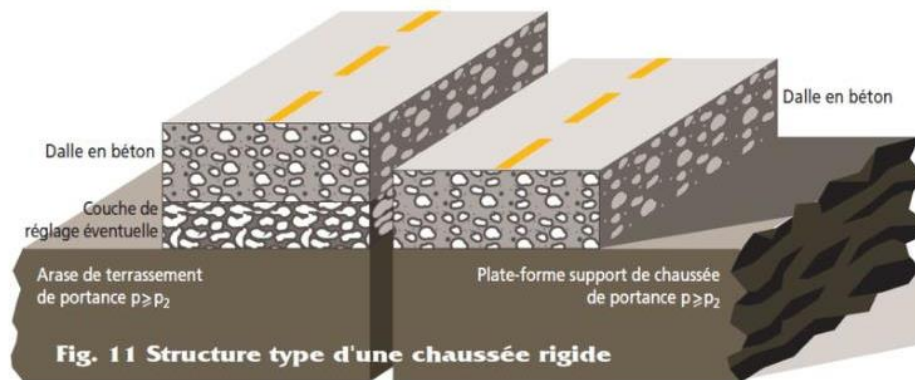
Figure IV.4 : structure type d'une chaussée semi-rigide.

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

Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

## c) Chaussée rigide



Source : Site web

**Figure IV.5** : structure type d'une chaussée rigide.

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de la chaussée souple) qui, en fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement : elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).

**IV.3 Les principales méthodes de dimensionnement**

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances de chaussées.
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées
- Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :
  - La méthode de C.B.R (Californie -Baring - Ratio):
  - Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
  - 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 on va utiliser deux méthodes qui sont : la méthode dite CBR et la méthode de catalogue algérienne.

**IV.3.1 La méthode de C.B.R (Californie -Baring - Ratio):**

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

- La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P}) ( 75 + 50 \log \frac{N}{10} )}{I_{CBR} + 5} \dots\dots\dots 0-40$$

Avec :

**e** : épaisseur équivalente ;

**I** : indice CBR (sol support) ;

**N** : désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide, **N = T<sub>H</sub> . PL** ;

**T<sub>H</sub>** : trafics prévus pour une durée de vie de 15ans, **T<sub>H</sub> : T<sub>0</sub>/2 (1 + t)<sup>m</sup>** ;

**T<sub>0</sub>** : trafics actuel (v/j) ;

**M** : année de prévision ;

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

**Log** : logarithme décimal ;

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante : **e = a<sub>1</sub>× e<sub>1</sub> + a<sub>2</sub>× e<sub>2</sub> + a<sub>3</sub>× e<sub>3</sub>**

$a_1 \times e_1$  : couche de roulement ;

$a_2 \times e_2$  : couche de base ;

$a_3 \times e_3$  : couche de fondation ;

Où :

$a_1, a_2, a_3$  : Coefficients d'équivalence ;

$e_1, e_2, e_3$  : Epaisseurs réelles des couches.

#### IV.3.1.1 Coefficient d'équivalence

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

**Tableau IV.7 : Coefficients d'équivalence chaque matériau**

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2,00
Grave ciment – grave laitier	1,50
Grave bitume	1,50 à 1,70
Grave concassée ou gravier	1,00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0,75
Sable ciment	1,00 à 1,20
Sable	0,50
Tuf	0,60

#### IV.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

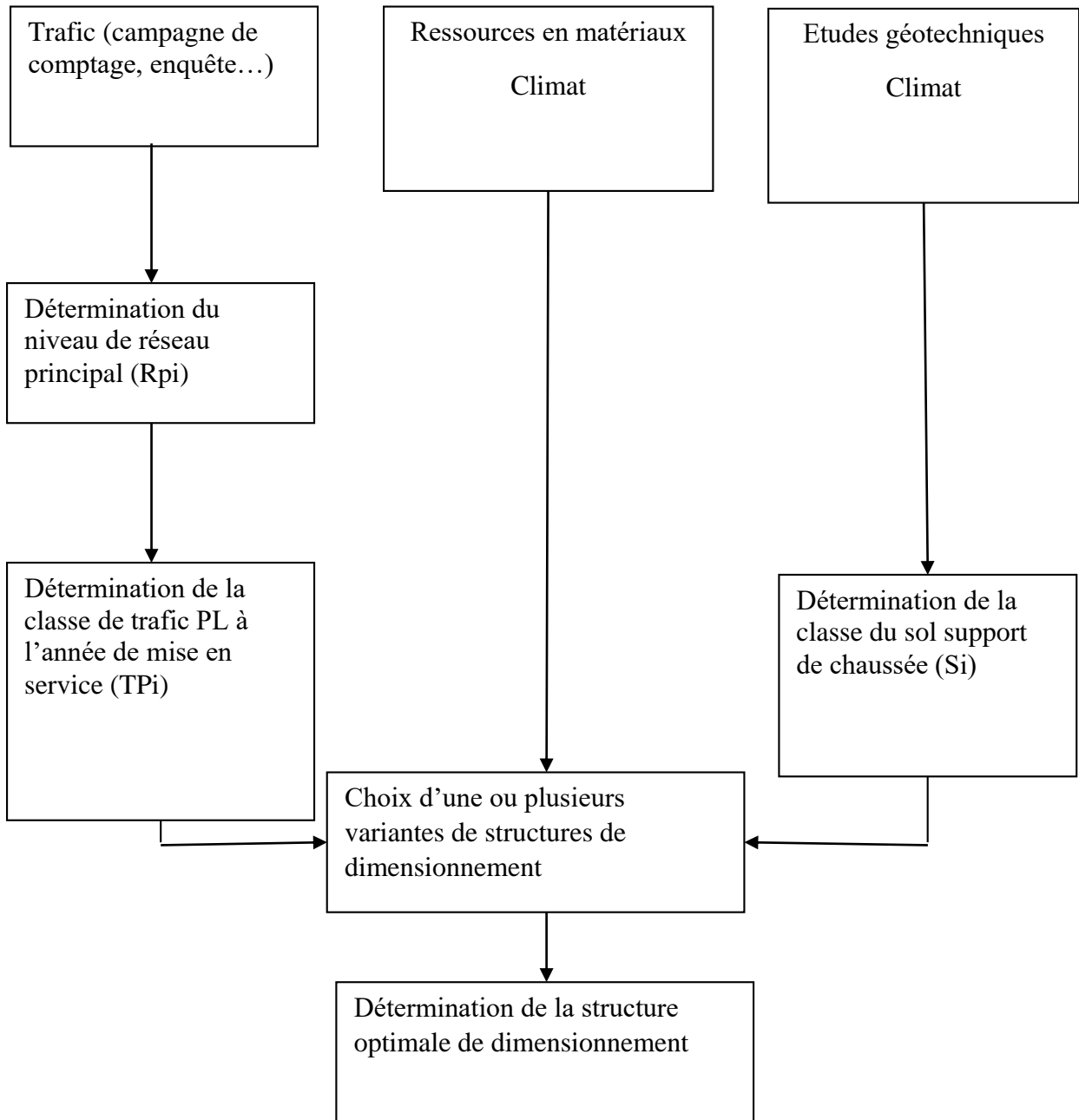
L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

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

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

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.

La démarche du catalogue :



## IV.4 Application au projet

### IV.4.1 Méthode C.B.R

Les données :

- Le trafic à l'année 2006  $TJMA_{2006} = 1705 \text{ v/j}$  ;
- Le pourcentage de poids lourds  $PL = 50\%$  ;
- Le taux de croissance annuel du trafic noté  $\tau = 4\%$  ;
- La vitesse de base sur le tracé  $VB = 60 \text{ km/h}$  ;
- L'année de mise en service sera en 2023 ;
- La durée de vie estimée de 20 ans ;
- Indice CBR  $ICBR = 4,15$  ;

Détermination de  $N_{PL2043}$  :

$$TJMA_{2023} = TJMA_{2006}(1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2023} = 1705 \times (1 + 0,04)^{17}$$

$$TJMA_{2023} = 3321,17 \text{ v/j}$$

$$N_{PL2043} = 0,5 \times TJMA_{2023} \times PL\% \times (1 + \tau)^{20}$$

$$N_{PL2043} = 0,5 \times 3321,17 \times 0,5 \times (1 + 0,04)^{20}$$

$$N_{PL2043} = 0,5 \times 3638,54 = 1819,27$$

Détermination de l'épaisseur équivalente :

$CBR=4.15$ , la portance du sol support est très faible, alors, on doit l'améliorer en ajoutant une couche de forme pour ramener la valeur de CBR à 10 conformément à la procédure ci-dessous :

$$e_1 = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{1819.27}{10})}{5 + 4.15} = 63.31 \text{ cm}$$

A cet effet, on recalcule l'épaisseur équivalente après ajout d'une couche de forme dont l'épaisseur sera la différence des deux épaisseurs calculées.

$$e_2 = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{1819.27}{10})}{5 + 10} = 38.62 \text{ cm}$$

- On prévoit une couche de forme en matériau non traité (TVO) dont l'épaisseur est :

$$- e_{\text{forme}} = \frac{e_1 - e_2}{0.75} = \frac{63.31 - 38.62}{0.75} = 32.92 \text{ cm} \quad \text{on prend } e_{\text{forme}} = 35 \text{ cm}$$

Après mise en place de la couche de fourme, l'épaisseur retenue pour le corps de chaussée est :

$E_{\text{équi}} = 38.62 \text{ cm}$

Donc l'épaisseur équivalente :  $(c_1 \times e_1) + (c_2 \times e_2) + (c_3 \times e_3) =$

On suppose :

**Tableau IV.8 :** Différents couches et ses épaisseurs réelles et le coefficient d'équivalent et son épaisseur équivalente

Nom de la couche	Matériau	Coefficient d'équivalence	Épaisseur réelle (cm)
Roulement	BB	2	06
Base	GB	1,5	12
Fondation	GNT	1	?

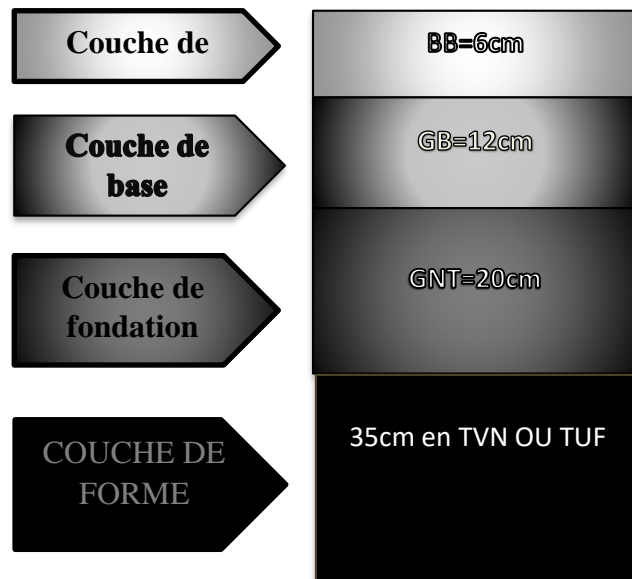
**calcul :**

$e_3 = E_{\text{équi}} - (c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2) \div c_3$

$e_3 = E_{\text{équi}} - (2 \times 6 + 1,5 \times 12) \div 1$

$e_3 = 9.22 \text{ cm}$

On prend :  $e_3 = 20 \text{ cm}$



**IV.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves**

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Les données climatiques
- LE TRAFIC
- La durée de vie
- Le sol support de chaussée
- Le risque de calcul considéré

- Les caractéristiques des matériaux.

**IV.4.2.1 Les données climatiques**

Le dimensionnement du corps de chaussée s’effectue avec une température équivalente  $\theta_{eq}$ , en tenant compte du cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site.

D’après le «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001CCTP) », le site du projet est classé en **zone II**

**Tableau IV.9 : Zones Climatiques De Pluviométrie**

<b>Zone Climatique</b>	<b>Pluviométrie(mm /an)</b>	<b>Climat</b>	<b>Région</b>
<b>I</b>	<b>&gt;600</b>	<b>Très Humide</b>	<b>Nord</b>
<b>II</b>	<b>350-600</b>	<b>Humide</b>	<b>Nord, hauts-plateaux</b>
<b>III</b>	<b>100-350</b>	<b>Semi-aride</b>	<b>Haut-plateaux</b>
<b>IV</b>	<b>&lt;100</b>	<b>Aride</b>	<b>Sud</b>

Donc on prend une température équivalente égale à 20°C, comme montré dans le tableau suivant :

**Tableau IV.10 : choix de la température équivalente**

	<b>Zone climatique</b>		
	<b>1 et II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
Température équivalente $\theta_{eq}$ (°C)	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>

**IV.4.2.2 Le Trafic**

D’après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivants :

Tableau IV.11 : Type de réseaux principaux.

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

$TJMA_{2023} = 3321,17$  v/j > 1500 v/j → le réseau principal est RP1.

