



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**Université Amar Thelidji- Laghouat**



**FACULTÉ : GÉNIE CIVIL ET ARCHITECTURE**  
**DÉPARTEMENT : GÉNIE CIVIL**

## **MÉMOIRE DE MASTER**

**Présenté par :**

**MESSAADI AMEL**



**REZMA HOUCINE**

**DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE**  
**FILIERE : TRAVEAU PUBLIC**  
**OPTION : VOIES ET OUVRAGES D'ART**

### **Thème**

**ÉTUDE D'UN TRONÇON DE ROUTE**  
**«LAGHOUAT-AFLOU»**  
**- DÉDOUBLEMENT DE LA RN23**  
**(DU PK 328 AU PK336) -**

### **Jury de soutenance :**

| <b>Nom et Prénom</b>      | <b>Grade</b>      | <b>Qualité</b>      |
|---------------------------|-------------------|---------------------|
| <b>Ziregue Ahmed</b>      | <b>MCB</b>        | <b>Président</b>    |
| <b>Djaballah Ahmed</b>    | <b>MAA</b>        | <b>Examineur</b>    |
| <b>Merghoub Messaouda</b> | <b>MAA</b>        | <b>Encadreur</b>    |
| <b>Mellal Rachid</b>      | <b>Ingénieure</b> | <b>Co-encadreur</b> |

**Promotion : Juin - 2019**



# Remerciement

*Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à nos encadrateurs*

**M<sup>re</sup> MERCHOUB Messaouda.**

*Nous tenons à remercier très vivement et respectueusement monsieur*

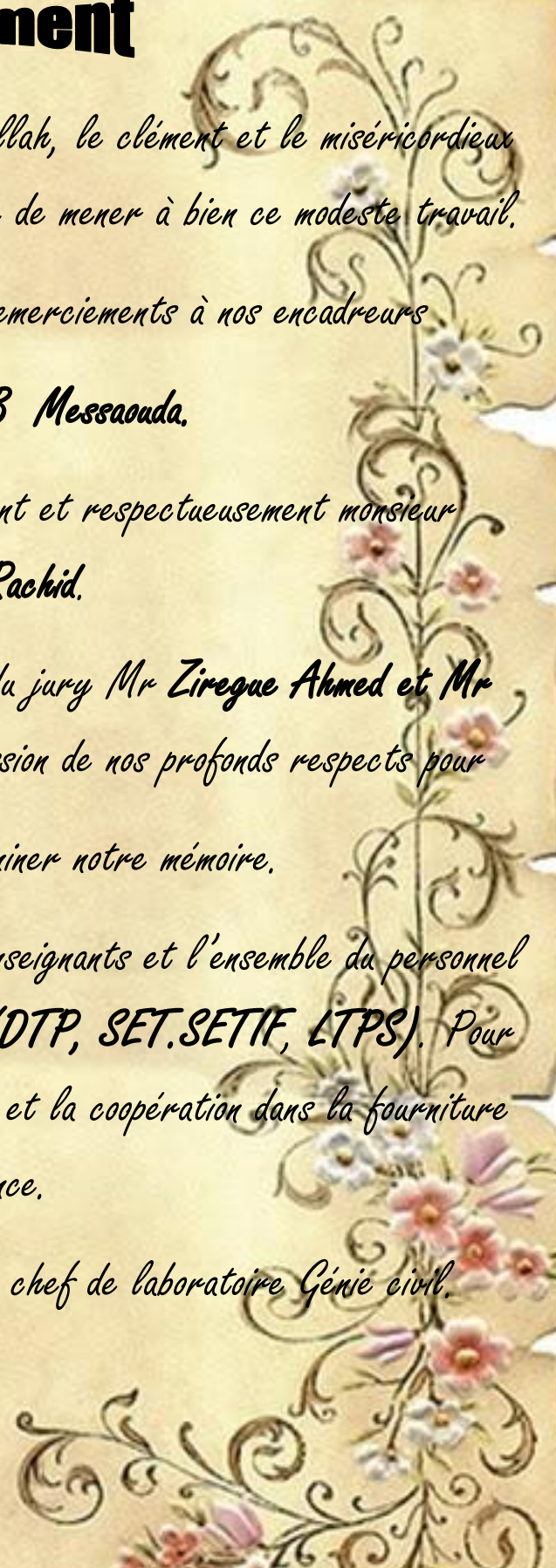
**MELLAL Rachid.**

*Nous tenons à remercier les membres du jury Mr Ziregue Ahmed et Mr Djaballah Ahmed trouvent ici l'expression de nos profonds respects pour*

*avoir pris la peine d'examiner notre mémoire.*

*Nous tenant aussi à remercier tous les enseignants et l'ensemble du personnel des différents services l'administration (DTP, SET.SETIF, LTPS). Pour les informations qui nous ont été fournies et la coopération dans la fourniture d'assistance.*

*Nous remercions, MOKDAD Bachir chef de laboratoire Génie civil.*



# الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم  
وصلاة وسلام على اشرف المرسلين

اهدي هذا العمل إلى أمي الغالية التي غرست الحب و الخير في قلبي .....أمي الحبيبة.....  
مباركي هنية.

إلى اعز شخص على قلبي الذي أتعبته الحياة وأنهكته الحياة من اجلنا.....أبي الغالي .....  
مسعدي احمد.

إلى إخوتي الأحباء .....حكيم ونور الدين ومروان.  
إلى كل الأهل والأحباب القريب منهم و البعيد وبالأخص عائلة (مباركي و مسعدي و عامر و  
مزوزي) .

إلى زميلي في رسالة التخرج—رزمة حسين.  
إلى كل زملائي دفعة 2019 أشغال عمومية طرق ومنشات فنية.

إلى كل من ساعدني في إتمام هذا العمل .  
إلى صديقتي الحبيبات حورية وفاطمة و كريمة و فاطمة  
إلى كل أساتذتي الكرام.

إلى كل الذين عرفتهم فأحببتهم و أحبوني في الله.....إخواني و أخواتي.  
أزف و اهدي عملي المتواضع هذا راجيا من المولى عز وجل أن يأجرني به و ينفع غيري  
ولله الحمد وشكر و المنة.

أمال مسعدي

# الإهداء

## بسم الله الرحمن الرحيم وصلاة وسلام على اشرف المرسلين

اهدي هذا العمل إلى أمي الغالية التي غرست الحب و الخير في قلبي .....أمي الحبيبة.....

فضية حاج عمر.

إلى روح أبي الطيب و أختي أسيا رحمها الله و أسكنهما فسيح جنانه.

إلى إختوتي الأحباء . بشير، فطيمة، محفوظ، محمد، جميلة، سعاد، لحسن و الطيب

إلى زميلتي في رسالة التخرج-أمال مسعدي.

إلى كل زملائي دفعة 2019 أشغال عمومية طرق ومنشات فنية.

إلى كل من ساعدني في إتمام هذا العمل .

إلى أصدقائي علي بن صغير، علي بحورة، عيسى دراوي، شايش الشيخ

إلى كل أساتذتي الكرام.

إلى كل الذين عرفتهم فأحببتهم و أحبوني في الله.....إخواني و أخواتي.

أزف و اهدي عملي المتواضع هذا راجيا من المولى عز وجل أن يأجرني به و ينفع غيري

ولله الحمد وشكر و المنة.

حسين رزمة



# SOMMAIRE

|                            |      |
|----------------------------|------|
| SOMMAIRE .....             | I    |
| Notation et symboles.....  | VIII |
| LISTE DES FIGURES.....     | XII  |
| LISTE DES TABLEAUX.....    | XIV  |
| INTRODUCTION GÉNÉRAL ..... | 1    |

## **CHAPITRE I: Présentation de projet et étude de trafic**

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| I.1- Présentation Du Projet .....                            | 4  |
| I.1.1- Présentation de la wilaya de laghouat .....           | 4  |
| I.1.2- Présentation du projet .....                          | 4  |
| I.1.3-Description générale de l'état initial du projet ..... | 5  |
| I.1.4- La Problématique.....                                 | 6  |
| I.1.5- Objectif de l'étude .....                             | 7  |
| I.1.6 - Aperçu géologique.....                               | 7  |
| I.1.7 – Climatologie.....                                    | 9  |
| I.1.8-Points d'eau .....                                     | 9  |
| I.1.9- Environnement de la route.....                        | 10 |
| I.1.10- Catégorie de la route.....                           | 13 |
| I.1.11- Application au projet .....                          | 14 |
| I.2- Etude de trafic.....                                    | 15 |
| I.2.1- Introduction .....                                    | 15 |
| I.2.2 - Analyse du trafic.....                               | 15 |
| I.2.2.1 La mesure des trafic .....                           | 15 |
| I.2.2.2-Les comptage.....                                    | 16 |
| I.2.2.2.1- Les comptages manuels .....                       | 16 |
| I.2.2.2.2- Les comptages automatiques .....                  | 16 |
| I.2.2.3- Les enquêtes origine destination .....              | 16 |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| I.2.3 - Différents types de trafics.....                                 | 16 |
| I.2.3.1 -Trafic normal .....                                             | 16 |
| I.2.3.2- Trafic induit .....                                             | 16 |
| I.2.3.4 -Trafic total .....                                              | 17 |
| I.2.4 - Modeles de presentation de trafic .....                          | 17 |
| I.2.4.1 - Prolongation de l'évolution passée.....                        | 17 |
| I.2.4.2 - Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques..... | 18 |
| I.2.4.3 - Modèle gravitaire.....                                         | 18 |
| I.2.4.4 - Modèle des facteurs de croissance.....                         | 18 |
| I.2.4.5- Données de trafic dans notre projet .....                       | 18 |
| I.2.5 - Calcul de la capacité .....                                      | 19 |
| I.2.5.1 – Définition de la capacité .....                                | 19 |
| I.2.5.2 - Procédure de détermination de nombre de voies.....             | 19 |
| I.2.5.3 - Trafic à un horizon donné.....                                 | 19 |
| I.2.5.4 - Trafic effectif.....                                           | 19 |
| I.2.5.5 - Débit de pointe horaire normal .....                           | 20 |
| I.2.5.6 - Débit horaire admissible .....                                 | 20 |
| I.2.6– Détermination du nombre de voie .....                             | 22 |
| I.2.7- Application au projet .....                                       | 23 |
| I.2.7.1- Calcul de TMJA à l'horizon .....                                | 23 |
| I.2.7.2- Calcul de trafic effectif .....                                 | 23 |
| I.2.7.3- Débit de pointe horaire normal .....                            | 23 |
| I.2.7.4- Débit horaire admissible.....                                   | 24 |
| I.2.7.5- Détermination du nombre des voies .....                         | 24 |
| I.2.7.6- Calcul de l'année de saturation.....                            | 24 |
| I.2.8- CONCLUSION .....                                                  | 25 |

## Chapitre II: Etude géométrique de la route

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| I.1-Introduction .....                                        | 29 |
| II.2- Tracé en plan .....                                     | 29 |
| II.2.1 – Définition.....                                      | 29 |
| II.2.2 - Règles à respecter dans le tracé en plan .....       | 29 |
| II.2.3 - Les éléments du tracé en plan .....                  | 30 |
| II.2. 3.1- Règles concernant la longueur des alignements..... | 31 |
| II.2.4– Arcs de cercle .....                                  | 32 |
| II.2.4.1- Stabilité en courbe .....                           | 32 |
| II.2.4.1.5 -Visibilité masquée dans une sinuosité.....        | 36 |
| II.2.4.1.6- Sur largeur .....                                 | 37 |
| II.2.5– Les courbes de raccordement .....                     | 38 |
| II.2.5.1- Rôle et nécessité des courbes de raccordement.....  | 38 |
| II.2.5.2 -Types de courbe de raccordement.....                | 38 |
| II.2.5.2.1- Parabole cubique .....                            | 38 |
| II.2.5.2.2- Lemniscate .....                                  | 39 |
| II.2.5.2.3- Clothoïde .....                                   | 39 |
| II.2.5.2.3.1- Expression mathématique de la Clothoïde .....   | 39 |
| II.2.5.2.3.2 -Eléments de la Clothoïde .....                  | 40 |
| II.2.6 -Les conditions de raccordement.....                   | 40 |
| II.2.6.1-Condition de confort optique .....                   | 41 |
| II.2.6 .2-Condition de confort dynamique.....                 | 41 |
| II.2.6 .3-Condition de gauchissement .....                    | 42 |
| II.2.7 - Notion de devers .....                               | 42 |
| II.2.7.1 -Dévers en alignement.....                           | 42 |
| II.2.7.2- Dévers en courbe .....                              | 43 |
| II.2.7.3-Rayon de courbure .....                              | 43 |
| II.2.7.4 - Calcul des devers.....                             | 43 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II.2.7.5 Raccordement de dévers.....                                                  | 43 |
| II.2.8- Vitesse de référence de base .....                                            | 44 |
| II.2.8.1-Choix de la vitesse de référence .....                                       | 44 |
| II.2.8.2- Vitesse de projet.....                                                      | 45 |
| II.2.9-Choix du trace .....                                                           | 45 |
| II.2.10– Paramètres fondamentaux .....                                                | 46 |
| II.2.11-Application au projet.....                                                    | 47 |
| II.2.11.5-Calcul d'axe .....                                                          | 49 |
| II.2.11.5.1 - Exemple de calcul d'axe manuellement.....                               | 49 |
| II.2.11.5.1.1-Caractéristiques de la courbe de raccordement .....                     | 49 |
| II.3. Profil en long .....                                                            | 61 |
| II.3.1- Définition .....                                                              | 61 |
| II.3.2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long .....                      | 61 |
| II.3.3- Coordination du trace en plan et du profil en long.....                       | 62 |
| II.3.4 -Les éléments de composition du profil en long .....                           | 62 |
| II.3.5 - Déclivités.....                                                              | 62 |
| II.3. 5.1 - Déclivité minimum.....                                                    | 62 |
| II.3. 5.2 - Déclivité maximum .....                                                   | 63 |
| II.3.6 - Raccordements en profil en long.....                                         | 64 |
| II.3. 6.1- Raccordement convexes (angle saillant) .....                               | 64 |
| II.3. 6.1.1- Condition de confort .....                                               | 64 |
| II.3. 6.1.2- Condition de visibilité .....                                            | 64 |
| II.3. 6.2- Raccordement concave (angle rentrant) .....                                | 65 |
| II.3.7- Caractéristiques des profil en long .....                                     | 66 |
| II.3.7.1-Condition de confort .....                                                   | 66 |
| II.3.7.2- condition de visibilité.....                                                | 66 |
| II.3.7.3- La visibilité nocturne.....                                                 | 67 |
| II.3.8 - Détermination des caractéristiques géométriques de la courbe verticale ..... | 68 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| II.3. 9- Application au projet.....                              | 70 |
| II.3. 9.1- Caractéristiques des rayons en long .....             | 70 |
| II.4- Profil en travers .....                                    | 72 |
| II.4.1 –Définition.....                                          | 72 |
| II.4. 2 - Différents types de profil en travers .....            | 72 |
| II.4. 2.1 - profil en travers type .....                         | 72 |
| II.4. 3 - Les éléments de composition du profil en travers ..... | 74 |
| II.4.4 -Profil en travers type pour le présent projet .....      | 77 |
| II.4 5 - Application au notre projet.....                        | 77 |
| II.4.6-Conclusion.....                                           | 77 |
| II.5- Cubatures.....                                             | 78 |
| II.5.1 - Introduction .....                                      | 78 |
| II.5.2 - Définition .....                                        | 78 |
| II.5.3-Méthode de calcul des cubatures .....                     | 78 |
| II.5.3.1-Description de la Méthode .....                         | 79 |
| II.4.4- Méthode de gulden .....                                  | 80 |
| II.5.5- Méthode linéaire.....                                    | 80 |
| II.5.6- Calcul des cubatures de terrassement.....                | 81 |
| II.5 .7- Conclusion.....                                         | 81 |

## CHAPTER III: Etude géotechnique et dimensionnement du corps de la chaussée

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| III.1- Etude géotechnique.....                          | 83 |
| III.1.1- Introduction.....                              | 83 |
| III.1.2-Réglementation algérienne en géotechnique ..... | 83 |
| III.1.3-Les moyens de reconnaissance .....              | 83 |
| III.1.4-Etude géotechnique.....                         | 84 |
| III.1.5- Les différents essais en laboratoire .....     | 84 |
| III.1.5.1-Les essais d'identification.....              | 84 |
| III.1.5.2-Les essais mécaniques .....                   | 84 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| III.1.5.1- Définitions des essais d'identification .....                   | 85  |
| III.1.5.2 -Définitions des Essais Mécaniques .....                         | 86  |
| III.1.6-Les resultats des essais.....                                      | 87  |
| III.1.7 - Condition d'utilisation des sols en remblais .....               | 90  |
| III.1.8 -Conclusion.....                                                   | 90  |
| III.2- Dimensionnement du corps de chaussée.....                           | 92  |
| III.2.1 - Introduction.....                                                | 92  |
| III.2.2 - La chaussee .....                                                | 92  |
| III.2.2.1 - Définition .....                                               | 92  |
| III.2.2.2 - Différents types de chaussées .....                            | 93  |
| III.2.3- Sollicitations .....                                              | 96  |
| III.2.3.1 -Les effets du trafic .....                                      | 96  |
| III.2.3-2-Les effets du climat .....                                       | 97  |
| III.2.4 - Les differents facteurs pour les études de dimensionnement ..... | 97  |
| III.2.4.1 - Trafic.....                                                    | 97  |
| III.2.4.2 -Le climat et l'environnement .....                              | 97  |
| III.2.4.3-Le sol support.....                                              | 98  |
| III.2.4.4 -Matériaux .....                                                 | 98  |
| III.2.5-Méthodes de dimensionnement .....                                  | 98  |
| III.2.5-1-Les principales méthodes de dimensionnement .....                | 98  |
| III.2.6- Application au projet .....                                       | 100 |
| III.2.6.1-Méthode de l'indice CBR .....                                    | 100 |
| III.2.6.2-Méthode de catalogue des chaussées Neuves .....                  | 103 |
| III.2.7- Conclusion .....                                                  | 109 |

## CHAPITRE IV: Assainissement

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| IV. Assainissement.....                      | 112 |
| IV.1 - Introduction .....                    | 112 |
| IV.2 - L'assainissement de plat -forme ..... | 112 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| IV.2.1- Le réseau d'assainissement.....                            | 112 |
| IV.2.1.1-Les eaux superficielles.....                              | 112 |
| IV.3-Objectif de l'assainissement .....                            | 113 |
| IV.4- Type des dégradations .....                                  | 113 |
| IV.5 - Type des canalisations .....                                | 114 |
| IV.6 - Assainissement de la chaussée .....                         | 114 |
| IV.7 - Définitions des termes hydraulique .....                    | 115 |
| IV.8- Les ouvrages des écoulements des eaux.....                   | 117 |
| IV.9 - Drainage des eaux souterraines .....                        | 117 |
| IV. 9.1-Nécessité du drainage des eaux souterraines .....          | 117 |
| IV.9.2-Protection contre la nappe phréatique .....                 | 118 |
| IV.10-Dimensionnement des ouvrages du réseau d'assainissement..... | 118 |
| IV .10.1-Choix des ouvrages d'assainissement.....                  | 118 |
| IV. 10.2-Le débit d'apport .....                                   | 119 |
| IV. 10.5-Le débit d'écoulement .....                               | 120 |
| IV.11- Dimensionnement des buses.....                              | 121 |
| IV.12- Application au notre projet .....                           | 122 |
| IV.13- Conclusion .....                                            | 125 |
| IV.14-Devis quantitatif et estimatif.....                          | 126 |
| CONCLUSION GENERALE .....                                          | 128 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES                                        |     |

## Annexes

## Notation et symboles

### A/

A : Facteur d'agressivité.

### C/

C : Facteur de cumul.

$C_{th}$ : Capacité théorique par voie qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

### D/

$d_{min}$ : Dévers minimale.

$d_{max}$ : Dévers maximal.

$D_{min}$ : Distance, appelée longueur de gauchissement.

$d_0$ : Distance de freinage (m).

$d_I$ : Distance d'arrêt (m).

$d_m$ : Distance de visibilité de dépassement minimale (m).

$d_n$ : Distance de visibilité de dépassement normale (m).

$d_{md}$ : Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m).

$d_s$ : Distances de sécurité entre deux véhicules (m).

### E/

e: Epaisseur équivalente.

E : Module de Yong.

### F/

$f_t$ : Coefficient de frottement transversal.

$f_L$ : Coefficient de frottement longitudinal.

$f''$ : L'accélération centrifuge résiduelle.

## **G/**

$g$  : L'accélération de gravité.

## **H/**

$h$  : Dénivelée cumulée totale.

$h_0$  : Hauteur de l'œil (m).

$h_1$  : Hauteur de l'obstacle (m).

## **I/**

$I_p$  : L'indice plasticité.

$i_{\min}$  : Déclivité minimum.

$i_{\max}$  : Déclivité maximum.

$I_{\text{CBR}}$  : Indice CBR (sol support).

## **K/**

$K_1$  : Coefficient lié à l'environnement.

$K_2$  : Coefficient de réduction de capacité.

## **L/**

$L_i$  : La longueur de dénivelée (rampes ou pentes).

$L_s$  : La longueur sinueuse.

$L_R$  : Longueur de rayon  $\leq 200\text{m}$ .

$L_{AB}$  : Longueur totale de l'itinéraire.

$L_{\min}$  : Longueur minimale d'alignement.

$L_{\max}$  : Longueur maximale d'alignement.

$L$  : Longueur de raccordement.

$l$  : Largeur de la chaussée.

Log : Logarithme décimal.

### **N /**

n : Nombre d'année à partir de l'année d'origine.

N : Désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 Kg à vide.

### **P/**

$P_i$  : La dénivelée.

P : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

### **Q/**

Q : Débit de pointe horaire (UVP).

$Q_{adm}$  : Débit horaire admissible.

### **R/**

$R_{hm}$  : Rayon horizontal minimal absolu.

$R_{hn}$  : Rayon horizontal minimal normal

$R_{hd}$  : Rayon au dévers minimal.

$R_{nd}$  : Rayon minimal non déversé.

R : Rayon de courbure.

$R_v$  : Rayon vertical (m).

### **S/**

S : Coefficient de dissymétrie.

$S_r$  : La sur largeur.

### **T/**

$T_n$  : Le trafic à l'année n.

$T_0$  : Le trafic à l'arrivée pour origine.

$T_{JMAh}$  : Trafic journalier moyen à l'année n.

$T_{JMA0}$  : Trafic journalier moyen à l'année 0.

$T_{eff}$  : Trafic effectif à l'année horizon en (UVP).

$t_p$  : Temps de perception réaction (s).

$T_H$  : Trafic prévus pour une durée de vie.

## **V/**

$V_B$  : La vitesse de base.

$V_r$  : La vitesse de référence.

$V$  : le volume compris entre les deux profils en travers.

$VD$  : volume de déblai.

$VR$  : volume de remblai.

## **W/**

$W_L$  : Limite de liquidité.

$W_p$  : Limite de plasticité.

## **Z/**

$Z$  : le pourcentage moyen de poids lourds.

## **AUTRES CARACTERISTIQUES**

$\sigma$  : La sinuosité moyenne.

$\tau$  : Taux de croissance.

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

$\Delta d$  : Variation de dévers en (%).

## **LISTE DES FIGURES**

### **CHAPITRE – I PRESENTATION DE PROJET ET ETUDE DE TRAFIC**

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure I.1. Photo Satellitaire de la zone du projet.....                           | 5  |
| Figure I.2 : photo réelle du largeur de chaussée.....                              | 6  |
| Figure I.3 : Carte climatique d'Algérie.....                                       | 10 |
| Figure I.4 : La dénivelée cumulée moyenne h/L.....                                 | 10 |
| Figure I.5 : Sinuosité.....                                                        | 12 |
| Figure I.6 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue..... | 26 |
| Figure I.7 : organigramme de résultats final des calculs.....                      | 27 |

### **CHAPITRE – II ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE**

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Figure II-1 : Les éléments du tracé en plan.....                    | 30 |
| Figure II-2 : Stabilité du véhicule en courbe.....                  | 32 |
| Figure II-3: Zone de dérasement.....                                | 37 |
| Figure II.4: Courbe de raccordement de type 'parabole cubique'..... | 39 |
| Figure II.5 : Courbe de raccordement Clothoïde.....                 | 40 |
| Figure II.6 : Quadrants du cercle pour calculer les gisements.....  | 52 |
| Figure II.7 : Courbe du profil en long.....                         | 69 |
| Figure II -8:profil en travers type en déblai.....                  | 73 |
| Figure II -9: profil en travers type en remblai.....                | 73 |
| Figure II -10:profil en travers type mixte.....                     | 74 |
| Figure II -11:Les éléments du profil en travers.....                | 74 |
| Figure II-12 : Méthode de la moyenne des aires.....                 | 79 |
| Figure II-13 : La méthode linéaire et Méthode GULDEN.....           | 81 |

## **CHAPITRE – III Etude géotechnique et dimensionnement du corps de la chaussée**

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure III-1: structure type d'une chaussée souple.....                                  | 93  |
| Figure III-2 : Type de couche d'une chaussée souple.....                                 | 95  |
| Figure III-3 : structure de couche d'une chaussée rigide.....                            | 95  |
| Figure III-4 : Schéma récapitulatif des types des chaussées.....                         | 96  |
| Figure III -5 : La structure de chaussée méthode C.B.R.....                              | 103 |
| Figure III .6 : Classe de trafic.....                                                    | 104 |
| Figure III -7 : La structure de chaussée méthode du catalogue.....                       | 108 |
| Figure III -8: organigramme de résultats de dimensionnement du corps de la chaussée..... | 110 |

## **CHAPITRE – IV ASSAINISSEMENT**

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure IV-1 : l'emplacement des ouvrages d'assainissements.....                          | 117 |
| FigureIV-2 : section transversale d'un ouvrage d'assainissement représente Sm et Pm..... | 121 |

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE –I PRESENTATION DU PROJET ET ETUDE DE TRAFIC

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau I.1: Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne..... | 11 |
| Tableau I.2: Classification de la sinuosité moyenne.....                               | 12 |
| Tableau I.3: Environnement en fonction du relief et de la sinuosité.....               | 13 |
| Tableau II.4: Coefficient d'équivalence P.....                                         | 21 |
| Tableau II.5: Coefficient lié à l'environnement.....                                   | 21 |
| Tableau II.6: Coefficient de réduction de capacité.....                                | 22 |
| Tableau II.7: Valeur de la capacité théorique .....                                    | 22 |
| Tableau I.8: Récapitulatif des résultats du calcul.....                                | 26 |

### CHAPITRE –II Etude géométrique de la route

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau II.1: Coefficient de frottement en fonction de $V_r$ et Catégorie.....  | 33 |
| Tableau II.2: Valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E.....        | 34 |
| Tableau II.3: Rayons horizontaux (du tracé en plan).....                        | 36 |
| Tableau II.4: Paramètres fondamentaux.....                                      | 46 |
| Tableau II.5: Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40..... | 49 |
| Tableau II.6 : Quadrant du cercle sous forme détaillé .....                     | 52 |
| Tableau II.7: Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé.....              | 53 |
| Tableau II.8: Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé.....              | 57 |
| Tableau II.9: Résumé les valeurs proposée dans les diverses catégories .....    | 65 |
| Tableau II.10: Caractéristiques des rayons verticaux .....                      | 68 |

## **CHAPITRE –III Etude géotechnique et dimensionnement du corps de la chaussée.**

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau III-1 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau..... | 100 |
| Tableau III .2: Classification des réseaux principaux.....               | 104 |
| Tableau III .3: Classe du sol.....                                       | 105 |
| Tableau III .4: Classes de sol-support.....                              | 106 |
| Tableau III .5: Les zones climatiques de l'Algérie.....                  | 106 |
| Tableau III .6: Classe de sol en fonction de la portance du sol.....     | 107 |
| Tableau III .7: Classe de la portance du sol terrassé (Si).....          | 107 |
| Tableau III .8: Classe de la nature du sol support .....                 | 108 |
| Tableau III .9: Résumé des les deux méthodes.....                        | 109 |

## **CHAPITRE – IV Assainissement**

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| Tableau IV.1: Coefficient de ruissellement« C »..... | 119 |
| Tableau IV.2 : Variable de Gauss.....                | 120 |
| Tableau IV. 3: Coefficient de rugosité Kst.....      | 121 |
| Tableau IV.4: Intensité-Durée-Fréquence.....         | 122 |
| Tableau IV.5: Récapitulatif des résultats.....       | 125 |
| Tableau IV-6 : devis quantitatif et estimatif.....   | 126 |

# INTRODUCTION GENERALE

## Introduction Général

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations.

L'Algérie a connu une forte croissance de sa population depuis son indépendance, nécessitant d'avantage le développement des grandes infrastructures de base surtout de transport, pour répondre aux besoins exprimées par la population.

La route n'est pas la seule infrastructure de transport, on trouve aussi d'autres moyens comme le chemin de fer, les voies aériennes et les voies maritimes, mais le transport routier est dominant, et même si les technologies de l'information se développent

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale RN23 sud sur 18 km qui se situe dans la wilaya de LAGHOUAT Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu, de l'importance de la route existante qui doit supporter l'intense trafic actuel, des différentes activités économiques commerciales et sociales de la région.

Pour réaliser ce projet on utilise le logiciel "PISTE05" pour l'étude géométrique de la route, "tracé de l'axe de projet, détermination du profil en long, et des profils en travers", afin d'avoir le tableau de métrée de terrassement.

Le présent mémoire qui fait une synthèse de cette étude est composé de 4 chapitres :

- le premier chapitre est dédié à Présentation du projet et étude de trafic;
- le deuxième chapitre étude géométrique de la route (Tracé en plan, profil en long, profils en travers, cubature) ;
- le troisième chapitre étude géotechnique et dimensionnement du corps de la chaussée ;
- le quatrième chapitre est consacré à l'Assainissement.

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de :

- L'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.
- Les différentes activités économiques, commerciales et sociales et touristiques de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.

Notre projet a deux avantages:

Les avantages directs concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de décès, de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

# **CHAPITRE I**

## **Présentation de projet et étude de trafic**

## I.1- Présentation du projet

### I.1.1- Présentation de la wilaya de Laghouat

La wilaya de Laghouat se situe au centre du pays à 400 km au sud de la capitale Alger, la wilaya s'étend sur une superficie de 25 000 km<sup>2</sup>, avec une population qui avoisine 520 188 habitants (2010), soit une densité de 20 habitants par km<sup>2</sup>.

Région pastorale de l'Algérie, elle possède également le plus grand gisement de gaz naturel d'Afrique avec une réserve estimée à plusieurs milliards de mètres cubes.

Au plan administratif, la wilaya comporte 10 daïras et 24 communes, elle est limitée par la wilaya de Djelfa et Tiaret au Nord, la wilaya d'El Bayadh à l'Ouest, la wilaya de Ghardaïa au Sud et la wilaya de Djelfa en Est.

### I.1.2- Présentation du projet

La Route Nationale (RN) numéro 23 débute de la wilaya de Mostaganem en passant par la RN4 à l'ouest de Yellal- RN4 jusqu'à l'est de Relizane – Zemmoura – Mendes – Rahouiya – Tiaret – Sougueur – Ain deheb – Aflou - Laghouat.

La partie appartenant à la Wilaya de Laghouat (sujette de notre étude) débute de HassianeEddib en passant par Aflou vers Laghouat sur 155 Km.

Vue l'augmentation du Trafic d'une façon vertigineuse, on a enregistré au niveau de ce tronçon plusieurs accidents de circulation, ce qui a incité le ministère des travaux publics à dédoubler cette route.

Le projet de dédoublement de la RN23 s'étale sur 155 Km comme il a été présenté par l'administration, et subdivisé en lot tel que :

- **lot N°01** : entre PK 398+000 au PK 368+000 sur 30 KM(Carrefour RN01 – RN23 et El Hadjeb)
- **lot N°02** :entre PK 368+000 au PK 351+000 sur 17KM (El Hadjeb – Msekka)
- **lot N°03** : entre PK 351+000 au PK 337+000 sur 14KM (Msekka – carrefour Ain Chouhada)
- **lot N°04**: entre PK 337+000 au PK 316+000 sur21KM(carrefour Ain Chohada– carrefour Ain Osman)
- **lot N°05** :entre PK 316+000 au PK 303+000 sur 13KM (carfr Ain Osman – carrefour RN 01 A - RN23)
- **lot N°06** :entre PK 303+000 au PK 292+000 sur 11KM(Extension du contournement d'Aflou)

- **lot N°07** : entre PK 292+000 au PK 267+000 sur 25KM (Carrefour Sidi Ogba – Guelta Sidi Saad)
- **lot N°08** : entre PK 267+000 au PK 243+000 sur 24 (Guelta Sidi Saad –HassianeEddib)
- **Notre étude concerne le lot N°04 du PK 316+000 au PK 337+000**

Notre étude, n'est en effet qu'un tronçon de celui-ci qui est limitée par les PK328 et PK 336



Figure I.1: Situation de projet [1].

### I.1.3-Description générale de l'état initial du projet

Ce projet a été réalisé à l'époque coloniale et avec les moyens traditionnels disponibles à ce moment-là, ce qui a affecté négativement la qualité du service. Au début des années soixante-dix, il y avait eu certains renouvellements dans certains tronçons, mais cette route posait toujours des problèmes pour la circulation routière.

À partir de 2005, certaines sections ont été renforcées par une carrière moderne (GNT (Grave non traité), GB (Grave bitume), BB (Béton bitumineux)) avec la mise en place de certaines installations techniques, mais la plupart des sections de cette route sont restées inchangées (présence d'obstacles dangereux, manque de visibilité et sections inondées dans l'eau). Sur cette base, la

Direction des Travaux Publics a réalisé une étude de duplication de cet axe, avec l'accent du bureau des études sur la correction de toutes les déficiences existantes et supprimer tous les points noirs pour en faire une route de haut service (vitesse = 120 km/h).

- ◆ la largeur de la chaussée 7.5 m.
- ◆ la largeur des accotements de 1.5 m.



**Figure I.2 : photo réelle du largeur de chaussée.**

#### **I.1.4- La problématique**

Les structures de chaussées en place non renouvelées à ce jour représentent une grande majorité du réseau qui supporte l'intense trafic actuel, c'est ce qui a poussé à mener des études de modernisation et de réhabilitation des chaussées dégradées selon l'intensité et l'importance du trafic supporté.

De plus, avec l'accroissement du nombre de véhicules, la circulation routière connaît de plus en plus des problèmes d'ordre topologique que posent les axes routiers à fortes densités de circulation automobiles.

Par conséquent, l'amélioration des conditions de circulation et le confort de l'utilisateur sur le réseau routier national résulte pour une grande partie de l'aménagement et la réhabilitation.

- De la portance de la chaussée existante et du niveau de sa dégradation.
- Des données de trafic et de son évolution influant sur les largeurs de la chaussée et les structures de la chaussée.
- Des données géotechniques de la plate-forme et du sol support.

- Des caractéristiques et de l'état actuel de la route et ces dépendances (buses, caniveaux,...).

### **I.1.5- Objectif de l'étude**

Notre objectif principal consiste à améliorer le niveau de service de la route existante par la réhabilitation, et la modernisation de la Route Nationale 23(Laghouat –Aflou) pour :

- Assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser les usagers sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanent.
- Augmentation de la capacité de la route.
- Augmenter le niveau de service et de sécurité des usagers
- Amélioration du système de drainage.
- choisir les variantes qui répondent effectivement aux critères Economique, confort et Environnement.

### **I.1.6 - Aperçu géologique**

Le territoire de Laghouat est partagé en deux régions d'inégale superficie, présentant chacune un intérêt particulier.

La première, qui comprend la partie Nord-Ouest de la wilaya, est une région montagneuse, accidentée, à peu près nue et aride. Des chainons rocheux, isolés à pente raide, généralement peu accessibles, y formant les ceintures des grandes vallées. Les dernières pentes de ces montagnes aboutissent à Laghouat.

Cette oasis est partagée en deux parties, Nord et Sud, par une crête rocheuse dont la direction générale est Ouest Est. Au Nord une autre ligne de crête parallèle à la précédente offre deux coupures assez larges, l'un donnant passage à l'Oued M'zi, l'autre formant un col appelé le col des sables.

La deuxième région, situé au Sud de Laghouat est constituée par d'immenses plaines ondulées formant la zone des dayas.

Dans le Nord de la wilaya, ce sont les éléments du Crétacé inférieur qui dominant. Ces éléments sont parfois coupés par des faciès marins normaux à récifaux et par des éléments continentaux lagunaires. En descendant vers le Sud, ces formations sont remplacées par des formations du Crétacé supérieur marin et du Crétacé supérieur continental, qui atteignent la latitude de Laghouat, entre mêlées de formations du Pontien(Miocène).

Plus au Sud encore, les formations des Pliocènes continentales composées en particulier des poudings et de calcaires lacustres forment la partie Nord du plateau. Elles dominent presque exclusivement la partie Sud-ouest, tandis que dans la partie Sud Est apparaissent les formations du Pontien (Miocène).

Ces formations allant jusqu'à l'extrême Sud du plateau, ne changent qu'à la pointe Nord de la Chebka du M'zab, où réapparaît le Crétacé Supérieur marin, prolongé vers le Sud par le Crétacé moyen marin et le Turonien.

La série lithologique de la région peut se résumer comme suit [2] :

**1-Jurassique supérieur :** La mer dépose des calcaires.

**2-Crétacé inférieur :** Retrait de la mer et dépôt de faciès continentaux en particulier les grès de l'Albien.

**2-1-Barrémien :** Est constitué par de gros bancs métriques dégrés à stratifications entre croisée avec quelques passages marneux argileux, correspondant à une sédimentation de chenaux fluviaux.

**2-2-Aptien :** Est marqué par des dépôts d'argiles et de gypses, avec des calcaires à concrétions.

**2-3-Albien inférieur :** Débute par une série argilo-silteuse avec intercalation de marnes violacées et de grès friables sableux.

**2-4-Albien supérieur :** Est présenté par des calcaires gréseux à passées marneuses.

**3-Crétacé supérieur :**

**3-1- Céomanien :** Est constitué de marne gypseuse et des bancs de calcaires dolomitiques.

Turonien : Composé par des dolomies et des calcaires dolomitiques à teinte claire. Il ressort dans le paysage en forme de corniche à niveau plus tendre et à pente relativement faible.

**3-2- Sénonien :** Comparativement aux autres étages, il recouvre de faibles surfaces. Il est constitué de trois ensembles.

- ◆ Des marnes ;
- ◆ Des gypses ;
- ◆ Des calcaires massifs.

**4- Le miocène :** Il recouvre en discordance angulaire les terrains sous-jacents du Crétacé supérieur. Il est constitué par :

- ◆ Des calcaires à éléments fins ;
- ◆ Des poudingues; des sables rouge grésifiés et des marnes.

**5- Le pliocène :** Il est formé à la base par des argiles rouges avec des bancs de calcaires et une série détritique conglomératique au sommet et des sables rouges.

**6-Le quaternaire :** Est constitué par des formations alluvionnaires épaisses formées de galets, graviers, sable et limons. Ces dépôts généralement peu épais reposant dans le domaine atlasique sur des terrains d'âge secondaire et dans le domaine saharien sur les dépôts détritiques mio-pliocène.

### I.1.7 – Climatologie

- ◆ Le site du projet est situé dans un contexte semi aride ayant une pluviométrie allant de 100 à 150mm ; les précipitations surviennent fréquemment sous forme d'orages.
- ◆ Sur toute l'année, les températures maximales moyennes mensuelles sont comprises entre 20 et 37°C. Les températures minimales moyennes mensuelles sont comprises entre 0° et 15°C.
- ◆ A la surface de la chaussée et en période estivale, la température peut atteindre 40°C et plus.
- ◆ en période hivernale, la température peut osciller entre 2°C le matin (on peut enregistrer 0°C et même en dessous) et 20°entre 12h et 16h.
- ◆ Les chocs thermiques sont importants avec des écarts de températures pouvant atteindre 25°C et même plus;
- ◆ Les vents sont très violents à dominance Nord-Nord-est pour des vitesses allant de 60 à 130km/h.[3]

### I.1.8-Points d'eau

Cette partie du projet se situe entre la sortie nord de la ville de Laghouat (carrefour Aflou -Alger) et la ville d'El Hadjeb en passant par Millok et Fessifsa, les points d'eau sont en abondance notamment au niveau de ce tronçon tels que [4,5] :

- ◆ Double voieEl Merdja :    N 33° 49' 24.9"            E 002° 51' 30.0"            Alt 809m
- ◆ Zone haute Laghouat : N 33° 49' 33.1"            E 002° 50' 59.0"            Alt 823m
- ◆ RN01 au PK 401+200 :        N 33° 49' 42.9"            E 002° 52' 25.4"            Alt 790m
- ◆ Fessifsa RN23 au PK 395:    N 33° 52' 57.4"            E 002° 40' 19.5"            Alt 894m

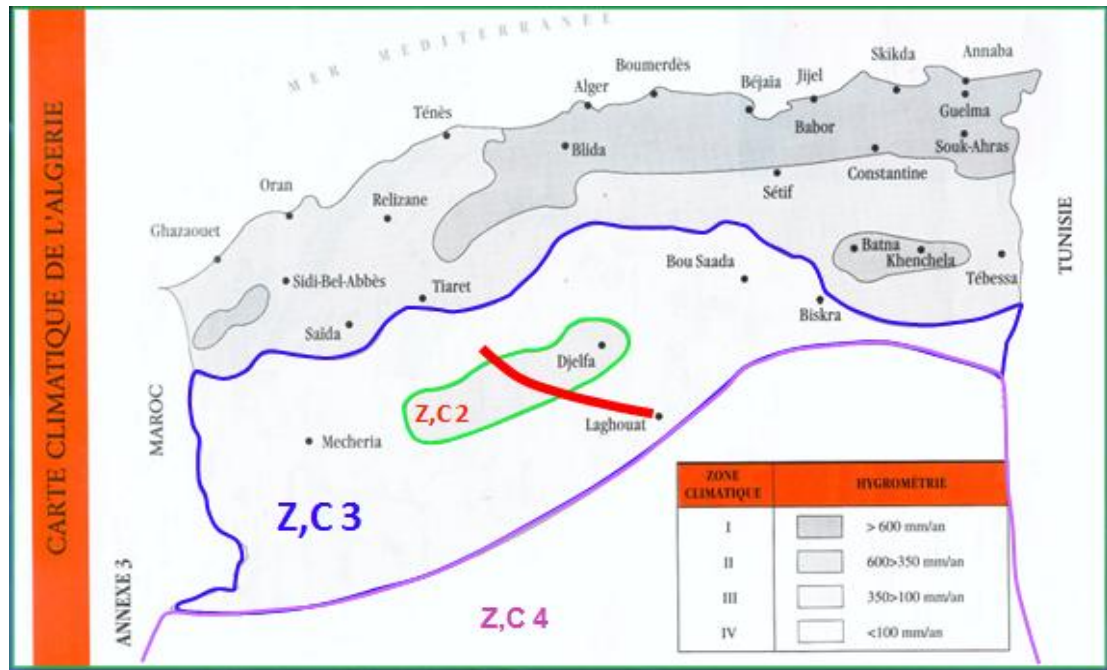


Figure I.3 : Carte climatique de Laghouat.

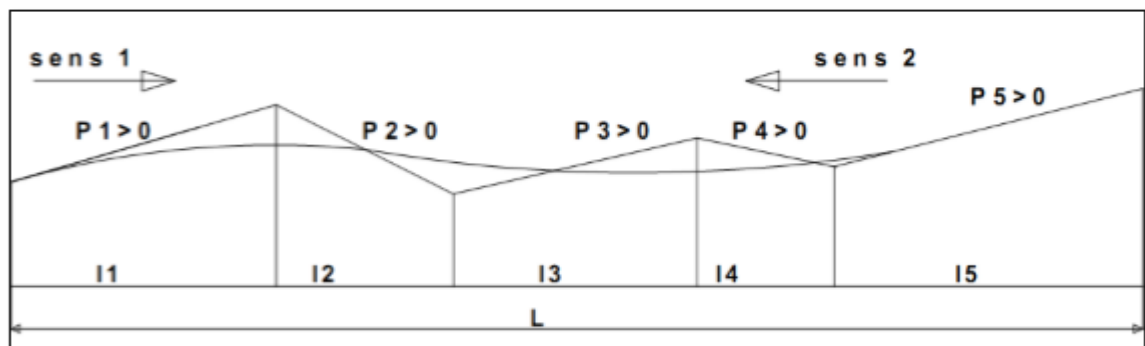
### I.1.9- Environnement de la route

L'environnement est par définition l'état actuel de relief, et il y a trois classes d'environnement (E1, E2, E3) qui ont été proposées et qui sont caractérisées par deux indicateurs [11].

- ◆ La dénivelée cumulée moyenne  $h/L$  ;
- ◆ la sinuosité moyenne  $Ls/L$ .

#### I.1.9.1- Dénivelée cumulée moyenne $H/L$

La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire, et la dénivelée cumulée totale comme décrit dans [11].

Figure I.4 : La dénivelée cumulée moyenne  $h/L$ .

Avec :

- ◆  $h_1$  : dénivelée cumulée sens 1 :

$$h_1 = \sum p_i > 0 p_i \times l_i$$

- ◆  $h_2$  : dénivelée cumulée sens 2 :

$$h_2 = \sum p_i < 0 p_i \times l_i$$

- ◆  $h = h_1 - (-h_2) = h_1 + h_2$

Le rapport de la dénivelée cumulée totale  $h$  à la longueur de l'itinéraire permet de mesurer la variation longitudinale du relief (**Tableau I.1**) [11].

**Tableau I.1: Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne [11].**

| N° de code | Classification     | La dénivelée cumulée<br>moyenne $h/L$ |
|------------|--------------------|---------------------------------------|
| 1          | Terrain plat       | $h/L \leq 1,5\%$                      |
| 2          | Terrain vallonné   | $1.5\% < h/L \leq 4\%$                |
| 3          | Terrain montagneux | $4\% < h/L$                           |

#### I.1.9.2- Sinuosité moyenne $\sigma = L_s / L$

La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport entre la longueur sinueuse  $L_s$  et la longueur totale de l'itinéraire, la longueur sinueuse  $L_s$  est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 comme décrit dans (**Figure I.3**) et extraire les valeurs dans le (**Tableau I.2**) [6].

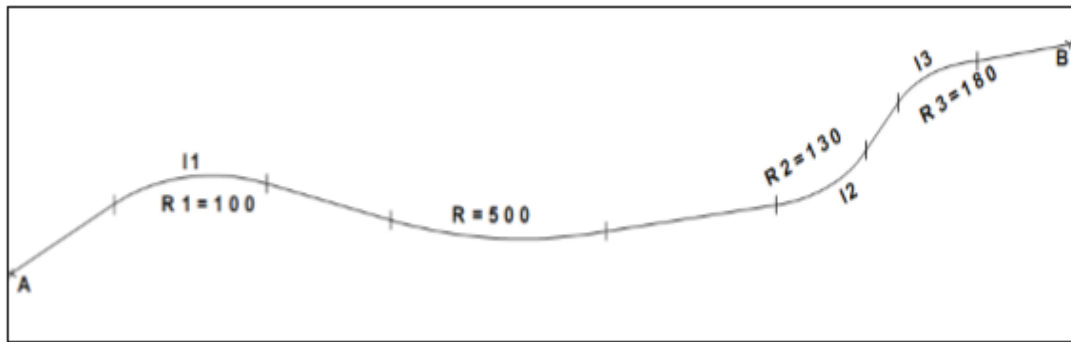


Figure I.5 : Sinuosité

◆  $\sigma = \frac{L_s}{L_{AB}}$  Avec :

◆  $L_s = \sum L_R < 200$

- $L_s$  : La longueur sinueuse.
- $L_R$  : Longueur de rayon  $\leq 200m$ .
- $L_{AB}$  : L (longueurs totales de l'itinéraire).

Tableau I.2: Classification de la sinuosité moyenne [11].

| N° de code | Classification    | Sinuosité moyenne       |
|------------|-------------------|-------------------------|
| 1          | Sinuosité faible  | $\sigma \leq 0.1$       |
| 2          | Sinuosité moyenne | $0.1 < \sigma \leq 0.3$ |
| 3          | Sinuosité forte   | $0.3 < \sigma$          |

L'association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d'environnement et ceci selon le (Tableau I.3):

Tableau I.3: Environnement en fonction du relief et de la sinuosité [11].

| <b>Sinuosité</b><br>Relief | <b>Faible</b> | <b>Moyenne</b> | <b>Forte</b> |
|----------------------------|---------------|----------------|--------------|
| <b>Plat</b>                | <b>E1</b>     | <b>E2</b>      | <b>--</b>    |
| <b>Vallonné</b>            | <b>E2</b>     | <b>E2</b>      | <b>E3</b>    |
| <b>Montagneux</b>          | <b>--</b>     | <b>E3</b>      | <b>E3</b>    |

#### I.1.10- Catégorie de la route

Les routes algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés [11]:

##### Catégorie 1

Liaisons entre les grands centres économiques et les centres d'industries lourde considérés deux à deux et liaisons assurant le rabattement entre centre d'industries de transformation vers le réseau de base ci-dessus.

##### Catégorie 2

Liaisons des pôles d'industrie de transformation entre eux ; et liaisons raccordement des pôles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent.

##### Catégorie 3

Liaisons des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya ; non desservis par le réseau précédent avec le réseau de catégorie 1-2.

##### Catégorie 4

Liaisons des tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec les chefs-lieux de daïra dont ils dépendent et avec le réseau précédent.

##### Catégorie 5

Route et piste non comprise dans les catégories précédentes.

### I.1.11- Application au projet

**Catégorie:** puisque notre projet relie des centres économiques et d'industries lourdes importants (Laghouat-Mostaganem), notre route est classée en **Catégorie (01)**.

#### I.1.11.1- Dénivelée cumulée moyenne

Le tracé que nous avons effectué donne :

$$\blacklozenge \quad h_1 = \sum p_i > 0 \quad p_i \times l_i$$

$$\blacklozenge \quad h_1 = 0.497 \times 253.697 + 0.165 \times 1151.950 = 316.159m$$

$$\blacklozenge \quad h_2 = \sum p_i 0 < p_i \times l_i$$

$$\blacklozenge \quad h_2 = -(-0.0585 \times 125.96 - 0.761 \times 1282.614 - 0.832 \times 1300.713 - 1.309 \times 537.837 - 1.479 \times 749.098) = 4193.734m$$

$$h = h_1 - (-h_2) = h_1 + h_2 = 4509.893m$$

$$\frac{h}{L} = \frac{4509.893}{8000} = 0.563 \% \leq 1.5\% \quad (\text{Terrain plat})$$

#### I.1.11.2- Sinuosité

Tous les alignements sont raccordés par des courbes de rayon supérieur à 200m.

Alors :  $L_s = 0$

$$\sigma = \frac{L_s}{L_{AB}} = \frac{0}{8000} = 0$$

Alors selon le (Tableau I.2) → la Sinuosité faible

#### I.1.11.3- Type d'environnement

Puisqu'on a trouvé que le terrain est vallonné et la sinuosité est, d'après le (Tableau I.3), le type d'environnement est

Alors pour ce projet, on a:

◆ **Catégorie : 01**

◆ **Environnement : E1**

## **I.2- Etude de trafic**

### **I.2.1- Introduction**

Les déplacements sont des reflets 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 visant la connaissance des trafics.

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 [6] :

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

### **I.2.2 - Analyse du trafic**

Tout projet d'étude d'infrastructure routière doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée est lié étroitement à cette sollicitation ; la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'année horizon. L'étude de trafic présente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers. Elle représente un outil d'aide à la décision relative à la politique des transports [6].

Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

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

#### **I.2.2.1 La mesure des trafic**

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires [6] :

- ◆ Les comptages : permettent de quantifier le trafic.
- ◆ Les enquêtes : permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

**I.2.2.2-Les comptage**

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage [6] :

- ◆ Les comptages manuels.
- ◆ Les comptages automatiques.

**I.2.2.2.1- Les comptages manuels**

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

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (**T.M.J.A**) [6].

**I.2.2.2.2- Les comptages automatiques**

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires [7].

**I.2.2-3- Les enquêtes origine destination**

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 [8].

**I.2.3 - Différents types de trafics**

On distingue quatre types de trafic:

**I.2.3.1 -Trafic normal**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet [9].

**I.2.3.2- Trafic induit**

C'est le trafic qui résulte de [9] :

- ◆ Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuent pas antérieurement ou s'effectuent vers d'autres destinations.
- ◆ Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier

### I.2.3.3 - trafic dévie

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, La déviation du trafic n'est qu'un transfère entre les différents moyens d'atteindre la même destination [9].

### I.2.3.4 -Trafic total

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie [9].

## I.2.4 - Modèles de présentation de trafic

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation [9].

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.

### I.2.4.1 - Prolongation de l'évolution passée

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel [10] .

Le trafic  $T_n$  à l'année  $n$  sera:

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

Ou :

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

- $\tau$  : est le taux de croissance.

#### I.2.4.2 - Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques [10] :

- ◆ 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.

#### I.2.4.3 - modèle gravitaire

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il s'interprète mal à la projection [9].

#### I.2.4.4 - Modèle des facteurs de 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.
- ◆ Le nombre d'emploi.
- ◆ La population de la zone.

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

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région [9].

#### I.2.4.5- Données de trafic dans notre projet

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par la DTP de Laghouat qui sont les suivants :

- |                                                 |                                  |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| ◆ Le trafic à l'année 2016                      | $TMAJ_{2016} = 5763 \text{ v/j}$ |
| ◆ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté | $\tau = 4\%$                     |
| ◆ La vitesse de base sur le tracé               | $V_B = 120 \text{ km/h}$         |
| ◆ Le pourcentage moyen de poids lourds          | $Z = 25 \%$                      |

- ◆ L'année de mise en service sera en **2021**
- ◆ La durée de vie estimée de **20 ans**

## I.2.5 - Calcul de la capacité

### I.2.5.1 – Définition de la capacité

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passé sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée, La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire [11].

- ◆ Les conditions de trafic.
- ◆ Les conditions météorologiques.
- ◆ Des caractéristiques géométriques de la route (nombre et largeur des voies).
- ◆ Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs).

### I.2.5.2 - Procédure de détermination de nombre de voies

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la dixième année d'exploitation [11].

### I.2.5.3 - Trafic a un horizon donne

Du fait de la croissance annuelle du trafic [11].

$$TjMA_h = TjMA_0(1 + \tau)^n$$

Tel que:

- **TjMA<sub>h</sub>**: trafic journalier moyen à l'année n.
- **TjMA<sub>0</sub>** : trafic journalier moyen à l'année 0.
- **τ**: taux d'accroissement annuel(%).
- **n** : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

### I.2.5.4 - Trafic effectif

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement [11].

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + p \times Z] \times TJMA_h$$

Avec :

- $T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'année horizon en (UVP).
- $Z$ : pourcentage de poids lourd.
- $p$ : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Notre projet est de l'environnement E1 puis qu'on a une sinuosité faible et un relief plat.

#### I.2.5.5 - Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il : est donné par la formule [11] :  $Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$

Avec :

- $Q$  : est exprimé en UVP/h.
- $n$  : nombre d'heure, (en général  $n = 8$  heure).
- $T_{\text{eff}}$ : Trafic effectif.

Tableau I.4: Coefficient d'équivalence P [11].

| Environnement<br>Route | E1  | E2 | E3 |
|------------------------|-----|----|----|
| 2 voies                | 3   | 6  | 12 |
| 3 voies                | 2.5 | 5  | 10 |
| 4 voies et plus        | 2   | 4  | 8  |

#### I.2.5.6 - Débit horaire admissible

C'est le débit admissible que peut supporter une route [11]

Le débit que supporte une section donnée :

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

Avec :

- **K1**: Coefficient correcteur pris égal à **0.75** pour **E1** (d'après le B40).
- **K2**: Coefficient correcteur pris égal à **1** pour environnement (**E1**) et catégorie (**C1**) (d'après le B40).
- **C<sub>th</sub>**: Capacité théorique
- **C<sub>th</sub>** = 2000 (d'après le B40 pour **E1**, **C1** et pour une chaussée à 2 voies)
- ✓ **Valeur de K<sub>1</sub>**

Tableau I.5: Coefficient lié à l'environnement [11].

| Environnement        | E1   | E2   | E3        |
|----------------------|------|------|-----------|
| <b>K<sub>1</sub></b> | 0.75 | 0.85 | 0.90-0.95 |

- ✓ **Valeur de K<sub>2</sub>**

Tableau I.6 : Coefficient de réduction de capacité [11].

| Catégorie<br>Environnement | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
| <b>E1</b>                  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| <b>E2</b>                  | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 |
| <b>E3</b>                  | 0.91 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | 0.98 |

✓ Valeur de  $C_{th}$ 

Tableau I.7 : Valeur de la capacité théorique [11] .

| Nombre des voies de la route | Capacité théorique (UVP/h) |
|------------------------------|----------------------------|
| Route à 2 voies de 3.5 m     | 1500 à 2000                |
| Route à 3 voies de 3.5 m     | 2400 à 3200                |
| Route à chaussée séparée     | 1500 à 1800                |

## I.2.6– Détermination du nombre de voie

## ◆ Chaussée bidirectionnelle

On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  pour les divers types de routes et on prend le profil permettant.

D'avoir [6] :

$$Q_{adm} \geq Q$$

## ◆ Cas d'une chaussée unidirectionnelle

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport [11]

$$\eta = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}$$

Avec :

- ◆  $S$  : Coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.
- ◆  $Q_{adm}$  : Débit admissible par voie.

## I.2.7- Application au projet

### I.2.7.1- Calcul de TMJA à l'horizon

L'année de mise en service (2021)

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

Avec :

◆  $TJMA_h$ : Trafic à l'horizon (année de mise en service 2021).

◆  $TJMA_0$ : Trafic à l'année zéro (origine 2016).

- $TJMA_{2021} = 5763(1 + 0.04)^5$
- $TJMA_{2021} \approx 7012 \text{ v/j}$

Trafic à l'année (2041) pour une durée de vie de 20 Ans

- $TJMA_{2041} = 7012(1 + 0.04)^{20}$
- $TJMA_{2041} \approx 15364 \text{ v/j}$

### I.2.7.2- Calcul de trafic effectif

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + p \times Z] \times TJMA_h$$

Avec:

◆  $Z$  : pourcentage de poids lourd on a  $Z = 25 \%$ .

◆  $P$  : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E1 on a dans le **tableau I.4** la valeur est  $P = 3t$ .

- $T_{\text{eff}2016} = [(1 - 0.25) + 3 \times 0.25] \times 7012$
- $T_{\text{eff}2016} = 10518 \text{ UVP/j}$
- $T_{\text{eff}2041} = [(1 - 0.25) + 3 \times 0.25] \times 15364$
- $T_{\text{eff}2041} = 23046 \text{ UVP/j}$

### I.2.7.3- Débit de pointe horaire normal

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

Avec :

$1/n$  : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0.12 ( $n = 8\text{heure}$ ).

◆ Année de mise en service

- $Q_{2016} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$
- $Q_{2016} = 0.12 \times 10518$
- 
- $Q_{2016} = 1262 \text{ UVP/h}$

◆ Année horizon

- $Q_{2041} = 0.12 \times T_{\text{eff}2041}$
- $Q_{2041} = 0.12 \times 23046$
- $Q_{2041} = 2766 \text{ UVP/h}$

#### I.2.7.4- Débit horaire admissible

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

Avec :

- ◆ Environnement E1 alors dans le (Tableau I.5) la valeur est:  $K_1 = 0.75$ .
- ◆ Environnement E1 et catégorie C1 alors dans le (Tableau I.6) la valeur est:  $K_2 = 1$ .
- ◆  $C_{th} = 2000$  (d'après le (Tableau I.7) pour E1, C1 et pour une chaussée à 2 voies).

Alors :

- $Q_{\text{adm}} = 0.75 \times 1 \times 2000$
- $Q_{\text{adm}} = 1500 \text{ UVP/h}$

#### I.2.7.5- Détermination du nombre des voies

◆ Chaussée unidirectionnelle

- $Q = S \times \frac{Q}{Q_{\text{adm}}} = \frac{2}{3} \times \frac{1262}{1500} = 1.23$

On prend  $n=2$

#### I.2.7.6- Calcul de l'année de saturation

- $T_{\text{eff}2016} = 10518 \text{ UVP/j}$
- $Q_{2016} = 1262 \text{ UVP/h}$
- $Q_{\text{adm}} = 1500 \text{ UVP/h}$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times Q_{\text{adm}}$$

- $Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1500$
- $Q_{\text{saturation}} = 6000 \text{ UVP/h}$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2016}$$

- $n = \frac{\ln \frac{Q_{\text{sat}}}{Q}}{\ln(1+\tau)}$
- $n = \frac{\ln \frac{6000}{1262}}{\ln(1+0.04)}$
- $n = 40 \text{ ans}$

Alors l'année de saturation est : **2021+40=2061ans**

D'où notre route sera saturée 40 ans après la mise en service donc l'année de saturation sera Année 2061 ans.

Les calculs sont représentés dans le (Tableau I.8):

**Tableau I.8: Récapitulatif des résultats du calcul.**

| <b>TJMA<sub>2016</sub></b><br><b>(v/j)</b> | <b>TJMA<sub>2021</sub></b><br><b>(v/j)</b> | <b>TJMA<sub>2041</sub></b><br><b>(v/j)</b> | <b>T<sub>eff2016</sub></b><br><b>(UVP/j)</b> | <b>T<sub>eff2041</sub></b><br><b>(UVP/j)</b> | <b>Q<sub>2016</sub></b><br><b>(UVP/h)</b> | <b>Q<sub>2041</sub></b><br><b>(UVP/h)</b> | <b>N° des Voies</b> |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|
| 5763                                       | 7012                                       | 15364                                      | 10518                                        | 23046                                        | 1262                                      | 2766                                      | 02                  |

### I.2.8- Conclusion

D'après les résultats on conclue que ce tronçon de la RN23 nécessite un dédoublement immédiat de 2x2 voies de 3,8 m de largeur avec des accotements de 2m dans chaque coté pour supporter le trafic dans les prochaines années (Figure I.6).

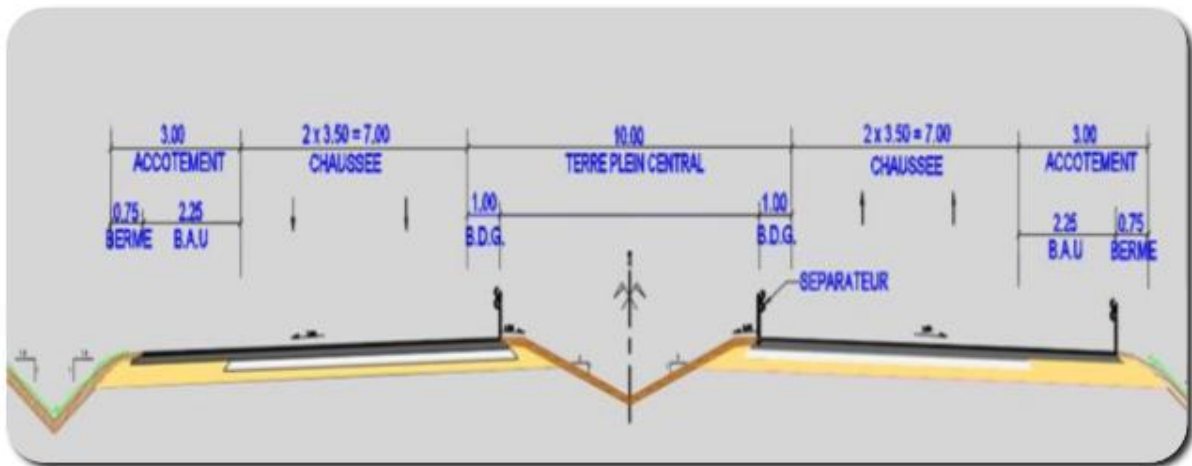


Figure I.6 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue.

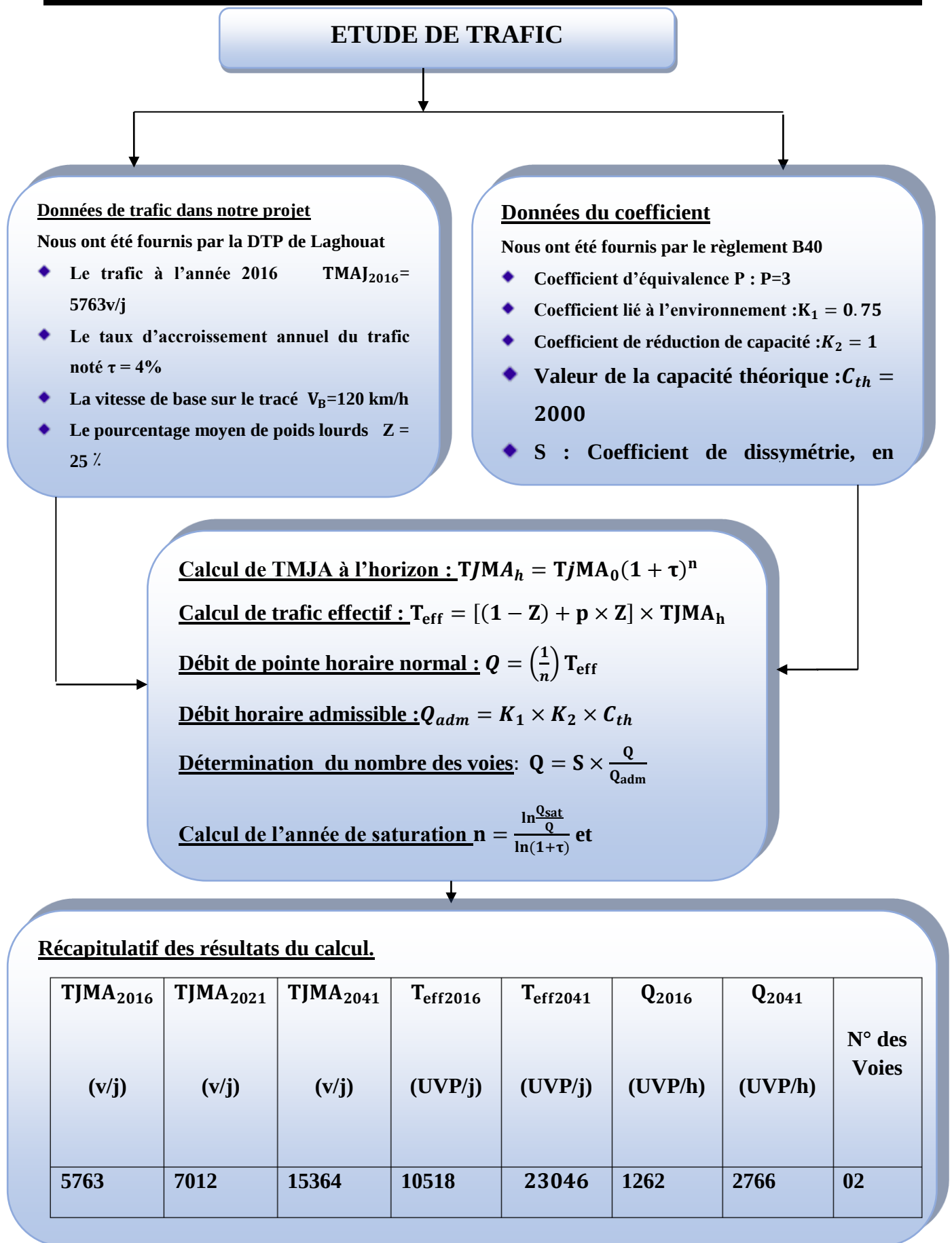


Figure I.7 : organigramme de résultats final des calcules

# **Chapitre II**

**Etude géométrique de la route**

**(Tracer en plan, profil en long, profil en  
travers, cubature)**

## **I.1-Introduction**

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain. De plus la surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'élément qui sont :

- ◆ Tracé de son axe en situation ou en plan.
- ◆ Profil en long.
- ◆ Profil en travers.
- ◆ Cubature

## **II.2- Tracé en plan**

### **II.2.1 – Définition**

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontale, Il est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan doit assurer une bonne sécurité et de confort pour les usagers de la route [11].

### **II.2.2 - 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 [11].

### II.2.3 - Les éléments du tracé en plan

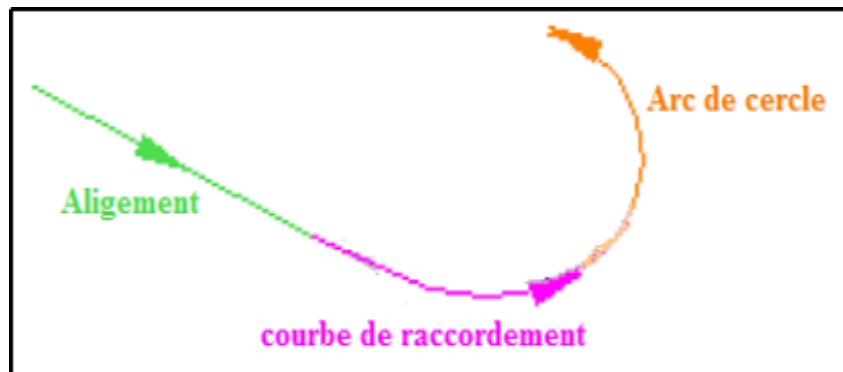


Figure II-1 : Les éléments du tracé en plan [11].

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide de **Clothoïdes** qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

- ◆ Des droites (alignements).
- ◆ Des arcs de cercle.
- ◆ Des courbes de raccordement progressives [11].

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 : [12,13]

- ◆ 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 où, 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.

### II.2. 3.1- 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 [11].

$$L_{\min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

Avec :  $V_B = 120 \text{ Km/h}$

- $L_{\min} = 5 \times \frac{120}{3.6}$
- $L_{\min} = 166.66\text{m}$

$V_B$ : vitesse de base en **km/h**.

Une longueur maximale  $L_{\max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes** [6].

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

- $L_{\max} = 60 \times \frac{120}{3.6} = 2000\text{m}$
- $L_{\max} = 2000\text{m}$

## II.2.4– 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 [11].

### II.2.4.1- 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 [7].

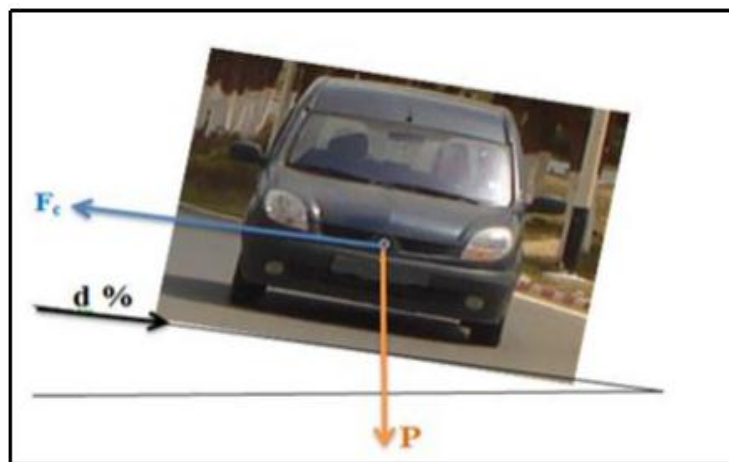


Figure II-2 : Stabilité du véhicule en courbe.

- ◆ Les rayons en plans dépendant des facteurs suivants
- ◆ Force centrifuge  $F_c$ .
- ◆ Poids du véhicule  $P$ .
- ◆ Accélération de la pesanteur  $G$ .
- ◆ Devers  $d$ .

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

#### II.2.4.1.1- Rayon horizontal minimal absolu ( $RH_m$ )

Il est défini comme étant le rayon au devers minimum [11] :

$$RH_{min} = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})}$$

$f_t$ : coefficient de frottement transversal.

- ◆  $V_r$  : vitesse de référence du véhicule.  
 ◆  $d_{max}$  : dévers maximal.

Ainsi pour chaque  $V_r$  on définit une série de couple ( $R, d$ ).