▪ **Détermination de la classe du trafic (TPLi)**

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations du «Catalogue Algérien de Dimensionnement Des Chaussées Neuves (2001)».

Le trafic évalué a été considéré comme équilibré (identique) dans les deux sens, soit 0.5×le trafic par sens unique. L'évaluation du trafic sur notre section s'exprime sous la forme suivants :

on a :

Le Pourcentage du poids lourds :  $Z = 50\%$  ;

- $TJMA_{2006} = 1705$  v/j;
- $TPL_{2006} = 0,50 \times 1705 = 852,5$  (PL /j)
- Taux d'accroissement :  $\tau = 4\%$
- $TJMA_{2023} = 3321,17$  v/j
- Durée de vie : 20 ans
- $TPL_{2023} = (1+0,04)^{17} 852,5 = 1660,58$  (PL/j).

▪ **Répartition transversale du trafic**

Nous avons une chaussée unidirectionnelle à 2 voies. D'après le Catalogue de Dimensionnement Algérien : la répartition du poids lourd est de 90% sur la voie de droite la plus chargée.

Donc : Le calcul du trafic, selon la répartition transversale de la chaussée est :

$$TPL_{2020} = 831,75 \times 0,9 \times 0,5 = 747,26 \text{ (PL/j/sens).}$$

▪ **La classe du trafic Les classes de trafic (TPLi)**

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau du réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

**Tableau IV.12 : la classe de trafic (TPL<sub>i</sub>)**

TPL <sub>i</sub>	TPL <sub>0</sub>	TPL <sub>1</sub>	TPL <sub>2</sub>	TPL <sub>3</sub>	TPL <sub>4</sub>	TPL <sub>5</sub>	TPL <sub>6</sub>	TPL <sub>6</sub>
PL/J/sens	0-5	50-100	100-150	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

TPL = 747,26 (PL/j/voie) → La classe de trafic est TPL5.

▪ **Le trafic cumulé de poids lourd (TC<sub>i</sub>)**

Le TC<sub>i</sub> est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vue) est donnée par la formule suivante :  $TC_i = TPL \times 365 \times [(1+0,04)^n - 1] / \tau$  .....(IV.3)

$$TC_i = 747,26 \times 365 \times [(1 + 0,04)^{20} - 1] / 0,04 = 8121,96 \times 10^3 \text{ PL/j/sens}$$

τ : taux d'accroissement géométrique (prix égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement), ce taux de 4% résulte d'une enquête nationale de trafic réalisée dans le cadre de l'étude du schéma directeur routier national. n : durée de vie considérée.

▪ **Le trafic cumulé équivalent (TCE<sub>i</sub>)**

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée

$$TCE_i = TC_i \times A \text{ .....(IV.4)}$$

A : coefficient d'agressivité du poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes, donné en fonction du réseau principal RP<sub>i</sub>.

**Tableau IV.13 : Valeur du coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2).**

Niveau De Réseau Principal (RP <sub>i</sub> )	Type De Matériaux Et Structures	Valeurs de A
RP <sub>1</sub>	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/GC	0,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydraulique : GL/GL, BCg / GC	1

D'après le tableau du «catalogue de dimensionnement Algérien», le coefficient A = 0.6 Donc :

$$TCEi = 0,6 \times 8121,96 \times 10^3 = 4.87 \times 10^6 PL/J/sens.$$

▪ **Le risque de calcul**

D'après le catalogue de dimensionnement Algérien, nous avons un risque de 10%.

**Tableau IV.14 :** Risque adopté pour le réseau RP1.

	Classe de trafic	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (R%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2

**IV.4.2.3 détermination de la portance du sol-support de chaussée.**

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

**Tableau IV.15 :** Classe de sol en fonction CBR.

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

• **Caractéristiques du sol support**

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de CBR < 5 (notre sol est de faible portance), donc la portance du sol support est de S4.

On doit prévoir une couche de forme en matériau, pour améliorer la portance du sol support.

- **Amélioration de la portance du sol support**

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de forme :

Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF.

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

**Tableau IV.16 :** Classement avec couche de forme en matériau non traité.

Classe de portance de sol terrassé (S <sub>i</sub> )	Matériau de couche de forme	Epaisseur de couche de forme	Classe de portance visée (S <sub>j</sub> )
<S <sub>4</sub>	Matériau non traités	50 cm (en 2 couches)	S <sub>3</sub>
S <sub>4</sub>	Matériau non traités	35 cm	S <sub>3</sub>
S <sub>4</sub>	Matériau non traités	60 cm (en 2 couches)	S <sub>2</sub>
S <sub>3</sub>	Matériau non traités	40 cm (en 2 couches)	S <sub>2</sub>
S <sub>3</sub>	Matériau non traités	70 cm (en 2 couches)	S <sub>1</sub>

La construction des chaussées du réseau principal de niveau 1 nécessite un sol support de classe minimale S2. Un sur-classement des sols supports S4 vers une classe S2 à l'aide d'une couche de forme est donc requis. Les couches de forme requises sont les suivantes : - Sur-classement S4>>S2 : couche de forme d'une épaisseur de 600 mm en 2 couches.

Les calculs de dimensionnement décrits plus loin montrent cependant que la mise en place des couches de forme plus épaisse, telles que celles requises pour le sur-classement des sols supports des chaussées du réseau principal de niveau 1 vers la classe S2, permet de réduire de façon significative l'épaisseur requise des matériaux liés (BB ou GB) ainsi que les coûts associés.

**IV.4 .2.4 Choix des différentes couches constituantes de la chaussée**

- ❖ **Proposition de la structure**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

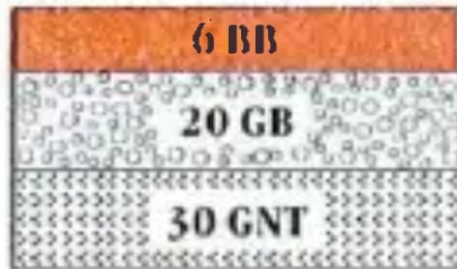
- Couche de roulement : BB ;
- Couche de base : GB ;

- Couche de fondation : GNT.

❖ **Choix de dimensionnement**

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique II, taux d'accroissement moyen (4%), portance du sol (S2) et une classe de trafic (TPL5).

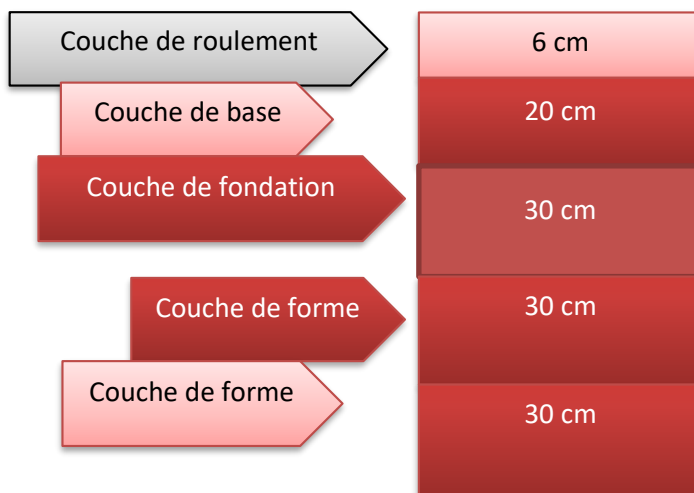
Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :



**Figure IV.6 :** La structure de chaussée adoptée (fascicule 03).

- couche de roulement : BB « béton bitumineux » = 6 cm ;
- couche de base : GB « grave bitume » = 20 cm ;
- couche de fondation : GNT « grave non traité (grave concassé) » = 30 cm.

Donc notre chaussée est constituée de : 6 cm BB + 20 cm GB + 30 cm GC + 60 cm MNT. Comme indique la figure suivante :



**IV.4.2.5 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 du logiciel Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à  $\epsilon_{t, adm}$  et  $\epsilon_{z, adm}$ .

$\epsilon_t, adm$  : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume ;  
 $\epsilon_z$  : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

- La déformation admissible sur le sol support ( $\epsilon_{z,adm}$ ) La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude statique du comportement des chaussées Algériennes. Cette formule est :

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \cdot 10^{-3} \times (TCEi)^{-0,235} \dots\dots\dots(IV.5)$$

- La déformation admissible  $\epsilon_{t, adm}$  à la base de la GB La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6(10^\circ, 25Hz) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c \dots\dots\dots(IV.6)$$

$\epsilon_6(10^\circ c, 25hZ)$  : déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.

$K_{\theta}$  : facteur lié à la température.

$K_{ne}$  : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.  $K_r$  : facteur lié au risque et aux dispersions.

$K_c$  : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

Avec :

$$K_{ne} = (TCEi / 10^6)^b \dots\dots\dots(IV.7)$$

$$K_r = 10^{-tb\delta} \dots\dots\dots(IV.8)$$

$$K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta eq)}} \dots\dots\dots(IV.9)$$

b : pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ ).

$E(10^{\circ}C)$  : module complexe du matériau bitumineux à  $10^{\circ}C$ .

$E(\Theta_{eq})$  : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qu' est fonction de la zone climatique considérée.

$\delta$  : La dispersion :  $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}sh\right)^2}$  .....(IV.10)

SN : dispersion sur la loi de fatigue ;

Sh : dispersion sur les épaisseurs (cm) ;

C : coefficient égal à 0,02. t : fractale de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r %).

**Tableau IV.17 : Valeurs de t = f (r%).**

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

❖ **Application numérique de notre projet**

- Calcul de la déformation admissible sur le sol support ( $\epsilon_{z,adm}$ )
- De la formule (IV.5) :
- $\epsilon_{z,adm} = 22.10^{-3} \times (4.87 \times 10^6)^{-0,235}$

$\epsilon_{z, adm} = 5.9 \times 10^{-4}$

- Calcul de la déformation admissible  $\epsilon_{t, adm}$  a la base de la GB De la formule (IV.6):

$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6 (10^{\circ}, 25Hz) \times k_{ne} \times k_{\Theta} \times k_r \times k_c$

**Tableau IV.18 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2).**

Matériau (MPa)	E(30°C,10 HZ) (MPa)	E(30°C,10 HZ) (MPa)	E(30°C,10 HZ) (MPa)	E(30°C,10 HZ) (MPa)	$\epsilon_6 (10^{\circ}C, 25 HZ) (10^{-6})$	-1/b	SN	Sh (Cm)	V	Kc Calage
<b>BB</b>	2500	3500	4000	.	.	.	.	.	0,35	.
<b>GB</b>	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
<b>SB</b>	1500	.	.	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

De les formule (IV.7) , (IV.8) et (IV.9) successivement on calcul les facteurs et la dispersion comme ce qui suit :

- $K_{ne} = (TCE_i / 10^6)^b = \left(\frac{4.87 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0,146} = 0.79$
- $K_{\Theta} = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C)}{E(\Theta_{eq})}} = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C, 10HZ)}{E(20^{\circ}, HZ)}} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0,5} = 1,33$
- $K_r = 10 - t b \delta = 10^{(-1.282 \times 0.146 \times 0.61)} = 0,713$

Tel que :  $\delta = \sqrt{S_n^2 + \left(\frac{c}{b} S_h\right)^2} = \sqrt{(0,45)^2 + \left(\frac{0,02}{-0,146} \times 3\right)^2} = 0.609 ;$

Kc : coefficient de calage = 1.3 ( Tableau 18)

$\epsilon_6 (10^\circ c, 25hZ) = 100 \times 10^{-6}$  (Tableau 18) d'où :

$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6 (10^\circ, 25Hz) \times k_{ne} \times k_{\Theta} \times k_r \times k_c$   $\epsilon_{t, adm} = 100 \times 10^{-6} \times 2,17 \times 1,33 \times 0,76 \times 1,3$

$\epsilon_{t, adm} = 9.84 \times 10^{-5}$

**Optimisation avec le logiciel Alize lcpc :**

- Introduire les paramètres du corps de chaussée



**Figure IV.7 :** Structure de chaussée pour les calculs Alizé-mécanique.

- Vérifier l'activation et la sélection de la charge, pour cela, aller à « Configuration Alizé » et sélectionner « charge de référence ».

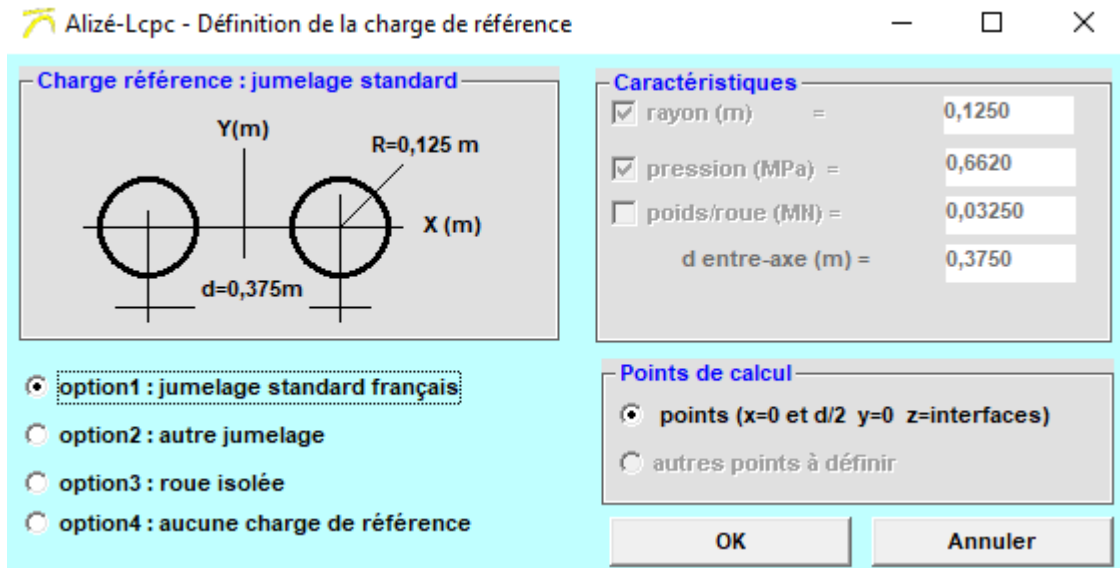


Figure IV.8 : Configuration d’Alizé, définition de la charge de référence.

- Générer les résultats de calcul en appuyant sur la touche « calcul direct »

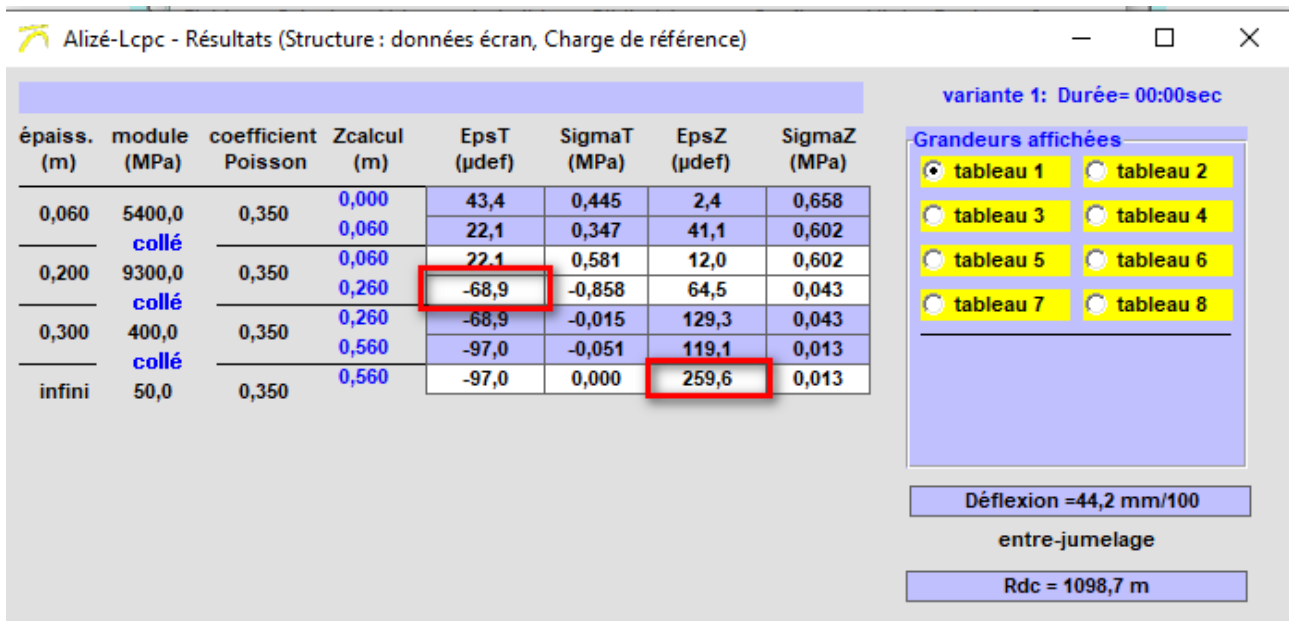


Figure IV.9 : Résultats de calcul par alize

$$\epsilon_{Z_{cal}} = 259.6 \mu def < \epsilon_{Z_{adm}} = 590 \mu def$$

$$\epsilon_{Z_{tcal}} = 68.9 \mu def < \epsilon_{Z_{tadm}} = 98.4 \mu def$$

Donc la structure **6BB + 20GB +30GNT** est vérifiée.

## IV.5 Conclusion

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

**Tableau IV.19** : Comparaison entre la méthode C.B.R et la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

<b>Méthode</b>	
<b>CBR</b>	<b>CTTP</b>
6BB+12GB+20GNT + 35 cm TVO	6BB + 20GB + 30GNT+ 60 cm MNT

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée 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 importante. Dans notre projet le corps de chaussée retenue est celui de la 'méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves' car il tient compte des paramètres de trafic, le climat et des matériaux ainsi que les normes en vigueur en Algérie

# **Chapitre V**

# **Assainissement**

**Chapitre V : Assainissement****Introduction**

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

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par Désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

**a) Pour les chaussées**

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

**b) Pour les talus**

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

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

**V.1 Objectif de l'assainissement**

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales qui s'écoulent directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning) ;
- Eviter les problèmes d'érosions ;
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée, (risque de ramollissement du terrain sous-jacent effet dégel) ;
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie ;
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

## **V.2 Drainage des eaux souterraines :**

### **V.2.1 Nécessité du drainage des eaux souterraines**

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée ;
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

### **V.2.2 Protection contre la nappe phréatique**

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale.

Lorsque cette dernière est faible, on pourra :

- Soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- Soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces trois solutions dépend :

- Des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité) ;
- De l'importance des problèmes de gel ;
- De leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

## **V.3 Types de canalisation**

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés (canalisation), son réseau est partagé en deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux) ;
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur).

## **V.4 Quelques définitions des termes hydrauliques**

### **V.4.1 Bassin versant**

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

### **V.4.2 Collecteur principale (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.

### **V.4.3 Cheminée (chambre de visite)**

Ouvrage placé sur les canalisations pour contrôler et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent

Pour faciliter l'entretien des canalisations. La distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100 m.

### **V.4.4 Sacs**

C'est un 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 entraîné, par les eaux superficielles.

### **V.4.5 Fossés de crêtes :**

C'est un outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

### **V.4.6 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.

### **V.4.7 Descente d'eau**

Draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

**V.5 Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements**

**V.5.1 Estimation des débits de crue**

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne **I** de la pluie, et de durée " t" égale au temps de concentration et effectué par une formule donnant un débit de la méthode dite rationnelle et est donnée par :

$$Q = k \times C_r \times I \times A \dots\dots\dots 0-41$$

Q : débit déterminant en m<sup>3</sup>/s ;

Cr : coefficient de ruissellement ;

I : intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration en **mm/h** ;

K= (2.778) : coefficient qui permet de convertir les **mm/h en l/s** ;

A : superficie de la surface drainée (bassin versant).

**V.5.2 Coefficient de ruissellement "Cr"**

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

**Tableau V.1** : Les valeurs de coefficient de ruissellement.

Type de chaussée	Coefficient Cr	Valeur prises
Chaussée revêtue en enrobé	0,8-0,95	0,95
Accotement (sol légèrement perméable)	0,15-0,4	0,4
Talus, sol perméable	0,1-0,3	0,3
Terrain naturel	0,05-0,2	0,2

**V.5.3 Intensité de la pluie**

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

- Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_{J_{max}} \% = \frac{\bar{P}_j}{\sqrt{C_v^2+1}} e^{u \sqrt{\ln(C_v^2+1)}} \dots\dots\dots 0-42$$

$\bar{P}_j$  : Pluie journalière moyenne (mm) ;

$C_v$  : Coefficient de variation ;

$u$  : Variable de gauss ;

$\ln$  : Logarithme Népérien.

Tableau V.2 : Valeurs de variable du GAUSS.

Fréquence (%)	Période de retour (ans)	Variable de gaussien (U)
50	2	0,00
20	5	0,841
10	10	1,282
2	50	2,057
1	100	2,327

**Remarque :**

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

**V.5. 4 Pluie de courte durée pour une fréquence donnée**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$P_{tc}(\%) = P_{Jmax}(\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^b \dots\dots\dots 0-43$$

Où :

- $P_{tc}(\%)$  : pluie journalière maximale annuelle ;
- $P_{Jmax}(\%)$  : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm) ;
- $t_c$  : Temps de concentration (heure) ;
- $b$  : Exposant climatique.

**V.5. 5 Intensité des pluies**

L'intensité des pluies est donnée par la relation suivante :

$$I_{tc} = P_{tc}/t_c \dots\dots\dots 0-44$$

**V.5. 6 Temps de concentration**

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de Concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, TURAZZA, comme suit :

- **La formule de VENTURA :**  $T_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}} \dots\dots\dots 0-45$

Lorsqu' $A < 5 \text{ Km}^2$ .

➤ **La formule de TURAZZA :**

$$T_c = 0,0529 \times A \times \left(\frac{L}{S}\right)^{1/2} \dots\dots\dots 0-46$$

Avec :

$T_c$  : Temps de concentration [heure].

$A$  : Superficie du bassin versant [ $\text{km}^2$ ].

$P$  : Pente moyenne du bassin versant [m /m].

$L$  : Longueur du court d'eau principal [km].

$S$  : pente du court d'eau principal [m/Km].

**V.5.7 Débit de saturation ( $Q_s$ )**

Le calcul du débit est déterminé par la formule de **MANING STRIKLER** :

$$Q_s = V \cdot S \dots\dots\dots 0-47$$

Avec :  $V = K_{ST} \cdot I^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \dots\dots\dots 0-48$

$$Q_s = K_{ST} \cdot I^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \cdot S \dots\dots\dots 0-49$$

D'où :

$Q_s$  : débit maximum ;

$I$  : pente de canalisation (m/m) ;

$R_H$  : Rayon hydraulique= section mouillée/ périmètre mouillé.

$$R_H = S_m / P_m \dots\dots\dots 0-50$$

$K_{ST}$  : coefficient de rugosité de canalisation.

$S_t$  : **Section** totale de l'ouvrage.

Où :

**Tableau V.3 :** Valeurs du coefficient de rugosité en fonction de la nature du terrain.

Canal bétonné, très lisse	75 – 100
Canal bétonné, état moyen	50 – 75
Canal en terre	30 – 50
Cours d'eau régulier, bien entretenu	40 – 50
Cours d'eau ordinaire	30 – 40
Cours d'eau avec embâcles	20 - 30

En assainissement,  $k = 70$

## V.6 Application au projet

### V.6.1 Les données

Les données nécessaires aux calculs sont :

- Pluie moyenne journalier :  $\bar{P}_j = 64,8 \text{ mm}$  ;
- Le coefficient de variation de la région considérée :  $C_V = 0,35$  ;
- L'exposant climatique de la région :  $b = 0,43$ .

Pour le calcul de buse et dalot : on applique la méthode de VENTURA et la méthode de TURAZZA.

### V.6.2 Calcul de précipitation

D'après la formule de GALTON on a :

$$P_{J_{\max}} \% = \frac{\bar{P}_j}{\sqrt{C_V^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_V^2 + 1)}}$$

Avec :  $\bar{P}_j = 64,8 \text{ mm}$ .

➤ Pendant 10ans :

$u = 1,282$ ,  $C_V = 0,35$ .

$$P_{J(10)} \% = \frac{64,8}{\sqrt{0,35^2 + 1}} e^{1,282 \sqrt{\ln(0,35^2 + 1)}}$$

$P_{J(10)} \% = 94,14 \text{ mm}$ .

➤ Pendant 50ans :

$$u = 2,057, C_V = 0,35.$$

$$P_{J(50)} \% = \frac{64,8}{\sqrt{0,35^2 + 1}} e^{2,057 \sqrt{\ln(0,35^2 + 1)}}$$

$$P_{J(50)} \% = 122,77 \text{ mm.}$$

➤ Pendant 100ans :

$$u = 2,372, C_V = 0,35.$$

$$P_{J(100)} \% = \frac{64,8}{\sqrt{0,35^2 + 1}} e^{2,372 \sqrt{\ln(0,35^2 + 1)}}$$

$$P_{J(100)} \% = 136,98 \text{ mm}$$

L'intensité horaire

On a :

$$I = \frac{P_j(\%)}{24}$$

$$I(10\%) = \frac{94,14}{24} = 3,922 \text{ mm/h}$$

$$I(2\%) = \frac{122,77}{24} = 5,115 \text{ mm/h}$$

$$I(1\%) = \frac{136,98}{24} = 5,707 \text{ mm/h}$$

### Calcul de la surface du bassin versant

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et la berme et le talus.