Les valeurs du coefficient de frottement transversal dépendent de la vitesse. Elles augmentent avec la vitesse de référence. Les normes B40 nous donnent les valeurs suivantes (Tableau II.1) [6] :

**Tableau II .1: Coefficient de frottement en fonction de  $V_r$  et Catégorie.**

| Catégorie | Vitesse km/h<br>Coeff. de frottement | 120  | 100   | 80   | 60   | 40   |
|-----------|--------------------------------------|------|-------|------|------|------|
|           |                                      | 0.10 | 0.11  | 0.13 | 0.16 | 0.20 |
| 1-2       | ▪ Transversal $f_t$                  | 0.10 | 0.11  | 0.13 | 0.16 | 0.20 |
| 3-4-5     | ▪ Transversal $f_t$                  | 0.10 | 0.125 | 0.15 | 0.18 | 0.22 |

Les valeurs des dévers min et max sont données par le Tableau II.2 (Selon B40) :

Tableau II.2: Valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E [11]

| Catégories | Dévers | Environnement |      |      |
|------------|--------|---------------|------|------|
|            |        | E1            | E2   | E3   |
| 1 et 2     | Min    | 2.5%          | 2.5% | 2.5% |
|            | Max    | 7%            | 7%   | 7%   |
| 3 et 4     | Min    | 3%            | 3%   | 3%   |
|            | Max    | 8%            | 8%   | 8%   |
| 5          | Min    | 3%            | 3%   | 3%   |
|            | Max    | 9%            | 9%   | 9%   |

#### II.2.4.1.2 - Rayon minimal normal ( $RH_n$ )

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant  $V_r$  de 20km/h de rouler en sécurité [11].

$$RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{\max})}$$

**II.2.4.1.3- Rayon au devers minimal (RHd)**

C'est le rayon au devers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse  $V_r$  serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit [11].

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

$d_{\min} = 3\%$  en catégorie 3 – 4

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

**II.2.4.1.4- Rayon minimal non déverse (RHnd)**

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse  $V_r$  une courbe de devers égal à  $d_{\min}$  vers l'extérieur reste inférieure à valeur limitée [11].

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127(f' - d_{\min})}$$

Pour notre projet qui est situé dans un environnement type (E1), classé en catégorie (C1) avec une vitesse de référence 120 km/h et à partir du règlement Algérien B40 on peut déterminer le tableau suivant (Tableau III.3) [11]

Tableau II.3: Rayons horizontaux (du tracé en plan).

| Paramètre                        | Symboles          | Valeurs |
|----------------------------------|-------------------|---------|
| Vitesse de référence (km/h)      | $V_r$             | 120     |
| Dévers maximal (%)               | $d_{max}$         | 7       |
| Dévers minimal (%)               | $d_{min}$         | 2.5     |
| Rayon horizontal minimal (m)     | $RH_m(7\%)$       | 650     |
| Rayon horizontal normal (m)      | $RH_n(5\%)$       | 1000    |
| Rayon horizontal déversé (m)     | $RH_d(2.5\%)$     | 2200    |
| Rayon horizontal non déversé (m) | $RH_{nd}(-2.5\%)$ | 3200    |

Avec :

$f'' = 0.06$  cat 1 et 2

$f'' = 0.07$  cat 3 et 4 E1

$f'' = 0.075$  cat 4 -5 E2 E3

On prend :  $f'' = 0.06$  cat 1 et 2

#### II.2.4.1.5 -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 une forêt, 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.

$$S = \frac{L^2}{2 \times R}$$

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 donner 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 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. [10,14] .

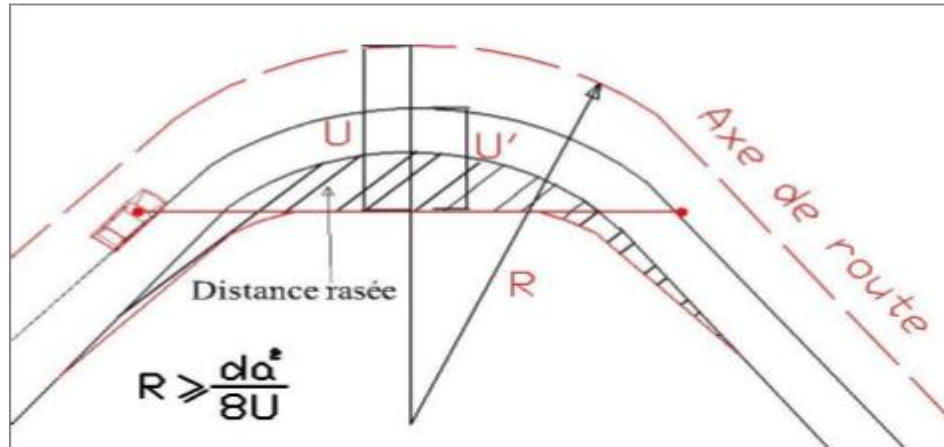


Figure II-3: Zone de dérasement.

Avec:  $U = U' + 2$  m et  $da$  = Distance d'arrêt [11].

#### II.2.4.1.6- 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[10].

Avec :

$$s_r = \frac{L^2}{2 \times R}$$

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

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

### II.2.5– Les 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 **Clothoïde** 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 [10].

#### II.2.5.1- Rôle et nécessité des courbes de raccordement

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes [10] :

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

#### II.2.5.2 -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 : [10]

- ◆ Parabole cubique
- ◆ Lemniscate
- ◆ Clothoïde

##### II.2.5.2.1- 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). [10]

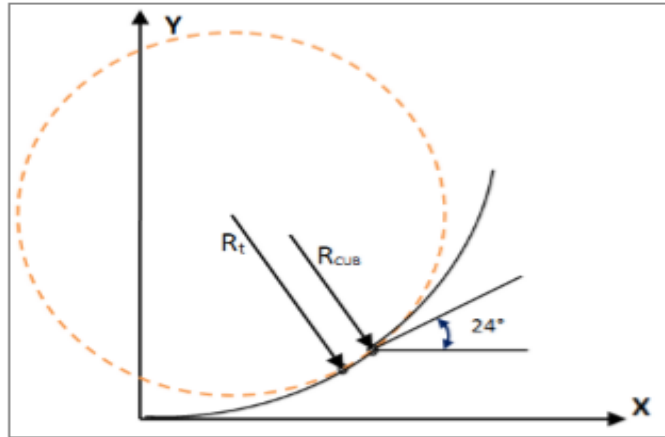


Figure II.4: Courbe de raccordement de type 'parabole cubique'

Equation générale :  $Y = \text{constant} \cdot X^3$

#### II.2.5.2.2- 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 [10].

#### II.2.5.2.3- 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 [10].

##### II.2.5.2.3.1- Expression mathématique de la Clothoïde

Courbure **K** linéairement proportionnelle a la longueur curviligne [11] :  $K = C \cdot L$

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

A : Paramètre de Clothoïde.

- ◆ L : longueur de raccordement.
- ◆ R : rayon de courbure.

## II.2.5.2.3.2 -Eléments De La Clothoïde

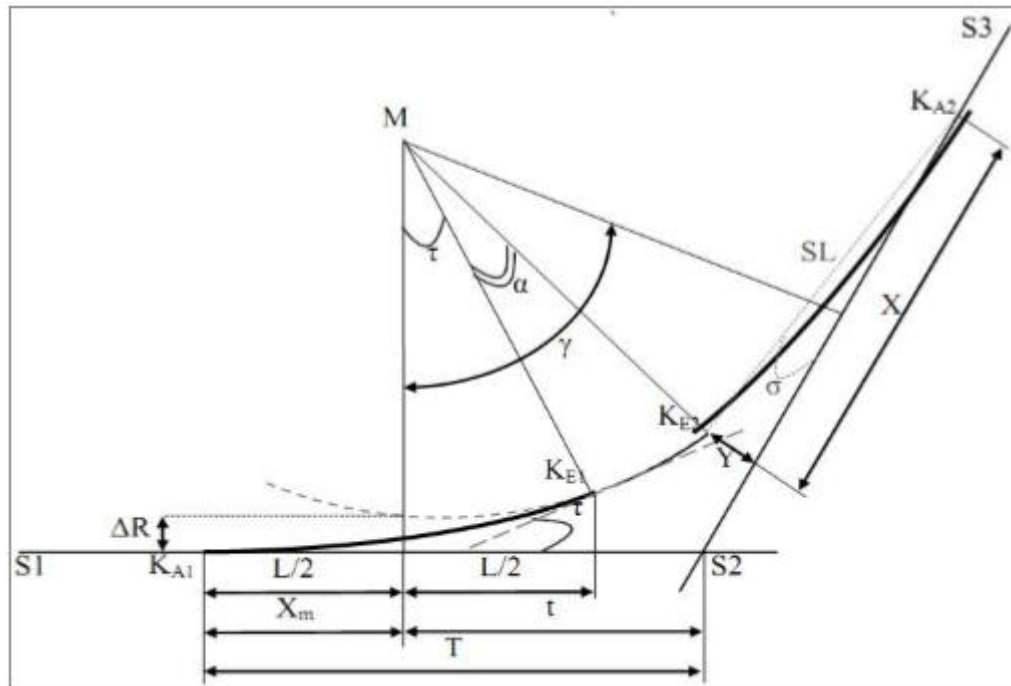


Figure II.5 : Courbe de raccordement Clothoïde.

- ◆  $\Delta R$ : Mesure de décalage entre  
L'élément droit de l'arc du cercle (le ripage).
- ◆  $\sigma$  : Angle polaire (angle de corde avec la tangente).
- ◆  $L$ : longueur de la branche de la Clothoïde.
- ◆  $X_m$ : Abscisse du centre du cercle.
- ◆  $X_E$ : Extrémité de la Clothoïde.
- ◆  $A$  : Paramètre de la Clothoïde.
- ◆  $t$  : tangente courte.
- ◆  $K_A$  : Origine de la Clothoïde.
- ◆  $\tau$  : Angle des tangentes.
- ◆  $SL$ : Corde ( $K_A-K_E$ ).
- ◆  $M$  : Centre de cercle.
- ◆  $X$  : Abscisse de  $K_E$ .
- ◆  $Y$  : Origine de  $K_E$
- ◆  $T$  : tangente longue.

## II.2.6 -Les conditions de raccordement

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes [11].

### II.2.6.1-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 à l'œil [11].

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

#### ➤ Règle générale (B40)

◆  $R \leq 1500m$        $\Delta R = 1m$       (éventuellement 0.5m)       $L = \sqrt{24R\Delta R}$

◆  $1500 \leq R \leq 5000m$        $L \geq \frac{R}{9}$

◆  $R \geq 5000m$        $\Delta R = 2.5m$        $L = 7.75\sqrt{R}$

### II.2.6.2-Condition de confort dynamique

Cette condition Consiste à limiter pendant le temps de parcourir  $\Delta t$  du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale [11].

$$L = \frac{V_r^2}{18} \left( \frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right)$$

Avec :

**V<sub>r</sub>** : vitesse de référence en (Km /h).

**R** : rayon en (m).

**$\Delta d$** : Variation de dévers ( $\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$ ).

**II.2.6 .3-Condition de gauchissement**

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique dans la rapport à son axe [11].

$$L \geq l \times \Delta d \times V_r$$

Avec :

**L** : longueur de raccordement.

**l** : Largeur de la chaussée.

**$\Delta d$** : Variation de dévers.

**Nota** : La vérification des deux conditions relatives au 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%.

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

**II.2.7 - Notion de devers**

Le devers 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 [11].

**II.2.7.1 -Devers en alignement**

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à [11].

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

### II.2.7.2- Devers 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 [11].

### II.2.7.3-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 devers, exprimée par sa tangente; d'où le rayon de courbure [11].

### II.2.7.4 - Calcul des devers

Dans les alignements droits et dans les courbes de  $R \geq R_{Hnd}$  le devers est égal à 2.5% [11] et pour les courbes de rayon  $R < R_{Hnd}$  un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en «  $1/R$  » [10].

$R_{Hm} < R < R_{Hn}$  on a:

$$\frac{d - d_{(RH_m)}}{1/R - 1/R_{H_m}} = \frac{d_{(RH_n)} - d_{(RH_m)}}{1/R_{H_n} - 1/R_{H_m}} \cdot d = \frac{d_{(RH_n)} - d_{(RH_m)}}{1/R_{H_n} - 1/R_{H_m}} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_{H_m}} \right) + d_{(RH_m)}$$

$R_{Hn} < R < R_{Hd}$  on a:

$$\frac{d - d_{(RH_n)}}{1/R - 1/R_{H_n}} = \frac{d_{(RH_d)} - d_{(RH_n)}}{1/R_{H_d} - 1/R_{H_n}} \cdot d = \frac{d_{(RH_d)} - d_{(RH_n)}}{1/R_{H_d} - 1/R_{H_n}} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_{H_n}} \right) + d_{(RH_n)}$$

Les rayons compris entre  $R_{Hd}$  et  $R_{Hnd}$  sont au devers 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.

### II.2.7.5 Raccordement des devers

En alignement droit les devers 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 **Clothoïdes** [10] :

- ◆ Dans le cas où les devers 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 devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers

D'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance  $D_{min}$ .

Appelée longueur de gauchissement.

$$d_{min} = \frac{5}{36} \times v_r \Delta d$$

Pour les courbes en S, il est souhaitable de prendre le devers 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.

### II.2.8- Vitesse de référence de base

La vitesse de référence (**V<sub>r</sub>**) 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.....) [10].

#### II.2.8.1-Choix de la vitesse de référence

Le choix de la vitesse de référence dépend de [10] :

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

### II.2.8.2- Vitesse de projet

La vitesse de projet  $V_r$  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 [15].

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.

#### Remarque :

La vitesse de référence dans notre projet (donnée **DTP** de **LAGHOUAT**)

Et de  **$V_r = 120 \text{ Km/h}$** .

### II.2.9-Choix du trace

Après avoir pris connaissance du rapport géologique et géotechnique, ainsi que les normes, nous allons présenter ci-dessous les idées générales qui nous guident le tracé :

- ◆ chercher le plus court chemin;
- ◆ donne les plus grand possible de courbes en plan et en profil en long, afin de permettre une circulation rapide;
- ◆ ne pas avoir peur de sacrifier la longueur de la route à la sécurité;
- ◆ garder toujours la fondation de la route au-dessus de la nappe phréatique.

Norme:

- ◆ éviter le long alignement droits et remplacer par des courbes de grands rayons, le pourcentage des alignements droits est limité entre 40% et 60% de la longueur total du tracé;
- ◆ se raccorder au réseau routier existant;
- ◆ respecter les normes B40 si possible [16].

Pour notre projet , situé dans un environnement **(E1)**, et classé en catégorie **(C1)** avec une vitesse de base de **120km/h**, donc à partir du règlement **B40** on peut avoir le tableau suivant :

**II.2.10– Paramètres fondamentaux**

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement **E1** et une catégorie **C1**, avec une vitesse référence, on définit les paramètres suivants :

**Tableau II.4: Paramètres fondamentaux [11].**

| Paramètres                                            | Symboles   | Valeurs       |
|-------------------------------------------------------|------------|---------------|
| Vitesse (km/h)                                        | V          | <b>120</b>    |
| Longueur minimale (m)                                 | $L_{\min}$ | <b>166.66</b> |
| Longueur maximale (m)                                 | $l_{\max}$ | <b>2000</b>   |
| Devers minimal (%)                                    | $d_{\min}$ | <b>2.5</b>    |
| Devers maximal (%)                                    | $d_{\max}$ | <b>7</b>      |
| Temps de perception réaction (s)                      | $t_l$      | <b>1.8</b>    |
| Frottement longitudinal                               | $f_l$      | <b>0.33</b>   |
| Frottement transversal                                | $f_t$      | <b>0.10</b>   |
| Distance de freinage (m)                              | $d_0$      | <b>175</b>    |
| Distance d'arrêt (m)                                  | $d_l$      | <b>235</b>    |
| Distance de visibilité de dépassement minimale (m)    | $d_m$      | <b>550</b>    |
| Distance de visibilité de dépassement normale (m)     | $d_n$      | <b>800</b>    |
| Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m) | $d_{md}$   | <b>425</b>    |

- **Vérification au calcul :**

**Distance élémentaire de freinage [11]**

- $d_0 = \frac{v_f^2}{250(f_t \pm i)}$  En palier ( $i=0$ ) on aura :

- $d_0 = \frac{120^2}{250(0.33 \pm 0)} = \frac{120^2}{25}$
- $d_0 = 174.54\text{m}$

Distance d'arrêt [11] .

- $d_1 = d_0 + 0.50 \times V_r$
- $d_1 = 174.54 + 0.50 \times 120$
- $d_1 = 234.54\text{m}$

Distance de visibilité de dépassement minimale [11].

- $d_m = 4.59 \times V_r$
- $d_m = 4.59 \times 120$
- $d_m = 550.8 \text{ m}$

Distance de visibilité de dépassement normale [11].

- $d_n = 6.67 \times V_r$
- $d_n = 6.67 \times 120$
- $d_n = 800.4\text{m}$

Distances de sécurité entre deux véhicules [11].

- $d_s = \frac{V_r \times t_p}{3.6} + L$

Avec L : Longueur de véhicule en moyenne  $L=8\text{m}$

- $d_s = \frac{120 \times 1.8}{3.6} + 8$
- $d_s = 68 \text{ m}$

### II.2.11-Application au projet

Les données :

$V_r = 120\text{Km/h}$  ;  $d_{\max} = 7\%$  ;  $d_{\min} = 2.5\%$  ;  $f_t = 0.10$  ;  $f'' = 0.06$

II.2.11.1 Rayon minimal absolu RH<sub>m</sub>

- $RH_{\min} = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{\max})}$
- $RH_{\min} = \frac{120^2}{127(0.10 + 0.07)}$
- $RH_{\min} = 666.97\text{m} \approx 667\text{m}$

II.2.11.2 Rayon minimal normal RH<sub>n</sub>

- $RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{\max})}$
- $RH_n = \frac{(120 + 20)^2}{127(0.10 + 0.07)}$
- $RH_n = 1047.82\text{m} \approx 1048\text{m}$

II.2.11.3 Rayon au devers minimal RH<sub>d</sub>

- $RH_d = \frac{V_r^2}{127 \times 2 + \times d_{\min}}$
- $RH_d = \frac{120^2}{127 \times 2 + \times 0.025}$
- $RH_d = 2267.71\text{m} \approx 2268\text{m}$

II.2.11.4 Rayon minimal non déverse RH<sub>nd</sub>

- $RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127(f'' - d_{\min})}$
- $RH_{nd} = \frac{120^2}{127(0.06 - 0.025)}$
- $RH_{nd} = 3239.59\text{m} \approx 3240\text{m}$

Tableau II.5: Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.

| RH <sub>min</sub> |     | RH <sub>n</sub> |      | RH <sub>d</sub> |      | RH <sub>nd</sub> |      |
|-------------------|-----|-----------------|------|-----------------|------|------------------|------|
| Calculé           | B40 | Calculé         | B40  | Calculé         | B40  | Calculé          | B40  |
| 667               | 650 | 1048            | 1000 | 2268            | 2200 | 3240             | 3200 |

**II.2.11.5-Calcul d'axe**

Dans un calcul d'axe, la grande partie est celle de la courbe de clothoïde (figure III-10) , cet élément géométrique particulier qui se définit par des formules mathématiques approchées.

L'opération de calcul d'axe n'aura lieu, qu'après avoir déterminé le couloir par le quel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes:[11]

- ◆ Calcul de gisements.
- ◆ Calcul de l'angle  $\gamma$  entre alignements.
- ◆ Calcul de la tangente T.
- ◆ Calcul de la corde SL.
- ◆ Calcul de l'angle polaire  $\sigma$
- ◆ Vérification de non chevauchement.
- ◆ Calcul de l'arc de cercle.
- ◆ Calcul des coordonnées des points singuliers.
- ◆ Calcul de kilométrage des points particuliers.

**II.2.11.5.1 - Exemple de calcul d'axe manuellement**

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe.

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

**II.2.11.5.1.1-Characteristiques de la courbe de raccordement****a)-Calcul du paramètre A**

On sait que :  $A^2 = L \times R$

On prend le rayon **R=1800m.**

**b)-Détermination de L****b.1)-Condition de confort optique**

- $\frac{R}{3} \leq A \leq R \Rightarrow \frac{1800}{3} \leq A \leq 1800$
- $600 \leq A \leq 1800$
- $1500 \leq R(1800) \leq 5000\text{m}$
- Pour les rayons compris entre 1000m et 2000m  $\Delta R = 1\text{m}$  à 1.75 (règlement B40).

On prend  $\Delta R = 1\text{m}$

Alors :

- $L = \frac{R}{9}$
- $L = \frac{1800}{9}$
- $L = 200\text{m}$

Donc  $L \geq 200\text{ m}$

On prend  $L = 200\text{m}$

## b.2)-Condition de confort dynamique

$$R_{Hn} < R < R_{Hd}$$

$$1000 < 1800 < 2200$$

- $\Delta d = d + 2.5$
- $d = \frac{d(R_{Hd}) - d(R_{Hn})}{\frac{1}{R_{Hd}} - \frac{1}{R_{Hn}}} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hn}} \right) + d(R_{Hn})$
- $d_{(1800)} = \frac{2.5\% - 5\%}{\frac{1}{2200} - \frac{1}{1000}} \cdot \left( \frac{1}{1800} - \frac{1}{1000} \right) + 5\%$
- $d_{(1800)} = 2.96\%$
- $\Delta d = 2.96\% - 2.5\% = 0.46\%$
- $L = \frac{v_r^2}{18} \left( \frac{v_r^2}{127 \times R} - \Delta d \right) =$
- $L = \frac{120^2}{18} \left( \frac{120^2}{127 \times 1800} - 0.0046 \right)$
- $L = 46.71\text{m}$

On prend  $L = 47\text{m}$

**b.3)-Condition de gauchissement**

- $\Delta d = 2.96\% + 2.5\% = 5.46\%$
- $L = \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$
- $L = \frac{5 \times 5.46 \times 120}{36}$
- $L = 91\text{m}$

De (1) et (2) et (3) on aura:  $L \geq 200\text{m}$

- $A = \sqrt{L \times R}$
- $A = \sqrt{200 \times 1800}$
- $A = 600\text{m}$

**On prend:  $A = 650\text{m}$**

Alors :

- $L = A^2/R$
- $L = 650^2/1800$
- $L = 234.722\text{m}$

Calcul de  $\Delta R$  ( $\Delta R$ : ripage ou décalage entre l'alignement et le cercle):

- $\Delta R = L^2 / 24.R$
- $\Delta R = 234.722^2 / 24 \times 1800$
- $\Delta R = 1.275\text{m}$

**On prend  $\Delta R = 1.5\text{m}$**

**c)- Calcul des gisements**

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre. Les coordonnées utilisé sont comme suit dans le

Tableau II.6 : Quadrants du cercle sous forme détaillé dans le tableau suivant :

| Quadrant         | X | Y | Gisements      | Angles                     |
|------------------|---|---|----------------|----------------------------|
| 1 <sup>er</sup>  | + | + | $\alpha$       | $100 \geq \alpha \geq 0$   |
| 2 <sup>ème</sup> | + | - | $200 - \alpha$ | $200 \geq \alpha \geq 100$ |
| 3 <sup>ème</sup> | - | - | $200 + \alpha$ | $300 \geq \alpha \geq 200$ |
| 4 <sup>ème</sup> | - | + | $400 - \alpha$ | $400 \geq \alpha \geq 300$ |

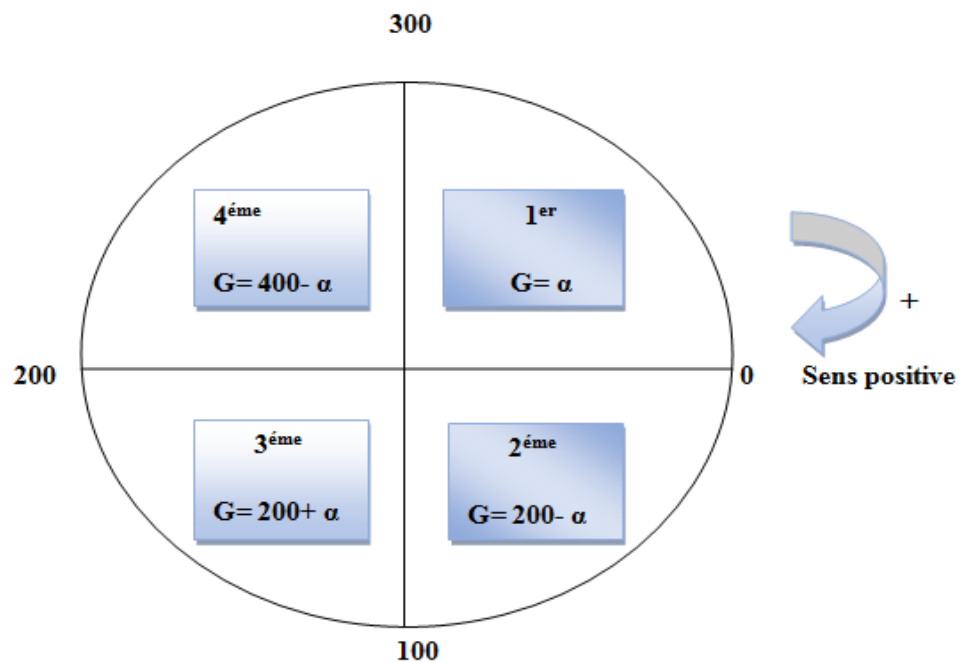


Figure II.6 : Quadrants du cercle pour calcul les gisements.

## Exemple 1

Tableau II.7: Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé.

| Vr=120Km/h | X (m)   | Y (m)  | R (m) |
|------------|---------|--------|-------|
| S0         | 1765.11 | 630.03 | 1800m |
| S1         | 1872.93 | 652.49 |       |
| S2         | 1994.01 | 681.78 |       |

$$S_0S_1 \begin{cases} |\Delta X| = |X_1 - X_0| = 107.82\text{m} \\ |\Delta y| = |y_1 - y_0| = 22.46\text{m} \end{cases}$$

$$S_1S_2 \begin{cases} |\Delta X| = |X_2 - X_1| = 121.08\text{m} \\ |\Delta y| = |y_2 - y_1| = 29.29\text{m} \end{cases}$$

Alors  $\Delta X \geq 0$  et  $\Delta y \geq 0$  (1<sup>er</sup> cadrent  $G = \alpha$ )

$$G_{S_0}^{S_1} = \text{arc tg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta y|} = 86.92 \text{ gr}$$

$$G_{S_1}^{S_2} = \text{arc tg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta y|} = 84.89 \text{ gr}$$

$$G_{S_0}^{S_1} = 86.92 \text{ gr} = 78.228^\circ$$

$$G_{S_1}^{S_2} = 84.89 \text{ gr} = 76.401^\circ$$

c.1)- Calcule de l'angle  $\gamma$

- $\gamma = |G_{S_1}^{S_2} - G_{S_0}^{S_1}|$
- $\gamma = |84.89 - 86.92|$
- $\gamma = 2.30 \text{ gr}$

c.2)- Calcule de l'angle  $\tau$

$$\bullet \quad \tau = \frac{200 \times L}{2\pi \times R}$$

- $\tau = \frac{200 \times 234.722}{2\pi \times 1800}$
- $\tau = 4.152\text{gr}$

**c.3)- Vérification de non chevauchement**

- $\tau = 4.152\text{gr}$
- $\gamma/2 = 1.15\text{gr}$

Alors  $\tau \geq \gamma/2$  pas de chevauchement.

**c.4)- Calcul des distances**

- $\overline{s_0s_1} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
- $\overline{s_0s_1} = \sqrt{107.82^2 + 22.146^2}$
- $\overline{s_0s_1} = 110.07\text{m}$
- $\overline{s_1s_2} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
- $\overline{s_1s_2} = \sqrt{121.08^2 + 29.29^2}$
- $\overline{s_1s_2} = 124.572\text{m}$

**d)- Caractéristiques de la courbe de raccordement**

**d.1)- Calcul de l'abscisse du centre du cercle**

- $X_m = \frac{A^2}{2 \times R} = \frac{L}{2}$
- $X_m = \frac{650^2}{2 \times 1800} = \frac{234.722}{2}$
- $X_m = 117.361\text{m}$

**d.2)- Abscisse de KE**

- $X = L \left( 1 - \frac{L^2}{40 \times R^2} \right)$
- $X = 234.722 \left( 1 - \frac{234.722^2}{40 \times 1800^2} \right)$
- $X = 234.62\text{m}$

## d.3)- Origine de KE

- $Y = \frac{L^2}{6 \times R}$
- $Y = \frac{234.722^2}{6 \times 650}$
- $Y = 14.12m$

## d.4)- Calcul de la tangente

- $T = X_m + (R + \Delta R) \times tg \frac{\gamma}{2}$
- $T = 117.361 + (1800 + 1.5) \times 0.018$
- $T = 149.788m$

## d.5)- Calcul des Coordonnées SL

- $s_L = \sqrt{X^2 + Y^2}$
- $s_L = \sqrt{234.62^2 + 14.12^2}$
- $s_L = 235.044m$

d.6)- Calcul de  $\sigma$ 

- $\sigma = \arctg \left( \frac{Y}{X} \right)$
- $\sigma = \arctg \left( \frac{14.12}{234.62} \right)$
- $\sigma = 3.826gr$

## d.7)- Calcul de l'arc

- $\alpha = \gamma - 2\tau$
- $\alpha = |2.30 - 2 \times 4.152|$
- $\alpha = 6.004 \text{ grade}$
- $\widehat{K_{E1} K_{E2}} = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200}$
- $\widehat{K_{E1} K_{E2}} = \frac{1800 \times 3.14 \times 6.004}{200}$
- $\widehat{K_{E1} K_{E2}} = 169.67m$

d.8)- Calcul des coordonnées des points singuliers

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S0} - (\overline{S_0 S_1} - T) \times \sin(G_{S_0}^{S_1}) \\ Y_{KA1} = Y_{S0} - (\overline{S_0 S_1} - T) \times \cos(G_{S_0}^{S_1}) \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 1765.11 - (110.07 - 149.788) \times \sin(86.92) = 1803.99m \\ Y_{KA1} = 630.03 - (110.07 - 149.788) \times \cos(86.92) = 638.13m \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(G_{S_0}^{S_1} - \sigma) \\ Y_{KA1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos(G_{S_0}^{S_1} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 1803.99 + 235.044 \times \sin(86.92 - 3.826) = 2113.88m \\ Y_{KE1} = 638.13 + 235.044 \times \cos(86.92 - 3.826) = 782.91m \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \times \sin(G_{S_1}^{S_2}) \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T \times \cos(G_{S_1}^{S_2}) \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 1872.93 + 149.788 \times \sin(84.89) = 2018.85m \\ Y_{KA2} = 652.49 + 149.788 \times \cos(84.89) = 687.70m \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + S_L \times \sin(G_{S_1}^{S_2} - \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + S_L \times \cos(G_{S_1}^{S_2} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 2018.85 + 235.044 \times \sin(84.89 - 3.826) = 2324.63m \\ Y_{KE2} = 687.70 + 235.044 \times \cos(84.89 - 3.826) = 837.65m \end{cases}$$

## Exemple 2

Tableau II.8: Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé.

| Vr=120Km/h | X (m)   | Y (m)   | R (m) |
|------------|---------|---------|-------|
| S3         | 2539.65 | 934.42  | 1800m |
| S4         | 2629.73 | 999.75  |       |
| S5         | 2727.20 | 1075.49 |       |

$$S_0S_1 \begin{cases} |\Delta X| = |X_4 - X_3| = 93.08\text{m} \\ |\Delta y| = |y_4 - y_3| = 65.33\text{m} \end{cases}$$

$$S_1S_2 \begin{cases} |\Delta X| = |X_5 - X_4| = 97.47\text{m} \\ |\Delta y| = |y_5 - y_4| = 75.74\text{m} \end{cases}$$

Alors  $\Delta X \geq 0$  et  $\Delta y \geq 0$  (1<sup>er</sup> cadrent  $G = \alpha$ )

$$G_{S_3}^{S_4} = \text{arc tg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta y|} = 61.04 \text{ gr}$$

$$G_{S_4}^{S_5} = \text{arc tg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta y|} = 57.94 \text{ gr}$$

$$G_{S_3}^{S_4} = 61.04 \text{ gr} = 54.93^\circ$$

$$G_{S_4}^{S_5} = 57.94 \text{ gr} = 52.14^\circ$$

c.1)- Calcul de l'angle  $\gamma$ 

- $\gamma = |G_{S_4}^{S_5} - G_{S_3}^{S_4}|$
- $\gamma = |61.04 - 57.94|$
- $\gamma = 3.1 \text{ gr}$

c.2)- Calcul de l'angle  $\tau$ 

- $\tau = \frac{200 \times L}{2\pi \times R}$

- $\tau = \frac{200 \times 234.722}{2\pi \times 1800}$
- $\tau = 4.152\text{gr}$

### c.3)- Vérification de non chevauchement

- $\tau = 4.152\text{gr}$
- $\gamma/2 = 1.55\text{gr}$

Alors  $\tau \geq \gamma/2$  pas de chevauchement.

### c.4)- Calcul des distances

- $\overline{s_3s_4} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
- $\overline{s_3s_4} = \sqrt{93.08^2 + 65.33^2}$
- $\overline{s_3s_4} = 113.71\text{m}$
- $\overline{s_4s_5} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
- $\overline{s_4s_5} = \sqrt{97.47^2 + 75.74^2}$
- $\overline{s_4s_5} = 123.43\text{m}$

### d)- Caractéristiques de la courbe de raccordement

#### d.1)- Calcul de l'abscisse du centre du cercle

- $X_m = \frac{A^2}{2 \times R} = \frac{L}{2}$
- $X_m = \frac{650^2}{2 \times 1800} = \frac{234.722}{2}$
- $X_m = 117.361\text{m}$

#### d.2)- Abscisse de KE

- $X = L \left( 1 - \frac{L^2}{40 \times R^2} \right)$
- $X = 234.722 \left( 1 - \frac{234.722^2}{40 \times 1800^2} \right)$
- $X = 234.62\text{m}$

d.3)- Origine de KE

- $Y = \frac{L^2}{6 \times R}$
- $Y = \frac{234.722^2}{6 \times 650}$
- $Y = 14.12m$

d.4)- Calcul de la tangente

- $T = X_m + (R + \Delta R) \times tg \frac{\gamma}{2}$
- $T = 117.361 + (1800 + 1.5) \times 0.024$
- $T = 160.59m$

d.5)- Calcul des Coordonnées SL

- $s_L = \sqrt{X^2 + Y^2}$
- $s_L = \sqrt{234.62^2 + 14.12^2}$
- $s_L = 235.044m$

d.6)- Calcul de  $\sigma$

- $\sigma = \arctg \left( \frac{Y}{X} \right)$
- $\sigma = \arctg \left( \frac{14.12}{234.62} \right)$
- $\sigma = 3.826gr$

d.7)- Calcul de l'arc

- $\alpha = \gamma - 2\tau$
- $\alpha = |3.1 - 2 \times 4.152|$
- $\alpha = 5.204 \text{ grade}$
- $\widehat{K_{E1} K_{E2}} = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200}$
- $\widehat{K_{E1} K_{E2}} = \frac{1800 \times 3.14 \times 5.204}{200}$
- $\widehat{K_{E1} K_{E2}} = 147.06m$

## d.8)- Calcul des coordonnées des points singuliers

$$K_{A3} \begin{cases} X_{KA3} = X_{S3} - (\overline{S_3 S_4} - T) \times \sin(G_{S_3}^{S_4}) \\ Y_{KA3} = Y_{S3} - (\overline{S_3 S_4} - T) \times \cos(G_{S_3}^{S_4}) \end{cases}$$

$$K_{A3} \begin{cases} X_{KA3} = 2539.65 - (113.71 - 160.59) \times \sin(61.04) = 2578.02m \\ Y_{KA3} = 934.42 - (113.71 - 160.59) \times \cos(61.04) = 961.35m \end{cases}$$

$$K_{E3} \begin{cases} X_{KA3} = X_{KA3} + S_L \times \sin(G_{S_3}^{S_4} - \sigma) \\ Y_{KA3} = Y_{KA3} + S_L \times \cos(G_{S_3}^{S_4} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E3} \begin{cases} X_{KE3} = 2578.02 + 235.044 \times \sin(61.04 - 3.826) = 2819.16m \\ Y_{KE3} = 961.35 + 235.044 \times \cos(61.04 - 3.826) = 1164.90m \end{cases}$$

$$K_{A4} \begin{cases} X_{KA4} = X_{S4} + T \times \sin(G_{S_4}^{S_5}) \\ Y_{KA4} = Y_{S4} + T \times \cos(G_{S_4}^{S_5}) \end{cases}$$

$$K_{A4} \begin{cases} X_{KA4} = 2629.73 + 160.59 \times \sin(57.94) = 2756.52m \\ Y_{KA4} = 999.75 + 160.59 \times \cos(57.94) = 1098.29m \end{cases}$$

$$K_{E4} \begin{cases} X_{KE4} = X_{KA4} + S_L \times \sin(G_{S_4}^{S_5} - \sigma) \\ Y_{KE4} = Y_{KA4} + S_L \times \cos(G_{S_4}^{S_5} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 2629.73 + 235.044 \times \sin(57.94 - 3.826) = 2860.43m \\ Y_{KE2} = 999.75 + 235.044 \times \cos(57.94 - 3.826) = 1208.98m \end{cases}$$

## **II.3. Profil en long**

### **II.3.1- 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.

### **II.3.2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long**

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur [11] :

- ◆ Eviter les angles rentrants en déblai, et cela pour 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 du tracé neuf.
- ◆ 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.

### II.3.3- 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 [11].

- ◆ 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).

### II.3.4 -Les éléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer [11].

- ◆ l'altitude du terrain naturel.
- ◆ l'altitude du projet.
- ◆ la déclivité du projet.

### II.3.5 - 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.

#### II.3. 5.1 - 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 [11].

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

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

### II.3. 5.2 - Déclivité maximum

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances

Inférieures à 1500m, à cause de [11] :

- ❖ 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 II.8: valeur d' $I_{max}$  Selon le B40.**

| Environnement<br>Catégories | E1 | E2 | E3 |
|-----------------------------|----|----|----|
| C1 et C2                    | 4% | 5% | 6% |
| C3                          | 5% | 6% | 7% |
| C4 et C5                    | 6% | 7% | 8% |

Pour notre cas la déclivité maximale  $i_{max} = 4\%$ .

### II.3.6 - Raccordements 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 [11].

On distingue deux types :

#### II.3. 6.1- Raccordement convexes (Angle Saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements parabolique 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 [11].

##### II.3. 6.1.1- 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 [11]

Limitation de l'accélération verticale :

$g/40$  : pour C 1 -  $2g/30$  pour : C-3-4-5

$$\frac{V_r^2}{RV} = \frac{g}{40}$$

$$\text{Pour : } g=10\text{m/s}^2 RV_{min} = \begin{cases} 0.3 \times V_r^2 \text{ pour } C(1,2) \\ 0.23 \times V_r^2 \text{ pour } c(3-4-5) \end{cases}$$

Dans notre cas :

$$RV=0.3 \times V_r^2$$

Avec :

RV : Rayon vertical (m).

VR : vitesse référence (km/h).

##### II.3. 6.1.2- Condition de visibilité

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

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

Le rayon de raccordement est donné par l'expression [11].

➤ **Rayon minimal absolu**

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

Avec :

- ◆  $d_1$  : distance d'arrêt (m).
- ◆  $h_0$  : hauteur de l'œil (m).
- ◆  $h_1$  : hauteur de l'obstacle (m).

**Tableau II.9: Résumé des valeurs proposées dans les diverses catégories[11].**

|                        | hauteur de l'œil<br>( $h_0$ ) (m). | Hauteur de l'obstacle<br>( $h_1$ ) (m). | Hauteur de l'obstacle<br>( $h_2$ ) (m) |
|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| Catégories 1 et 2      | 1.1                                | 0.15                                    | 1.20                                   |
| Catégories 3 et 4 et 5 | 1.                                 | 0.20                                    | 1.20                                   |

➤ **Rayon minimal normal**

Il est obtenu par la même formule II.16 avec la distance d'arrêt pour la vitesse  $V = V_r + 20 \text{ km/h}$ .

$$RV = 0.24 \cdot d_1^2$$

- ◆  $d_1$  : distance d'arrêt (m) à  $(V_r + 20)$ .

### II.3. 6.2- Raccordement concave (angle rentrant)

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation [11].

$$R'_v = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035 d_1)}$$

Avec :

$d_1$  : Distance d'arrêt (m).

➤ **Rayon minimal absolu [11]**

$$R'_v = C \times V_r^2$$

Avec :

- ◆  $C = 0.30$  pour C1, C2
- ◆  $C = 0.23$  pour C3 - C5

➤ **Rayon minimal normal [11].**

Il est obtenu par la même formule de rayon absolu pour la vitesse  $V = V_r + 20 \text{ km/h}$ .

### II.3.7- Caractéristiques des profils en long

➤ **Cas d'un angle saillant**

#### II.3.7.1-Condition de confort

- $RV_{\min} = 0.3 \times V_r^2$
- $RV_{\min} = 0.3 \times 120^2$
- $RV_{\min} = 4320 \text{ m}$

#### II.3.7.2- Condition de visibilité

On a selon le B40  $d_1 = 235 \text{ m}$ .

➤ **Rayon minimal absolu**

- $RV_m = 0.24 \times d_1^2$
- $RV_m = 0.24 \times 235^2$
- $RV_m = 13254 \text{ m}$

➤ **Rayon minimal normal**

On a selon le B40:  $d_1 = 307 \text{ m}$

- $RV_N = 0.24 \times d_1^2$

- $RV_N = 0.24 \times 307^2$
- $RV_N = 22619\text{m}$

➤ Cas d'un angle rentrants

### II.3.7.3- La visibilité nocturne

➤ Rayon minimal absolu

- $R'V_m = 0.3 \times V_r^2$
- $R'V_m = 0.3 \times 120^2$
- $R'V_m = 4320\text{m}$

➤ Rayon minimal normal

- $R'V_N = 0.3 \times (V_r^2 + 20)$
- $R'V_N = 0.3 \times (120 + 20)^2$
- $R'V_N = 6020\text{m}$

Tableau II.10: Caractéristique des rayons verticaux [11].

|                                                                                                                     |                                   |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Catégorie                                                                                                           | C1                                |       |
| Environnement                                                                                                       | E1                                |       |
| Vitesse (km/h)                                                                                                      | 120                               |       |
| Rayon en angle saillant<br><br>RV  | Route bidirectionnelle (2x2voies) |       |
|                                                                                                                     | Rvm2 (minimal absolu) en m        | 12000 |
|                                                                                                                     | RVN2 (minimal normal) en m        | 18000 |
|                                                                                                                     |                                   |       |
| Rayon en angle rentrant<br><br>RV | Route bidirectionnelle (2x2voies) |       |
|                                                                                                                     | Rvm2 (minimal absolu) en m        | 4200  |
|                                                                                                                     | RVN2 (minimal normal) en m        | 6000  |
|                                                                                                                     |                                   |       |
| Déclivité maximale I <sub>max</sub> (%)                                                                             | 4%                                |       |

### II.3.8 - Détermination des caractéristique géométrique du courbe verticale

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

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

Pratiquement le calcul de raccordement se fait de la façon suivante :

- ❖ Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les point A, D.
- ❖ Donnée la pente P1 de la droite (AS).
- ❖ Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- ❖ Donnée le rayon R.

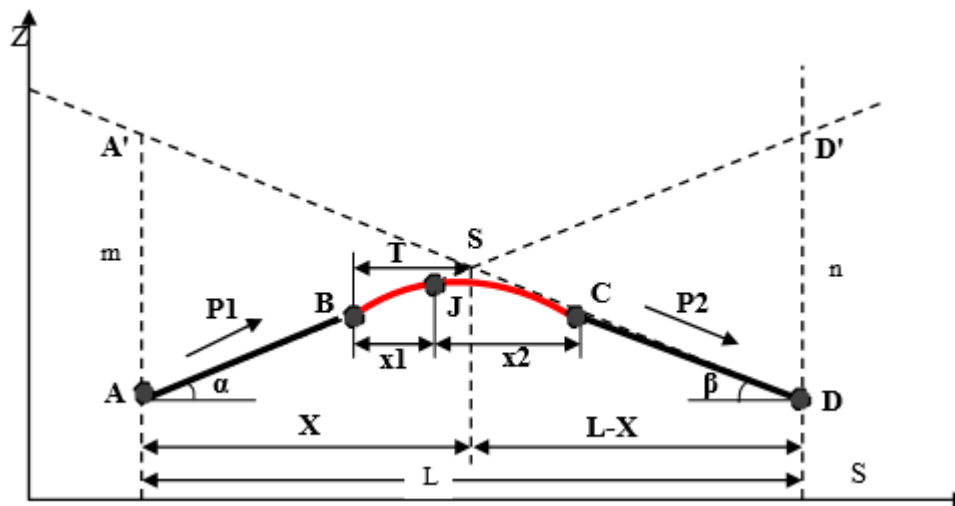


Figure III.7 : Courbe du profil en long.

## a) - Détermination de la position du point d'encontre (s)

On a :

$$Z_A = Z_D + L \cdot P_2 \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{D'} = Z_A + L \cdot P_1 \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles (A'SA) et (SDD') sont semblables donc

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x}$$

$$x = \frac{m \times L}{n + m}$$

- $s_s = s_A + x$
- $z_s = z_A + x \times p_1$

## b)- Calcul des points de tangente

$$T = \frac{R}{2} (|p_1| \pm |p_2|)$$

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 position les pentes de tangente B et C.

$$B \begin{cases} S_B = S_S - T \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 \end{cases}$$

$$C \begin{cases} S_C = S_S - T \\ Z_C = Z_S - T \times P_2 \end{cases}$$

### c)- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J)

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

$$X_1 = R \times P_1 \quad J \begin{cases} S_J = S_B + X_1 \\ Z_J = Z_B + \frac{X_1^2}{2R} \end{cases}$$

$$X_2 = R \times P_2$$

## II.3. 9- Application au projet

### II.3. 9.1- Caractéristiques des rayons en long

Pour notre projet on a les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivant (selon le B40) :

$$A \begin{cases} X_A = 4540.00m \\ Z_A = 1469.22m \end{cases} \quad D \begin{cases} X_D = 5660.00m \\ Z_D = 1462.01m \end{cases} \quad \text{en prendre } R=18000m$$

Les pentes :  $P_1 = 0.50\%$  ;  $P_2 = -1.31\%$

$$L=5660.00-4540.00=1120m$$

$$Z_{A'} = Z_D + L \times P_2, m = Z_{A'} - Z_A \Rightarrow \begin{cases} Z_{A'} = 1462.01 + (1120 \times 0.0131) = 1476.682m \\ m = 1476.682 - 1469.22 = 7.462m \end{cases}$$

$$Z_{D'} = Z_A + L \times P_1, n = Z_{D'} - Z_D \Rightarrow \begin{cases} Z_{D'} = 1469.22 + (1120 \times 0.005) = 1474.82m \\ n = 1474.82 - 1462.01 = 12.81m \end{cases}$$

$$x = \frac{m \times L}{n + m} = \frac{12.81 \times 1120}{12.81 + 7.462} = 707.73m$$

$$S \begin{cases} X_S = X_A + x = 4540.00 + 707.73 = 5247.79m \\ Z_S = Z_A + x \times P_1 = 1469.22 + 707.73 \times 0.005 = 1472.758m \end{cases}$$

### a)-Calcul des tangentes

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| + |P_2|) = \frac{18000}{2} (0.005 + 0.0131) = 162.9m$$

**b)-Calcul des coordonnées des points de tangentes**

$$B \begin{cases} S_B = X_S - T = 5247.79 - 162.9 = 5084.89m \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 1472.758 - 162.9 \times 0.005 = 1471.94m \end{cases}$$

$$C \begin{cases} S_C = X_S + T = 5247.79 + 162.9 = 5410.69m \\ Z_C = Z_S + T \times P_2 = 1472.758 + 162.9 \times 0.0131 = 1470.62m \end{cases}$$

**c)-Projection horizontale de la longueur de la courbe**

$$L_r = 2 \times T = 2 \times 162.9 = 325.8m$$

**D)-Calcul des flèches**

$$f = \frac{T^2}{2 \times R} = \frac{162.9^2}{2 \times 18000} = 0.737m$$

**E)-Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T)**

$$J \begin{cases} X_J = S_B + R \times P_1 = 5084.89 + 18000 \times 0.005 = 5174.89m \\ Z_J = Z_B + \frac{(R \times P_2)^2}{2R} = 1471.94 + \frac{(18000 \times 0.0131)^2}{2 \times 18000} = 1473.497m \end{cases}$$

## **II.4- Profil en travers**

### **II.4.1 –Définition**

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « Profil en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....) [7].

### **II.4. 2 - Différents types de profil en travers**

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

#### **II.4. 2.1 - Profil en travers type**

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements [7].

On distingue trois types de profils en travers :

- ◆ Profil en travers en déblai.
- ◆ Profil en travers en remblai.
- ◆ Profil en travers mixte (remblai et déblai).

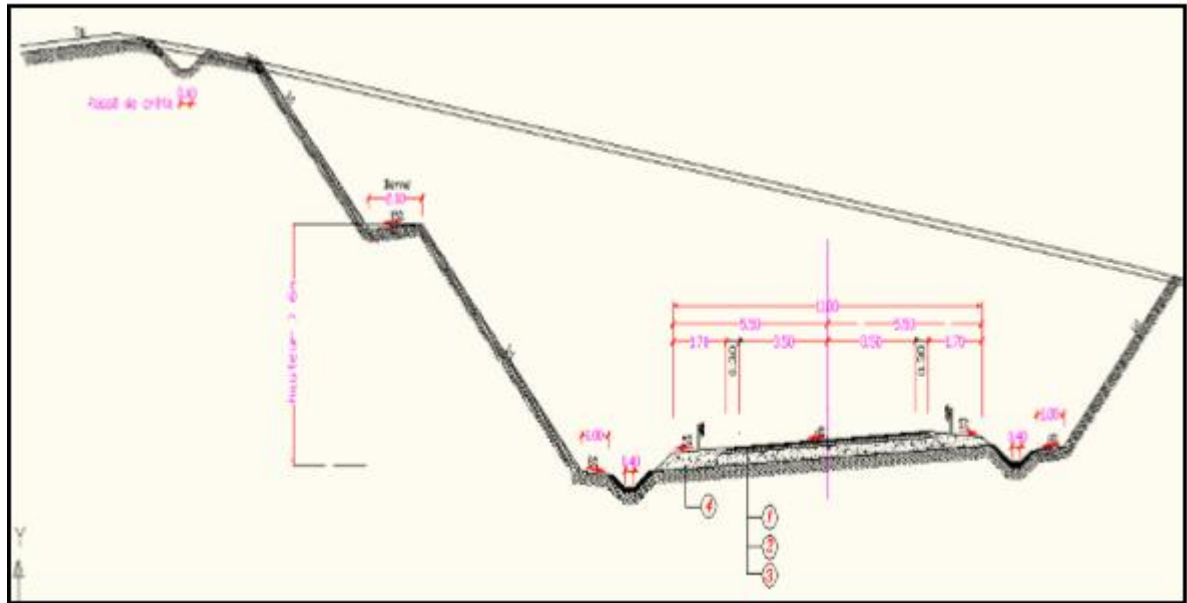


Figure II -8:profil en travers type en déblai

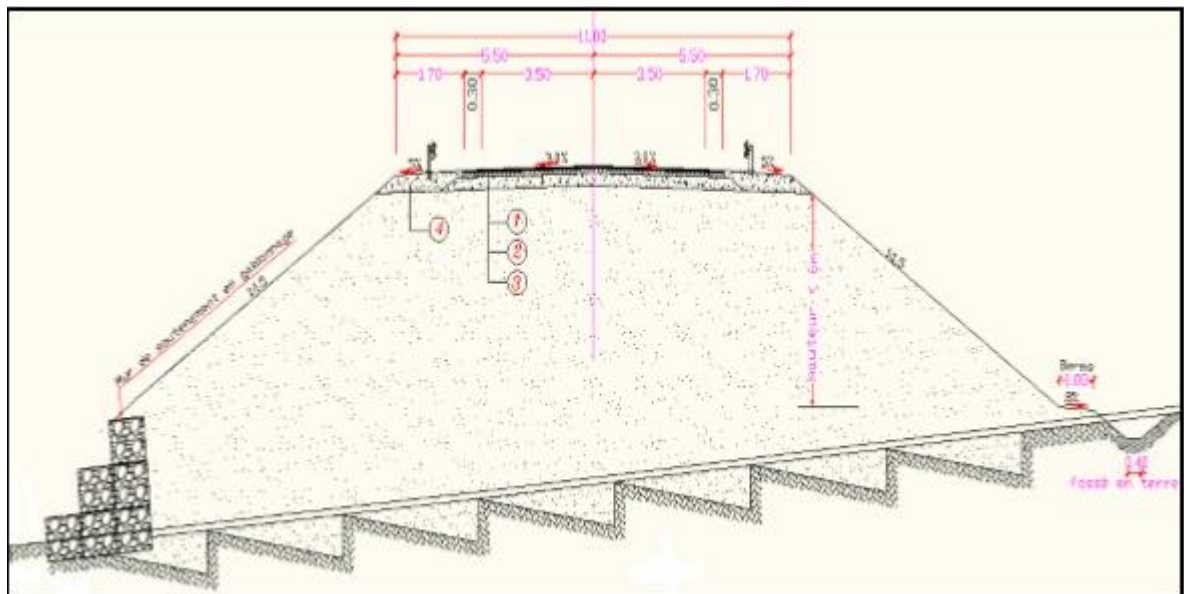


Figure II -9: profil en travers type en remblai.

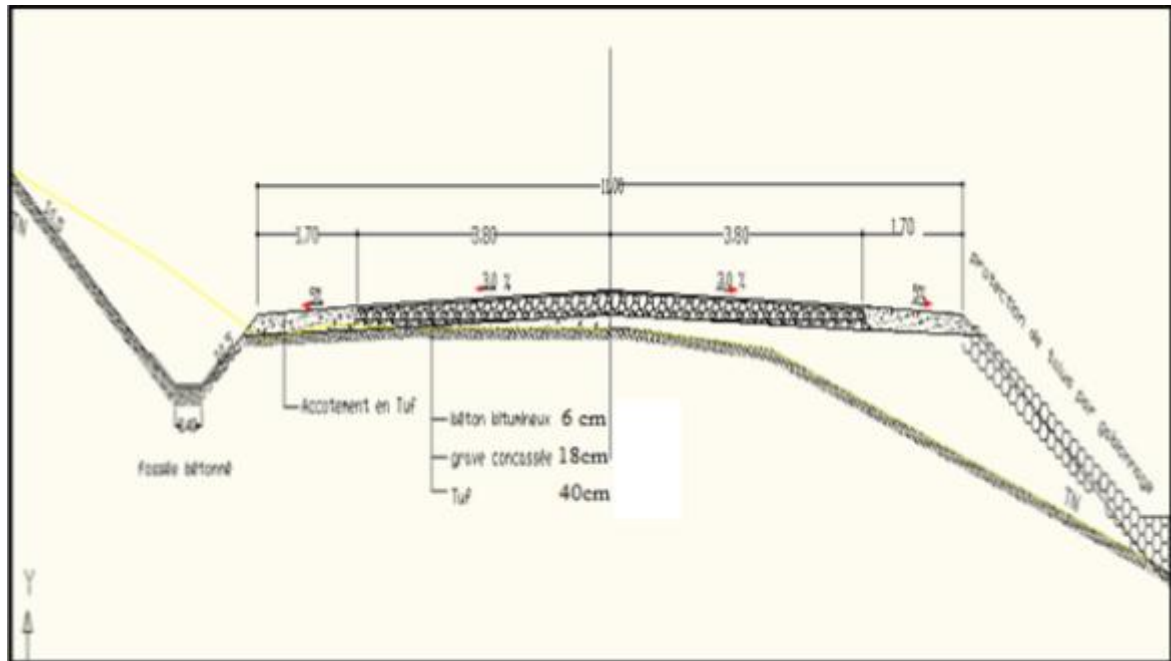


Figure II -10:profil en travers type mixte .

#### II.4. 3 – Les éléments de composition du profil en travers

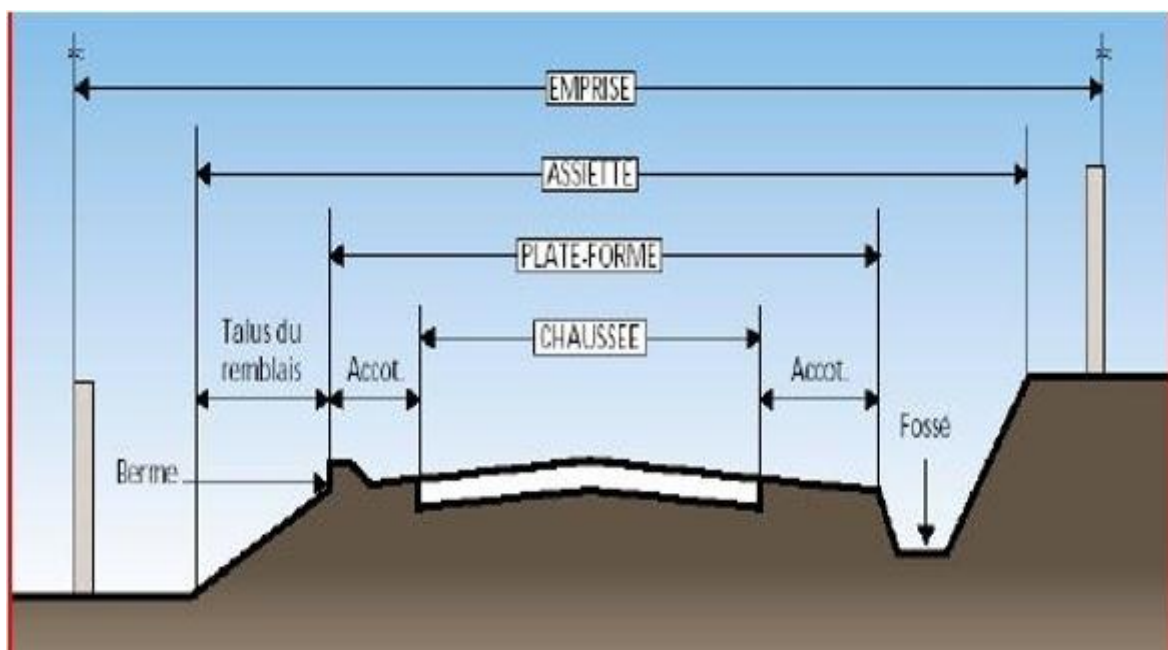


Figure II -11:Les éléments du profil en travers.

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants [9,11, 10,15, 16] :

**1)- 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.

**2) - 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.

**3) - La plate-forme**

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

**4) - Assiette**

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

**5) - 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.

**6) - Les accotements**

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

**7) - 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.

**8) - Le fosse**

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

**9)-Le talus**

Le talus a une inclinaison qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue, cette inclinaison est désignée par une fraction (A/B) tel que:

- ◆ A : la base du talus.
- ◆ B : hauteur du talus.

**10)-La largeur de la chaussée**

La largeur de la chaussée dépend surtout de l'importance de la circulation à écouler. La largeur du gabarit des véhicules étant de 2.50 m, cette même largeur constitue un minimum pour la largeur d'une voie sur les routes à circulation intense et rapide, une largeur de voie de 2.50m est insuffisante, il faut au moins 3 m et mieux encore 3.50 m pour que les véhicules de tous gabarits puissent se croiser et se dépasser en toute sécurité.

**11)-Pente transversale**

La pente transversale permet de favoriser l'évacuation des eaux de surface de la chaussée. En alignement droit, le profil en travers de la chaussée est caractérisé par une pente transversal qui varie de 2% à 5% vers l'extérieur.

**12)-Point de rotation des dévers**

Le choix du point de rotation des dévers dépend essentiellement de la disposition des lieux. Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plateforme, sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord de la chaussée.

**II.4.4 -Profil en travers type pour le présent projet**

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour le projet sera composé d'une chaussée bidirectionnelle. Les éléments du profil en travers type sont comme suit:

- Chaussée unidirectionnelle **de 2 voies (2x3.8) = 7.6 m**
- Accotement : **2 m** de chaque côté
- Largeur de la plate-forme : **28m**
- Devers minimum : **2,5%**
- Devers maximum : **7%** pour un rayon minimum
- Pente de talus en remblai : **2/3**
- Pente de talus en déblai : **1/1**

**II.4. 5 - Application au notre projet**

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel ((PISTE 5.05))

**II.4.6-Conclusion**

Dans cette partie d'étude, on s'est essentiellement intéressé à l'étude géométrique du tronçon de la route sur la base des normes du B40. Tous les calculs relatifs au tracé en plan, au profil en long et aux profils en travers ont été vérifiés à ceux obtenus à l'aide des logiciels de PISTE 5.05.

## II.5- Cubatures

### II.5.1 - Introduction

La réalisation d'un ouvrage génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers. Cette modification s'effectue :

- ◆ Soit par apport de terre sur le sol terrain naturel, qui lui servira de support remblai.
- ◆ Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle (les cubatures des terrassements).

### II.5.2 - Définition

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

Les éléments qui permettent cette évaluation 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 différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente [10].

### II.5.3-Méthode de calcul des cubatures

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plateforme des voies, tous les 50 m et à chaque point de changement de déclivité de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel.

Nous considérons (sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe).

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité [17].

### II.5.3.1-Description de la méthode

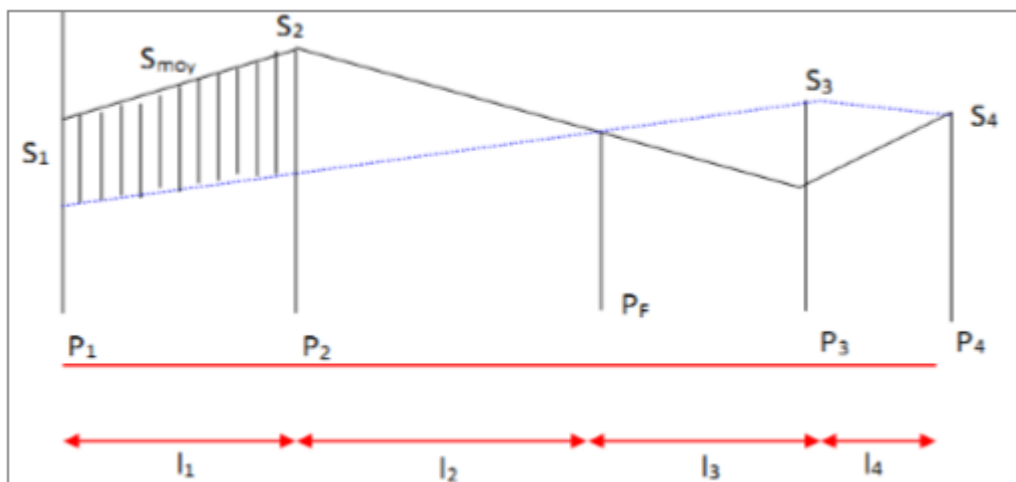
En utilisant la formule de MR SARRAUS qui calcul le volume compris entre deux profils successifs [17] :

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

Où **h**, **S1**, **S2** et **S0** désignant respectivement :

- hauteur entre deux profils;
- hauteur des deux profils.

Surface limitée à mi-distances des profils. Ici à la **(Figure IV-1)** on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.



**Figure II-12 : Méthode de la moyenne des aires.**

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

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

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions  $S_{\text{moy}}$  et  $\frac{S_1 + S_2}{2}$ .

Ceci donne:

$$V_1 = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2)$$

Donc les volumes seront :

- Entre P1 et P2 :  $V_1 = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2)$ .
- Entre P2 et PF :  $V_2 = \frac{l_2}{6} \times (S_2 + 0)$ .
- Entre PF et P3 :  $V_3 = \frac{l_3}{6} \times (0 + S_3)$ .

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

$$V_1 = \frac{l_1}{2} \times S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} \times S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} \times S_3 + \frac{l_4}{2} \times S_4$$

On voit l'utilité de placer les profils **PF** puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

#### II.4.4- Méthode de gulden

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

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens [15].

#### II.5.5- Méthode linéaire

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan [10].

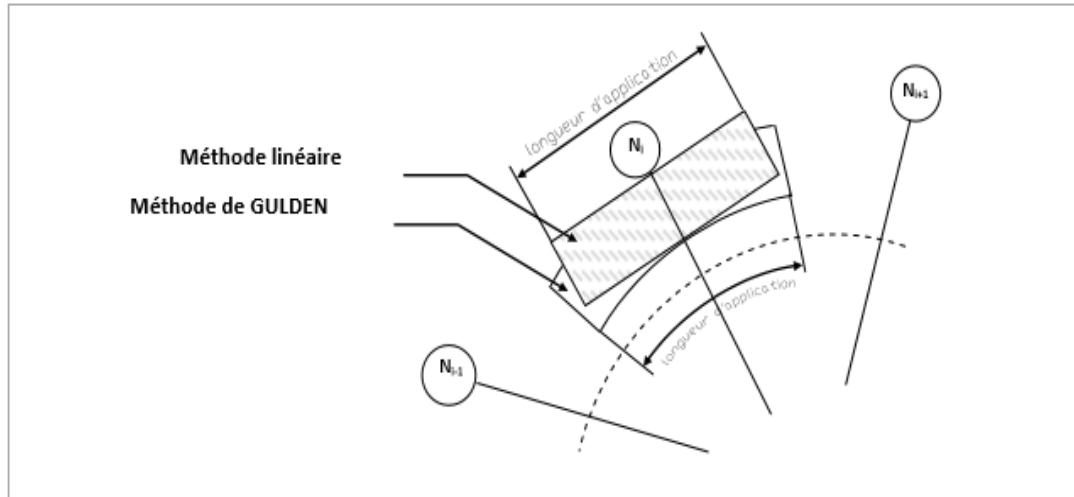


Figure II.13 : La méthode linéaire et Méthode GULDEN

### II.5.6- Calcul des cubatures de terrassement

Pour le calcul automatique des cubatures par le **logiciel Piste 5.05**, les résultats de calcul ainsi obtenus sont joints en annexe (**Annexe B**).

- Le volume de déblais est de:  $VD = 140494m^3$
- Le volume de remblai est de:  $VR = 252274m^3$

### II.5 .7- Conclusion

Selon les travaux sur le programme Piste 5, et après avoir dessiné la ligne rouge sur le profil en long en prenant les différentes conditions de sécurité et de confort, en plus de la recherche de l'équilibre entre le déblai et le remblai. Le volume de déblais est de  $VD = 140494m^3$  et celui du remblai est de  $VR = 252274m^3$ . Il est bien clair qu'il y a un équilibre entre le volume de déblai et celui du remblai, avec un faible déficit de terre dont le volume géométrique est de:

$$VR - VD = 252274 - 140494 = 111780m^3$$

# **CHAPITER III**

## **Etude géotechnique et dimensionnement du corps de la chaussée**

### **III.1- Etude Géotechnique**

#### **III.1.1- Introduction**

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

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

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 [12].

#### **III.1.2-Réglementation algérienne en géotechnique**

La géotechnique couvre un grand champ d'activité qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place.

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisées en laboratoire dans le cadre des études géotechniques ; par exemple [10].

- ◆ les essais en place (essais préssiométrique; pénétromètre statique ou dynamique....etc.).
- ◆ les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

#### **III.1.3-Les moyens de reconnaissance**

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement

- ◆ l'étude des archives et documents existants;
- ◆ les visites de site et les essais « in –situ »;
- ◆ les essais de laboratoire [13].

### **III.1.4-Etude géotechnique**

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

La géotechnique joue un rôle essentiel dans tous les travaux de génie civil et d'aménagements. On peut citer [14] [15] :

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

### **III.1.5- Les différents essais en laboratoire**

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de notre projet sont [13] :

- ◆ Des essais d'identification.
- ◆ Des essais mécaniques.

#### **III.1.5.1-Les essais d'identification**

- ◆ Analyses chimiques sommaires.
- ◆ Analyse granulométrique.
- ◆ Limites d'Atterberg.

#### **III.1.5.2-Les essais mécaniques**

- ❖ Essai PROCTOR et PROCTOR MODIFIE.
- ❖ Essai CBR imbibé.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

Les essais seront faits à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

### **III.1.5.1- Définitions des essais d'identification**

#### **a)-Equivalent de sable**

Le but de l'essai de l'équivalent de sable est de déterminer la qualité d'impureté (ou pour déterminer le pourcentage d'impureté dans un échantillon), soit des éléments argileux ultra fines ou des limons [20].

#### **b)- Analyses chimiques sommaires**

Le but des essais chimiques est de déterminer les différents pourcentages des : insolubles, gypse, calcaire, chlorures des matériaux du sol support [20].

#### **c)-Analyses granulométriques**

Les résultats des analyses granulométriques sont des courbes dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique, cette analyse se fait par une série des tamis[21].

##### **◆ Principe et but 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.

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).

#### **d)- Limites d'atterberg**

Limite de plasticité (WP) et limite de liquidité (WL) : ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ( $IP = WL - WP$ ), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau [17].

##### **◆ 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

$$W_L = \omega \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Avec :

- ◆  $\omega$  : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups
- ◆ N: nombre de coups
- ◆  $I_p$ : L'indice de plasticité

$$I_p = W_L - W_p$$

### ◆ Principe et but de l'essai

la détermination de  $W_L$  et  $W_p$  nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casa grande.[17]

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).

### III.1.5.2 -Définitions des essais mécaniques

#### a)- Essai Proctor

L'essai Proctor est un essai de compactage, il s'effectue à l'aide d'un moule normale ou un moule modifiée [21].

### ◆ Principe et but de l'essai

L'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol dispose en trois couches dans un moule dit moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacte avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage pour obtenu la meilleure teneur en eau que donne la meilleure portance de sol.

Les grains passants par le tamis de 5 mm sont compactés dans le moule Proctor.

L'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et la teneur en eau, c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour avoir un terrain bien compacté et une portance acceptable [21].

### **b) - Essai C.B.R (California bearing ration)**

On réalise en général trois essais [20] :

« CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ».

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

#### **Principe et but de l'essai**

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

Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement [20].

### **III.1.6-Les résultats des essais**

A travers les échantillons prélevés sur toute la longueur du projet on peut distinguer les informations suivantes :

#### **Reconnaissance du sol support**

Les caractéristiques du sol support sur lequel sera reposé le corps de chaussée, selon les données fournies par la DTP de Laghouat (Tronçon Pk328-Pk336) sont mentionnées dans les

Tableaux joints sur l'annexe (Annexe A: A-1).

### ➤ **Analyse des matériaux du sol support**

Liste des essais de laboratoire et leurs références normatives:

- |                                         |                            |
|-----------------------------------------|----------------------------|
| ◆ Analyse granulométrique :NFP 94-056   | ◆ Analyses chimiques:      |
| ◆ Limites d'Atterberg : NFP 94-051      | ◆ Insolubles : NFP 15-461. |
| ◆ Equivalent de sable : NFP18-597       | ◆ Sulfates : BS 1377.      |
| ◆ Essai CBR Imbibé : NFP 94-078         | ◆ Carbonates : NFP 15-461. |
| ◆ Caractéristiques Proctor : NFP 94-093 |                            |

#### **a)-Essais d'identification**

Selon les données fournies par la LTPC de Laghouat (Tronçon Pk328 - Pk336), les résultats des essais d'identification sont résumés dans les tableaux joints sur l'annexe (Annexe A: A-2et A3).

#### **b)-Essais mécaniques**

Selon les données fournies par la LTPC de Laghouat (Tronçon Pk324 - Pk329) on a résumé dans les tableaux joints sur l'annexe (Annexe A: A-4).

### ➤ **Analyse géotechnique du sol support**

#### ◆ **Analyse granulométrique**

Les résultats enregistrés nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le pourcentage des fines (**< 0.080mm**) **varie de 16 à 82 %**.
- Le pourcentage des éléments supérieurs à **20 mm varie de 76 à 100 %**.
- Le pourcentage des éléments supérieurs à **02 mm varie de 72 à 100%**.
- Le coefficient d'uniformité (coefficient de Hazen  $CU = D_{60}/D_{10}$ ) **est largement > 02**.

Il s'agit donc de courbes granulométriques étalées ou continues, ainsi le matériau se prête bien au compactage.

#### ◆ **Limites d'atterberg**

Cet essai a pour but de déterminer les limites de liquidité et de plasticité, ainsi que l'indice de plasticité des matériaux.