Largeur de la chaussée revêtue =  $2 \times 7 = 14 \text{ m}$

Largeur de l'accotement =  $1,5 \times 2 = 3 \text{ m}$

Largeur du talus 10m

$$A_c = 7 \times 100 \times 10^{-4} = 0,07 \text{ ha}$$

$$A_a = 1,5 \times 1 \times 100 \times 10^{-4} = 0,015 \text{ ha}$$

$$A_t = 10 \times 100 \times 10^{-4} = 0,10 \text{ ha}$$

$$A = 0,07 + 0,015 + 0,10 = 0,185 \text{ ha}$$

$A_c$  : la surface de la chaussée.

$A_a$  : la surface de l'accotement.

$A_t$  : la surface de talus.

$A$  : la surface totale.

## Calcul des débits d'apport

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

## ✓ Le débit apporté par la chaussée

$$C = 0,95 \quad P = 2,5\% \quad I(10\%) = 3,922 \text{ mm/h} \quad A = 0,07 \text{ ha.}$$

Temps de concentration

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \sqrt{\frac{0,07}{2,5}} = 0,021 \text{ h}$$

Intensité de pluie

$$I_t = I(\%). \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3,922 \cdot \left(\frac{0,021}{24}\right)^{0,43-1} = 256,51 \text{ mm/h}$$

Débit d'apport

$$(Q_a)_{chaussée} = 2,778 \times 0,95 \times 256,51 \times 0,07 = 0,0449 \text{ m}^3/\text{s}$$

## ✓ Le débit apporté par l'accotement

$$C = 0,4 \quad P = 4\% \quad I(10\%) = 3,922 \text{ mm/h} \quad A = 0,03 \text{ ha.}$$

Temps de concentration

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \sqrt{\frac{0,015}{4}} = 0,008 \text{ h}$$

Intensité de pluie

$$I_t = I(\%). \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3,922 \left(\frac{0,008}{24}\right)^{0,43-1} = 378,003 \text{ mm/h}$$

Débit d'apport

$$(Q_a)_{accot} = 2,778 \times 0,4 \times 378,003 \times 0,015 = 0,0063 \text{ m}^3/\text{s}$$

## ✓ Le débit apporté par le talus

$$C = 0,3 \quad P = 100\% \quad I(10\%) = 3,922 \text{ mm/h} \quad A = 0,1 \text{ ha.}$$

Temps de concentration

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.1}{100}} = 0.004h$$

Intensité de pluie

$$I_t = I(\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3,922 \cdot \left(\frac{0.004}{24}\right)^{0.43-1} = 660.08 \text{ mm/h}$$

Débit d'apport

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2.778 \times 0.3 \times 660.08 \times 0.1 = 0.055 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté total est :

$$Q_a = 0,0449 + 0.0063 + 0.055 = 0.1062 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Dimensionnement des fossés

A partir des résultats obtenus précédemment :

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

$$K_{st} = 70, \quad b = 0.5\text{m}, \quad J = 2\%, \quad n = 1.5$$

$$0.1062 = 70 \cdot h \cdot (0.5 + 1.5 \cdot h) \cdot \left[ \frac{h \cdot (0.5 + 1.5 \cdot h)}{0.5 + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + 1.5^2}} \right]^{2/3} \cdot 0.02^{1/2}$$

Par calcul itérative, on obtient: h=0,25, donc on propose **h=0,40m**

### Dimensionnement des buses

Pour dimensionner les buses on prend  $Q_a = Q_s$  :

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

$$\text{Nous avons :} \quad Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Avec :

$S_m$ : surface mouillée =  $1/2 \times \pi \times R^2$  (pour une hauteur de remplissage égale à 0.5  $\phi$ ) ;

$R_h$  : rayon hydraulique =  $R/2$  ;

$K_{ST}$  : 80 (pour les buses) ;

$J$ : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s. pour notre cas  $J= 2.5\%$ .

$$Q_a = Q_s \Rightarrow R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

$$\Rightarrow R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times 0.1062}{80 \times \pi \times \sqrt{0.025}}$$

$$\Rightarrow R = 0.167m$$

$$\text{Donc : } D = 2.R = 0.334m \quad \times$$

D'où le diamètre de la buse normalisé est  $\phi = 1000 \text{ mm}$ .

### Dimensionnement des dalots

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot :

$$Q_s = Q_a$$

$$Q_s = K_{st} \times 0.8 \times h \times L \times \left[ \frac{0.8 \times h \times L}{1.6h + L} \right]^{2/3} J^{1/2}$$

Coefficient de Manning Strickler :  $K_{ST} = 70$ ,

Longueur du dalot (L) : 2m

Pente (J) : 2.5%

Et par calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité. et on trouve :  $h = 0,174 \text{ m}$ .

Donc : on a un dalot de :

**2 m × 0,50m**

**Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons dimensionné tous ce qui est dalot, fossé et buse, on utilisant les formules nécessaires et les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau V.4 : Résultats du calcul.**

N°	PK	TYPE	LONGUEUR
01	0.27500	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.
D3	0.74499	Batterie de Buse.	A conserver.
02	0.88981	Pont sur Oued FENDEK.	A conserver.
03	1.47330	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.
04	1.61900	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.
05	1.82557	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.
06	2.04450	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.
07	2.36500	Buse Ø1000.	L=17.50 ml.
08	3.01600	Dalot 3.00 x 3.00	L=10.00 ml.
09	3.25950	Buse 2 Ø1000.	L=2x15.00 ml.
10	3.65700	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.
11	3.90750	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.
12	4.15850	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.
13	4.30280	Buse Ø1000.	L=12.50 ml.

**Chapitre VI**  
**Signalisation et**  
**Eclairage**

**Chapitre VI : Signalisation et Eclairage****VI.1 Signalisation****Introduction**

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

**VI.1.1 Règle Et L'objet De La Signalisation Routière****VI.1.1.1 Règle 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.

**VI.1.1.2 L'objet**

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûr 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.

**VI.1.1.3 Types de signalisation**

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

**1. Signalisation verticale**

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

➤ **Signalisation avancée :**

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

➤ **Signalisation de position :**

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

➤ **Signalisation de direction :**

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

## **2. Signalisation horizontale**

Elle concerne uniquement les marquages sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation.

### **❖ Type de signalisation horizontale**

La signalisation horizontale se divise en trois types :

#### **Marquages longitudinale**

- Lignes axiales, on distingue les lignes continues infranchissables, lignes discontinues, lignes de dissuasion ;
- Lignes de rive ;
- Lignes de délimitation de vitesse.

#### **Marquages transversales**

- lignes d'arrêt
- Lignes « céder le passage »
- Passage pour piétons.

#### **Marquages complémentaire**

- Flèches de sélection de rives
- Flèches de rabattement
- Indications particulières.

### **❖ Dimensions des marquages**

La largeur des lignes est définie par rapport a une largeur unité «u» différente selon le type de route ; on adopte les valeurs suivantes pour « u »

- **U = 7,5 cm** ; sur routes de types autoroutier et voies rapides urbaines.

- U = 6 cm ; sur routes express a une chaussée et routes principales bidirectionnelles.
- U = 5 cm ; sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7,5 cm.

❖ **Modulation des lignes discontinues**

Trois types de modulation ont été retenus, se différenciant par rapport des pleins aux vides ; ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou sous-multiples de 13 (m).le tableau ci-après donne leurs caractéristiques :

**Tableau VI.1 : Modulation des lignes discontinues.**

Type de modulation	Longueur de trait (en m)	Intervalles entre 2 traits successifs (en m)	Rapport plein vide
T1	3,00	10,00	Environ 1/3
T'1	1,50	5,00	
T2	3,00	3,50	Environ 1
T'2	0,50	0,50	
T3	3,00	1,33	Environ 3
T'3	20,00	6,00	

**VI.1.2 Application au projet :**

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

**a) Exemple des signalisations horizontales :**



Ligne continue



Ligne discontinue



Virage à droite



Virage à gauche



Vitesse limitée

## VI.2 Eclairage

### Introduction :

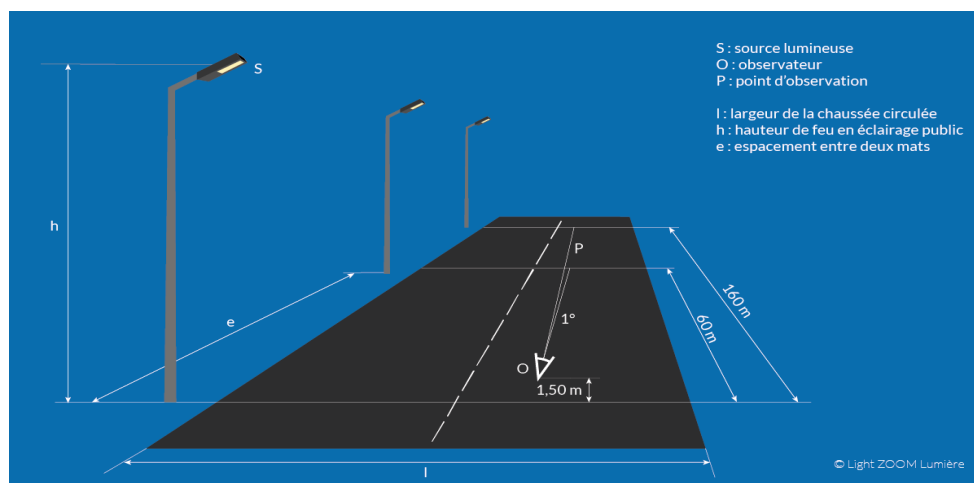
L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible. Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement. Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels. 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 (carre four, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

### VI.2.1 Paramètres de l'implantation des luminaires

L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.

- La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- La 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



Source : Site web

**Figure VI.1** : exigences de performances éclairage public.

### VI.2.2 Application au projet

#### VI.2.2.1 Eclairage de la voie(le long de l'évitement)

Pour l'éclairage de notre route, des lampadaires préfabriqués sont implanté dans le terre-plein central avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

**Chapitre VII**  
**Impact sur**  
**l'environnement**

## **Chapitre VII : Impact sur l'environnement**

### **Introduction**

L'établissement d'un projet est l'aboutissement de différents types d'études : techniques, économiques et d'environnement. En aucun cas, les études d'environnement ne doivent faire double emploi avec les études techniques et économiques qui sont menées parallèlement, mais elles doivent les compléter.

### **VII.1 Progressivité des études d'environnement**

Ces études comportent :

- La reconnaissance de l'état initial usité ;
- La recherche des contraintes d'usité des impacts du projet ;
- La recherche d'adaptations ou de variantes du projet pour éviter les contraintes ;
- La présentation des critères de choix des diverses solutions au plan de l'environnement.

Puis le choix du parti étant effectué :

- L'analyse des impacts résiduels de la solution présentée,
- La définition des remèdes correspondants nécessaires et leur estimation.

### **VII.2 Etude de l'impact**

C'est la forme sous laquelle le législateur entend que le maître d'ouvrage informe le public et fasse la preuve qu'il a pris en compte les préoccupations d'environnement dans l'élaboration de son projet. C'est une pièce très importante du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique. Le document doit être synthétique et rédigé en termes clairs, intelligibles par des non spécialistes.

C'est la résultante des études d'environnement effectuées aux stades antérieurs d'établissement du projet.

#### **VII.2.1 Impact sur l'agriculture**

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

##### **VII.2.1.1 Les impacts**

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de la substitution du sol à vocation agricole, et la diminution des superficies exploitées ;

- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture de cheminements) ;
- L'effet de modification du régime agricole.

### **VII.2.1.2 Les remèdes**

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

#### **a) Mesures préventives**

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on aura recours aux mesures curatives.

#### **b) Mesures curatives**

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains Agricoles.

### **VII.2.2 Impact sur la nature**

#### **VII.2.2.1 La faune**

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y a la présence d'animaux sauvages et domestiques sur les abords.

#### **VII.2.2.2 La flore**

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les regroupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères, particularités de la climatologie et du paysage.

Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant.

#### **VII.2.2.3 L'eau**

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception. Les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour parer aux effets dévastateurs des écoulements torrentiels.

### VII.2.3 Impact sur les habitants

#### VII.2.3.1 La destruction

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

Les impacts de destruction concernent :

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer ;
- Les populations situées au périmètre d'accueil.

Ces impacts sont d'ordre :

- **Economique** : modification des systèmes de production ;
- **Socioculturel** : désorganisation des communautés, et modification culturelle ;
- **Naturel** : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

#### VII.2.3.2 Les bruits

##### a) Les impacts

La construction d'un évitement au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil ;
- La fatigue ;
- Baisse de l'acuité auditive.