- Les valeurs des limites de liquidité **LL** des différents échantillons varient entre **17.24 et 48.34%**.
- Les valeurs des limites de plasticité **LP** des différents échantillons varient du **non mesurable à 25.15%**.
- Les valeurs des indices de plasticité **IP** des différents échantillons varient du **non mesurable à 24.24%**.

Ce qui nous révèle que le matériau du sol support est de sensibilité variable à l'eau.

### ◆ **Analyses chimiques**

L'analyse chimique sommaire effectuée sur des échantillons prélevés et tamisés a donné les valeurs suivantes :

- Les insolubles varient de **42.5 à 63.5%**.
- Les sulfates (exprimées sous forme de gypse) n'ont été détectée au niveau de ce tronçon de route. Donc la majorité du sol support de ce lot est dépourvue des sulfates.
- Les carbonates varient de **35 à 76%**.

### ◆ **Equivalent de sable**

Les résultats enregistrés se situent dans la fourchette **07.76 et 34.78%**.

### ◆ **Essais mécaniques**

Une chaussée est essentiellement destinées à supporter les actions mécaniques des véhicules et à les transmettre sur le sol support, sans que se produisent des déformations ni dans le terrain, ni encore moins au niveau du corps de chaussée et le revêtement (couche de roulement).

Les essais mécaniques ont été effectués afin de cerner le problème de portance et de résistance de matériau.

### ◆ **Proctor modifié**

L'essai Proctor modifié consiste à compacter le matériau dans un moule standard, avec une dame normalisée, selon un mode opératoire bien déterminé, dans le but de déterminer la teneur en eau optimale correspondant à la densité sèche maximale.

- Les teneurs en eau varient entre **07.90 et 10.10 %**.
- Les densités sèches maximales obtenues oscillent entre **1.91 et 2.09 t/m<sup>3</sup>**.

### ◆ Indice CBR

L'essai CBR consiste à poinçonner des échantillons de sol préalablement compactés dans un moule standard, la valeur de l'indice CBR moyenne va nous servir de valeur de base de calcul du dimensionnement de notre ouvrage routier, les valeurs de l'indice CBR oscillent entre **10.73** et **24.51** avec une valeur moyenne de **16.93**.

- D'après les résultats sur le CBR imbibé à 04 jours, le sol support est de portance moyenne (CBR moyen est de 16).
- Les analyses d'identification sur le matériau montrent que le sol support est classé d'après le RTR (Recommandation pour les terrassements routiers) (voir les tableaux dans Annexe A: A-5).

#### **III.1.7 - Condition d'utilisation des sols en remblais**

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de [10].

- ◆ Pierre de dimension > 80mm.
- ◆ Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- ◆ Matériaux gélifs.
- ◆ On évite les sols à forte teneur en argile.

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

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 32 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

#### **III.1.8 -Conclusion**

L'étude de sol a montré que les faciès formant l'assise de la route ne présentent pas caractères spéciaux nécessitant des précautions spéciales.

Dans l'ensemble la portance est bonne, la sensibilité à l'eau n'est pas assez importante, et les travaux de terrassement n'exigent pas de moyens extra ordinaires.

Tous les emprunts étudiés possèdent des caractéristiques géotechniques requises, et par conséquent, ils peuvent être utilisés dans la réalisation des remblais et de la couche de forme.

Vues les caractéristiques géotechniques requises du matériau des zones de déblai, ce dernier peut être mis en œuvre en remblai.

### III.2- Dimensionnement du corps de chaussée

#### III.2.1 - 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 réaliser 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 [10] :

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

#### III.2.2 - La chaussée

##### III.2.2.1 - 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 [13].

### III.2.2.2 - Différents types de chaussées

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

- ◆ **Chaussée souple.**
- ◆ **Chaussée semi-rigide.**
- ◆ **Chaussée rigide.**

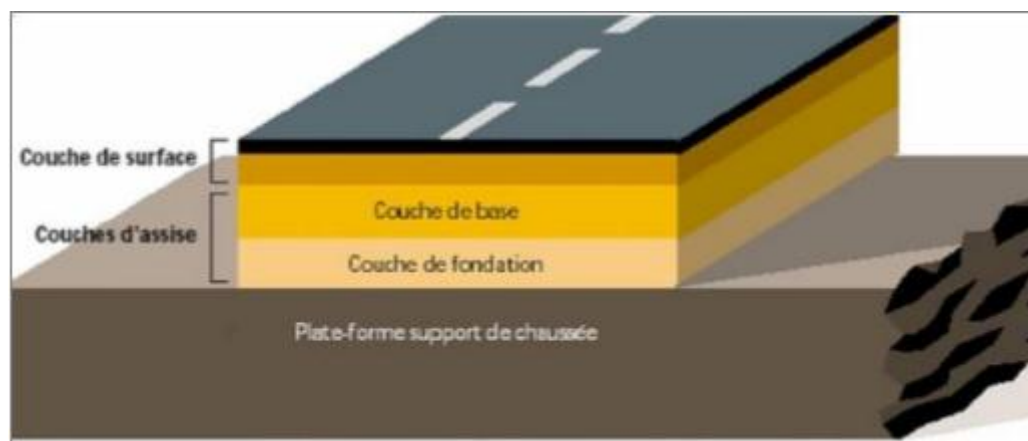
#### 1)- Chaussée souple

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.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes [22].



**Figure III-1: structure type d'une chaussée souple.**

#### **a)- 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 usagés

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 [20].

#### **b)- 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 [20].

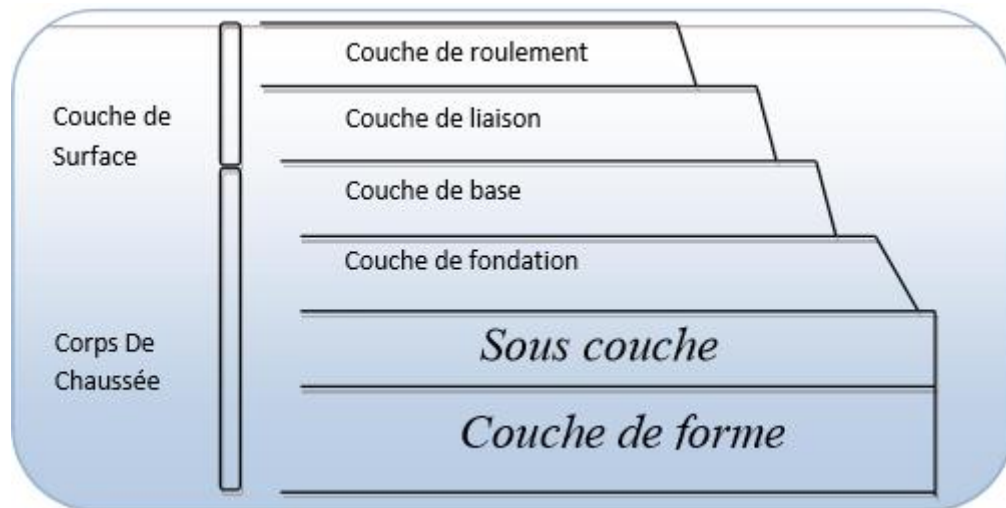
#### **c)- Couche de fondation**

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmise par trafic. Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle même rôle que celui de la couche de base [22].

#### **d)- 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 [22].

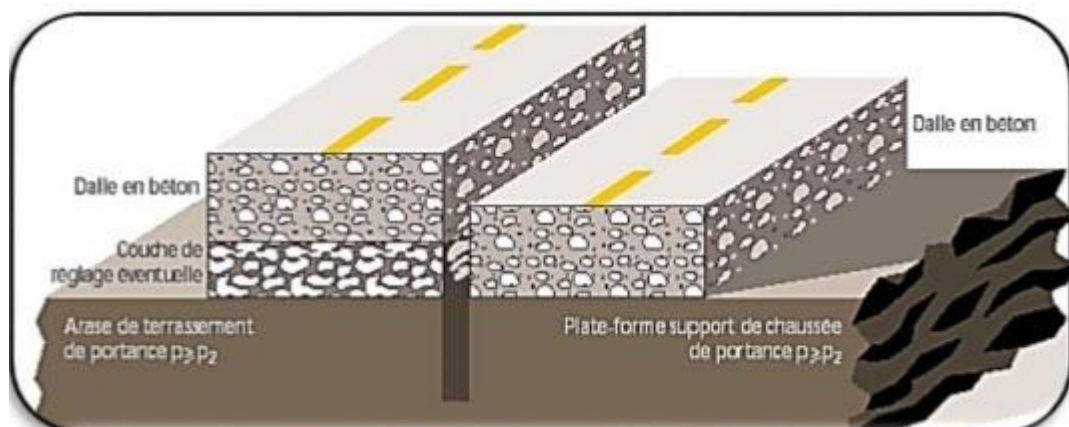


**Figure III-2 : Type de couche d'une chaussée souple.**

## 2)- Chaussée semi-rigide

On distingue [20] :

- ❖ 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.



**Figure III-3 : structure de couche d'une chaussée rigide.**

### 3)- 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 une grave stabilisé mécaniquement : elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques [20].

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

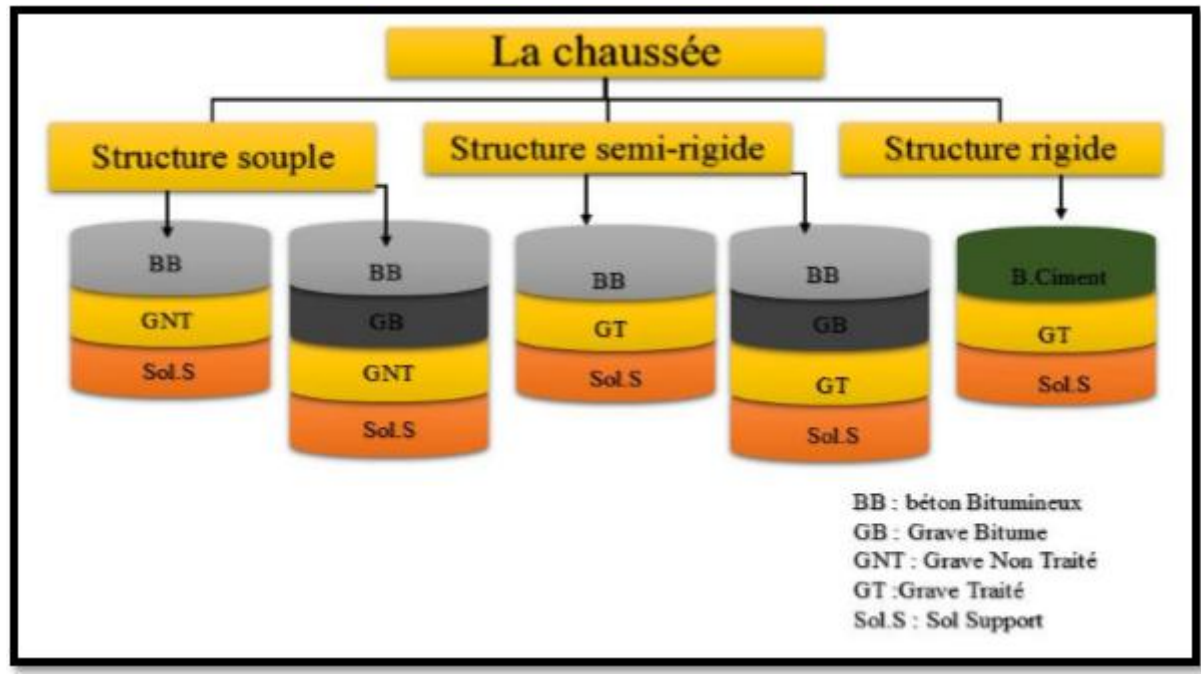


Figure III-4 : Schéma récapitulatif des types des chaussées.

### III.2.3- Sollicitations

La chaussée est soumise aux sollicitations dues au trafic, aux intempéries, ainsi qu'à l'influence de la durée des diverses sollicitations [18].

#### III.2.3.1 -Les effets du trafic

Le trafic constitue un élément essentiel dans la sollicitation de la chaussée. A travers les pneumatiques, les véhicules transmettent une pression à la structure dépendant du poids des véhicules. Ces efforts verticaux se diffusent dans le sol. Elles se caractérisent par différents types de dégradation (usure, fluage) ou rupture par fatigue [18].

### **III.2.3-2-Les effets du climat**

Sont traduits par:

- ◆ l'eau qui diminue les facultés d'adhésivité passive du bitume (c.-à-d. les liaisons entre bitumes et granulats), elle contribue donc au dés enrobage des enrobés bitumineux;
- ◆ l'air qui contribue à l'évaporation des solvants et par conséquent à l'oxydation du bitume;
- ◆ la température qui influe sur les propriétés mécaniques du bitume en particulier les variations de température peuvent conduire à fissurer la couche de roulement [12].

### **III.2.4 - 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 :

#### **III.2.4.1 - Trafic**

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 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 [23] :

#### **III.2.4.2 -Le climat et l'environnement**

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

L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai [24].

### III.2.4.3-Le sol support

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de L'indice CBR.

Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support.

Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95 % de la densité à l'O.P.M [10].

### III.2.4.4 -Matériaux

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds) [8].

### III.2.5-Méthodes de dimensionnement

Nous avons deux grandes familles de méthodes [17] :

- ◆ Celle qui utilise la structure de la chaussée à travers un modèle mécanique pour la détermination des contraintes et déformations, cette méthode est dite rationnelle.
- ◆ L'autre qui consiste à observer le comportement sous trafic des chaussées (réelles ou expérimentales) et d'en déduire les règles pratiques du dimensionnement, et c'est la méthode empirique.

Cette dernière contient elle-même les méthodes suivantes :

#### III.2.5-1-Les principales méthodes de dimensionnement

##### ➤ Méthode C.B.R «California -bearing - ratio»

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

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre S'obtient par l'application de la formule présentée ci-après [25].

- Pour un trafic en voiture particulier :  $TMJA \times 365 \times 1.5t < 100000 \text{ t/ans}$

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5} [\text{cm}]$$

- Pour un trafic en voiture particulier :  $TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100000 \text{ t/ans}$

$$e = \frac{100 + \sqrt{p}(75 + 50 \log_{10} \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \text{ [cm]}$$

Avec:

- ◆ **e**: épaisseur équivalente
- ◆ **I<sub>CBR</sub>**: indice CBR (sol support).
- ◆ **N**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

$$N = T_H \cdot \%PL$$

**T<sub>H</sub>**: Trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^n$$

Avec:

**T<sub>0</sub>**: Trafics actuel (v/j).

**n**: 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:

$$e = C_1 \times e_1 \times C_2 \times e_2 \times C_3 \times e_3$$

Avec :

- ◆ **C<sub>1</sub> × e<sub>1</sub>**: couche de roulement.
- ◆ **C<sub>2</sub> × e<sub>2</sub>**: couche de base.
- ◆ **C<sub>3</sub> × e<sub>3</sub>**: couche de fondation.

Où:

- ◆ **C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>**: Coefficients d'équivalence.
- ◆ **e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub>** : épaisseurs réelles des couches.

**Tableau III-1 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau [12].**

| Matériaux utilisés                     | Coefficient d'équivalence |
|----------------------------------------|---------------------------|
| Béton bitumineux ou enrobe dense       | 2.00                      |
| Grave ciment grave laitier             | 1.50                      |
| Grave bitume                           | 1.20 à 1.70               |
| Grave concassée ou gravier             | 1.00                      |
| Grave roulée grave sableuse -<br>T.V.O | 0.75                      |
| Sable ciment                           | 1.00 à 1.20               |
| Sable                                  | 0.50                      |
| Tuf                                    | 0.80 0.90                 |

➤ **Méthode du catalogue des structures «SETRA»**

### **III.2.6- Application au projet**

#### **III.2.6.1-Méthode de l'indice CBR**

L'utilisation du catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement [26].

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 rationnelles qui se base sur deux approches :

- approche théorique;
- approche empirique.

**1- Données de l'étude**

- ◆ Le trafic à l'année 2016 **TJMA<sub>2016</sub> = 5763 v/j**
- ◆ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  **$\tau = 4\%$**
- ◆ Le pourcentage moyen de poids lourds (PL)  **$Z = 25\%$**
- ◆ L'année de mise en service sera en 2021 : **TJMA<sub>2021</sub> = 7012 v/j**
- ◆ La durée de vie estimée de **20 ans**
- ◆ Indice portant CBR :  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Puits N°3=16} \\ \text{Puits N°1, 2,4=23} \\ \text{Puits N°5, 6, 7, 8,9=13} \end{array} \right.$

**2. Répartition de trafic**

- **TJMA<sub>2021</sub> = 7012 v/j**
- **$T_{H2041} = \frac{7012}{2} (1 + 0.04)^{20} = 7682 \text{ v/j/sens}$**
- **$N = T_{H2041} \times \%PL = 7682 \times 0.25$**
- **$N = 1920 \text{ PL/j/sens}$**

**3. Calcul de l'épaisseur équivalente**

- **$TJMA_{2021} \times 365 \times 1.5 > 100000 \text{ t/ans}$**
- **$7012 \times 365 \times 1.5 = 3839070 \text{ t/ans} > 100000 \text{ t/ans}$**

**Pour :  $I_{CBR} = 16$**

- **$e_a = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + \log \frac{N}{100})}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + \log \frac{1920}{100})}{16 + 5}$**
- **$e_a = 27.72 \text{ cm}$**

**Pour :  $I_{CBR} = 13$**

- **$e_b = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + \log \frac{N}{100})}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + \log \frac{1920}{100})}{13 + 5}$**
- **$e_b = 32.34 \text{ cm}$**

**Pour :  $I_{CBR} = 23$**

- **$e_c = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + \log \frac{N}{100})}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + \log \frac{1920}{100})}{23 + 5}$**

$$\bullet \quad e_c = 20.79\text{cm}$$

$$\text{On prend} \quad \left\{ \begin{array}{l} e_a = 32\text{cm} \\ e_b = 38\text{cm} \\ e_c = 32\text{cm} \end{array} \right.$$

#### 4-Determination de l'épaisseur réelle

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il faut résoudre l'équation suivante :

$$e_{\text{équivalent}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$$\text{Alors} \quad \left\{ \begin{array}{l} e_a = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 32\text{cm} \\ e_b = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 38\text{cm} \\ e_c = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 32\text{cm} \end{array} \right.$$

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3ème:

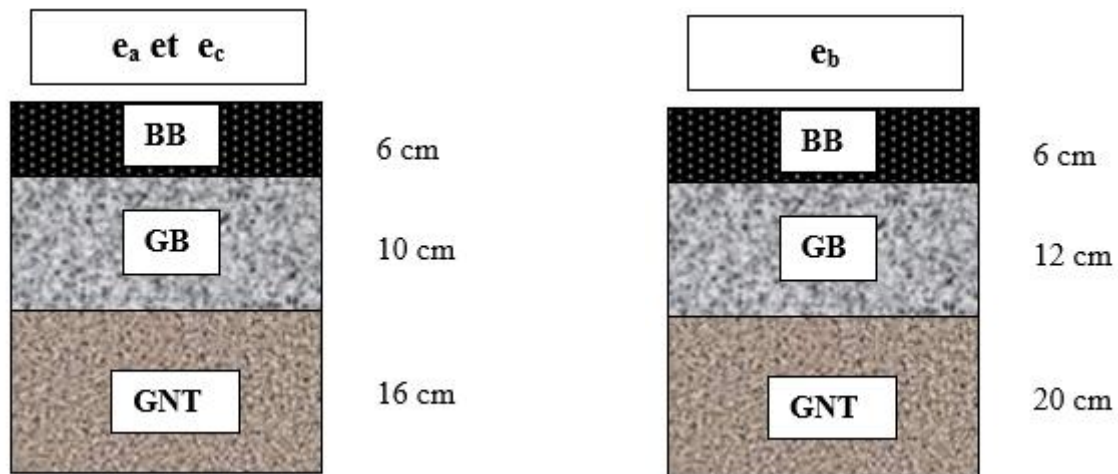
$$e_a \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Couche roulement en béton bitumineux(B.B) : } a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12\text{cm} \\ \text{Couche de base en grave bitume (G.B) : } a_2 \times e_2 = 10 \times 1.5 = 15\text{ cm} \\ \text{Couche de fondation en (G.N.T) : } a_3 \times e_3 = 16 \times 1 = 16\text{cm} \end{array} \right.$$

$$e_b \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Couche roulement en béton bitumineux(B.B) : } a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12\text{cm} \\ \text{Couche de base en grave bitume (G.B) : } a_2 \times e_2 = 12 \times 1.5 = 18\text{ cm} \\ \text{Couche de fondation en (G.N.T) : } a_3 \times e_3 = 20 \times 1 = 20\text{cm} \end{array} \right.$$

$$e_c \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Couche roulement en béton bitumineux(B.B) : } a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12\text{cm} \\ \text{Couche de base en grave bitume (G.B) : } a_2 \times e_2 = 10 \times 1.5 = 15\text{ cm} \\ \text{Couche de fondation en (G.N.T) : } a_3 \times e_3 = 16 \times 1 = 16\text{cm} \end{array} \right.$$

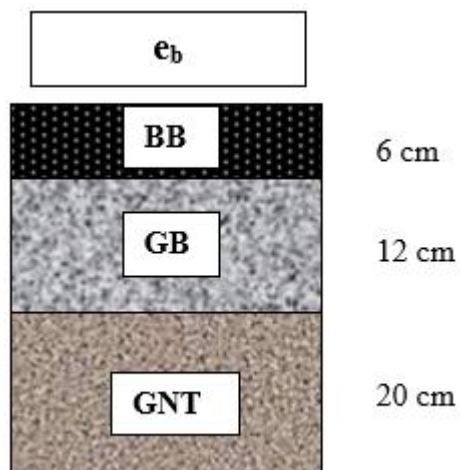
Donc :

$$\left\{ \begin{array}{l} e_a = 12 + 15 + 16 = 43 \text{ cm} \\ e_b = 12 + 18 + 20 = 50 \text{ cm} \\ e_c = 12 + 15 + 16 = 43 \text{ cm} \end{array} \right.$$



**Figure III -5 : La structure de chaussée méthode C.B.R.**

On prend



### III.2.6.2-Methode de catalogue des chaussées neuves

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont: trafic, sol support, environnement et zone climatique.

**1-Determination du type de réseaux principaux**

$$TJMA_{2021} = 7012v/j$$

$$TJMA_{2021} = 7012v/j > 1500v/j$$

Donc les réseaux principaux est **RP1**

**Tableau III .2: Classification des réseaux principaux.**

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

**2-Determination de la classe de trafic****Réparation transversal de trafic**

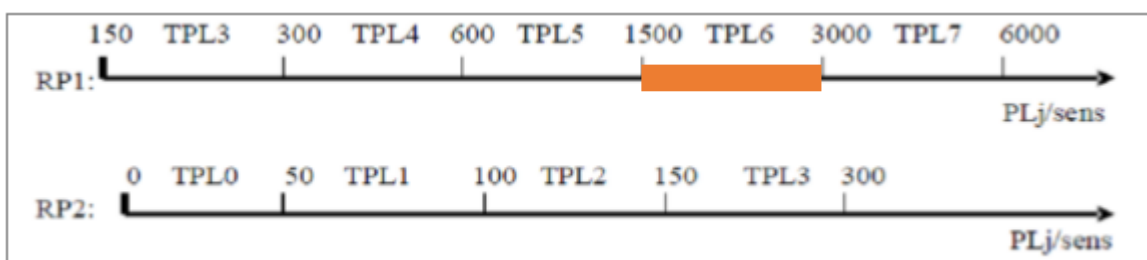
Chaussée unidirectionnel à deux voies : 90% DU TRAFIC PL sur la voie lente de droite.

$$TPL = N \times 90\%$$

$$TPL = 1920 \times 0.9 = 1728 PL/j/sens$$

Trafic poids lourds : TPL est compris entre **1500 et 3000**

Donc : la classe de trafic est : TPL6



**Figure III -6 : Classe de trafic.**

**3-Determination de la portance de sol-support de chaussée****a)-Détermination de la classe du sol**

$$I_{CBR} = \frac{24.51 + 22.79 + 16.77 + 23.09 + 12.17 + 14.67 + 14.52 + 10.73 + 13.14}{9}$$

$$I_{CBR} = 16.93$$

**Tableau III .3: Classe du sol**

| Classe du sol | Indices C.B.R |
|---------------|---------------|
| S0            | >40           |
| S1            | 25-40         |
| S2            | 10-25         |
| S3            | 5-10          |
| S4            | <5            |

Donc : le sol classe sur la classe S2  $I_{CBR}(10 - 25)$

**b) Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement**

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir:

S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le **Tableau III.4**, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times I_{CBR}$$

$$E = 5 \times 16.93 = 84.65 \text{ MPa}$$

Alors on a la Classes de Sol est S2

**Tableau III .4: Classes de sol-support**

| CLASSE | S3    | S2     | S1      | S0   |
|--------|-------|--------|---------|------|
| E(MPa) | 25-50 | 50-125 | 125-200 | >200 |

**4)-Choix de différentes couches constitue de la chaussée**

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

- Couche de roulement : **Béton bitumineux BB.**
- Couche de base : **Grave bitumineux GB.**
- Couche de fondation : **Gravier non traité GNT.**

**5)-Détermination de la zone climatique**

D'après le **Tableau III.5** de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans **la zone climatique II (350-600mm/an).**

**Tableau III .5: Les zones climatiques de l'Algérie**

| Zone climatique | Pluviométrie (mm/an) | Climat      | Teq(°) | Région               |
|-----------------|----------------------|-------------|--------|----------------------|
| I               | >600                 | Très humide | 20     | Nord                 |
| II              | 350-600              | Humide      | 20     | Nord, Hauts plateaux |
| III             | 100-350              | Semi-aride  | 25     | Hauts plateaux       |
| IV              | <100                 | Aride       | 30     | Sud                  |

**6)-Amélioration de la classe du sol support**

D'après le **Tableau III.6** classe de sol en fonction de portance on trouve la structure suivante:  
Structure souple S2 découche de forme de 40 cm pour augmenter la portance de sol.

**Tableau III .6: Classe de sol en fonction de portance de sol**

| Classe portance du sol terrassé (Si) | Matériaux de couche de forme | Epaisseur de couche de forme | Classe portance du sol support visée (Sj) |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|
| <S4                                  | Matériau non traité          | 50cm (en 2couche)            | S3                                        |
| S4                                   | Matériau non traité          | 35cm                         | S3                                        |
| S4                                   | Matériau non traité          | 60cm (en 2couche)            | S2                                        |
| S3                                   | Matériau non traité          | 40cm (en 2couche)            | S2                                        |
| S3                                   | Matériau non traité          | 70cm (en 2couche)            | S1                                        |

Au niveau du tronçon du lot N°04» allant du PK 328+000 au PK 336+000, nous avons rencontré deux types de sol support à savoir.

- **Encrouement calcaire (EC)**
- **Sable limoneux (SL)**

**Tableau III .7: Classe portance du sol terrassé (Si)**

| Nature du sol support            | T (PL/j) | TPLi | RPi | Si | Structure                                      |
|----------------------------------|----------|------|-----|----|------------------------------------------------|
| <b>Dalle calcaire(D.C)</b>       | 2000     | TPL6 | RP1 | S1 | Cas non figuré au niveau du catalogue Algérien |
| <b>Encrouement calcaire(E.C)</b> | 2000     | TPL6 | RP1 | S2 | Cas non figuré au niveau du catalogue Algérien |
| <b>Sable limoneux(S.L)</b>       | 2000     | TPL6 | RP1 | S3 | Cas non figuré au niveau du catalogue Algérien |

## 7-Choix de dimensionnement

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **II**, durée de vie de 20ans, taux d'accroissement (**4%**), portance de sol (S2) et une classe de trafic (**TPL6**). Dans ce cas la structure ne figure pas dans le catalogue des structures (fascicule 3 du catalogue algérien, ce qui

nous mener à utiliser la méthode du catalogue français qui se base sur la nature la plate-forme et les valeurs de portance du sol et le trafic, on obtient ce qui suit:

On constate que la structure est non figurée dans notre cas au niveau du **MCA** (Méthode du Catalogue Algérien), à cet effet on aura recourt à la méthode du catalogue Français(**MCF**) qui tient compte de la nature de la plateforme, les valeurs de portance du sol et le trafic routier, on aura :

**Tableau III .8: Classe de nature du sol support**

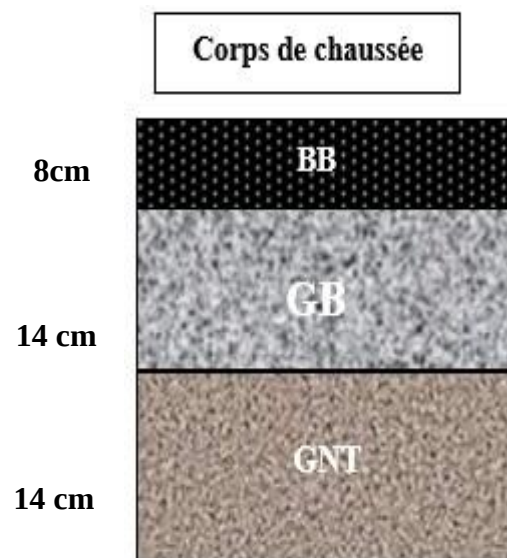
| Nature du sol support      | plateforme | TCi | Structure          |
|----------------------------|------------|-----|--------------------|
| Dalle calcaire(D.C)        | PF4        | TC6 | 8BB + 10GB + 11GNT |
| Encroutement calcaire(E.C) | PF3        | TC6 | 8BB + 12GB + 20GNT |
| Sable limoneux(S.L)        | PF2        | TC6 | 8BB + 14GB + 14GNT |

On prend

| Plat forme | TCi | Structure          |
|------------|-----|--------------------|
| PF2+       | TC6 | 8BB + 14GB +14 GNT |

**Alors**

- Couche de roulement : **BB = 8 cm.**
- Couche de base : **GB = 14 cm.**
- Couche de fondation : **GNT = 14 cm.**



**Figure III -7 : La structure de chaussée méthode du catalogue.**

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants (**Tableau III.9**) :

**Tableau III .9: Résumé les deux méthodes.**

| Méthode           | C.B.R            | Catalogue des structures |
|-------------------|------------------|--------------------------|
| Corps de chaussée | 1-6BB+12GB+20GNT | 8BB+14GB+14GNT           |

Il convient de noter que les deux méthodes utilisées sont efficaces, néanmoins la méthode catalogue est moins économique (épaisseur exagérée, i.e. plus de matériaux) mais plus rapide.

### **III.2.7- Conclusion**

Les deux méthodes de dimensionnement utilisées pour la détermination de l'épaisseur et la structure des chaussées souples sont empiriques, ce qui explique les différences et les distorsions en matière d'épaisseur. Aussi par souci de stabilité et de sauvegarder un niveau de service acceptable à long terme (pour toute la durée de service), nous optons pour le dimensionnement obtenu par **la méthode de CBR**, et cela pour des raisons de rapidité d'exécutions et d'économie ; notons également que cette méthode est la plus utilisée en Algérie.

#### **La structure 01 :**

- Couche de roulement (BB) de 6 cm.
- Couche de base (GB) de 12 cm.
- Couche de fondation en (GNT) de 20 cm.

**Méthode de dimensionnement**

**Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)**

**1- Données de l'étude :**

- ◆ TJMA2016 = 5763 v/j
- ◆  $\tau = 4\%$
- ◆ Z = 25 %
- ◆ TJMA2021 = 7012 v/j

La durée de vie estimée de 20 ans

L'indice de CBR: Puits N°3=16

Puits N°1, 2,4=23

Puits N°5. 6. 7. 8.9=13

**Méthode de catalogue des chaussées Neuves**

- 1) Détermination du type de réseaux principaux
  - 2) Détermination de la classe de trafic
- TPL=N× 90% DUTRAFICPL**
- 3) Détermination de la portance de sol-support de chaussée

4) Choix de différentes couches constitue de la chaussée

5) Détermination de la zone climatique

6) Amélioration de la classe du sol support

7)-Choix de dimensionnement

**1) Répartition de trafic :**

- ◆  $T_{H2041} = \frac{T_{2021}}{2} (1 + \tau)^n$
- ◆  $T_{H2041} = 7682 \text{ v/j/sens}$

**2) Répartition de trafic :**

$$N = T_{H2041} \times \%PL = 7682 \times 0.25 = 1920$$

**2) Calcul de l'épaisseur équivalent :**

- $TJMA_{2021} \times 365 \times 1.5t \geq 100000 \text{ t/ans}$
- $e_a = \frac{100 + \sqrt{p(75 + \log \frac{N}{10})}}{ICBR + 5}$

$e_a(\text{CBR}16) = 32\text{cm}$  et  $e_b = 38\text{cm}$  et  $e_c = 32\text{cm}$

**3) Détermination de l'épaisseur réelle :**

- $e_{\text{équivalente}} = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3$
- $e_a = 43\text{cm}$  et  $e_b = 50\text{cm}$  et  $e_c = 43\text{cm}$

1) Les réseaux principaux :  $TJMA_{2021} = 7012 > 1500 \text{ v/j}$  Alors : le réseau principal est **RP1**.

2) la classe de trafic :

$$TPL = 0.90 \times 1920 = 1728 \text{ PL/j/sens}$$

Alors  $1500 \leq 1728 \leq 3000$  (TPL6)

3) la portance de sol-support de chaussée : moyenne  $ICBR + 16.93$  (10-25) Classe S2

4) Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times I_{CBR} = 84.65 \text{ S2 (50 - 125)}$$

5) la zone climatique : zone II (Pluviométrie (mm/an) 350-600.

6) Classe de sol en fonction de portance de sol Epaisseur de couche de forme (40cm 2couche).

7) Classe portance du sol terrassé (Si) S3 Cas non figuré au niveau du catalogue Algérien.

| Méthode           | C.B.R          | Catalogue des structures |
|-------------------|----------------|--------------------------|
| Corps de chaussée | 6BB+12GB+20GNT | 8BB+14GB+14GNT           |

**Figure III.8 : organigramme de résultats dimensionnement du corps de la chaussée**

# **CHAPITRE IV**

## **Assainissement**

## **IV. Assainissement**

### **IV.1 - Introduction**

Les travaux d'assainissement comprennent notamment la pose de caniveaux fossés, tuyaux, cadre, descentes d'eau, puisards, regards, tampons, avaloirs, grilles ainsi que les ouvrages de tête et les fourreaux de protection.

L'assainissement routier concerne essentiellement l'assainissement de la plate-forme et le rétablissement des écoulements naturels [27].

### **IV.2 - L'assainissement de plat -forme**

L'eau de pluie s'infiltre dans la chaussée et les accotements .pour limité les désordres, il est important d'évacuer les eaux superficielles et de drainer les eaux internes [27].

#### **IV.2.1- Le réseau d'assainissement**

Un réseau d'assainissement est constitué d'un ensemble d'ouvrages .son rôle est de collecter les eaux superficielle ou internes et de les canaliser vers un exutoire.

Le point de rejet doit être situé bors de l'emprise routière.

Outre le critère hydraulique, le choix d'un ouvrage s'établit en prenant en compte la sécurité des usagers, le cout, l'environnement et l'entretien ultérieur [27].

#### **IV.2.1.1-Les eaux superficielles**

On distingue principalement les réseaux de collecte longitudinaux des ouvrages transversaux et de raccordement.

Les réseaux de collecte longitudinaux comprennent notamment les cunettes, les fossés, les caniveaux, les bourrelets, les collecteur enterrés et les têtes de sécurité.

Les écoulements naturels et les eaux superficielles se font par des ouvrages busés ou maçonnés. Les écoulements franchissant la route proviennent des bassins versants et des eaux de pluie reçues sur la plate-forme de la route.

L'assainissement de la plate-forme est assuré par des fossés bétonnés trapézoïdaux selon les pentes des profils en long.

La présente étude d'assainissement consiste principalement à [23] :

- Assurer l'assainissement existant au niveau de la route (ouvrage busés, ouvrage en maçonnerie, fossés en terre ou fossés bétonnés).
- Calcul des débits d'apport (naturels) et dimensionnement des ouvrages de franchissement.
- Assainissement de la plate-forme de la route.
- Solutions retenues.

### **IV.3-Objectif de l'assainissement**

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants:

- ❖ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ❖ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ❖ Réduction du coût d'entretien.
- ❖ Eviter les problèmes d'érosions.
- ❖ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ❖ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel)[27].

### **IV.4- Type des dégradations**

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendre de grave dégât a cause de mauvais drainage et entretien.

Ces dégradations présentent sous forme de [12] :

#### **1)- 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).

#### **2)- 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.

#### **IV.5 - Type des canalisations**

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés «canalisations » ; son réseau est partagé en deux catégories [28].

- ❖ les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, caniveaux);
- ❖ ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur).

#### **IV.6 - Assainissement de la chaussée**

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire [23].

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot)
- Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

##### **a)- Fosse de pied du talus de déblai**

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires [29].

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

**b)-Fosse de crête de déblai**

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme [27].

**c) -Fosse de pied de talus de remblai**

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau [27].

**d) -Drain**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements [29].

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

**e) -Descentes d'eau**

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m [30].

**IV.7 - Définitions des termes hydraulique****a)-bassin versant**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire) [29].

**b) -Collecteur principal (canalisation)**

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines [29].

**c)-Chambre de visite (cheminée)**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle 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 100m [29].

**d)-Sacs**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraîné, par les eaux superficielles [29].

**e) -Fosses de crêtes**

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies [28].

**f)- Décante d'eau**

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes [28].

**g)- 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 [30].

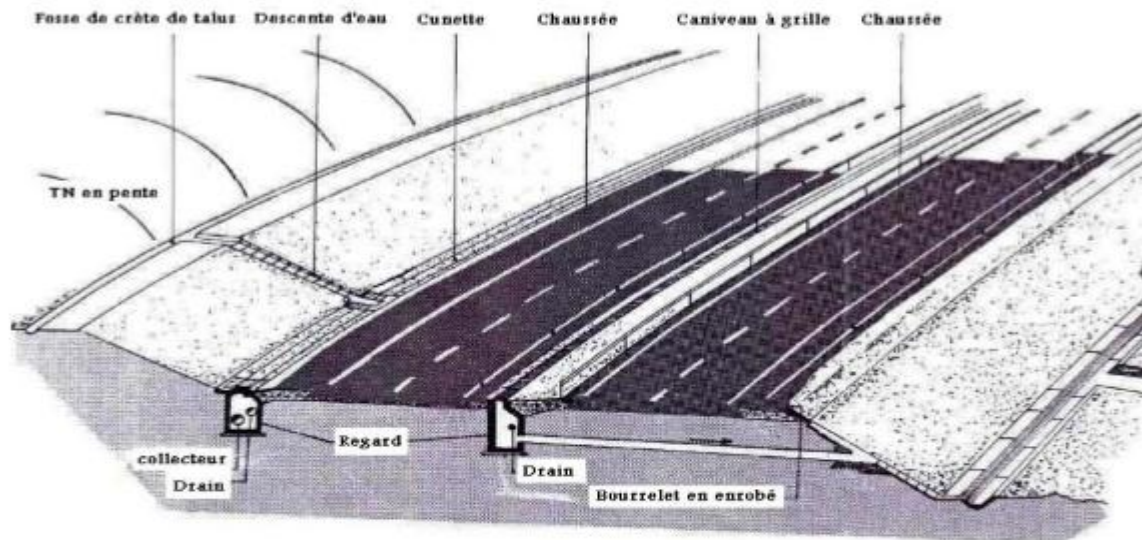


Figure IV-1: l'emplacement des ouvrages d'assainissements.

#### IV.8- Les ouvrages des écoulements des eaux

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi lesquels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes [31]:

- les passages submersibles;
- les fossés;
- les dalots;
- les buses.

#### IV.9 - Drainage des eaux souterraines

##### IV. 9.1-Necessite 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.

**IV.9.2-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 la portance du sol 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 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.

**IV.10-Dimensionnement des ouvrages du réseau d'assainissement**

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers la mer. Son architecture se développe principalement tout le long de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire (entre un point haut et un point bas) par assemblage d'ouvrages élémentaires (linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels) [19].

**IV .10.1-Choix des ouvrages d'assainissement**

Il n'existe a priori aucune solution toute faite et reproductible à tous les projets routiers. Toutefois, le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur les critères suivant : [19]

- Sa capacité hydraulique ;
- Son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier, donc sa géométrie qui prend en compte l'aspect sécurité de l'utilisateur également ;
- Son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux ;
- Sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrages.

Le dimensionnement de différents types d'ouvrage d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le débit de saturation de chaque type d'ouvrage.

$$Q_a = Q_s$$

#### IV. 10.2-Le débit d'apport

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

- ◆  $Q_a$ : débit d'apport en provenance du bassin versant ( $m^3/s$ ).
- ◆  $K$ : coefficients de rugosité  $K = 0.2778$ .
- ◆  $C$ : coefficient de ruissellement sans dimension.
- ◆  $A$ : l'aire du bassin versant (ha ou  $Km^2$ ).
- ◆  $I_t$ : l'intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

#### Remarque :

D'après SETRA: la formule  $Q_a = K \times C \times I_t \times A$  est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

- $Q_a$  en ( $m^3/s$ ) valable pour :  $I_t$  en (mm/h) ;  $A$  en ( $Km^2$ ) ;  $K = 0.2778$
- $Q_a$  en (L/s) valable pour :  $I_t$  en (mm/h) ;  $A$  en ( $Km^2$ ) ;  $K = 2.778$

Tableau IV.1: Coefficient de ruissellement« C ».

| Type de chaussée                      | Coefficient « C » | Valeurs prise |
|---------------------------------------|-------------------|---------------|
| Chaussée revêtue en enrobé            | 0.8 à 0.95        | 0.95          |
| Accotement (sol légèrement perméable) | 0.15 à 0.40       | 0.4           |
| Talus, sol perméable                  | 0.10 à 0.30       | 0.25          |
| Terrain naturel                       | 0.05 à 0.20       | 0.20          |

Tableau IV.2 : Variable de Gauss [15].

|                             |    |      |      |      |      |     |
|-----------------------------|----|------|------|------|------|-----|
| Fréquence au dépassement(%) | 50 | 20   | 10   | 5    | 2    | 1   |
| Période de retour (années)  | 2  | 5    | 10   | 20   | 50   | 100 |
| Variable de GAUSS( $\mu$ )  | 0  | 0.84 | 1.28 | 1.64 | 2.05 | 2.3 |

Remarque :

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

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

➤ Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

#### IV. 10.5-Le débit d'écoulement

Le débit de saturation où le débit capable est calculé par le biais de la formule de MANNING STRICKLER sur un écoulement en régime uniforme.

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times \sqrt{j}$$

Avec:

$Q_s$  : Le débit d'écoulement.

$K_{st}$ : Section totale de l'ouvrage.

$S_m$ : Surface de bassin versant ( $m^2$ ).

$K_{st}$  : Coefficient de rugosité.

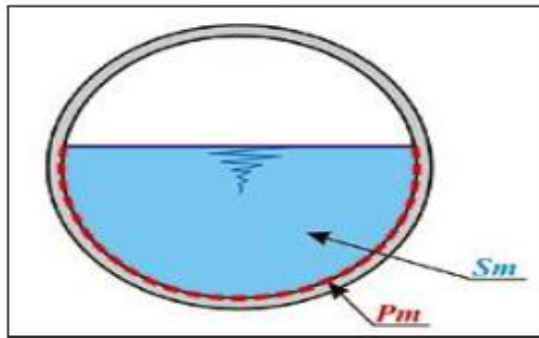
$J$  : pente moyenne de l'ouvrage.

$R_h$ : Rayon hydraulique(m).  $R_h = \frac{S_m}{P_m}$

Avec :  $S_m = \frac{\pi R^2}{2}$  ,  $P_m = \pi R \longrightarrow R_h = \frac{R}{2}$

Tableau IV. 3: Coefficient de rugosité  $K_{st}$  [15].

| Matériaux constituant la buse | Coefficient de rugosité $K_{st}$ |
|-------------------------------|----------------------------------|
| En terre                      | 30                               |
| En métal                      | 40                               |
| En maçonnerie                 | 50                               |
| En béton ordinaire (dalots)   | 70                               |
| En béton préfabriqué (buses)  | 80                               |

Figure. (IV-2) : section transversale d'un ouvrage d'assainissement représente  $S_m$  et  $P_m$ .

#### IV.11- Dimensionnement des buses

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que  $Q_a = Q_s$ .

Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{\frac{2}{3}} ; Q_s = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

$K_{st} = 80$  (béton préfabriqué).

$J$ : la pente de pose (2.5%).

$$Q_s = \frac{\pi \times R^2}{2} \times K_{st} \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \sqrt{J}$$

$$Q_s = Q_a \quad R = \left[ \frac{Q_a \times 2\sqrt{2}}{\pi \times K_{st} \times \sqrt{J}} \right]^{\frac{3}{8}}$$

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse  $\varnothing = 2R$ . Pour le dimensionnement des buses on prend un temps de concentration égale à 15min. Alors le période de retour de 10 ans.

**Tableau IV.4: Intensité-durée-fréquence[15].**

| Période      | 15min        | 30min | 1H    | 2H    | 3H    | 6H    | 12H   | 24H   |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5ans         | 28.29        | 27.20 | 19.33 | 13.73 | 11.24 | 7.986 | 5.674 | 4.031 |
| <b>10ans</b> | <b>54.81</b> | 31.83 | 22.62 | 16.07 | 13.16 | 9.346 | 6.64  | 4.717 |
| 50ans        | 61.06        | 36.28 | 25.77 | 18.31 | 14.99 | 10.65 | 7.566 | 5.375 |
| 100ans       | 75.22        | 46.33 | 32.92 | 23.39 | 19.15 | 13.6  | 9.664 | 6.866 |

D'après les données précédentes et le tableau « Intensité-Durée-Fréquence ». On a obtenu une intensité **It=54.81mm/h**.

## IV.12- Application au notre projet

### ➤ Les ouvrages busés

Le problème d'assainissement (évacuation des eaux) prend une part très importante, en partant de l'idée que l'eau est l'ennemie de la chaussée, il est primordial de prendre en considération cet aspect afin de protéger la chaussée d'une façon efficace et pérenne des agressions des eaux, et ainsi assurer sa longévité.

La Wilaya de Laghouat se situe en zone climatique de pluviométrie II comme déjà annoncé au chapitre précédent, ainsi la pluviométrie oscille entre 350 et 600 millimètre par ans. Concernant le nouveau projet, on recommande de garder le même type d'ouvrage au niveau de ce tronçon.

Les ouvrages d'assainissement existant dans l'ancienne voie sont pour noter tronçon les passages busés.

Pour l'assainissement transversal de la nouvelle structure (deux voies séparée) nous avons projet.

- Prolonger les ouvrages existants sous la terre-plein centrale et sous la nouvelle voie sur 10 m de longueur.

### Exemple de calcul

PK 328+420 (ouvrage busé à projeter) :

- 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 l'accotement et le talus.

Surface de la chaussée :  $A_c = 4.00 \times 250 = 1000 \text{ m}^2 = 0.1 \text{ ha}$ .

Surface de l'accotement :  $A_{ac} = 2.00 \times 250 = 500 \text{ m}^2 = 0.05 \text{ ha}$ .

Surface du bassin versant :  $A_{bv} = 60627.76 \text{ m}^2 = 6.06277 \text{ ha}$ .

- Calcul du débit d'apport ( $Q_a$ )

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

$I_t = 54.81$  Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.

- Débit de la chaussée

$C=0.95$   $K=2.78$   $A=0.1 \text{ ha}$   $I_t = 54.81(10 \text{ ans})$

$$Q_c = 2.78 \times 0.95 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 0.1 = 0.014 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- Débit de l'accotement

$C=0.4$   $K=2.78$   $A=0.1 \text{ ha}$   $I_t = 54.81(10 \text{ ans})$

$$Q_{ac} = 2.78 \times 0.4 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 0.05 = 0.003 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- Débit du bassin versant

$C=0.3$   $K=2.78$   $A=0.1 \text{ ha}$   $I_t = 54.81(10 \text{ ans})$

$$Q_{bv} = 2.78 \times 0.3 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 6.06277 = 0.277 \text{ m}^3/\text{s}.$$

D'où :  $Q_a = Q_c + Q_{ac} + Q_{bv}$

$$Q_a = 0.014 + 0.003 + 0.277 = 0.294 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Calcul du diamètre de la buse  $\varnothing$**

On a :

$$Q_a = Q_s$$

Donc la formule de Manning - Strickler deviendra :

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times (\pi/2) \times R^2 \times (I)^{1/2}$$

$$R = (Q_a \times 2 \times 2^{1/2} / \pi \times K_{st} \times I^{1/2})^{3/8}$$

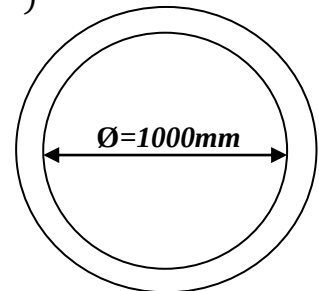
A.N:

$$R = (0.294 \times 2 \times 2^{1/2} / 3.14 \times 80 \times 0.001^{1/2})^{3/8}$$

$$R = 428 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

Le débit est assuré pour un diamètre  $\varnothing = 2R = 900 \text{ mm}$ .

Donc : on prend  $\varnothing = 1000 \text{ mm}$



Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.5: Récapitulatif des résultats.

| PK         | DISIGNATION | DIMENSIONS Ø(mm) |
|------------|-------------|------------------|
| PK 328+420 | Buse        | 1000             |
| PK 329+150 | /           | /                |
| PK 329+620 | /           | /                |
| PK 329+895 | /           | /                |
| PK 330+417 | /           | /                |
| PK 332+540 | /           | /                |
| PK 333+445 | /           | /                |
| PK 333+880 | /           | /                |
| PK 334+930 | /           | /                |
| PK 335+400 | /           | /                |
| PK 335+660 | /           | /                |

### IV.13- Conclusion

Puisque le tronçon de la route (RN23) étudié dans le présent travail contient une intersection avec le chemin CW126, nous avons essayé, dans ce chapitre, de procéder à l'aménagement de ce croisement routier. Des solutions qui assurent la sécurité des usagers et la fluidité de la circulation ont été proposées: une solution économique qui peut être proposée actuellement et une autre plus ou moins coûteuse pour l'avenir lorsque le trafic sera plus important. Une étude hydraulique assurant le drainage des différentes parties de notre tronçon de route a également été menée.

Enfin on a calcul devis quantitatif et estimatif d'étude d'un tronçon de route «Laghout Aflou» dédoublement de la RN23 (du pk 328 au pk336) pour le tableau IV-6.

Tableau IV-6 : devis quantitatif et estimatif

| CODE             | DESIGNATION DES OUVRAGES                                                    | U              | Quantité | P.U     | MONTANT      |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|---------|--------------|
| <b>1</b>         | <b>installation et repli de chantier</b>                                    |                |          |         |              |
| <b>1-01</b>      | installation de chantier                                                    | F              | 1        | 5000000 | 5000000      |
| <b>1-02</b>      | repli de chantier                                                           | F              | 1        | 3500000 | 350000 0     |
| <b>2</b>         | <b>Terrassement</b>                                                         |                |          |         |              |
| <b>2-01</b>      | Décapage de la terre superficielle sur $e_p = 0.30m$                        | M <sup>2</sup> | 164700   | 65      | 10705500     |
| <b>2-02</b>      | Déblais en terrain meuble mis en dépôt y compris le transport à la décharge | M <sup>3</sup> | 140494   | 450     | 63222300     |
| <b>2-03</b>      | Fourniture et mis en œuvre des remblais d'emprunt.                          | M <sup>3</sup> | 252274   | 500     | 126137000    |
| <b>3</b>         | <b>Chaussée</b>                                                             |                |          |         |              |
| <b>3-01</b>      | Couche de fondation GNT $e_p = 0.20m$                                       | M <sup>3</sup> | 44800    | 750     | 33600000     |
| <b>3-02</b>      | Couche d'imprégnation en cut-back 0/1                                       | M <sup>2</sup> | 121600   | 80      | 9728000      |
| <b>3-03</b>      | Couche de base en grave bitume 0/20 $e_p = 0.12m$                           | T              | 35604.48 | 5000    | 178022400    |
| <b>3-04</b>      | Couche d'accrochage en émulsion 65%                                         | M <sup>2</sup> | 121600   | 100     | 12160000     |
| <b>3-05</b>      | Revêtement en béton bitumineux 0/14 sur $e_p = 0.06m$                       | T              | 17583.36 | 5400    | 94950144     |
| <b>3-06</b>      | Rechargement des accotements en GNT                                         | M <sup>3</sup> | 6148.8   | 1500    | 9223200      |
| <b>3-07</b>      | Fourniture et mise en place des Buses Ø1000                                 | ML             | 120      | 30000   | 3600000      |
| <b>3-08</b>      | Glissière de sécurité métallique                                            | ML             | 16000    | 3500    | 56000000     |
| <b>TOTAL HT</b>  |                                                                             |                |          |         | 605848544    |
| <b>TVA 17%</b>   |                                                                             |                |          |         | 102994252.48 |
| <b>TOTAL TTC</b> |                                                                             |                |          |         | 708842796.48 |

Arrête le présent décompte à la somme de : (en TTC)

Sept cent huit million – huit cent quarante-deux mille – sept cent quatre-vingt-seize et 48 Cts.

Enfin on a essayé le maximum de minimisé les travaux ainsi que les prix pour ce garde dans une étude économique, on a trouvé un prix raisonnable **708842796.48 DA.**

# CONCLUSION GENERALE

## **Conclusion Générale**

En Algérie, il a été observé une augmentation générale au niveau du trafic routier avec une capacité d'accueil très élevé par jour sur la route national « RN23 » est considérée comme axe routier stratégique reliant Laghouat-Mostaganem.

Ce projet de fin d'étude est considéré pour nous comme une première expérience de projet réel à réaliser.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tous les normes existantes qu'on ne peut pas négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et environnement.

L'objectif de notre travail, est l'étude du dédoublement d'un tronçon de la route nationale RN =23 du PK 328+000 au PK 336+000 soit de 08 KM situé entre PK243+000 et PK398+000 le sol support présente un CBR de 16.93. Et en fonction de la situation et l'importance de la route et du relief du site, le tronçon étudié sera classé dans la catégorie C1 et l'environnement E1.

Dans La présente étude on a commencé par déterminé une géométrie capable d'absorber et de supporter le trafic actuel et futur dont on a choisi un profil en travers de 2x2 voies de 7.6;m de largeur et 2m d'accotement. Et à un corps de chaussée constitué de :

Une couche de fondation en GNT sur une épaisseur 20 cm

Une couche de base en GB sur une épaisseur 12 cm

Une couche de roulement en BB sur une épaisseur 6cm

Tout cela avec l'utilisation du logiciel PISTE 5.05.

Puis on a passé par une étude d'assainissement dont on a dimensionné les buses, on a trouvé un diamètre de 900 mm mais on a proposé des ouvrages busés d'un diamètre égale à 1000 mm afin de faciliter l'entretien et l'opération de curage.

Finalement nous sommes très conscients de la situation des pays émergents comme l'Algérie pour faire face à la demande en terme de transport routier et le développement de son essor étant donné qu'il constitue un vecteur essentiel pour l'amélioration du cadre de vie du citoyen tout en pensant à la notion du développement durable.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE**

- [1] <http://Map.Google.fr/map.consulté le 07/03/2019>.
- [2] « CONTEXTE GEOLOGIQUE -Laghouat ». DTP-laghouat, 11-nov-2014.
- [3] « CLIMAT: LAGHOUAT », [www.fr.climate-data.org](http://www.fr.climate-data.org), 11-mars-2018.
- [4] P. Gauckler, « Origine des eaux qui servent à l'irrigation de Laghouat », in Origine des eaux qui servent à l'irrigation de Laghouat, 1908.
- [5] « POINTS D'EAU-Laghouat ». DTP-Laghouat, 11-nov-2014.
- [6] Michel, Faure.«Route les cours de L'ENTP.tome1.Lyon : ELEAS, 1997.
- [7] Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1969.
- [8] B. Nadir et B. Nasreddine, « Etude de la route reliant Robbah-HassiMessoued sur 48 Km du PK 60 au PK 108 lot N°01 du PK 60 au PK 76 sur 16 Km », Pour l'Obtention du Diplôme MASTER 2 : E.C.B.R, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2017.
- [9] LAMRI .Z ; LAAOUAR.D, Etude de modernisation de la RN 17 à SIDI BEL ABBES entre (SIDI ALI BEN YOUB et TENIRE) sur 18Km.mimoiere d'ingénieur. Alger kouba : juillet2008.
- [10] M. Mohammed et O. AbdEllatif, « Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN 01 entre le commun Bouzbayar et le cheffe lieu de Laghouat (du PK 516 au PK 522) », Mémoire De FIN D'étude Pour l'obtention du diplôme de Master, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2016
- [11] Normes B40 technique d'aménagement des routes, ministre des travaux publics. Algérie, 1977.
- [12] K. Mustapha, « ETUDE DE DEDOUBLEMENT ROUTIERDE LA RN47 SUR 08km ENTRE la ville d'ELBAYADH et centre universitaire », Pour l'obtention du diplôme d'INGENIEUR D'ETAT en Génie civil Option : V.O.A, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN, 2014.
- [13] M. AZZI et M. HADJ KOUIDER, « Etude Géotechnique du la route de la rocade d'Alger entre Boudouaou et Zéralda », Mémoire d'ingénieur, ENTP Alger, 2005.
- [14] A. Zakaria, « Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54 », mémoire d'ingénieur, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN, 2009.

- [15] M. Ali et G. Abdessamie, « REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONALE N 97 ENTRE SIDI BEL ABBES ET MASCARA SUR 19 KM », Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en Génie Civil, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, 2014.
- [16] D.abdellah et B.Yacine« ETUDE DE DEDOUBLEMENT ROUTIERDE LA RN23 SUR 08km ENTRE LAGHOUAT ET AFLOU», Pour l'obtention du diplôme MASTER 2 en Génie civil Option : V.O.A, UNIVERSITE AMAR THELIDJI –LAGHOUAT, 2018.
- [17] L. Z et L. D, « Etude de modernisation de la RN 17 à SIDI BEL ABBES entre (SIDI ALI BEN YOUB et TENIRE) sur 18Km.mimoire d'ingénieur. », Alger kouba, 2008.
- [18] LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule. 2ème édition. Paris: Bagneux, juillet 2000.
- [19] [http://www.u-s-g.com/INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES \(INSA\) TOULOUSE](http://www.u-s-g.com/INSTITUT_NATIONAL_DES_SCIENCES_APPLIQUEES_(INSA)_TOULOUSE_cours_de_g%C3%A9otechnique_D%C3%A9partement_de_G%C3%A9nie_Civil/) cours de géotechnique Département de Génie Civil.
- [20] : TRIAW et Sandoumbé, « Dimensionnement mécanistique-empirique des structures de chaussée », Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil, Dakar.
- [21] LCPC-SETRA, Conception et réalisation des terrassements Fascicule 3 : méthodes d'essais. 1986.
- [22] SETRA-LCPC. Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Guide technique, Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, 1994.
- [23] LCPC ; SETRA. Guide technique ; dimensionnement des structures de chaussées. 2009.
- [24] Z. abdelhafid et M. youcef, « ETUDE TECHNIQUE D'UN TRONCON D'UNE ROUTE EVITEMENT DE LA VILLE SFISEF SUR 7 KM », Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en Génie Civil, Université Abou bekr Belkaid Tlemcen, 2013.
- [25] R. Sauterey et G. Joeffroy, Dimensionnement des chaussées. Paris: Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1991.
- [26] Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves Fascicule 1,3. Ministère des Travaux Public Direction des Routes, 2001.
- [27] LCPC - SETRA, Guide Technique de l'Assainissement Routier. SETRA, 2006.

- [28] LCPC-SETRA, Collecte des eaux. 2001.
- [29] SETRA, Dispositifs de traitement des eaux pluviales, vol. Volume 7. Paris : Bagneux, 1997.
- [30] LCPC -SETRA, Guide Technique de l'Assainissement Routier et protection de la ressource en eau. 2009.
- [31] François et G. Brière, Distribution et collecte des eaux. Ecole polytechnique de Montréal, 2000.
- [32] Angelbert et C. Biau, Cours d'hydraulique routière. 2009.

# ANNEXES

# ANNEXE A

## A-1.Description géotechnique du sol support

| N° du Puits | PK      | Nature du sol support       |          |
|-------------|---------|-----------------------------|----------|
| N°1         | 328+000 | Sable limoneux graveleux    | 80 – 110 |
| N°2         | 329+000 | Sol graveleux               | 60 – 130 |
| N°3         | 330+000 | Sol graveleux sableux       | 70 – 100 |
| N°4         | 331+000 | Sable graveleux caillouteux | 60 – 80  |
| N°5         | 332+000 | Limon sablo graveleux       | 80 – 120 |
| N°6         | 333+000 | Limon sableux               | 80 – 110 |
| N°7         | 334+000 | Sable caillouteux graveleux | 70 – 80  |
| N°8         | 335+000 | Limon sableux               | 40 – 70  |
| N°9         | 336+000 | Limon sableux               | 80 – 110 |

## A-2.Les essais d'identification

| puits | Les essais d'identification |         |         |         |          |          |           |                     |        |        |        |
|-------|-----------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|-----------|---------------------|--------|--------|--------|
|       | Analyse granulométrique (%) |         |         |         |          |          |           | Limites d'Atterberg |        |        | ES (%) |
|       | <31.5 mm                    | < 10 mm | < 02 mm | < 01 Mm | < 0.4 mm | < 0.2 Mm | < 0.08 Mm | LL (%)              | LP (%) | IP (%) |        |
| N°1   | 98                          | 94      | 85      | 82      | 72       | 50       | 39        | 33.88               | 17.43  | 16.45  | 11.95  |
| N°2   | 92                          | 88      | 78      | 72      | 66       | 48       | 28        | 18.23               | N.M    | N.M    | 25.54  |
| N°3   | 96                          | 94      | 86      | 77      | 68       | 42       | 24        | 24.45               | 18.33  | 06.12  | 27.86  |
| N°4   | 80                          | 73      | 64      | 56      | 39       | 28       | 16        | 48.34               | 24.14  | 24.24  | 11.55  |
| N°5   | 100                         | 91      | 82      | 74      | 71       | 57       | 48        | 17.24               | N.M    | N.M    | 29.35  |
| N°6   | 100                         | 99      | 96      | 93      | 91       | 86       | 82        | 48.25               | 25.15  | 23.10  | 07.76  |
| N°7   | 76                          | 72      | 58      | 52      | 46       | 35       | 27        | 43.27               | 22.64  | 20.63  | 23.11  |
| N°8   | 97                          | 92      | 83      | 78      | 75       | 61       | 50        | 48.25               | 25.00  | 23.25  | 14.45  |
| N°9   | 100                         | 100     | 98      | 96      | 93       | 84       | 78        | 39.62               | 22.15  | 17.47  | 17.61  |

## A-3.Les essais chimiques

| Les essais chimiques |                             |                        |                              |
|----------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|
| Echantillon          | Caractéristiques            |                        |                              |
|                      | Insolubles (%)<br>NP15- 461 | Sulfates (%)<br>BS1377 | Carbonates (%)<br>NFP15- 461 |
| N°1                  | 61.4                        | NEANT                  | 36                           |
| N°2                  | 46.1                        | NENAT                  | 52                           |
| N°3                  | 55.6                        | NEANT                  | 43                           |
| N°4                  | 61.4                        | NEANT                  | 36                           |
| N°5                  | 48.2                        | NENAT                  | 39                           |
| N°6                  | 42.5                        | NEANT                  | 55                           |
| N°7                  | 62.6                        | NEANT                  | 36                           |
| N°8                  | 63.5                        | NEANT                  | 35                           |
| N°9                  | 55.6                        | NENAT                  | 40                           |

## A-4.Les essais mécaniques

| N° du Puits | Les essais mécaniques des puits d'axe |                                            |                            |                    |                                 |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------------|
|             | Caractéristiques Proctor              |                                            | Indice CBR Imbibé (4Jours) | Classe de portance | Classification selon NFP 11-300 |
|             | Teneur en eau optimale (%)            | Densité sèche maximale (t/m <sup>3</sup> ) |                            |                    |                                 |
| N°1         | 08.60                                 | 2.08                                       | 24.51                      | S2                 | A2                              |
| N°2         | 07.90                                 | 2.06                                       | 22.79                      | S2                 | B5                              |
| N°3         | 08.40                                 | 2.05                                       | 16.77                      | S2                 | B5                              |
| N°4         | 10.10                                 | 2.09                                       | 23.09                      | S2                 | B5                              |
| N°5         | 09.50                                 | 2.02                                       | 12.17                      | S2                 | A2                              |
| N°6         | 08.70                                 | 2.01                                       | 14.67                      | S2                 | A2                              |
| N°7         | 08.70                                 | 2.02                                       | 14.52                      | S2                 | C2A2                            |
| N°8         | 09.30                                 | 1.91                                       | 10.73                      | S2                 | A2                              |
| N°9         | 08.60                                 | 2.00                                       | 13.14                      | S2                 | A2                              |

## A-5. Classification d'après le RTR.

| <i>Puits</i>                                                    | <i>Caractéristiques<br/>granulométriques</i>                      | <i>Caractéristiques<br/>physiques</i>                                | <i>Classification</i>                                               |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <i>P2 – P5 – P7 – P10 –<br/>P13 – P17<br/>– P18 – P20 – P21</i> | <i>D &lt; 50 mm<br/><br/>Tamisât à<br/>80 µm &gt; 35%</i>         | <i>12 &lt; I<sub>p</sub> &lt; 25 ou<br/><br/>2.5 &lt; VBS &lt; 6</i> | <i>A2- Sables fins<br/>argileux, limons,</i>                        |
| <i>P14 – P15 – P16</i>                                          | <i>D &lt; 50 mm<br/><br/>12 &lt; Tamisât à<br/>80 µm &lt; 35%</i> | <i>I<sub>p</sub> &lt; 12 ou<br/><br/>VBS &lt; 1.5</i>                | <i>B5- Sol sableux et<br/>graveleux avec fines</i>                  |
| <i>P1 – P9 – P6 – P11 –<br/>P12</i>                             | <i>D &lt; 50 mm<br/><br/>12 &lt; Tamisât à<br/>80 µm &lt; 35%</i> | <i>I<sub>p</sub> &gt; 12 ou<br/><br/>VBS &gt; 1.5</i>                | <i>B6- Sables et graves<br/>argileux</i>                            |
| <i>P3 – P4 – P8 – P19</i>                                       | <i>D &gt; 50 mm<br/><br/>Tamisât à<br/>80 µm &lt; 35%</i>         | <i>/</i>                                                             | <i>C2A2 - Sol<br/>comportant des fines<br/>et des gros éléments</i> |

# ANNEXE B

## TRACE EN PLAN

**Logiciel: Piste 5.05**

**Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 (Pk328- PK336)**

**LONGUEUR DE L'AXE 8000.000 m**

| ELEM                     | CARACTERISTIQUES                                             | LONGUEUR | ABSCISSE        | X        | Y        |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|----------|-----------------|----------|----------|
|                          |                                                              |          | 0.000           | 422.717  | 357.053  |
| D1                       | GIS = 87.229g                                                | 1369.870 |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 1369.870        | 1765.114 | 630.029  |
| L1                       | A = 650.000<br>Rf= 1800.000<br>L = 234.722                   |          |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 1604.592        | 1994.015 | 681.780  |
|                          | XC= 1521.163<br>YC= 2418.562<br>R = 1800.000<br>L = 604.118  |          |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 2208.710        | 2539.651 | 934.418  |
|                          | Rd= 1800.000<br>A = 650.000<br>L = 234.722                   | 1073.562 |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 2443.432        | 2727.196 | 1075.488 |
| D2                       | GIS = 57.561g                                                | 4188.936 |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 6632.368        | 6019.306 | 3665.700 |
| L2                       | A = 700.000<br>Rf= -2000.000<br>L = 245.000                  |          |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 6877.368        | 6214.873 | 3813.208 |
|                          | XC= 7353.032<br>YC= 2168.643<br>R = -2000.000<br>L = 568.677 |          |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 7446.046        | 6721.910 | 4066.454 |
|                          | Rd= -2000.000<br>A = 700.000<br>L = 245.000                  | 1058.677 |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 7691.046        | 6957.315 | 4134.200 |
| D3                       | GIS = 83.461g                                                | 308.955  |                 |          |          |
|                          |                                                              |          | 8000.000        | 7255.902 | 4213.566 |
| <b>LONGUEUR DE L'AXE</b> |                                                              |          | <b>8000.000</b> |          |          |

## PROFIL EN LONG

Logiciel: Piste 5.05

Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 (Pk328- PK336)

LONGUEUR DE L'AXE 8000.000 m

| ELEM                       | CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS | LONGUEUR | ABSCISSE | Z        |
|----------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                            |                               |          | 0.000    | 1511.903 |
| D1                         | PENTE= -0.585 %               | 125.196  |          |          |
|                            |                               |          | 125.196  | 1511.171 |
| PA1                        | S= -50.1541 Z=1511.6837       |          |          |          |
|                            | R = -30000.00                 | 52.909   |          |          |
|                            |                               |          | 178.105  | 1510.815 |
| D2                         | PENTE= -0.761 %               | 1282.614 |          |          |
|                            |                               |          | 1460.720 | 1501.056 |
| PA2                        | S= 1688.9792 Z=1500.1880      |          |          |          |
|                            | R = 30000.00                  | 262.090  |          |          |
|                            |                               |          | 1722.810 | 1500.207 |
| PA3                        | S= 1743.1082 Z=1500.2185      |          |          |          |
|                            | R = -18000.00                 | 592.009  |          |          |
|                            |                               |          | 2314.818 | 1491.139 |
| PA4                        | S= 3021.5157 Z=1479.9163      |          |          |          |
|                            | R = 22250.00                  | 521.616  |          |          |
|                            |                               |          | 2836.434 | 1480.686 |
| D3                         | PENTE= -0.832 %               | 1300.713 |          |          |
|                            |                               |          | 4137.147 | 1469.866 |
| PA5                        | S= 4386.6950 Z=1468.8285      |          |          |          |
|                            | R = 30000.00                  | 398.667  |          |          |
|                            |                               |          | 4535.813 | 1469.199 |
| D4                         | PENTE= 0.497 %                | 253.697  |          |          |
|                            |                               |          | 4789.510 | 1470.460 |
| PA6                        | S= 4878.9811 Z=1470.6825      |          |          |          |
|                            | R = -18000.00                 | 325.060  |          |          |
|                            |                               |          | 5114.570 | 1469.141 |
| D5                         | PENTE= -1.309 %               | 537.837  |          |          |
|                            |                               |          | 5652.407 | 1462.101 |
| PA7                        | S= 5757.1133 Z=1461.4162      |          |          |          |
|                            | R = 8000.00                   | 117.887  |          |          |
|                            |                               |          | 5770.294 | 1461.427 |
| D6                         | PENTE= 0.165 %                | 1151.950 |          |          |
|                            |                               |          | 6922.244 | 1463.325 |
| PA8                        | S= 6955.1965 Z=1463.3522      |          |          |          |
|                            | R = -20000.00                 | 328.658  |          |          |
|                            |                               |          | 7250.902 | 1461.166 |
| D7                         | PENTE= -1.479 %               | 749.098  |          |          |
|                            |                               |          | 8000.000 | 1450.091 |
| LONGUEUR DE L'AXE 8000.000 |                               |          |          |          |