##### b) Les remèdes

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé ;
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs ;
- Agir sur les façades des bâtiments concernés ;
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité ;
- Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

### VII.2.4 Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret N° 90-78 du 27 février 1978, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement ;
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement ;

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

### **VII.3 Application au projet**

#### **VII.3.1 Recommandations**

- Compensation physique ou financière
- Réhabilitation des réseaux d'irrigation ou de drainage
- Réhabilitation des biens des particuliers touchés lors des travaux
- Indemnisation des terrains appartenant au particulier
- Indemnisation des pertes de revenus sur la durée du chantier
- Les arbres abattus doivent être plantés
- Engazonnement des ilots séparateurs des carrefours
- Réalisation des soutènements là où il y'a risque d'érosion.

**DEVIS**  
**QUANTITATIF**

## DEVIS QUANTITATIF

### DEVIS QUANTITATIF

DESIGNATION	U	Qtité	PU	PTOT
<b>TERRASSEMENT</b>				
déblais en Terrain en toute nature et mise en dépôt dans un lieu agréé par Maître d'ouvrage y/c l'abattage d'arbres .désherbage et débroussage et toutes sujétions de bonne exécution	M <sup>3</sup>	174050	100,00	17 405 000,00
remblais sélectionnés en TVC ou TVO ou TVN provenant d'emprunt y compris décapage de la terre végétale .désherbage réglage arrosage compactage du fond de forme et toutes sujétions de bonne exécution	M <sup>3</sup>	34852	1 200,00	41 822 400,00
<b>CHAUSSEE</b>				
Rechargement en matériaux sélectionnés sur une épaisseur de 60 cm pour la couche de forme y compris fourniture, transport, mise en œuvre, arrosage, compactage préparation de la plateforme, nivellement réglage, compactage du fond de forme, talutage et toutes sujétions de bonnes exécution	M <sup>3</sup>	63936	1 500,00	95 904 000,00
Rechargement en GC 0/20 sur une épaisseur de 35 cm pour la couche de fondation y compris fourniture, transport, mise en œuvre, arrosage, compactage préparation de la plateforme, nivellement réglage, compactage du fond de forme, talutage et toutes sujétions de bonnes exécution	M <sup>3</sup>	37296	1 800,00	67 132 800,00
Rechargement en GB sur une épaisseur de 15 cm pour la couche de base y compris fourniture, transport, mise en œuvre, arrosage, compactage et toutes sujétion de bonne exécution	M <sup>3</sup>	12432	1 800,00	22 377 600,00

## DEVIS QUANTITATIF

FTMO d'un couche de roulement en BB 0/14 ep 06 cm y compris couche d'imprégnation au cutback 0/1 et toutes sujétions de bonne exécution	T	11934,72	10 000,00	119 347 200,00
FTMO grave concassée 0,/31,5 pour accotements y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de bonne exécution	M <sup>3</sup>	4972,8	1 800,00	8 951 040,00
<b>ASSAINISSEMENT</b>				
FTP buses D800 y compris déblai, remblai, couche de sable de 20 cm en dessus et en dessous et toutes sujétions de bonne exécution	ML	2960	50 000,00	148 000 000,00
Réalisation regard en béton armé 110x110x140 y compris tampon en fonte D800, terrassement et toutes sujétions de bonne exécution	U	60	80 000,00	4 800 000,00
Réalisation fossé en béton légèrement armé en deux versants inclinés 0,50x0,50 p=2/3 y compris terrassement , joint tous les 20m et toutes sujétions de bonne exécution	ML	8000	20 000,00	160 000 000,00
Réalisation d'un ouvrage busés Ø1000 y compris enrobage légèrement arme ,tête d'ouvrages, murs en ailes , radai ,dalle ,dalle amant et aval en béton armé dosé à350kg/m3 et toutes sujétions de bonnes exécution.	ML	367,5	430 000,00	158 025 000,00
<b>Signalisation</b>				
Fourniture, transport et mise en œuvre de plaque de signalisation verticale	F	1	400 000,00	400 000,00
Fourniture, transport et mise en œuvre de signalisation horizontale.	ML	1500	200,00	300 000,00
Fourniture, transport et mise en œuvre de glissières de sécurité	ML	2500	600,00	1 500 000,00
<b>TOTAL GENERAL(HT)</b>				<b>845 965 040,00</b>
<b>TVA 19 %</b>				<b>160 733 357,60</b>
<b>TOTA EN TTC</b>				<b>1 006 698 397,60</b>

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion

Compte tenu de l'importance de la route existante qui doit supporter, l'intensité du trafic actuel et les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région ainsi que l'état dégradé de la route existante.

Notre objectif était de moderniser du CW06 et de lui doter des caractéristiques d'une route nationale.

Cela s'est concrétisé en moyennant les actions suivantes:

- Amélioration le niveau de service de cette route.
- réduire le nombre d'accidents au niveau du chemine de wilaya CW06
- assurer le confort, et la sécurité des usagers.
- Augmentation de la capacité de la route.
- Les Rectifications des virages
- Le Renforcement de la chaussée pour un apport structurel.

Le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie

Pour cela nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, les directives et les recommandations liés au domaine routier

C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes et nous a permis entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine

Il était une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier.

Il nous a permet de nous perfectionner dans l'utilisation des logiciels informatique notamment PISTE 5.05, ALIZEIII,.

Finalement, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## **BIBLIOGRAPHIE**

---

### **BIBLIOGRAPHIE**

#### **Règlement :**

- B40 : norme technique d'aménagement des routes

#### **Documents :**

- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 2001 (fascicule 1 et 2)
- Cours de route 1<sup>ère</sup> année master De Pr :S. Messast
- RAPP TECH CW06 Skikda étudiante

#### **Mémoires :**

- Etude de modernisation, réhabilitation et de l'impact sur l'environnement de la RN 02 sur 3 km Mémoire d'ingénieur KADDAR. F
- Etude de conception d'un tronçon de route reliant le chemin de wilaya CW35 du giratoire de Dar el Beïda. Mémoire de master Encadré par : M.A.TALIA
- Etude de modernisation d'un tronçon de la route nationale RN 07 reliant la wilaya de Relizane à la Wilaya de Mascara du PK 0+000 au PK 3+815  
Mémoire de master Encadré par : M.A.TALIA
- Etude de modernisation de RN 44d de pk ( 25 +000) au pk(29+000)  
Encadre par : Pr. S.MESSATSET

#### **Logiciels :**

- Logiciel auto piste
- Logiciel Microsoft office Word 2010
- Logiciel Microsoft office Excel 2010
- Logiciel Alize LC PC

#### **Les Site Web :**

- <https://www.google.dz/?hl=ar>
- <https://earth.google.com/>
- <https://maps.google.com/>

**ANNEX**

## Axe en plan

El?	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	23.733.055	8.459.992
D1	G = 199.886g	238.583			
			238.583	23.733.482	8.221.409
L1	A = 235.000				
	Rf= -500.000				
	L = 110.450				
			349.033	23.729.616	8.111.087
	XC= 23232.565				
	YC= 8165.311				
	R = -500.000				
	L = 56.976				
			406.009	23.720.227	8.054.921
	Rd= -500.000				
	A = 235.000				
	L = 110.450	277.876			
			516.459	23.688.000	7.949.340
D2	G = 221.203g	229.534			
			745.993	23.612.956	7.732.420
L2	A = 235.000				
	Rf= 500.000				
	L = 110.450				
			856.443	23.580.730	7.626.838
	XC= 24068.391				
	YC= 7516.449				
	R = 500.000				
	L = 44.442				
			900.885	23.572.856	7.583.114
	Rd= 500.000				
	A = 235.000				
	L = 110.450	265.342			
			1.011.335	23.566.226	7.472.923
D3	G = 201.482g	217.702			
			1.229.037	23.561.159	7.255.281
L3	A = 198.000				
	Rf= 400.000				
	L = 98.010				
			1.327.047	23.562.878	7.157.351
	XC= 23960.910				
	YC= 7196.980				
	R = 400.000				
	L = 91.397				
			1.418.444	23.582.199	7.068.223

	Rd= 400.000				
	A = 198.000				
	L = 98.010	287.417			
			1.516.454	23.621.188	6.978.373
D4	G = 171.337g	777.238			
			2.293.691	23.959.426	6.278.592
L4	A = 235.000				
	Rf= -500.000				
	L = 110.450				
			2.404.141	24.003.775	6.177.502
	XC= 23532.362				
	YC= 6010.859				
	R = -500.000				
	L = 100.026				
			2.504.167	24.027.489	6.080.500
	Rd= -500.000				
	A = 235.000				
	L = 110.450	320.926			
			2.614.617	24.034.780	5.970.351
D5	G = 198.136g	348.302			
			2.962.919	24.044.980	5.622.198
L5	A = 235.000				
	Rf= 500.000				
	L = 110.450				
			3.073.369	24.052.271	5.512.049
	XC= 24547.397				
	YC= 5581.691				
	R = 500.000				
	L = 160.788				
			3.234.157	24.099.663	5.359.129
	Rd= 500.000				
	A = 235.000				
	L = 110.450	381.688			
			3.344.607	24.155.940	5.264.161
D6	G = 163.600g	288.265			
			3.632.872	24.311.925	5.021.744
L6	A = 198.000				
	Rf= 400.000				
	L = 98.010				
			3.730.882	24.368.242	4.941.610
	XC= 24675.649				
	YC= 5197.542				
	R = 400.000				
	L = 115.094				
			3.845.976	24.453.508	4.864.896

	Rd= 400.000				
	A = 198.000				
	L = 98.010	311.114			
			3.943.986	24.539.127	4.817.329
D7	G = 129.684g	687.126			
			4.631.112	25.152.902	4.508.424
L7	A = 334.000				
	Rf= 800.000				
	L = 139.445				
			4.770.557	25.279.186	4.449.399
	XC= 25575.269				
	YC= 5192.592				
	R = 800.000				
	L = 265.037				
			5.035.593	25.537.024	4.393.506
	Rd= 800.000				
	A = 334.000				
	L = 139.445	543.927			
			5.175.038	25.676.415	4.394.939
D8	G = 97.496g	743.217			
			5.918.255	26.419.057	4.424.161
LONGUEUR DE L'AXE 5918.255					

## Profil en long

El?	Caracteristiques des ??ents	Longueur	Abscisse	Cote
			0.000	68.250
D1	PENTE= 1.368 %	1.419.121		
			1.419.121	87.667
PAR1	SS= 1337.027 ZS= 87.105			
	RS = 6000.000	210.938		
			1.630.059	94.261
D2	PENTE= 4.884 %	818.615		
			2.448.674	134.241
PAR2	SS= 3913.836 ZS= 170.019			
	RS = -30000.000	715.371		
			3.164.046	160.650
D3	PENTE= 2.499 %	59.122		
			3.223.167	162.127
PAR3	SS= 3298.146 ZS= 163.064			
	RS = -3000.000	239.486		
			3.462.653	158.554
D4	PENTE= -5.484 %	903.898		
			4.366.551	108.988
PAR4	SS= 4695.564 ZS= 99.967			
	RS = 6000.000	262.898		
			4.629.449	100.332
D5	PENTE= -1.102 %	1.288.806		
			5.918.255	86.130
LONGUEUR DE L'AXE 5918.255				

## Cubatures

N-	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE	PURGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
1	0.000	0.0	8.8	0.0	0.0
2	5.000	0.1	13.9	0.0	0.0
3	10.000	2.0	13.5	0.0	0.0
4	15.000	2.5	14.0	0.0	0.0
5	20.000	2.1	14.4	0.0	0.0
6	25.000	3.7	14.4	0.0	0.0
7	30.000	4.5	12.6	0.0	0.0
8	35.000	5.1	9.8	0.0	0.0
9	40.000	5.7	6.9	0.0	0.0
10	45.000	6.2	5.8	0.0	0.0
11	50.000	6.9	4.2	0.0	0.0
12	55.000	8.1	1.7	0.0	0.0
13	60.000	8.6	2.2	0.0	0.0
14	65.000	10.2	2.0	0.0	0.0
15	70.000	12.6	2.1	0.0	0.0
16	75.000	15.8	1.6	0.0	0.0
17	80.000	19.9	1.1	0.0	0.0
18	85.000	20.9	0.9	0.0	0.0
19	90.000	22.1	1.0	0.0	0.0
20	95.000	23.4	1.4	0.0	0.0
21	100.000	24.9	1.4	0.0	0.0
22	105.000	27.0	1.4	0.0	0.0
23	110.000	29.0	1.4	0.0	0.0
24	115.000	30.3	1.4	0.0	0.0
25	120.000	30.9	1.4	0.0	0.0
26	125.000	31.6	1.5	0.0	0.0
27	130.000	40.8	1.0	0.0	0.0
28	135.000	39.9	1.1	0.0	0.0
29	140.000	38.9	1.0	0.0	0.0
30	145.000	39.3	1.0	0.0	0.0
31	150.000	40.7	1.1	0.0	0.0
32	155.000	40.3	1.0	0.0	0.0
33	160.000	40.0	1.1	0.0	0.0
34	165.000	39.8	1.1	0.0	0.0
35	170.000	41.0	1.1	0.0	0.0
36	175.000	40.9	1.1	0.0	0.0
37	180.000	40.6	1.1	0.0	0.0
38	185.000	40.1	1.0	0.0	0.0
39	190.000	39.3	1.0	0.0	0.0

40	195.000	38.4	1.0	0.0	0.0
41	200.000	40.1	1.0	0.0	0.0
42	205.000	41.8	1.0	0.0	0.0
43	210.000	43.4	1.0	0.0	0.0
44	215.000	44.9	1.0	0.0	0.0
45	220.000	46.2	1.0	0.0	0.0
46	225.000	47.3	1.0	0.0	0.0
47	230.000	48.4	1.0	0.0	0.0
48	235.000	42.5	0.9	0.0	0.0
49	238.583	25.1	0.5	0.0	0.0
50	240.000	32.5	0.7	0.0	0.0
51	245.000	45.3	1.0	0.0	0.0
52	250.000	36.8	1.0	0.0	0.0
53	255.000	33.3	1.0	0.0	0.0
54	260.000	33.6	1.2	0.0	0.0
55	265.000	34.4	1.3	0.0	0.0
56	270.000	40.4	1.6	0.0	0.0
57	275.000	24.8	1.9	0.0	0.0
58	280.000	16.2	7.5	0.0	0.0
59	285.000	15.0	15.8	0.0	0.0
60	290.000	14.2	23.2	0.0	0.0
61	295.000	13.6	27.9	0.0	0.0
62	300.000	15.0	31.9	0.0	0.0
63	305.000	9.3	35.5	0.0	0.0
64	310.000	0.0	38.8	0.0	0.0
65	315.000	6.9	49.5	0.0	0.0
66	320.000	13.5	53.1	0.0	0.0
67	325.000	14.1	38.7	0.0	0.0
68	330.000	15.4	31.0	0.0	0.0
69	335.000	19.2	23.6	0.0	0.0
70	340.000	22.9	14.4	0.0	0.0
71	345.000	28.8	6.2	0.0	0.0
72	349.033	16.7	3.9	0.0	0.0
73	350.000	19.7	4.7	0.0	0.0
74	355.000	36.0	5.1	0.0	0.0
75	360.000	41.3	2.4	0.0	0.0
76	365.000	49.3	2.3	0.0	0.0
77	370.000	53.3	2.2	0.0	0.0
78	375.000	55.2	2.1	0.0	0.0
79	380.000	51.8	1.7	0.0	0.0
80	385.000	44.5	1.5	0.0	0.0
81	390.000	45.0	1.7	0.0	0.0
82	395.000	50.1	1.6	0.0	0.0
83	400.000	58.7	1.3	0.0	0.0
84	405.000	42.5	0.8	0.0	0.0

85	406.009	36.8	0.6	0.0	0.0
86	410.000	84.9	1.3	0.0	0.0
87	415.000	96.4	1.2	0.0	0.0
88	420.000	98.3	1.2	0.0	0.0
89	425.000	100.1	1.3	0.0	0.0
90	430.000	102.7	1.0	0.0	0.0
91	435.000	104.5	1.0	0.0	0.0
92	440.000	104.5	1.0	0.0	0.0
93	445.000	103.7	1.2	0.0	0.0
94	450.000	105.6	1.1	0.0	0.0
95	455.000	109.4	1.0	0.0	0.0
96	460.000	113.1	1.1	0.0	0.0
97	465.000	121.6	1.0	0.0	0.0
98	470.000	119.3	0.9	0.0	0.0
99	475.000	120.6	1.0	0.0	0.0
100	480.000	122.5	1.0	0.0	0.0
101	485.000	124.9	0.5	0.0	0.0
102	490.000	127.6	1.9	0.0	0.0
103	495.000	125.0	1.0	0.0	0.0
104	500.000	125.1	1.4	0.0	0.0
105	505.000	128.8	1.0	0.0	0.0
106	510.000	133.4	1.0	0.0	0.0
107	515.000	89.4	0.6	0.0	0.0
108	516.459	69.9	0.5	0.0	0.0
109	520.000	122.7	1.3	0.0	0.0
110	525.000	150.2	1.0	0.0	0.0
111	530.000	150.7	1.0	0.0	0.0
112	535.000	151.4	1.0	0.0	0.0
113	540.000	152.2	1.0	0.0	0.0
114	545.000	153.2	1.0	0.0	0.0
115	550.000	153.3	1.0	0.0	0.0
116	555.000	138.1	1.3	0.0	0.0
117	560.000	125.9	1.7	0.0	0.0
118	565.000	117.7	1.1	0.0	0.0
119	570.000	114.6	3.8	0.0	0.0
120	575.000	116.7	6.2	0.0	0.0
121	580.000	114.8	4.5	0.0	0.0
122	585.000	115.9	1.4	0.0	0.0
123	590.000	122.7	1.4	0.0	0.0
124	595.000	132.1	1.1	0.0	0.0
125	600.000	142.7	1.3	0.0	0.0
126	605.000	148.2	1.1	0.0	0.0
127	610.000	140.2	1.6	0.0	0.0
128	615.000	136.8	1.4	0.0	0.0
129	620.000	137.2	1.1	0.0	0.0

130	625.000	139.2	0.5	0.0	0.0
131	630.000	148.1	1.5	0.0	0.0
132	635.000	153.4	1.5	0.0	0.0
133	640.000	151.9	1.5	0.0	0.0
134	645.000	150.5	1.5	0.0	0.0
135	650.000	149.2	1.3	0.0	0.0
136	655.000	148.1	1.1	0.0	0.0
137	660.000	144.7	1.1	0.0	0.0
138	665.000	146.6	1.2	0.0	0.0
139	670.000	148.5	1.4	0.0	0.0
140	675.000	149.8	1.4	0.0	0.0
141	680.000	150.5	1.5	0.0	0.0
142	685.000	147.6	1.5	0.0	0.0
143	690.000	149.0	1.5	0.0	0.0
144	695.000	150.0	1.5	0.0	0.0
145	700.000	150.7	1.5	0.0	0.0
146	705.000	151.2	1.6	0.0	0.0
147	710.000	150.8	1.6	0.0	0.0
148	715.000	149.2	1.6	0.0	0.0
149	720.000	147.6	1.6	0.0	0.0
150	725.000	146.1	1.6	0.0	0.0
151	730.000	144.7	0.5	0.0	0.0
152	735.000	143.5	0.5	0.0	0.0
153	740.000	137.2	0.5	0.0	0.0
154	745.000	77.6	0.3	0.0	0.0
155	745.993	64.0	0.2	0.0	0.0
156	750.000	110.3	0.4	0.0	0.0
157	755.000	115.5	0.5	0.0	0.0
158	760.000	108.8	0.5	0.0	0.0
159	765.000	102.1	1.4	0.0	0.0
160	770.000	106.3	1.9	0.0	0.0
161	775.000	97.4	0.5	0.0	0.0
162	780.000	86.7	1.2	0.0	0.0
163	785.000	76.2	1.2	0.0	0.0
164	790.000	67.3	1.2	0.0	0.0
165	795.000	56.7	1.4	0.0	0.0
166	800.000	38.7	1.1	0.0	0.0
167	805.000	31.2	1.1	0.0	0.0
168	810.000	25.8	1.1	0.0	0.0
169	815.000	25.3	1.1	0.0	0.0
170	820.000	21.9	1.1	0.0	0.0
171	825.000	18.4	1.1	0.0	0.0
172	830.000	39.1	2.2	0.0	0.0
173	835.000	7.2	11.1	0.0	0.0
174	840.000	0.0	28.5	0.0	0.0

175	845.000	0.0	36.0	0.0	0.0
176	850.000	0.0	40.0	0.0	0.0
177	855.000	0.0	31.1	0.0	0.0
178	856.443	0.0	25.3	0.0	0.0
179	860.000	0.0	47.6	0.0	0.0
180	865.000	0.0	59.8	0.0	0.0
181	870.000	0.0	68.3	0.0	0.0
182	875.000	0.0	76.9	0.0	0.0
183	880.000	0.0	83.2	0.0	0.0
184	885.000	0.0	89.2	0.0	0.0
185	890.000	0.0	95.1	0.0	0.0
186	895.000	0.0	103.5	0.0	0.0
187	900.000	0.0	66.1	0.0	0.0
188	900.885	0.0	56.5	0.0	0.0
189	905.000	0.0	102.1	0.0	0.0
190	910.000	0.0	101.0	0.0	0.0
191	915.000	0.0	81.1	0.0	0.0
192	920.000	0.0	72.9	0.0	0.0
193	925.000	0.0	64.7	0.0	0.0
194	930.000	0.0	56.2	0.0	0.0
195	935.000	0.7	40.4	0.0	0.0
196	940.000	3.6	28.7	0.0	0.0
197	945.000	7.7	20.0	0.0	0.0
198	950.000	12.9	14.0	0.0	0.0
199	955.000	22.1	7.5	0.0	0.0
200	960.000	32.1	2.6	0.0	0.0
201	965.000	39.8	1.8	0.0	0.0
202	970.000	47.8	3.5	0.0	0.0
203	975.000	52.0	2.6	0.0	0.0
204	980.000	58.5	2.1	0.0	0.0
205	985.000	66.3	1.6	0.0	0.0
206	990.000	69.8	0.7	0.0	0.0
207	995.000	53.7	0.7	0.0	0.0
208	1.000.000	57.7	0.7	0.0	0.0
209	1.005.000	60.8	1.2	0.0	0.0
210	1.010.000	40.7	0.8	0.0	0.0
211	1.011.335	32.5	0.7	0.0	0.0
212	1.015.000	58.6	1.0	0.0	0.0
213	1.020.000	71.0	1.1	0.0	0.0
214	1.025.000	74.2	1.0	0.0	0.0
215	1.030.000	77.3	1.0	0.0	0.0
216	1.035.000	74.9	1.0	0.0	0.0
217	1.040.000	67.5	1.0	0.0	0.0
218	1.045.000	68.5	1.0	0.0	0.0
219	1.050.000	70.4	1.0	0.0	0.0

220	1.055.000	73.0	1.0	0.0	0.0
221	1.060.000	75.5	1.0	0.0	0.0
222	1.065.000	78.5	1.0	0.0	0.0
223	1.070.000	77.4	0.9	0.0	0.0
224	1.075.000	78.7	1.1	0.0	0.0
225	1.080.000	81.2	1.1	0.0	0.0
226	1.085.000	83.9	1.1	0.0	0.0
227	1.090.000	74.0	1.1	0.0	0.0
228	1.095.000	43.2	1.1	0.0	0.0
229	1.100.000	30.4	1.1	0.0	0.0
230	1.105.000	36.2	1.0	0.0	0.0
231	1.110.000	49.1	3.5	0.0	0.0
232	1.115.000	25.3	2.8	0.0	0.0
233	1.120.000	45.2	1.1	0.0	0.0
234	1.125.000	59.7	1.1	0.0	0.0
235	1.130.000	67.3	1.0	0.0	0.0
236	1.135.000	92.7	1.0	0.0	0.0
237	1.140.000	85.7	1.0	0.0	0.0
238	1.145.000	75.2	1.1	0.0	0.0
239	1.150.000	63.6	1.1	0.0	0.0
240	1.155.000	61.7	1.1	0.0	0.0
241	1.160.000	51.1	1.0	0.0	0.0
242	1.165.000	63.5	1.0	0.0	0.0
243	1.170.000	55.4	1.0	0.0	0.0
244	1.175.000	41.2	1.0	0.0	0.0
245	1.180.000	26.2	1.4	0.0	0.0
246	1.185.000	17.0	2.0	0.0	0.0
247	1.190.000	11.8	1.4	0.0	0.0
248	1.195.000	8.3	2.7	0.0	0.0
249	1.200.000	4.4	4.8	0.0	0.0
250	1.205.000	0.9	7.4	0.0	0.0
251	1.210.000	0.0	12.1	0.0	0.0
252	1.215.000	0.0	19.7	0.0	0.0
253	1.220.000	0.2	16.2	0.0	0.0
254	1.225.000	1.7	10.7	0.0	0.0
255	1.229.037	1.8	5.0	0.0	0.0
256	1.230.000	2.4	5.8	0.0	0.0
257	1.235.000	4.3	9.1	0.0	0.0
258	1.240.000	2.0	9.7	0.0	0.0
259	1.245.000	0.0	14.9	0.0	0.0
260	1.250.000	0.0	22.9	0.0	0.0
261	1.255.000	0.0	33.5	0.0	0.0
262	1.260.000	0.0	44.7	0.0	0.0
263	1.265.000	0.0	64.0	0.0	0.0
264	1.270.000	0.0	56.2	0.0	0.0