## TABULATION

**Logiciel: Piste 5.05.**

**Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 (Pk328- PK336).**

**LONGUEUR DE L'AXE 8000.000 m**

| PROF | CURVILIGN | TN       | PROJET   | PROFIL   | PROFIL  | PROFIL   | GAU  | DRO   |
|------|-----------|----------|----------|----------|---------|----------|------|-------|
| 1    | 0.000     | 1511.903 | 1511.903 | 422.717  | 357.053 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 2    | 20.000    | 1510.981 | 1511.786 | 442.316  | 361.039 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 3    | 40.000    | 1510.464 | 1511.669 | 461.915  | 365.024 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 4    | 60.000    | 1510.624 | 1511.552 | 481.514  | 369.009 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 5    | 80.000    | 1510.217 | 1511.435 | 501.113  | 372.995 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 6    | 100.000   | 1509.899 | 1511.318 | 520.712  | 376.980 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 7    | 120.000   | 1509.696 | 1511.202 | 540.311  | 380.966 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 8    | 140.000   | 1509.611 | 1511.081 | 559.910  | 384.951 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 9    | 160.000   | 1509.623 | 1510.948 | 579.508  | 388.937 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 10   | 180.000   | 1509.705 | 1510.801 | 599.107  | 392.922 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 11   | 200.000   | 1509.789 | 1510.649 | 618.706  | 396.907 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 12   | 220.000   | 1509.878 | 1510.497 | 638.305  | 400.893 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 13   | 240.000   | 1509.769 | 1510.344 | 657.904  | 404.878 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 14   | 260.000   | 1509.657 | 1510.192 | 677.503  | 408.864 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 15   | 280.000   | 1509.876 | 1510.040 | 697.102  | 412.849 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 16   | 300.000   | 1510.315 | 1509.888 | 716.701  | 416.835 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 17   | 320.000   | 1510.042 | 1509.736 | 736.300  | 420.820 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 18   | 340.000   | 1509.574 | 1509.583 | 755.898  | 424.805 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 19   | 360.000   | 1509.304 | 1509.431 | 775.497  | 428.791 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 20   | 380.000   | 1508.887 | 1509.279 | 795.096  | 432.776 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 21   | 400.000   | 1508.393 | 1509.127 | 814.695  | 436.762 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 22   | 420.000   | 1507.830 | 1508.975 | 834.294  | 440.747 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 23   | 440.000   | 1507.400 | 1508.823 | 853.893  | 444.733 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 24   | 460.000   | 1507.767 | 1508.671 | 873.492  | 448.718 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 25   | 480.000   | 1506.958 | 1508.518 | 893.091  | 452.703 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 26   | 500.000   | 1507.108 | 1508.366 | 912.690  | 456.689 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 27   | 520.000   | 1507.125 | 1508.214 | 932.288  | 460.674 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 28   | 540.000   | 1506.855 | 1508.062 | 951.887  | 464.660 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 29   | 560.000   | 1506.652 | 1507.910 | 971.486  | 468.645 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 30   | 580.000   | 1506.355 | 1507.757 | 991.085  | 472.631 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 31   | 600.000   | 1506.093 | 1507.605 | 1010.684 | 476.616 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 32   | 620.000   | 1505.839 | 1507.453 | 1030.283 | 480.601 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 33   | 640.000   | 1505.630 | 1507.301 | 1049.882 | 484.587 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |

|    |          |          |          |          |         |          |      |       |
|----|----------|----------|----------|----------|---------|----------|------|-------|
| 34 | 660.000  | 1505.587 | 1507.149 | 1069.481 | 488.572 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 35 | 680.000  | 1505.534 | 1506.997 | 1089.080 | 492.558 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 36 | 700.000  | 1505.507 | 1506.844 | 1108.678 | 496.543 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 37 | 720.000  | 1505.443 | 1506.692 | 1128.277 | 500.529 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 38 | 740.000  | 1505.262 | 1506.540 | 1147.876 | 504.514 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 39 | 760.000  | 1505.141 | 1506.388 | 1167.475 | 508.499 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 40 | 780.000  | 1505.005 | 1506.236 | 1187.074 | 512.485 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 41 | 800.000  | 1504.725 | 1506.083 | 1206.673 | 516.470 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 42 | 820.000  | 1504.416 | 1505.931 | 1226.272 | 520.456 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 43 | 840.000  | 1504.091 | 1505.779 | 1245.871 | 524.441 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 44 | 860.000  | 1503.838 | 1505.627 | 1265.470 | 528.427 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 45 | 880.000  | 1503.678 | 1505.475 | 1285.068 | 532.412 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 46 | 900.000  | 1503.444 | 1505.323 | 1304.667 | 536.397 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 47 | 920.000  | 1502.983 | 1505.171 | 1324.266 | 540.383 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 48 | 940.000  | 1502.625 | 1505.018 | 1343.865 | 544.368 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 49 | 960.000  | 1502.264 | 1504.866 | 1363.464 | 548.354 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 50 | 980.000  | 1501.966 | 1504.714 | 1383.063 | 552.339 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 51 | 1000.000 | 1501.605 | 1504.562 | 1402.662 | 556.324 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 52 | 1020.000 | 1501.285 | 1504.410 | 1422.261 | 560.310 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 53 | 1040.000 | 1501.014 | 1504.257 | 1441.860 | 564.295 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 54 | 1060.000 | 1500.680 | 1504.105 | 1461.458 | 568.281 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 55 | 1080.000 | 1500.465 | 1503.953 | 1481.057 | 572.266 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 56 | 1100.000 | 1500.157 | 1503.801 | 1500.656 | 576.252 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 57 | 1120.000 | 1499.956 | 1503.649 | 1520.255 | 580.237 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 58 | 1140.000 | 1499.840 | 1503.497 | 1539.854 | 584.222 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 59 | 1160.000 | 1499.695 | 1503.344 | 1559.453 | 588.208 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 60 | 1180.000 | 1499.571 | 1503.192 | 1579.052 | 592.193 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 61 | 1200.000 | 1499.213 | 1503.040 | 1598.651 | 596.179 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 62 | 1220.000 | 1498.792 | 1502.888 | 1618.250 | 600.164 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 63 | 1240.000 | 1498.529 | 1502.736 | 1637.848 | 604.150 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 64 | 1260.000 | 1499.024 | 1502.583 | 1657.447 | 608.135 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 65 | 1280.000 | 1499.043 | 1502.431 | 1677.046 | 612.120 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 66 | 1300.000 | 1499.120 | 1502.279 | 1696.645 | 616.106 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 67 | 1320.000 | 1499.296 | 1502.127 | 1716.244 | 620.091 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 68 | 1340.000 | 1499.465 | 1501.975 | 1735.843 | 624.077 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 69 | 1360.000 | 1499.627 | 1501.823 | 1755.442 | 628.062 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 70 | 1369.870 | 1499.707 | 1501.748 | 1765.114 | 630.029 | 187.229g | 2.50 | -2.50 |
| 71 | 1380.000 | 1499.828 | 1501.671 | 1775.041 | 632.048 | 187.221g | 2.50 | -2.26 |
| 72 | 1400.000 | 1500.130 | 1501.518 | 1794.637 | 636.044 | 187.160g | 2.50 | -1.79 |
| 73 | 1420.000 | 1500.518 | 1501.366 | 1814.228 | 640.067 | 187.039g | 2.50 | -1.33 |
| 74 | 1440.000 | 1500.831 | 1501.214 | 1833.810 | 644.137 | 186.858g | 2.50 | -0.86 |
| 75 | 1460.000 | 1500.872 | 1501.062 | 1853.378 | 648.272 | 186.616g | 2.50 | -0.39 |
| 76 | 1480.000 | 1500.767 | 1500.916 | 1872.928 | 652.491 | 186.315g | 2.50 | 0.08  |
| 77 | 1500.000 | 1500.459 | 1500.783 | 1892.456 | 656.811 | 185.953g | 2.50 | 0.55  |
| 78 | 1520.000 | 1500.093 | 1500.664 | 1911.956 | 661.251 | 185.530g | 2.50 | 1.02  |

|     |          |          |          |          |          |          |      |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|-------|
| 79  | 1540.000 | 1499.667 | 1500.558 | 1931.425 | 665.830  | 185.048g | 2.50 | 1.49  |
| 80  | 1560.000 | 1499.173 | 1500.465 | 1950.856 | 670.566  | 184.505g | 2.50 | 1.96  |
| 81  | 1580.000 | 1498.605 | 1500.386 | 1970.244 | 675.476  | 183.902g | 2.50 | 2.42  |
| 82  | 1600.000 | 1498.227 | 1500.320 | 1989.582 | 680.579  | 183.239g | 2.86 | 2.86  |
| 83  | 1604.592 | 1498.144 | 1500.307 | 1994.015 | 681.780  | 183.078g | 2.96 | 2.96  |
| 84  | 1620.000 | 1497.852 | 1500.267 | 2008.864 | 685.891  | 182.533g | 2.96 | 2.96  |
| 85  | 1640.000 | 1497.269 | 1500.228 | 2028.085 | 691.417  | 181.825g | 2.96 | 2.96  |
| 86  | 1660.000 | 1496.778 | 1500.202 | 2047.244 | 697.156  | 181.118g | 2.96 | 2.96  |
| 87  | 1680.000 | 1496.172 | 1500.189 | 2066.338 | 703.107  | 180.411g | 2.96 | 2.96  |
| 88  | 1700.000 | 1495.295 | 1500.190 | 2085.364 | 709.271  | 179.703g | 2.96 | 2.96  |
| 89  | 1720.000 | 1496.069 | 1500.204 | 2104.321 | 715.645  | 178.996g | 2.96 | 2.96  |
| 90  | 1740.000 | 1496.908 | 1500.218 | 2123.206 | 722.229  | 178.289g | 2.96 | 2.96  |
| 91  | 1760.000 | 1497.147 | 1500.211 | 2142.017 | 729.023  | 177.581g | 2.96 | 2.96  |
| 92  | 1780.000 | 1497.711 | 1500.181 | 2160.751 | 736.026  | 176.874g | 2.96 | 2.96  |
| 93  | 1800.000 | 1498.372 | 1500.129 | 2179.406 | 743.236  | 176.167g | 2.96 | 2.96  |
| 94  | 1820.000 | 1498.837 | 1500.054 | 2197.979 | 750.653  | 175.459g | 2.96 | 2.96  |
| 95  | 1840.000 | 1499.128 | 1499.958 | 2216.469 | 758.276  | 174.752g | 2.96 | 2.96  |
| 96  | 1860.000 | 1500.462 | 1499.839 | 2234.874 | 766.104  | 174.045g | 2.96 | 2.96  |
| 97  | 1880.000 | 1501.581 | 1499.698 | 2253.190 | 774.136  | 173.337g | 2.96 | 2.96  |
| 98  | 1900.000 | 1500.980 | 1499.535 | 2271.416 | 782.371  | 172.630g | 2.96 | 2.96  |
| 99  | 1920.000 | 1499.737 | 1499.349 | 2289.549 | 790.808  | 171.922g | 2.96 | 2.96  |
| 100 | 1940.000 | 1498.609 | 1499.142 | 2307.587 | 799.446  | 171.215g | 2.96 | 2.96  |
| 101 | 1960.000 | 1497.496 | 1498.912 | 2325.529 | 808.284  | 170.508g | 2.96 | 2.96  |
| 102 | 1980.000 | 1497.411 | 1498.660 | 2343.371 | 817.320  | 169.800g | 2.96 | 2.96  |
| 103 | 2000.000 | 1497.470 | 1498.385 | 2361.111 | 826.555  | 169.093g | 2.96 | 2.96  |
| 104 | 2020.000 | 1497.561 | 1498.089 | 2378.748 | 835.986  | 168.386g | 2.96 | 2.96  |
| 105 | 2040.000 | 1497.671 | 1497.770 | 2396.279 | 845.612  | 167.678g | 2.96 | 2.96  |
| 106 | 2060.000 | 1497.729 | 1497.429 | 2413.702 | 855.432  | 166.971g | 2.96 | 2.96  |
| 107 | 2080.000 | 1497.463 | 1497.066 | 2431.014 | 865.446  | 166.264g | 2.96 | 2.96  |
| 108 | 2100.000 | 1496.299 | 1496.680 | 2448.215 | 875.651  | 165.556g | 2.96 | 2.96  |
| 109 | 2120.000 | 1495.121 | 1496.273 | 2465.300 | 886.046  | 164.849g | 2.96 | 2.96  |
| 110 | 2140.000 | 1494.821 | 1495.843 | 2482.270 | 896.631  | 164.142g | 2.96 | 2.96  |
| 111 | 2160.000 | 1493.957 | 1495.391 | 2499.120 | 907.404  | 163.434g | 2.96 | 2.96  |
| 112 | 2180.000 | 1493.064 | 1494.916 | 2515.850 | 918.363  | 162.727g | 2.96 | 2.96  |
| 113 | 2200.000 | 1492.326 | 1494.420 | 2532.457 | 929.507  | 162.019g | 2.96 | 2.96  |
| 114 | 2208.710 | 1491.988 | 1494.197 | 2539.651 | 934.418  | 161.711g | 2.96 | 2.96  |
| 115 | 2220.000 | 1491.547 | 1493.901 | 2548.940 | 940.835  | 161.322g | 2.94 | 2.70  |
| 116 | 2240.000 | 1490.729 | 1493.360 | 2565.302 | 952.337  | 160.679g | 2.90 | 2.23  |
| 117 | 2260.000 | 1490.224 | 1492.797 | 2581.553 | 963.995  | 160.096g | 2.86 | 1.77  |
| 118 | 2280.000 | 1489.513 | 1492.211 | 2597.701 | 975.794  | 159.573g | 2.82 | 1.30  |
| 119 | 2300.000 | 1488.956 | 1491.604 | 2613.758 | 987.718  | 159.111g | 2.78 | 0.84  |
| 120 | 2320.000 | 1488.287 | 1490.975 | 2629.734 | 999.750  | 158.708g | 2.74 | 0.37  |
| 121 | 2340.000 | 1487.456 | 1490.354 | 2645.639 | 1011.875 | 158.367g | 2.70 | -0.09 |
| 122 | 2360.000 | 1486.717 | 1489.750 | 2661.485 | 1024.079 | 158.085g | 2.66 | -0.56 |
| 123 | 2380.000 | 1486.011 | 1489.164 | 2677.282 | 1036.344 | 157.864g | 2.62 | -1.02 |

|     |          |          |          |          |          |          |      |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|-------|
| 124 | 2400.000 | 1485.302 | 1488.597 | 2693.042 | 1048.658 | 157.703g | 2.59 | -1.49 |
| 125 | 2420.000 | 1484.695 | 1488.047 | 2708.777 | 1061.003 | 157.602g | 2.55 | -1.95 |
| 126 | 2440.000 | 1484.083 | 1487.515 | 2724.498 | 1073.366 | 157.561g | 2.51 | -2.42 |
| 127 | 2443.432 | 1483.978 | 1487.426 | 2727.196 | 1075.488 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 128 | 2460.000 | 1483.348 | 1487.002 | 2740.216 | 1085.733 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 129 | 2480.000 | 1482.238 | 1486.506 | 2755.934 | 1098.100 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 130 | 2500.000 | 1482.438 | 1486.028 | 2771.653 | 1110.467 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 131 | 2520.000 | 1483.264 | 1485.568 | 2787.371 | 1122.834 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 132 | 2540.000 | 1483.163 | 1485.127 | 2803.089 | 1135.201 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 133 | 2560.000 | 1483.072 | 1484.703 | 2818.807 | 1147.568 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 134 | 2580.000 | 1483.023 | 1484.297 | 2834.525 | 1159.934 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 135 | 2600.000 | 1482.962 | 1483.909 | 2850.243 | 1172.301 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 136 | 2620.000 | 1482.501 | 1483.539 | 2865.961 | 1184.668 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 137 | 2640.000 | 1482.049 | 1483.187 | 2881.679 | 1197.035 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 138 | 2660.000 | 1481.738 | 1482.853 | 2897.398 | 1209.402 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 139 | 2680.000 | 1481.473 | 1482.537 | 2913.116 | 1221.769 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 140 | 2700.000 | 1481.238 | 1482.239 | 2928.834 | 1234.136 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 141 | 2720.000 | 1481.071 | 1481.959 | 2944.552 | 1246.503 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 142 | 2740.000 | 1480.948 | 1481.697 | 2960.270 | 1258.870 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 143 | 2760.000 | 1480.849 | 1481.453 | 2975.988 | 1271.237 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 144 | 2780.000 | 1480.720 | 1481.227 | 2991.706 | 1283.604 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 145 | 2800.000 | 1480.531 | 1481.019 | 3007.424 | 1295.971 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 146 | 2820.000 | 1480.314 | 1480.829 | 3023.142 | 1308.337 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 147 | 2840.000 | 1480.059 | 1480.656 | 3038.861 | 1320.704 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 148 | 2860.000 | 1479.869 | 1480.490 | 3054.579 | 1333.071 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 149 | 2880.000 | 1479.779 | 1480.324 | 3070.297 | 1345.438 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 150 | 2900.000 | 1479.690 | 1480.157 | 3086.015 | 1357.805 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 151 | 2920.000 | 1479.724 | 1479.991 | 3101.733 | 1370.172 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 152 | 2940.000 | 1479.724 | 1479.825 | 3117.451 | 1382.539 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 153 | 2960.000 | 1479.782 | 1479.658 | 3133.169 | 1394.906 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 154 | 2980.000 | 1479.857 | 1479.492 | 3148.887 | 1407.273 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 155 | 3000.000 | 1479.884 | 1479.326 | 3164.606 | 1419.640 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 156 | 3020.000 | 1479.902 | 1479.159 | 3180.324 | 1432.007 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 157 | 3040.000 | 1479.900 | 1478.993 | 3196.042 | 1444.374 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 158 | 3060.000 | 1479.825 | 1478.826 | 3211.760 | 1456.741 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 159 | 3080.000 | 1479.750 | 1478.660 | 3227.478 | 1469.107 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 160 | 3100.000 | 1479.428 | 1478.494 | 3243.196 | 1481.474 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 161 | 3120.000 | 1479.163 | 1478.327 | 3258.914 | 1493.841 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 162 | 3140.000 | 1478.740 | 1478.161 | 3274.632 | 1506.208 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 163 | 3160.000 | 1478.137 | 1477.995 | 3290.351 | 1518.575 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 164 | 3180.000 | 1477.553 | 1477.828 | 3306.069 | 1530.942 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 165 | 3200.000 | 1476.939 | 1477.662 | 3321.787 | 1543.309 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 166 | 3220.000 | 1476.147 | 1477.495 | 3337.505 | 1555.676 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 167 | 3240.000 | 1475.696 | 1477.329 | 3353.223 | 1568.043 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 168 | 3260.000 | 1475.243 | 1477.163 | 3368.941 | 1580.410 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |

|     |          |          |          |          |          |          |      |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|-------|
| 169 | 3280.000 | 1474.735 | 1476.996 | 3384.659 | 1592.777 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 170 | 3300.000 | 1474.833 | 1476.830 | 3400.377 | 1605.144 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 171 | 3320.000 | 1474.563 | 1476.664 | 3416.095 | 1617.510 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 172 | 3340.000 | 1474.081 | 1476.497 | 3431.814 | 1629.877 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 173 | 3360.000 | 1473.834 | 1476.331 | 3447.532 | 1642.244 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 174 | 3380.000 | 1473.614 | 1476.165 | 3463.250 | 1654.611 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 175 | 3400.000 | 1473.370 | 1475.998 | 3478.968 | 1666.978 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 176 | 3420.000 | 1473.216 | 1475.832 | 3494.686 | 1679.345 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 177 | 3440.000 | 1473.088 | 1475.665 | 3510.404 | 1691.712 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 178 | 3460.000 | 1472.832 | 1475.499 | 3526.122 | 1704.079 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 179 | 3480.000 | 1472.523 | 1475.333 | 3541.840 | 1716.446 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 180 | 3500.000 | 1472.366 | 1475.166 | 3557.559 | 1728.813 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 181 | 3520.000 | 1472.281 | 1475.000 | 3573.277 | 1741.180 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 182 | 3540.000 | 1472.323 | 1474.834 | 3588.995 | 1753.547 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 183 | 3560.000 | 1472.416 | 1474.667 | 3604.713 | 1765.914 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 184 | 3580.000 | 1472.629 | 1474.501 | 3620.431 | 1778.280 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 185 | 3600.000 | 1472.918 | 1474.335 | 3636.149 | 1790.647 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 186 | 3620.000 | 1473.199 | 1474.168 | 3651.867 | 1803.014 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 187 | 3640.000 | 1473.475 | 1474.002 | 3667.585 | 1815.381 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 188 | 3660.000 | 1473.563 | 1473.835 | 3683.304 | 1827.748 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 189 | 3680.000 | 1473.545 | 1473.669 | 3699.022 | 1840.115 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 190 | 3700.000 | 1473.548 | 1473.503 | 3714.740 | 1852.482 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 191 | 3720.000 | 1473.671 | 1473.336 | 3730.458 | 1864.849 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 192 | 3740.000 | 1473.596 | 1473.170 | 3746.176 | 1877.216 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 193 | 3760.000 | 1473.332 | 1473.004 | 3761.894 | 1889.583 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 194 | 3780.000 | 1473.023 | 1472.837 | 3777.612 | 1901.950 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 195 | 3800.000 | 1472.610 | 1472.671 | 3793.330 | 1914.317 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 196 | 3820.000 | 1472.335 | 1472.505 | 3809.048 | 1926.683 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 197 | 3840.000 | 1472.031 | 1472.338 | 3824.767 | 1939.050 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 198 | 3860.000 | 1471.719 | 1472.172 | 3840.485 | 1951.417 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 199 | 3880.000 | 1471.401 | 1472.005 | 3856.203 | 1963.784 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 200 | 3900.000 | 1471.493 | 1471.839 | 3871.921 | 1976.151 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 201 | 3920.000 | 1471.274 | 1471.673 | 3887.639 | 1988.518 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 202 | 3940.000 | 1471.094 | 1471.506 | 3903.357 | 2000.885 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 203 | 3960.000 | 1470.970 | 1471.340 | 3919.075 | 2013.252 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 204 | 3980.000 | 1470.826 | 1471.174 | 3934.793 | 2025.619 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 205 | 4000.000 | 1470.622 | 1471.007 | 3950.512 | 2037.986 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 206 | 4020.000 | 1470.453 | 1470.841 | 3966.230 | 2050.353 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 207 | 4040.000 | 1470.343 | 1470.674 | 3981.948 | 2062.720 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 208 | 4060.000 | 1470.053 | 1470.508 | 3997.666 | 2075.087 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 209 | 4080.000 | 1469.936 | 1470.342 | 4013.384 | 2087.453 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 210 | 4100.000 | 1469.713 | 1470.175 | 4029.102 | 2099.820 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 211 | 4120.000 | 1469.554 | 1470.009 | 4044.820 | 2112.187 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 212 | 4140.000 | 1469.308 | 1469.843 | 4060.538 | 2124.554 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 213 | 4160.000 | 1468.998 | 1469.685 | 4076.257 | 2136.921 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |

|     |          |          |          |          |          |          |      |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|-------|
| 214 | 4180.000 | 1468.697 | 1469.541 | 4091.975 | 2149.288 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 215 | 4200.000 | 1468.455 | 1469.409 | 4107.693 | 2161.655 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 216 | 4220.000 | 1468.105 | 1469.292 | 4123.411 | 2174.022 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 217 | 4240.000 | 1467.668 | 1469.187 | 4139.129 | 2186.389 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 218 | 4260.000 | 1467.377 | 1469.096 | 4154.847 | 2198.756 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 219 | 4280.000 | 1467.199 | 1469.018 | 4170.565 | 2211.123 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 220 | 4300.000 | 1467.101 | 1468.954 | 4186.283 | 2223.490 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 221 | 4320.000 | 1466.158 | 1468.903 | 4202.001 | 2235.856 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 222 | 4340.000 | 1466.266 | 1468.865 | 4217.720 | 2248.223 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 223 | 4360.000 | 1466.617 | 1468.840 | 4233.438 | 2260.590 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 224 | 4380.000 | 1466.842 | 1468.829 | 4249.156 | 2272.957 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 225 | 4400.000 | 1467.063 | 1468.831 | 4264.874 | 2285.324 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 226 | 4420.000 | 1467.283 | 1468.847 | 4280.592 | 2297.691 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 227 | 4440.000 | 1467.685 | 1468.876 | 4296.310 | 2310.058 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 228 | 4460.000 | 1468.195 | 1468.918 | 4312.028 | 2322.425 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 229 | 4480.000 | 1468.489 | 1468.974 | 4327.746 | 2334.792 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 230 | 4500.000 | 1468.686 | 1469.042 | 4343.465 | 2347.159 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 231 | 4520.000 | 1468.804 | 1469.125 | 4359.183 | 2359.526 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 232 | 4540.000 | 1468.878 | 1469.220 | 4374.901 | 2371.893 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 233 | 4560.000 | 1468.984 | 1469.319 | 4390.619 | 2384.260 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 234 | 4580.000 | 1469.106 | 1469.419 | 4406.337 | 2396.626 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 235 | 4600.000 | 1469.337 | 1469.518 | 4422.055 | 2408.993 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 236 | 4620.000 | 1469.643 | 1469.618 | 4437.773 | 2421.360 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 237 | 4640.000 | 1469.935 | 1469.717 | 4453.491 | 2433.727 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 238 | 4660.000 | 1470.235 | 1469.816 | 4469.210 | 2446.094 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 239 | 4680.000 | 1470.553 | 1469.916 | 4484.928 | 2458.461 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 240 | 4700.000 | 1470.916 | 1470.015 | 4500.646 | 2470.828 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 241 | 4720.000 | 1471.115 | 1470.115 | 4516.364 | 2483.195 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 242 | 4740.000 | 1471.267 | 1470.214 | 4532.082 | 2495.562 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 243 | 4760.000 | 1471.347 | 1470.313 | 4547.800 | 2507.929 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 244 | 4780.000 | 1471.487 | 1470.413 | 4563.518 | 2520.296 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 245 | 4800.000 | 1471.400 | 1470.509 | 4579.236 | 2532.663 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 246 | 4820.000 | 1471.431 | 1470.586 | 4594.954 | 2545.029 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 247 | 4840.000 | 1471.280 | 1470.640 | 4610.673 | 2557.396 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 248 | 4860.000 | 1471.115 | 1470.672 | 4626.391 | 2569.763 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 249 | 4880.000 | 1471.031 | 1470.682 | 4642.109 | 2582.130 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 250 | 4900.000 | 1471.203 | 1470.670 | 4657.827 | 2594.497 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 251 | 4920.000 | 1471.367 | 1470.636 | 4673.545 | 2606.864 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 252 | 4940.000 | 1471.125 | 1470.579 | 4689.263 | 2619.231 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 253 | 4960.000 | 1470.664 | 1470.500 | 4704.981 | 2631.598 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 254 | 4980.000 | 1470.233 | 1470.399 | 4720.699 | 2643.965 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 255 | 5000.000 | 1469.981 | 1470.276 | 4736.418 | 2656.332 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 256 | 5020.000 | 1469.658 | 1470.130 | 4752.136 | 2668.699 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 257 | 5040.000 | 1468.963 | 1469.962 | 4767.854 | 2681.066 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 258 | 5060.000 | 1468.591 | 1469.772 | 4783.572 | 2693.432 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |

|     |          |          |          |          |          |          |      |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|-------|
| 259 | 5080.000 | 1468.222 | 1469.560 | 4799.290 | 2705.799 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 260 | 5100.000 | 1467.873 | 1469.326 | 4815.008 | 2718.166 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 261 | 5120.000 | 1467.524 | 1469.070 | 4830.726 | 2730.533 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 262 | 5140.000 | 1467.174 | 1468.808 | 4846.444 | 2742.900 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 263 | 5160.000 | 1466.802 | 1468.546 | 4862.163 | 2755.267 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 264 | 5180.000 | 1466.164 | 1468.284 | 4877.881 | 2767.634 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 265 | 5200.000 | 1465.609 | 1468.023 | 4893.599 | 2780.001 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 266 | 5220.000 | 1465.155 | 1467.761 | 4909.317 | 2792.368 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 267 | 5240.000 | 1464.768 | 1467.499 | 4925.035 | 2804.735 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 268 | 5260.000 | 1464.684 | 1467.237 | 4940.753 | 2817.102 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 269 | 5280.000 | 1464.657 | 1466.976 | 4956.471 | 2829.469 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 270 | 5300.000 | 1464.296 | 1466.714 | 4972.189 | 2841.836 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 271 | 5320.000 | 1463.958 | 1466.452 | 4987.907 | 2854.202 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 272 | 5340.000 | 1464.189 | 1466.190 | 5003.626 | 2866.569 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 273 | 5360.000 | 1463.933 | 1465.928 | 5019.344 | 2878.936 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 274 | 5380.000 | 1463.644 | 1465.667 | 5035.062 | 2891.303 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 275 | 5400.000 | 1463.213 | 1465.405 | 5050.780 | 2903.670 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 276 | 5420.000 | 1462.763 | 1465.143 | 5066.498 | 2916.037 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 277 | 5440.000 | 1462.704 | 1464.881 | 5082.216 | 2928.404 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 278 | 5460.000 | 1462.320 | 1464.620 | 5097.934 | 2940.771 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 279 | 5480.000 | 1462.277 | 1464.358 | 5113.652 | 2953.138 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 280 | 5500.000 | 1462.252 | 1464.096 | 5129.371 | 2965.505 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 281 | 5520.000 | 1462.129 | 1463.834 | 5145.089 | 2977.872 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 282 | 5540.000 | 1461.773 | 1463.573 | 5160.807 | 2990.239 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 283 | 5560.000 | 1461.361 | 1463.311 | 5176.525 | 3002.605 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 284 | 5580.000 | 1461.037 | 1463.049 | 5192.243 | 3014.972 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 285 | 5600.000 | 1460.694 | 1462.787 | 5207.961 | 3027.339 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 286 | 5620.000 | 1460.523 | 1462.526 | 5223.679 | 3039.706 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 287 | 5640.000 | 1460.614 | 1462.264 | 5239.397 | 3052.073 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 288 | 5660.000 | 1461.045 | 1462.006 | 5255.116 | 3064.440 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 289 | 5680.000 | 1460.956 | 1461.788 | 5270.834 | 3076.807 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 290 | 5700.000 | 1460.846 | 1461.620 | 5286.552 | 3089.174 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 291 | 5720.000 | 1460.643 | 1461.502 | 5302.270 | 3101.541 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 292 | 5740.000 | 1460.400 | 1461.434 | 5317.988 | 3113.908 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 293 | 5760.000 | 1460.330 | 1461.417 | 5333.706 | 3126.275 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 294 | 5780.000 | 1460.162 | 1461.443 | 5349.424 | 3138.642 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 295 | 5800.000 | 1460.015 | 1461.476 | 5365.142 | 3151.009 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 296 | 5820.000 | 1459.933 | 1461.509 | 5380.860 | 3163.375 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 297 | 5840.000 | 1459.885 | 1461.542 | 5396.579 | 3175.742 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 298 | 5860.000 | 1459.889 | 1461.575 | 5412.297 | 3188.109 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 299 | 5880.000 | 1459.075 | 1461.608 | 5428.015 | 3200.476 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 300 | 5900.000 | 1458.644 | 1461.641 | 5443.733 | 3212.843 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 301 | 5920.000 | 1458.901 | 1461.674 | 5459.451 | 3225.210 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 302 | 5940.000 | 1459.363 | 1461.707 | 5475.169 | 3237.577 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |
| 303 | 5960.000 | 1459.701 | 1461.740 | 5490.887 | 3249.944 | 157.561g | 2.50 | -2.50 |

|     |          |          |          |          |          |          |       |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|
| 304 | 5980.000 | 1459.599 | 1461.773 | 5506.605 | 3262.311 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 305 | 6000.000 | 1460.283 | 1461.806 | 5522.324 | 3274.678 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 306 | 6020.000 | 1460.986 | 1461.839 | 5538.042 | 3287.045 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 307 | 6040.000 | 1461.461 | 1461.871 | 5553.760 | 3299.412 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 308 | 6060.000 | 1462.165 | 1461.904 | 5569.478 | 3311.778 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 309 | 6080.000 | 1462.944 | 1461.937 | 5585.196 | 3324.145 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 310 | 6100.000 | 1463.972 | 1461.970 | 5600.914 | 3336.512 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 311 | 6120.000 | 1464.277 | 1462.003 | 5616.632 | 3348.879 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 312 | 6140.000 | 1465.202 | 1462.036 | 5632.350 | 3361.246 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 313 | 6160.000 | 1465.831 | 1462.069 | 5648.069 | 3373.613 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 314 | 6180.000 | 1466.414 | 1462.102 | 5663.787 | 3385.980 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 315 | 6200.000 | 1466.865 | 1462.135 | 5679.505 | 3398.347 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 316 | 6220.000 | 1467.669 | 1462.168 | 5695.223 | 3410.714 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 317 | 6240.000 | 1468.512 | 1462.201 | 5710.941 | 3423.081 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 318 | 6260.000 | 1468.118 | 1462.234 | 5726.659 | 3435.448 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 319 | 6280.000 | 1468.691 | 1462.267 | 5742.377 | 3447.815 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 320 | 6300.000 | 1467.470 | 1462.300 | 5758.095 | 3460.182 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 321 | 6320.000 | 1467.011 | 1462.333 | 5773.813 | 3472.548 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 322 | 6340.000 | 1466.615 | 1462.366 | 5789.532 | 3484.915 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 323 | 6360.000 | 1466.326 | 1462.399 | 5805.250 | 3497.282 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 324 | 6380.000 | 1465.852 | 1462.432 | 5820.968 | 3509.649 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 325 | 6400.000 | 1465.355 | 1462.465 | 5836.686 | 3522.016 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 326 | 6420.000 | 1464.723 | 1462.498 | 5852.404 | 3534.383 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 327 | 6440.000 | 1464.116 | 1462.531 | 5868.122 | 3546.750 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 328 | 6460.000 | 1463.570 | 1462.563 | 5883.840 | 3559.117 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 329 | 6480.000 | 1463.021 | 1462.596 | 5899.558 | 3571.484 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 330 | 6500.000 | 1462.469 | 1462.629 | 5915.277 | 3583.851 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 331 | 6520.000 | 1461.912 | 1462.662 | 5930.995 | 3596.218 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 332 | 6540.000 | 1461.423 | 1462.695 | 5946.713 | 3608.585 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 333 | 6560.000 | 1460.962 | 1462.728 | 5962.431 | 3620.951 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 334 | 6580.000 | 1460.553 | 1462.761 | 5978.149 | 3633.318 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 335 | 6600.000 | 1460.065 | 1462.794 | 5993.867 | 3645.685 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 336 | 6620.000 | 1459.591 | 1462.827 | 6009.585 | 3658.052 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 337 | 6632.368 | 1459.327 | 1462.847 | 6019.306 | 3665.700 | 157.561g | 2.50  | -2.50 |
| 338 | 6640.000 | 1459.254 | 1462.860 | 6025.304 | 3670.419 | 157.564g | 2.34  | -2.51 |
| 339 | 6660.000 | 1459.387 | 1462.893 | 6041.026 | 3682.780 | 157.610g | 1.91  | -2.52 |
| 340 | 6680.000 | 1459.602 | 1462.926 | 6056.762 | 3695.124 | 157.708g | 1.49  | -2.54 |
| 341 | 6700.000 | 1459.862 | 1462.959 | 6072.523 | 3707.437 | 157.858g | 1.06  | -2.56 |
| 342 | 6720.000 | 1460.004 | 1462.992 | 6088.317 | 3719.707 | 158.059g | 0.64  | -2.58 |
| 343 | 6740.000 | 1460.022 | 1463.025 | 6104.155 | 3731.920 | 158.313g | 0.21  | -2.59 |
| 344 | 6760.000 | 1460.365 | 1463.058 | 6120.047 | 3744.063 | 158.619g | -0.21 | -2.61 |
| 345 | 6780.000 | 1460.766 | 1463.091 | 6136.001 | 3756.123 | 158.976g | -0.64 | -2.63 |
| 346 | 6800.000 | 1461.103 | 1463.124 | 6152.028 | 3768.087 | 159.386g | -1.06 | -2.64 |
| 347 | 6820.000 | 1461.352 | 1463.157 | 6168.137 | 3779.941 | 159.848g | -1.49 | -2.66 |
| 348 | 6840.000 | 1461.775 | 1463.190 | 6184.335 | 3791.671 | 160.361g | -1.92 | -2.68 |