265	1.275.000	0.0	42.2	0.0	0.0
266	1.280.000	0.0	33.8	0.0	0.0
267	1.285.000	0.1	26.8	0.0	0.0
268	1.290.000	0.0	22.6	0.0	0.0
269	1.295.000	0.2	25.8	0.0	0.0
270	1.300.000	0.5	16.8	0.0	0.0
271	1.305.000	1.7	6.5	0.0	0.0
272	1.310.000	5.8	2.8	0.0	0.0
273	1.315.000	14.7	1.9	0.0	0.0
274	1.320.000	22.7	1.2	0.0	0.0
275	1.325.000	21.1	0.8	0.0	0.0
276	1.327.047	16.3	0.5	0.0	0.0
277	1.330.000	34.1	0.8	0.0	0.0
278	1.335.000	68.8	1.6	0.0	0.0
279	1.340.000	90.3	0.8	0.0	0.0
280	1.345.000	121.0	1.8	0.0	0.0
281	1.350.000	140.5	1.8	0.0	0.0
282	1.355.000	153.0	1.8	0.0	0.0
283	1.360.000	171.1	1.0	0.0	0.0
284	1.365.000	163.6	0.6	0.0	0.0
285	1.370.000	175.2	1.2	0.0	0.0
286	1.375.000	143.5	1.2	0.0	0.0
287	1.380.000	145.3	1.3	0.0	0.0
288	1.385.000	140.7	1.3	0.0	0.0
289	1.390.000	134.1	2.0	0.0	0.0
290	1.395.000	125.8	1.1	0.0	0.0
291	1.400.000	123.0	1.2	0.0	0.0
292	1.405.000	121.1	1.2	0.0	0.0
293	1.410.000	113.3	1.2	0.0	0.0
294	1.415.000	89.9	0.6	0.0	0.0
295	1.418.444	49.7	0.6	0.0	0.0
296	1.420.000	63.4	0.8	0.0	0.0
297	1.750.000	343.4	0.6	0.0	0.0
298	1.755.000	360.0	0.5	0.0	0.0
299	1.760.000	376.3	0.5	0.0	0.0
300	1.765.000	386.1	1.2	0.0	0.0
301	1.770.000	377.0	1.5	0.0	0.0
302	1.775.000	318.5	1.2	0.0	0.0
303	1.780.000	321.3	1.2	0.0	0.0
304	1.785.000	330.2	1.2	0.0	0.0
305	1.790.000	340.0	1.0	0.0	0.0
306	1.795.000	351.1	1.0	0.0	0.0
307	1.800.000	377.3	1.0	0.0	0.0
308	1.805.000	402.5	1.3	0.0	0.0
309	1.810.000	431.0	0.7	0.0	0.0

310	1.815.000	461.1	1.3	0.0	0.0
311	1.820.000	492.6	1.2	0.0	0.0
312	1.825.000	519.9	1.2	0.0	0.0
313	1.830.000	545.1	1.2	0.0	0.0
314	1.835.000	566.0	1.2	0.0	0.0
315	1.840.000	585.0	1.2	0.0	0.0
316	1.845.000	603.1	1.3	0.0	0.0
317	1.850.000	623.2	1.3	0.0	0.0
318	1.855.000	647.0	1.3	0.0	0.0
319	1.860.000	671.9	1.2	0.0	0.0
320	1.865.000	687.8	1.2	0.0	0.0
321	1.870.000	702.7	1.2	0.0	0.0
322	1.875.000	716.8	1.2	0.0	0.0
323	1.880.000	717.6	1.1	0.0	0.0
324	1.885.000	707.7	1.3	0.0	0.0
325	1.890.000	701.6	1.0	0.0	0.0
326	1.895.000	725.5	1.2	0.0	0.0
327	1.900.000	745.4	1.5	0.0	0.0
328	1.905.000	746.0	0.6	0.0	0.0
329	1.910.000	751.5	0.5	0.0	0.0
330	1.915.000	755.1	0.5	0.0	0.0
331	1.920.000	739.4	0.5	0.0	0.0
332	1.925.000	721.6	0.5	0.0	0.0
333	1.930.000	701.6	0.5	0.0	0.0
334	1.935.000	682.0	0.5	0.0	0.0
335	1.940.000	663.8	0.8	0.0	0.0
336	2.135.000	808.6	0.6	0.0	0.0
337	2.140.000	827.5	0.6	0.0	0.0
338	2.145.000	834.6	0.6	0.0	0.0
339	2.150.000	850.6	0.5	0.0	0.0
340	2.155.000	870.2	0.7	0.0	0.0
341	2.160.000	869.3	0.6	0.0	0.0
342	2.165.000	865.5	0.6	0.0	0.0
343	2.170.000	853.7	1.3	0.0	0.0
344	2.175.000	903.3	1.3	0.0	0.0
345	2.180.000	955.8	1.3	0.0	0.0
346	2.185.000	910.7	1.1	0.0	0.0
347	2.190.000	855.9	1.0	0.0	0.0
348	2.195.000	875.5	1.0	0.0	0.0
349	2.200.000	886.6	1.1	0.0	0.0
350	2.205.000	888.6	1.2	0.0	0.0
351	2.210.000	888.6	1.2	0.0	0.0
352	2.215.000	898.9	1.2	0.0	0.0
353	2.220.000	914.6	1.2	0.0	0.0
354	2.225.000	934.0	1.2	0.0	0.0

355	2.230.000	945.2	1.2	0.0	0.0
356	2.235.000	953.7	1.1	0.0	0.0
357	2.240.000	962.8	1.1	0.0	0.0
358	2.245.000	972.3	1.0	0.0	0.0
359	2.250.000	980.5	1.1	0.0	0.0
360	2.255.000	973.5	1.1	0.0	0.0
361	2.260.000	990.1	1.1	0.0	0.0
362	2.265.000	1006.9	1.1	0.0	0.0
363	2.270.000	1010.7	1.1	0.0	0.0
364	2.275.000	1023.8	1.0	0.0	0.0
365	2.280.000	1033.5	1.0	0.0	0.0
366	2.285.000	1038.5	1.1	0.0	0.0
367	2.290.000	911.9	0.9	0.0	0.0
368	2.293.691	527.9	0.5	0.0	0.0
369	2.295.000	667.5	0.7	0.0	0.0
370	2.300.000	1065.6	1.1	0.0	0.0
371	2.305.000	1068.0	1.1	0.0	0.0
372	2.310.000	1068.9	1.1	0.0	0.0
373	2.315.000	1066.4	0.5	0.0	0.0
374	2.320.000	1067.2	0.5	0.0	0.0
375	2.325.000	1071.2	0.5	0.0	0.0
376	2.330.000	1084.8	0.5	0.0	0.0
377	2.335.000	1094.6	0.5	0.0	0.0
378	2.340.000	1103.5	0.5	0.0	0.0
379	2.345.000	1115.4	0.5	0.0	0.0
380	2.350.000	1102.0	0.5	0.0	0.0
381	2.355.000	1086.9	0.5	0.0	0.0
382	2.360.000	1070.7	0.5	0.0	0.0
383	2.365.000	1039.9	0.5	0.0	0.0
384	2.370.000	1006.6	0.5	0.0	0.0
385	2.375.000	977.2	0.5	0.0	0.0
386	2.380.000	1037.0	0.5	0.0	0.0
387	2.385.000	1101.6	0.5	0.0	0.0
388	2.390.000	1169.6	0.6	0.0	0.0
389	2.395.000	1165.5	1.1	0.0	0.0
390	2.400.000	1053.4	1.0	0.0	0.0
391	2.404.141	571.1	0.5	0.0	0.0
392	2.405.000	672.2	0.6	0.0	0.0
393	2.410.000	1184.9	1.0	0.0	0.0
394	2.415.000	1209.8	0.7	0.0	0.0
395	2.420.000	1220.5	0.6	0.0	0.0
396	2.425.000	1212.4	0.6	0.0	0.0
397	2.430.000	1186.6	2.1	0.0	0.0
398	2.435.000	1149.1	1.0	0.0	0.0
399	2.440.000	1123.4	1.0	0.0	0.0

400	2.445.000	1117.8	1.1	0.0	0.0
401	2.450.000	1110.7	1.1	0.0	0.0
402	2.455.000	1101.8	1.0	0.0	0.0
403	2.460.000	1085.8	1.2	0.0	0.0
404	2.465.000	1056.5	1.4	0.0	0.0
405	2.470.000	1028.5	0.6	0.0	0.0
406	2.475.000	973.3	0.5	0.0	0.0
407	2.480.000	922.1	0.5	0.0	0.0
408	2.485.000	873.4	0.8	0.0	0.0
409	2.490.000	814.0	0.7	0.0	0.0
410	2.495.000	735.3	0.3	0.0	0.0
411	2.835.000	0.0	194.8	0.0	0.0
412	2.840.000	0.0	148.3	0.0	0.0
413	2.845.000	0.0	115.3	0.0	0.0
414	2.850.000	0.0	95.5	0.0	0.0
415	2.855.000	0.2	62.4	0.0	0.0
416	2.860.000	6.0	33.2	0.0	0.0
417	2.865.000	17.6	17.2	0.0	0.0
418	2.870.000	25.4	5.8	0.0	0.0
419	2.875.000	32.9	1.9	0.0	0.0
420	2.880.000	42.8	1.2	0.0	0.0
421	2.885.000	51.8	1.2	0.0	0.0
422	2.890.000	43.6	0.8	0.0	0.0
423	2.895.000	42.0	1.7	0.0	0.0
424	2.900.000	39.5	1.7	0.0	0.0
425	2.905.000	38.0	1.3	0.0	0.0
426	2.910.000	35.2	1.5	0.0	0.0
427	2.915.000	30.0	3.5	0.0	0.0
428	2.920.000	26.2	7.2	0.0	0.0
429	2.925.000	21.1	9.3	0.0	0.0
430	2.930.000	13.0	10.4	0.0	0.0
431	2.935.000	4.1	13.1	0.0	0.0
432	2.940.000	2.5	27.0	0.0	0.0
433	2.945.000	1.8	37.9	0.0	0.0
434	2.950.000	0.4	50.9	0.0	0.0
435	2.955.000	0.0	70.2	0.0	0.0
436	2.960.000	0.0	67.3	0.0	0.0
437	2.962.919	0.0	46.1	0.0	0.0
438	2.965.000	0.1	65.2	0.0	0.0
439	2.970.000	0.0	114.3	0.0	0.0
440	2.975.000	0.0	137.4	0.0	0.0
441	2.980.000	0.0	160.1	0.0	0.0
442	2.985.000	0.0	195.8	0.0	0.0
443	2.990.000	0.0	214.0	0.0	0.0
444	2.995.000	0.0	234.9	0.0	0.0

445	3.000.000	0.0	258.5	0.0	0.0
446	3.005.000	0.0	279.8	0.0	0.0
447	3.010.000	0.0	295.0	0.0	0.0
448	3.015.000	0.0	310.4	0.0	0.0
449	3.020.000	0.0	328.9	0.0	0.0
450	3.025.000	0.0	350.6	0.0	0.0
451	3.030.000	0.0	370.3	0.0	0.0
452	3.035.000	0.0	380.0	0.0	0.0
453	3.040.000	0.0	388.3	0.0	0.0
454	3.045.000	0.0	397.1	0.0	0.0
455	3.050.000	0.0	402.0	0.0	0.0
456	3.055.000	0.0	406.4	0.0	0.0
457	3.060.000	0.0	408.9	0.0	0.0
458	3.065.000	0.0	402.1	0.0	0.0
459	3.070.000	0.0	323.4	0.0	0.0
460	3.095.000	0.0	471.5	0.0	0.0
461	3.100.000	0.0	484.6	0.0	0.0
462	3.105.000	2634.0	491.0	0.0	0.0
463	3.110.000	1914.4	489.3	0.0	0.0
464	3.115.000	204.4	516.0	0.0	0.0
465	3.120.000	0.0	655.4	0.0	0.0
466	3.125.000	0.0	664.1	0.0	0.0
467	3.130.000	0.0	661.9	0.0	0.0
468	3.135.000	0.0	658.0	0.0	0.0
469	3.140.000	0.0	656.1	0.0	0.0
470	3.145.000	0.0	681.7	0.0	0.0
471	3.150.000	0.0	700.4	0.0	0.0
472	3.155.000	0.0	708.9	0.0	0.0
473	3.160.000	0.0	712.0	0.0	0.0
474	3.165.000	0.0	714.7	0.0	0.0
475	3.170.000	0.0	713.9	0.0	0.0
476	3.175.000	0.0	717.9	0.0	0.0
477	3.180.000	0.0	713.3	0.0	0.0
478	3.185.000	0.0	702.8	0.0	0.0
479	3.190.000	0.0	697.5	0.0	0.0
480	3.195.000	0.0	695.3	0.0	0.0
481	3.200.000	0.0	686.3	0.0	0.0
482	3.205.000	0.0	670.0	0.0	0.0
483	3.210.000	0.0	663.5	0.0	0.0
484	3.215.000	0.0	678.7	0.0	0.0
485	3.220.000	0.0	695.5	0.0	0.0
486	3.225.000	0.0	713.9	0.0	0.0
487	3.230.000	0.0	676.4	0.0	0.0
488	3.234.157	0.0	383.8	0.0	0.0
489	3.235.000	0.0	450.8	0.0	0.0

490	3.240.000	0.0	772.3	0.0	0.0
491	3.245.000	0.0	762.6	0.0	0.0
492	3.250.000	0.0	750.3	0.0	0.0
493	3.255.000	0.0	730.9	0.0	0.0
494	3.695.000	368.7	0.5	0.0	0.0
495	3.700.000	391.0	0.0	0.0	0.0
496	3.705.000	412.5	0.0	0.0	0.0
497	3.710.000	416.8	0.0	0.0	0.0
498	3.715.000	425.8	1.8	0.0	0.0
499	3.720.000	432.0	1.3	0.0	0.0
500	3.725.000	437.9	1.3	0.0	0.0
501	3.730.000	261.2	0.8	0.0	0.0
502	3.730.882	222.6	0.6	0.0	0.0
503	3.735.000	423.9	1.3	0.0	0.0
504	3.740.000	473.0	1.5	0.0	0.0
505	3.745.000	482.0	1.2	0.0	0.0
506	3.750.000	492.3	1.2	0.0	0.0
507	3.755.000	507.6	1.0	0.0	0.0
508	3.760.000	520.0	1.1	0.0	0.0
509	3.765.000	525.2	1.1	0.0	0.0
510	3.770.000	530.4	1.0	0.0	0.0
511	3.775.000	535.8	1.2	0.0	0.0
512	3.780.000	541.8	1.2	0.0	0.0
513	3.785.000	554.1	1.2	0.0	0.0
514	3.790.000	562.8	1.2	0.0	0.0
515	3.795.000	571.7	1.2	0.0	0.0
516	3.800.000	580.0	1.2	0.0	0.0
517	3.805.000	590.2	1.2	0.0	0.0
518	3.810.000	602.0	1.2	0.0	0.0
519	3.815.000	604.2	1.2	0.0	0.0
520	3.820.000	603.0	1.2	0.0	0.0
521	3.825.000	602.0	1.1	0.0	0.0
522	3.830.000	601.3	1.1	0.0	0.0
523	3.835.000	596.4	1.1	0.0	0.0
524	3.840.000	590.2	1.1	0.0	0.0
525	3.845.000	350.0	1.0	0.0	0.0
526	3.845.976	292.5	0.9	0.0	0.0
527	3.850.000	525.6	2.1	0.0	0.0
528	3.855.000	582.8	2.2	0.0	0.0
529	3.860.000	581.5	1.3	0.0	0.0
530	3.865.000	579.3	0.3	0.0	0.0
531	3.870.000	567.9	0.5	0.0	0.0
532	3.875.000	562.7	0.0	0.0	0.0
533	3.880.000	558.7	1.3	0.0	0.0
534	3.885.000	554.8	0.5	0.0	0.0

535	3.890.000	551.1	0.5	0.0	0.0
536	3.895.000	535.7	0.5	0.0	0.0
537	3.900.000	519.1	0.5	0.0	0.0
538	3.905.000	502.3	0.5	0.0	0.0
539	3.910.000	485.8	0.5	0.0	0.0
540	3.915.000	472.4	0.7	0.0	0.0
541	3.920.000	463.8	0.9	0.0	0.0
542	3.925.000	457.0	0.9	0.0	0.0
543	3.930.000	442.1	0.5	0.0	0.0
544	4.460.000	19.3	1.0	0.0	0.0
545	4.465.000	11.2	2.3	0.0	0.0
546	4.470.000	6.0	4.5	0.0	0.0
547	4.475.000	4.2	8.5	0.0	0.0
548	4.480.000	3.8	13.0	0.0	0.0
549	4.485.000	4.3	17.6	0.0	0.0
550	4.490.000	4.5	23.7	0.0	0.0
551	4.495.000	5.5	22.1	0.0	0.0
552	4.500.000	3.6	23.4	0.0	0.0
553	4.505.000	1.2	28.1	0.0	0.0
554	4.510.000	0.4	33.4	0.0	0.0
555	4.515.000	0.4	41.4	0.0	0.0
556	4.520.000	0.3	46.8	0.0	0.0
557	4.525.000	0.0	46.1	0.0	0.0
558	4.530.000	0.0	59.9	0.0	0.0
559	4.535.000	0.0	55.6	0.0	0.0
560	4.540.000	0.4	47.4	0.0	0.0
561	4.545.000	1.3	42.7	0.0	0.0
562	4.550.000	0.0	36.7	0.0	0.0
563	4.555.000	0.1	26.2	0.0	0.0
564	4.560.000	2.2	20.1	0.0	0.0
565	4.565.000	7.2	16.4	0.0	0.0
566	4.570.000	15.0	13.8	0.0	0.0
567	4.575.000	25.1	9.7	0.0	0.0
568	4.580.000	30.5	5.0	0.0	0.0
569	4.585.000	19.9	4.0	0.0	0.0
570	4.590.000	17.1	3.1	0.0	0.0
571	4.595.000	13.4	2.4	0.0	0.0
572	4.600.000	15.1	2.4	0.0	0.0
573	4.605.000	33.3	3.0	0.0	0.0
574	4.610.000	53.3	2.6	0.0	0.0
575	4.615.000	55.9	1.8	0.0	0.0
576	4.620.000	59.4	1.3	0.0	0.0
577	4.625.000	63.9	1.0	0.0	0.0
578	4.630.000	42.4	0.6	0.0	0.0
579	4.631.112	35.3	0.2	0.0	0.0

580	4.635.000	64.8	0.4	0.0	0.0
581	4.640.000	76.3	0.5	0.0	0.0
582	4.645.000	87.3	0.5	0.0	0.0
583	4.650.000	96.2	0.5	0.0	0.0
584	4.655.000	104.3	0.5	0.0	0.0
585	4.660.000	112.0	1.0	0.0	0.0
586	4.665.000	119.6	1.0	0.0	0.0
587	4.670.000	128.7	1.0	0.0	0.0
588	4.675.000	138.4	1.0	0.0	0.0
589	4.680.000	148.7	1.0	0.0	0.0
590	4.685.000	159.7	1.0	0.0	0.0
591	4.690.000	171.1	1.1	0.0	0.0
592	4.695.000	172.2	1.1	0.0	0.0
593	4.700.000	172.2	1.1	0.0	0.0
594	4.705.000	172.9	1.1	0.0	0.0
595	4.710.000	174.3	1.1	0.0	0.0
596	4.715.000	176.1	1.0	0.0	0.0
597	4.720.000	177.5	1.0	0.0	0.0
598	4.725.000	177.6	1.0	0.0	0.0
599	4.730.000	177.9	1.0	0.0	0.0
600	4.735.000	178.5	1.0	0.0	0.0
601	4.740.000	179.2	1.0	0.0	0.0
602	4.745.000	181.0	1.0	0.0	0.0
603	4.750.000	183.8	1.0	0.0	0.0
604	4.755.000	187.9	1.1	0.0	0.0
605	4.760.000	194.0	1.2	0.0	0.0
606	4.765.000	201.9	1.3	0.0	0.0
607	4.770.000	119.1	0.7	0.0	0.0
608	4.770.557	107.5	0.6	0.0	0.0
609	4.775.000	206.8	1.0	0.0	0.0
610	4.780.000	223.2	0.8	0.0	0.0
611	4.785.000	227.0	0.1	0.0	0.0
612	4.790.000	230.4	0.1	0.0	0.0
613	4.795.000	233.5	0.2	0.0	0.0
614	4.800.000	235.5	1.0	0.0	0.0
615	4.805.000	235.6	0.4	0.0	0.0
616	4.810.000	231.0	1.2	0.0	0.0
617	4.945.000	204.1	0.6	0.0	0.0
618	4.950.000	220.3	0.5	0.0	0.0
619	4.955.000	226.8	1.4	0.0	0.0
620	4.960.000	231.5	1.0	0.0	0.0
621	4.965.000	3145.0	1.0	0.0	0.0
622	4.970.000	3618.3	2.2	0.0	0.0
623	4.975.000	3471.2	0.5	0.0	0.0
624	4.980.000	2752.7	0.5	0.0	0.0

625	4.985.000	1464.5	0.5	0.0	0.0
626	4.990.000	220.1	1.0	0.0	0.0
627	4.995.000	217.0	1.0	0.0	0.0
628	5.000.000	214.6	1.0	0.0	0.0
629	5.005.000	213.1	1.0	0.0	0.0
630	5.010.000	212.9	1.0	0.0	0.0
631	5.015.000	208.5	1.2	0.0	0.0
632	5.020.000	210.7	1.4	0.0	0.0
633	5.025.000	211.3	1.5	0.0	0.0
634	5.030.000	210.2	1.7	0.0	0.0
635	5.035.000	116.0	0.8	0.0	0.0
636	5.035.593	103.4	0.8	0.0	0.0
637	5.040.000	171.2	1.2	0.0	0.0
638	5.045.000	182.6	1.0	0.0	0.0
639	5.050.000	182.0	1.1	0.0	0.0
640	5.055.000	181.4	1.1	0.0	0.0
641	5.060.000	180.8	1.1	0.0	0.0
642	5.065.000	178.6	1.5	0.0	0.0
643	5.070.000	180.9	0.5	0.0	0.0
644	5.075.000	178.3	0.5	0.0	0.0
645	5.080.000	174.3	0.5	0.0	0.0
646	5.085.000	168.9	0.5	0.0	0.0
647	5.090.000	162.0	0.5	0.0	0.0
648	5.095.000	153.7	0.5	0.0	0.0
649	5.100.000	153.3	1.0	0.0	0.0
650	5.105.000	155.5	1.0	0.0	0.0
651	5.110.000	155.9	1.0	0.0	0.0
652	5.115.000	154.8	1.0	0.0	0.0
653	5.120.000	152.3	1.0	0.0	0.0
654	5.125.000	147.8	1.1	0.0	0.0
655	5.130.000	147.6	1.1	0.0	0.0
656	5.135.000	147.5	1.0	0.0	0.0
657	5.140.000	147.4	1.0	0.0	0.0
658	5.145.000	146.9	1.0	0.0	0.0
659	5.150.000	148.2	1.0	0.0	0.0
660	5.155.000	147.0	1.0	0.0	0.0
661	5.160.000	145.1	1.0	0.0	0.0
662	5.165.000	142.6	1.0	0.0	0.0
663	5.170.000	139.8	0.5	0.0	0.0
664	5.175.000	69.2	0.3	0.0	0.0
665	5.175.038	68.7	0.3	0.0	0.0
666	5.180.000	134.2	0.5	0.0	0.0
667	5.185.000	129.9	0.5	0.0	0.0
668	5.190.000	123.0	0.5	0.0	0.0
669	5.195.000	114.1	0.5	0.0	0.0

670	5.200.000	103.0	0.5	0.0	0.0
671	5.205.000	93.5	1.0	0.0	0.0
672	5.210.000	84.6	1.0	0.0	0.0
673	5.215.000	79.2	1.0	0.0	0.0
674	5.220.000	79.0	1.0	0.0	0.0
675	5.225.000	79.0	1.0	0.0	0.0
676	5.230.000	73.2	1.0	0.0	0.0
677	5.235.000	79.9	1.1	0.0	0.0
678	5.240.000	84.5	1.1	0.0	0.0
679	5.245.000	76.3	1.0	0.0	0.0
680	5.250.000	68.9	1.3	0.0	0.0
681	5.255.000	62.0	1.0	0.0	0.0
682	5.260.000	61.7	1.0	0.0	0.0
683	5.265.000	57.9	1.0	0.0	0.0
684	5.270.000	54.3	0.5	0.0	0.0
685	5.300.000	16.3	1.9	0.0	0.0
686	5.305.000	16.2	2.1	0.0	0.0
687	5.310.000	7.4	4.2	0.0	0.0
688	5.315.000	0.0	12.3	0.0	0.0
689	5.870.000	0.0	157.2	0.0	0.0
690	5.875.000	0.0	171.8	0.0	0.0
691	5.880.000	0.0	166.1	0.0	0.0
692	5.885.000	0.0	152.8	0.0	0.0
693	5.890.000	0.0	150.9	0.0	0.0
694	5.895.000	0.0	141.6	0.0	0.0
695	5.900.000	0.0	134.9	0.0	0.0
696	5.905.000	0.0	132.1	0.0	0.0
697	5.910.000	0.0	133.0	0.0	0.0
698	5.915.000	0.0	113.8	0.0	0.0
699	5.918.255	0.0	46.2	0.0	0.0
		174050	34852	0	0