|     |          |          |          |          |          |          |       |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|
| 349 | 6860.000 | 1462.153 | 1463.223 | 6200.633 | 3803.264 | 160.927g | -2.34 | -2.70 |
| 350 | 6877.368 | 1462.625 | 1463.251 | 6214.873 | 3813.208 | 161.460g | -2.71 | -2.71 |
| 351 | 6880.000 | 1462.688 | 1463.255 | 6217.038 | 3814.704 | 161.544g | -2.71 | -2.71 |
| 352 | 6900.000 | 1463.163 | 1463.288 | 6233.555 | 3825.982 | 162.180g | -2.71 | -2.71 |
| 353 | 6920.000 | 1463.559 | 1463.321 | 6250.184 | 3837.093 | 162.817g | -2.71 | -2.71 |
| 354 | 6940.000 | 1463.917 | 1463.346 | 6266.923 | 3848.038 | 163.454g | -2.71 | -2.71 |
| 355 | 6960.000 | 1464.190 | 1463.352 | 6283.771 | 3858.815 | 164.090g | -2.71 | -2.71 |
| 356 | 6980.000 | 1464.534 | 1463.337 | 6300.726 | 3869.423 | 164.727g | -2.71 | -2.71 |
| 357 | 7000.000 | 1465.342 | 1463.302 | 6317.786 | 3879.861 | 165.363g | -2.71 | -2.71 |
| 358 | 7020.000 | 1465.684 | 1463.247 | 6334.950 | 3890.128 | 166.000g | -2.71 | -2.71 |
| 359 | 7040.000 | 1465.775 | 1463.172 | 6352.215 | 3900.222 | 166.637g | -2.71 | -2.71 |
| 360 | 7060.000 | 1465.582 | 1463.078 | 6369.581 | 3910.144 | 167.273g | -2.71 | -2.71 |
| 361 | 7080.000 | 1465.288 | 1462.963 | 6387.045 | 3919.891 | 167.910g | -2.71 | -2.71 |
| 362 | 7100.000 | 1465.214 | 1462.828 | 6404.605 | 3929.463 | 168.546g | -2.71 | -2.71 |
| 363 | 7120.000 | 1465.016 | 1462.673 | 6422.260 | 3938.859 | 169.183g | -2.71 | -2.71 |
| 364 | 7140.000 | 1465.033 | 1462.498 | 6440.009 | 3948.078 | 169.820g | -2.71 | -2.71 |
| 365 | 7160.000 | 1464.901 | 1462.304 | 6457.849 | 3957.119 | 170.456g | -2.71 | -2.71 |
| 366 | 7180.000 | 1464.574 | 1462.089 | 6475.778 | 3965.982 | 171.093g | -2.71 | -2.71 |
| 367 | 7200.000 | 1464.418 | 1461.854 | 6493.795 | 3974.664 | 171.730g | -2.71 | -2.71 |
| 368 | 7220.000 | 1463.998 | 1461.599 | 6511.898 | 3983.166 | 172.366g | -2.71 | -2.71 |
| 369 | 7240.000 | 1463.443 | 1461.324 | 6530.085 | 3991.487 | 173.003g | -2.71 | -2.71 |
| 370 | 7260.000 | 1462.938 | 1461.032 | 6548.354 | 3999.625 | 173.639g | -2.71 | -2.71 |
| 371 | 7280.000 | 1462.438 | 1460.736 | 6566.704 | 4007.580 | 174.276g | -2.71 | -2.71 |
| 372 | 7300.000 | 1461.987 | 1460.440 | 6585.132 | 4015.351 | 174.913g | -2.71 | -2.71 |
| 373 | 7320.000 | 1461.319 | 1460.145 | 6603.637 | 4022.938 | 175.549g | -2.71 | -2.71 |
| 374 | 7340.000 | 1460.695 | 1459.849 | 6622.217 | 4030.339 | 176.186g | -2.71 | -2.71 |
| 375 | 7360.000 | 1460.392 | 1459.553 | 6640.870 | 4037.554 | 176.823g | -2.71 | -2.71 |
| 376 | 7380.000 | 1459.978 | 1459.257 | 6659.595 | 4044.582 | 177.459g | -2.71 | -2.71 |
| 377 | 7400.000 | 1459.555 | 1458.962 | 6678.389 | 4051.422 | 178.096g | -2.71 | -2.71 |
| 378 | 7420.000 | 1459.111 | 1458.666 | 6697.250 | 4058.074 | 178.732g | -2.71 | -2.71 |
| 379 | 7440.000 | 1458.538 | 1458.370 | 6716.177 | 4064.538 | 179.369g | -2.71 | -2.71 |
| 380 | 7446.046 | 1458.379 | 1458.281 | 6721.910 | 4066.454 | 179.561g | -2.71 | -2.71 |
| 381 | 7460.000 | 1458.010 | 1458.075 | 6735.167 | 4070.812 | 179.993g | -2.41 | -2.70 |
| 382 | 7480.000 | 1457.261 | 1457.779 | 6754.215 | 4076.907 | 180.567g | -1.99 | -2.68 |
| 383 | 7500.000 | 1456.345 | 1457.483 | 6773.316 | 4082.838 | 181.090g | -1.56 | -2.66 |
| 384 | 7520.000 | 1455.363 | 1457.188 | 6792.462 | 4088.620 | 181.560g | -1.14 | -2.65 |
| 385 | 7540.000 | 1454.461 | 1456.892 | 6811.647 | 4094.268 | 181.979g | -0.71 | -2.63 |
| 386 | 7560.000 | 1452.991 | 1456.596 | 6830.868 | 4099.798 | 182.345g | -0.29 | -2.61 |
| 387 | 7580.000 | 1451.825 | 1456.300 | 6850.117 | 4105.225 | 182.660g | 0.14  | -2.60 |
| 388 | 7600.000 | 1451.000 | 1456.005 | 6869.391 | 4110.564 | 182.922g | 0.56  | -2.58 |
| 389 | 7620.000 | 1450.158 | 1455.709 | 6888.685 | 4115.832 | 183.133g | 0.99  | -2.56 |
| 390 | 7640.000 | 1449.432 | 1455.413 | 6907.994 | 4121.044 | 183.291g | 1.41  | -2.54 |
| 391 | 7660.000 | 1447.328 | 1455.118 | 6927.314 | 4126.215 | 183.398g | 1.84  | -2.53 |
| 392 | 7680.000 | 1447.811 | 1454.822 | 6946.640 | 4131.362 | 183.453g | 2.27  | -2.51 |
| 393 | 7691.046 | 1448.388 | 1454.658 | 6957.315 | 4134.200 | 183.461g | 2.50  | -2.50 |

|     |          |          |          |          |          |          |      |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|-------|
| 394 | 7700.000 | 1448.672 | 1454.526 | 6965.969 | 4136.500 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 395 | 7720.000 | 1449.115 | 1454.230 | 6985.298 | 4141.638 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 396 | 7740.000 | 1449.472 | 1453.935 | 7004.627 | 4146.776 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 397 | 7760.000 | 1449.932 | 1453.639 | 7023.956 | 4151.914 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 398 | 7780.000 | 1450.084 | 1453.343 | 7043.284 | 4157.051 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 399 | 7800.000 | 1450.911 | 1453.048 | 7062.613 | 4162.189 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 400 | 7820.000 | 1451.347 | 1452.752 | 7081.942 | 4167.327 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 401 | 7840.000 | 1451.538 | 1452.456 | 7101.271 | 4172.464 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 402 | 7860.000 | 1451.652 | 1452.160 | 7120.600 | 4177.602 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 403 | 7880.000 | 1451.529 | 1451.865 | 7139.929 | 4182.740 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 404 | 7900.000 | 1451.724 | 1451.569 | 7159.258 | 4187.877 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 405 | 7920.000 | 1451.735 | 1451.273 | 7178.586 | 4193.015 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 406 | 7940.000 | 1451.153 | 1450.978 | 7197.915 | 4198.153 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 407 | 7960.000 | 1450.912 | 1450.682 | 7217.244 | 4203.291 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 408 | 7980.000 | 1450.704 | 1450.386 | 7236.573 | 4208.428 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |
| 409 | 8000.000 | 1450.091 | 1450.090 | 7255.902 | 4213.566 | 183.461g | 2.50 | -2.50 |

## VOLUMES CHAUSSEE

**Logiciel: Piste 5.05**

**Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 (Pk328- PK336)**

**Longueur de l'axe : 8000.000 m**

| N°<br>PROF | ABSCISSE<br>CURVILIGN | FORME<br>VOLUME | BASE<br>VOLUME | CHAUSSEE<br>VOLUME | ACCOTE<br>VOLUME | T.P.C.<br>VOLUME |
|------------|-----------------------|-----------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|
| 1          | 0.000                 | 48.0            | 18.2           | 9.1                | 0.0              | 26.4             |
| 2          | 20.000                | 98.0            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 3          | 40.000                | 95.5            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 4          | 60.000                | 96.8            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 5          | 80.000                | 98.6            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 6          | 100.000               | 98.8            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 7          | 120.000               | 98.2            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 8          | 140.000               | 97.1            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 9          | 160.000               | 97.4            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 10         | 180.000               | 97.6            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 11         | 200.000               | 97.3            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 12         | 220.000               | 97.4            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 13         | 240.000               | 96.8            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 14         | 260.000               | 96.2            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 15         | 280.000               | 95.4            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 16         | 300.000               | 95.0            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 17         | 320.000               | 95.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 18         | 340.000               | 95.2            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 19         | 360.000               | 98.6            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 20         | 380.000               | 98.7            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 21         | 400.000               | 98.8            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 22         | 420.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 23         | 440.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 24         | 460.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 25         | 480.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 26         | 500.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 27         | 520.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 28         | 540.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 29         | 560.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 30         | 580.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 31         | 600.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 32         | 620.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 33         | 640.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 34         | 660.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 35         | 680.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |
| 36         | 700.000               | 98.9            | 36.5           | 18.2               | 0.0              | 52.8             |

|    |          |      |      |      |     |      |
|----|----------|------|------|------|-----|------|
| 37 | 720.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 38 | 740.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 39 | 760.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 40 | 780.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 41 | 800.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 42 | 820.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 43 | 840.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 44 | 860.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 45 | 880.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 46 | 900.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 47 | 920.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 48 | 940.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 49 | 960.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 50 | 980.000  | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 51 | 1000.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 52 | 1020.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 53 | 1040.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 54 | 1060.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 55 | 1080.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 56 | 1100.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 57 | 1120.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 58 | 1140.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 59 | 1160.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 60 | 1180.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 61 | 1200.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 62 | 1220.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 63 | 1240.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 64 | 1260.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 65 | 1280.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 66 | 1300.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 67 | 1320.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 68 | 1340.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 69 | 1360.000 | 73.9 | 27.2 | 13.6 | 0.0 | 39.4 |
| 70 | 1369.870 | 49.5 | 18.2 | 9.1  | 0.0 | 26.4 |
| 71 | 1380.000 | 74.4 | 27.5 | 13.7 | 0.0 | 40.1 |
| 72 | 1400.000 | 98.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 54.1 |
| 73 | 1420.000 | 98.1 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 55.3 |
| 74 | 1440.000 | 97.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 56.7 |
| 75 | 1460.000 | 96.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 58.7 |
| 76 | 1480.000 | 96.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 77 | 1500.000 | 95.1 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 78 | 1520.000 | 96.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 79 | 1540.000 | 96.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 80 | 1560.000 | 96.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 81 | 1580.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |

|     |          |      |      |      |     |      |
|-----|----------|------|------|------|-----|------|
| 82  | 1600.000 | 58.8 | 22.4 | 11.2 | 0.0 | 37.4 |
| 83  | 1604.592 | 47.8 | 18.2 | 9.1  | 0.0 | 30.4 |
| 84  | 1620.000 | 84.7 | 32.3 | 16.1 | 0.0 | 53.8 |
| 85  | 1640.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 86  | 1660.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 87  | 1680.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 88  | 1700.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 89  | 1720.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 90  | 1740.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 91  | 1760.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 92  | 1780.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 93  | 1800.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 94  | 1820.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 95  | 1840.000 | 93.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 96  | 1860.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 97  | 1880.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 98  | 1900.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 99  | 1920.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 100 | 1940.000 | 91.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 101 | 1960.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 102 | 1980.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 103 | 2000.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 104 | 2020.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 105 | 2040.000 | 92.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 106 | 2060.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 107 | 2080.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 108 | 2100.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 109 | 2120.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 110 | 2140.000 | 93.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 111 | 2160.000 | 93.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 112 | 2180.000 | 95.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 113 | 2200.000 | 68.7 | 26.2 | 13.1 | 0.0 | 43.6 |
| 114 | 2208.710 | 47.8 | 18.2 | 9.1  | 0.0 | 30.4 |
| 115 | 2220.000 | 74.9 | 28.5 | 14.3 | 0.0 | 47.6 |
| 116 | 2240.000 | 96.1 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 117 | 2260.000 | 96.3 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 118 | 2280.000 | 96.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 119 | 2300.000 | 96.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 120 | 2320.000 | 97.1 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 121 | 2340.000 | 97.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.2 |
| 122 | 2360.000 | 97.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 57.8 |
| 123 | 2380.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 56.1 |
| 124 | 2400.000 | 98.3 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 54.8 |
| 125 | 2420.000 | 98.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 53.7 |
| 126 | 2440.000 | 57.9 | 21.4 | 10.7 | 0.0 | 31.0 |

|     |          |      |      |      |     |      |
|-----|----------|------|------|------|-----|------|
| 127 | 2443.432 | 49.5 | 18.2 | 9.1  | 0.0 | 26.4 |
| 128 | 2460.000 | 90.4 | 33.3 | 16.7 | 0.0 | 48.3 |
| 129 | 2480.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 130 | 2500.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 131 | 2520.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 132 | 2540.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 133 | 2560.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 134 | 2580.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 135 | 2600.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 136 | 2620.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 137 | 2640.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 138 | 2660.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 139 | 2680.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 140 | 2700.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 141 | 2720.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 142 | 2740.000 | 98.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 143 | 2760.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 144 | 2780.000 | 95.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 145 | 2800.000 | 93.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 146 | 2820.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 147 | 2840.000 | 97.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 148 | 2860.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 149 | 2880.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 150 | 2900.000 | 97.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 151 | 2920.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 152 | 2940.000 | 94.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 153 | 2960.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 154 | 2980.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 155 | 3000.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 156 | 3020.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 157 | 3040.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 158 | 3060.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 159 | 3080.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 160 | 3100.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 161 | 3120.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 162 | 3140.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 163 | 3160.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 164 | 3180.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 165 | 3200.000 | 98.1 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 166 | 3220.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 167 | 3240.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 168 | 3260.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 169 | 3280.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 170 | 3300.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 171 | 3320.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |

|     |          |      |      |      |     |      |
|-----|----------|------|------|------|-----|------|
| 172 | 3340.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 173 | 3360.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 174 | 3380.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 175 | 3400.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 176 | 3420.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 177 | 3440.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 178 | 3460.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 179 | 3480.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 180 | 3500.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 181 | 3520.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 182 | 3540.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 183 | 3560.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 184 | 3580.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 185 | 3600.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 186 | 3620.000 | 98.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 187 | 3640.000 | 95.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 188 | 3660.000 | 95.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 189 | 3680.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 190 | 3700.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 191 | 3720.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 192 | 3740.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 193 | 3760.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 194 | 3780.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 195 | 3800.000 | 94.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 196 | 3820.000 | 97.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 197 | 3840.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 198 | 3860.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 199 | 3880.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 200 | 3900.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 201 | 3920.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 202 | 3940.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 203 | 3960.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 204 | 3980.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 205 | 4000.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 206 | 4020.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 207 | 4040.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 208 | 4060.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 209 | 4080.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 210 | 4100.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 211 | 4120.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 212 | 4140.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 213 | 4160.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 214 | 4180.000 | 95.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 215 | 4200.000 | 96.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 216 | 4220.000 | 98.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |

|     |          |      |      |      |     |      |
|-----|----------|------|------|------|-----|------|
| 217 | 4240.000 | 98.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 218 | 4260.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 219 | 4280.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 220 | 4300.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 221 | 4320.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 222 | 4340.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 223 | 4360.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 224 | 4380.000 | 98.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 225 | 4400.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 226 | 4420.000 | 97.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 227 | 4440.000 | 96.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 228 | 4460.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 229 | 4480.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 230 | 4500.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 231 | 4520.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 232 | 4540.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 233 | 4560.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 234 | 4580.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 235 | 4600.000 | 97.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 236 | 4620.000 | 96.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 237 | 4640.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 238 | 4660.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 239 | 4680.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 240 | 4700.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 241 | 4720.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 242 | 4740.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 243 | 4760.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 244 | 4780.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 245 | 4800.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 246 | 4820.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 247 | 4840.000 | 95.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 248 | 4860.000 | 95.3 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 249 | 4880.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 250 | 4900.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 251 | 4920.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 252 | 4940.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 253 | 4960.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 254 | 4980.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 255 | 5000.000 | 96.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 256 | 5020.000 | 96.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 257 | 5040.000 | 98.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 258 | 5060.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 259 | 5080.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 260 | 5100.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 261 | 5120.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |

|     |          |      |      |      |     |      |
|-----|----------|------|------|------|-----|------|
| 262 | 5140.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 263 | 5160.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 264 | 5180.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 265 | 5200.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 266 | 5220.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 267 | 5240.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 268 | 5260.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 269 | 5280.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 270 | 5300.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 271 | 5320.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 272 | 5340.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 273 | 5360.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 274 | 5380.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 275 | 5400.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 276 | 5420.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 277 | 5440.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 278 | 5460.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 279 | 5480.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 280 | 5500.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 281 | 5520.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 282 | 5540.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 283 | 5560.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 284 | 5580.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 285 | 5600.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 286 | 5620.000 | 98.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 287 | 5640.000 | 98.1 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 288 | 5660.000 | 96.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 289 | 5680.000 | 94.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 290 | 5700.000 | 94.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 291 | 5720.000 | 96.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 292 | 5740.000 | 98.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 293 | 5760.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 294 | 5780.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 295 | 5800.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 296 | 5820.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 297 | 5840.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 298 | 5860.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 299 | 5880.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 300 | 5900.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 301 | 5920.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 302 | 5940.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 303 | 5960.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 304 | 5980.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 305 | 6000.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 306 | 6020.000 | 97.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |

|     |          |      |      |      |     |      |
|-----|----------|------|------|------|-----|------|
| 307 | 6040.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 308 | 6060.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 309 | 6080.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 310 | 6100.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 311 | 6120.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 312 | 6140.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 313 | 6160.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 314 | 6180.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 315 | 6200.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 316 | 6220.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 317 | 6240.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 318 | 6260.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 319 | 6280.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 320 | 6300.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 321 | 6320.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 322 | 6340.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 323 | 6360.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 324 | 6380.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 325 | 6400.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 326 | 6420.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 327 | 6440.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 328 | 6460.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 329 | 6480.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 330 | 6500.000 | 97.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 331 | 6520.000 | 97.3 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 332 | 6540.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 333 | 6560.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 334 | 6580.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 335 | 6600.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 336 | 6620.000 | 80.1 | 29.5 | 14.8 | 0.0 | 42.7 |
| 337 | 6632.368 | 49.5 | 18.2 | 9.1  | 0.0 | 26.4 |
| 338 | 6640.000 | 68.3 | 25.2 | 12.6 | 0.0 | 36.7 |
| 339 | 6660.000 | 98.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 53.8 |
| 340 | 6680.000 | 98.3 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 54.8 |
| 341 | 6700.000 | 98.0 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 56.0 |
| 342 | 6720.000 | 97.7 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 57.5 |
| 343 | 6740.000 | 97.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 59.6 |
| 344 | 6760.000 | 97.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 345 | 6780.000 | 96.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 346 | 6800.000 | 96.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 347 | 6820.000 | 96.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 348 | 6840.000 | 96.1 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 349 | 6860.000 | 89.5 | 34.1 | 17.0 | 0.0 | 56.8 |
| 350 | 6877.368 | 47.6 | 18.2 | 9.1  | 0.0 | 30.4 |
| 351 | 6880.000 | 53.7 | 20.6 | 10.3 | 0.0 | 34.4 |

|     |          |      |      |      |     |      |
|-----|----------|------|------|------|-----|------|
| 352 | 6900.000 | 94.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 353 | 6920.000 | 94.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 354 | 6940.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 355 | 6960.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 356 | 6980.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 357 | 7000.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 358 | 7020.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 359 | 7040.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 360 | 7060.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 361 | 7080.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 362 | 7100.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 363 | 7120.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 364 | 7140.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 365 | 7160.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 366 | 7180.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 367 | 7200.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 368 | 7220.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 369 | 7240.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 370 | 7260.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 371 | 7280.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 372 | 7300.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 373 | 7320.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 374 | 7340.000 | 94.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 375 | 7360.000 | 94.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 376 | 7380.000 | 94.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 377 | 7400.000 | 94.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 378 | 7420.000 | 94.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 379 | 7440.000 | 61.3 | 23.8 | 11.9 | 0.0 | 39.6 |
| 380 | 7446.046 | 47.1 | 18.2 | 9.1  | 0.0 | 30.4 |
| 381 | 7460.000 | 80.1 | 31.0 | 15.5 | 0.0 | 51.6 |
| 382 | 7480.000 | 94.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 383 | 7500.000 | 96.3 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 384 | 7520.000 | 96.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 385 | 7540.000 | 96.8 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 386 | 7560.000 | 97.1 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.8 |
| 387 | 7580.000 | 97.4 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 60.0 |
| 388 | 7600.000 | 97.6 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 57.8 |
| 389 | 7620.000 | 97.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 56.2 |
| 390 | 7640.000 | 98.2 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 55.0 |
| 391 | 7660.000 | 98.5 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 54.0 |
| 392 | 7680.000 | 76.7 | 28.3 | 14.2 | 0.0 | 41.3 |
| 393 | 7691.046 | 49.5 | 18.2 | 9.1  | 0.0 | 26.4 |
| 394 | 7700.000 | 71.6 | 26.4 | 13.2 | 0.0 | 38.2 |
| 395 | 7720.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |
| 396 | 7740.000 | 98.9 | 36.5 | 18.2 | 0.0 | 52.8 |

|            |          |              |              |             |          |              |
|------------|----------|--------------|--------------|-------------|----------|--------------|
| <b>397</b> | 7760.000 | 98.9         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>398</b> | 7780.000 | 98.9         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>399</b> | 7800.000 | 98.9         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>400</b> | 7820.000 | 98.0         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>401</b> | 7840.000 | 98.0         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>402</b> | 7860.000 | 98.0         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>403</b> | 7880.000 | 98.0         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>404</b> | 7900.000 | 97.2         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>405</b> | 7920.000 | 97.0         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>406</b> | 7940.000 | 97.0         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>407</b> | 7960.000 | 97.0         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>408</b> | 7980.000 | 94.6         | 36.5         | 18.2        | 0.0      | 52.8         |
| <b>409</b> | 8000.000 | 47.9         | 18.2         | 9.1         | 0.0      | 26.4         |
|            |          | <b>38956</b> | <b>14592</b> | <b>7296</b> | <b>0</b> | <b>21862</b> |

## VOLUME TERASSEMENT

**Logiciel: Piste 5.05**

**Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 (Pk328- PK336)**

**Longueur de l'axe : 8000.000m**

| N° PROF | ABSCISSE CURVILIGN | REMBLAI VOLUME | DEBLAI VOLUME | DECAPAGE VOLUME | PURGE VOLUME |
|---------|--------------------|----------------|---------------|-----------------|--------------|
| 1       | 0.000              | 0.0            | 205.3         | 0.0             | 0.0          |
| 2       | 20.000             | 123.6          | 259.9         | 0.0             | 0.0          |
| 3       | 40.000             | 270.9          | 193.5         | 0.0             | 0.0          |
| 4       | 60.000             | 290.7          | 141.2         | 0.0             | 0.0          |
| 5       | 80.000             | 345.2          | 109.2         | 0.0             | 0.0          |
| 6       | 100.000            | 386.0          | 80.2          | 0.0             | 0.0          |
| 7       | 120.000            | 388.9          | 71.3          | 0.0             | 0.0          |
| 8       | 140.000            | 420.0          | 63.8          | 0.0             | 0.0          |
| 9       | 160.000            | 400.7          | 62.4          | 0.0             | 0.0          |
| 10      | 180.000            | 311.1          | 63.4          | 0.0             | 0.0          |
| 11      | 200.000            | 279.1          | 61.7          | 0.0             | 0.0          |
| 12      | 220.000            | 212.0          | 62.7          | 0.0             | 0.0          |
| 13      | 240.000            | 169.6          | 65.6          | 0.0             | 0.0          |
| 14      | 260.000            | 106.8          | 65.8          | 0.0             | 0.0          |
| 15      | 280.000            | 1.8            | 101.0         | 0.0             | 0.0          |
| 16      | 300.000            | 0.0            | 261.2         | 0.0             | 0.0          |
| 17      | 320.000            | 0.0            | 246.8         | 0.0             | 0.0          |
| 18      | 340.000            | 0.0            | 165.8         | 0.0             | 0.0          |
| 19      | 360.000            | 0.8            | 75.3          | 0.0             | 0.0          |
| 20      | 380.000            | 55.3           | 33.3          | 0.0             | 0.0          |
| 21      | 400.000            | 200.5          | 26.6          | 0.0             | 0.0          |
| 22      | 420.000            | 346.1          | 21.2          | 0.0             | 0.0          |
| 23      | 440.000            | 440.2          | 16.1          | 0.0             | 0.0          |
| 24      | 460.000            | 387.6          | 24.7          | 0.0             | 0.0          |
| 25      | 480.000            | 443.7          | 16.6          | 0.0             | 0.0          |
| 26      | 500.000            | 432.7          | 7.7           | 0.0             | 0.0          |
| 27      | 520.000            | 452.9          | 1.1           | 0.0             | 0.0          |
| 28      | 540.000            | 534.8          | 0.0           | 0.0             | 0.0          |
| 29      | 560.000            | 599.2          | 0.0           | 0.0             | 0.0          |
| 30      | 580.000            | 664.8          | 0.0           | 0.0             | 0.0          |
| 31      | 600.000            | 679.7          | 0.0           | 0.0             | 0.0          |
| 32      | 620.000            | 704.6          | 0.0           | 0.0             | 0.0          |
| 33      | 640.000            | 720.4          | 0.0           | 0.0             | 0.0          |

|    |          |        |       |     |     |
|----|----------|--------|-------|-----|-----|
| 34 | 660.000  | 704.7  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 35 | 680.000  | 649.5  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 36 | 700.000  | 562.1  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 37 | 720.000  | 462.4  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 38 | 740.000  | 506.3  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 39 | 760.000  | 468.6  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 40 | 780.000  | 508.4  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 41 | 800.000  | 576.0  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 42 | 820.000  | 651.7  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 43 | 840.000  | 755.3  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 44 | 860.000  | 816.4  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 45 | 880.000  | 858.7  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 46 | 900.000  | 936.4  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 47 | 920.000  | 1007.9 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 48 | 940.000  | 1156.8 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 49 | 960.000  | 1329.0 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 50 | 980.000  | 1474.9 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 51 | 1000.000 | 1604.2 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 52 | 1020.000 | 1727.6 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 53 | 1040.000 | 1852.4 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 54 | 1060.000 | 1917.4 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 55 | 1080.000 | 1974.2 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 56 | 1100.000 | 2036.9 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 57 | 1120.000 | 2037.9 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 58 | 1140.000 | 1999.0 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 59 | 1160.000 | 1960.0 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 60 | 1180.000 | 1932.8 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 61 | 1200.000 | 1967.8 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 62 | 1220.000 | 2091.5 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 63 | 1240.000 | 2146.3 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 64 | 1260.000 | 1788.0 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 65 | 1280.000 | 1681.7 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 66 | 1300.000 | 1562.3 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 67 | 1320.000 | 1388.3 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 68 | 1340.000 | 1185.4 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 69 | 1360.000 | 740.9  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 70 | 1369.870 | 447.7  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 71 | 1380.000 | 573.4  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 72 | 1400.000 | 513.8  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 73 | 1420.000 | 199.7  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 74 | 1440.000 | 27.1   | 13.2  | 0.0 | 0.0 |
| 75 | 1460.000 | 9.4    | 103.7 | 0.0 | 0.0 |
| 76 | 1480.000 | 26.5   | 114.3 | 0.0 | 0.0 |
| 77 | 1500.000 | 64.6   | 31.6  | 0.0 | 0.0 |
| 78 | 1520.000 | 162.5  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |

|     |          |        |        |     |     |
|-----|----------|--------|--------|-----|-----|
| 79  | 1540.000 | 315.0  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 80  | 1560.000 | 517.6  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 81  | 1580.000 | 779.8  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 82  | 1600.000 | 642.3  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 83  | 1604.592 | 545.8  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 84  | 1620.000 | 1116.3 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 85  | 1640.000 | 1587.3 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 86  | 1660.000 | 1922.9 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 87  | 1680.000 | 2338.9 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 88  | 1700.000 | 3015.2 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 89  | 1720.000 | 2434.8 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 90  | 1740.000 | 1916.2 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 91  | 1760.000 | 1670.1 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 92  | 1780.000 | 1291.4 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 93  | 1800.000 | 808.5  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 94  | 1820.000 | 434.3  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 95  | 1840.000 | 208.1  | 12.2   | 0.0 | 0.0 |
| 96  | 1860.000 | 0.0    | 646.1  | 0.0 | 0.0 |
| 97  | 1880.000 | 0.0    | 1356.0 | 0.0 | 0.0 |
| 98  | 1900.000 | 0.0    | 1213.6 | 0.0 | 0.0 |
| 99  | 1920.000 | 0.0    | 502.7  | 0.0 | 0.0 |
| 100 | 1940.000 | 84.7   | 30.3   | 0.0 | 0.0 |
| 101 | 1960.000 | 489.5  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 102 | 1980.000 | 475.6  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 103 | 2000.000 | 292.1  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 104 | 2020.000 | 86.6   | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 105 | 2040.000 | 0.0    | 124.9  | 0.0 | 0.0 |
| 106 | 2060.000 | 0.0    | 384.5  | 0.0 | 0.0 |
| 107 | 2080.000 | 0.0    | 426.2  | 0.0 | 0.0 |
| 108 | 2100.000 | 42.7   | 15.8   | 0.0 | 0.0 |
| 109 | 2120.000 | 454.2  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 110 | 2140.000 | 451.5  | 3.8    | 0.0 | 0.0 |
| 111 | 2160.000 | 616.8  | 7.6    | 0.0 | 0.0 |
| 112 | 2180.000 | 792.1  | 0.4    | 0.0 | 0.0 |
| 113 | 2200.000 | 665.6  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 114 | 2208.710 | 491.7  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 115 | 2220.000 | 827.2  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 116 | 2240.000 | 1210.6 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 117 | 2260.000 | 1309.1 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 118 | 2280.000 | 1326.8 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 119 | 2300.000 | 1342.3 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 120 | 2320.000 | 1305.7 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 121 | 2340.000 | 1437.6 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 122 | 2360.000 | 1521.4 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 123 | 2380.000 | 1605.6 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |

|     |          |        |        |     |     |
|-----|----------|--------|--------|-----|-----|
| 124 | 2400.000 | 1698.0 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 125 | 2420.000 | 1671.9 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 126 | 2440.000 | 990.9  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 127 | 2443.432 | 848.3  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 128 | 2460.000 | 1557.6 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 129 | 2480.000 | 1877.2 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 130 | 2500.000 | 1571.9 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 131 | 2520.000 | 927.9  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 132 | 2540.000 | 733.9  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 133 | 2560.000 | 569.5  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 134 | 2580.000 | 417.2  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 135 | 2600.000 | 271.7  | 0.3    | 0.0 | 0.0 |
| 136 | 2620.000 | 269.3  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 137 | 2640.000 | 268.6  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 138 | 2660.000 | 266.8  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 139 | 2680.000 | 228.0  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 140 | 2700.000 | 218.8  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 141 | 2720.000 | 162.4  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 142 | 2740.000 | 103.0  | 10.9   | 0.0 | 0.0 |
| 143 | 2760.000 | 51.3   | 32.0   | 0.0 | 0.0 |
| 144 | 2780.000 | 24.1   | 66.6   | 0.0 | 0.0 |
| 145 | 2800.000 | 18.0   | 90.0   | 0.0 | 0.0 |
| 146 | 2820.000 | 22.3   | 111.1  | 0.0 | 0.0 |
| 147 | 2840.000 | 41.0   | 112.3  | 0.0 | 0.0 |
| 148 | 2860.000 | 65.1   | 123.1  | 0.0 | 0.0 |
| 149 | 2880.000 | 40.6   | 144.2  | 0.0 | 0.0 |
| 150 | 2900.000 | 17.6   | 175.1  | 0.0 | 0.0 |
| 151 | 2920.000 | 5.9    | 231.5  | 0.0 | 0.0 |
| 152 | 2940.000 | 0.4    | 299.3  | 0.0 | 0.0 |
| 153 | 2960.000 | 0.0    | 457.5  | 0.0 | 0.0 |
| 154 | 2980.000 | 0.0    | 620.0  | 0.0 | 0.0 |
| 155 | 3000.000 | 0.0    | 710.4  | 0.0 | 0.0 |
| 156 | 3020.000 | 0.0    | 833.7  | 0.0 | 0.0 |
| 157 | 3040.000 | 0.0    | 931.2  | 0.0 | 0.0 |
| 158 | 3060.000 | 0.0    | 951.2  | 0.0 | 0.0 |
| 159 | 3080.000 | 0.0    | 1012.1 | 0.0 | 0.0 |
| 160 | 3100.000 | 0.0    | 958.9  | 0.0 | 0.0 |
| 161 | 3120.000 | 0.0    | 875.2  | 0.0 | 0.0 |
| 162 | 3140.000 | 0.0    | 652.1  | 0.0 | 0.0 |
| 163 | 3160.000 | 0.0    | 400.6  | 0.0 | 0.0 |
| 164 | 3180.000 | 72.6   | 152.5  | 0.0 | 0.0 |
| 165 | 3200.000 | 242.9  | 29.8   | 0.0 | 0.0 |
| 166 | 3220.000 | 419.0  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 167 | 3240.000 | 568.1  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 168 | 3260.000 | 729.1  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |

|     |          |        |       |     |     |
|-----|----------|--------|-------|-----|-----|
| 169 | 3280.000 | 938.5  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 170 | 3300.000 | 939.8  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 171 | 3320.000 | 988.3  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 172 | 3340.000 | 1151.4 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 173 | 3360.000 | 1205.7 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 174 | 3380.000 | 1208.3 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 175 | 3400.000 | 1254.5 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 176 | 3420.000 | 1224.8 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 177 | 3440.000 | 1188.3 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 178 | 3460.000 | 1206.6 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 179 | 3480.000 | 1230.3 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 180 | 3500.000 | 1167.4 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 181 | 3520.000 | 1069.2 | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 182 | 3540.000 | 907.0  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 183 | 3560.000 | 759.0  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 184 | 3580.000 | 578.0  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |
| 185 | 3600.000 | 348.3  | 0.7   | 0.0 | 0.0 |
| 186 | 3620.000 | 179.2  | 31.7  | 0.0 | 0.0 |
| 187 | 3640.000 | 34.7   | 69.6  | 0.0 | 0.0 |
| 188 | 3660.000 | 0.0    | 165.3 | 0.0 | 0.0 |
| 189 | 3680.000 | 0.0    | 279.5 | 0.0 | 0.0 |
| 190 | 3700.000 | 0.0    | 413.8 | 0.0 | 0.0 |
| 191 | 3720.000 | 0.0    | 662.5 | 0.0 | 0.0 |
| 192 | 3740.000 | 0.0    | 717.9 | 0.0 | 0.0 |
| 193 | 3760.000 | 0.0    | 531.8 | 0.0 | 0.0 |
| 194 | 3780.000 | 0.0    | 368.4 | 0.0 | 0.0 |
| 195 | 3800.000 | 0.0    | 260.9 | 0.0 | 0.0 |
| 196 | 3820.000 | 2.3    | 189.7 | 0.0 | 0.0 |
| 197 | 3840.000 | 25.6   | 154.1 | 0.0 | 0.0 |
| 198 | 3860.000 | 73.0   | 144.5 | 0.0 | 0.0 |
| 199 | 3880.000 | 122.5  | 140.3 | 0.0 | 0.0 |
| 200 | 3900.000 | 91.7   | 141.2 | 0.0 | 0.0 |
| 201 | 3920.000 | 66.1   | 141.2 | 0.0 | 0.0 |
| 202 | 3940.000 | 91.3   | 135.1 | 0.0 | 0.0 |
| 203 | 3960.000 | 122.1  | 119.9 | 0.0 | 0.0 |
| 204 | 3980.000 | 91.1   | 112.5 | 0.0 | 0.0 |
| 205 | 4000.000 | 33.0   | 108.8 | 0.0 | 0.0 |
| 206 | 4020.000 | 27.0   | 101.4 | 0.0 | 0.0 |
| 207 | 4040.000 | 25.8   | 95.3  | 0.0 | 0.0 |
| 208 | 4060.000 | 47.4   | 94.7  | 0.0 | 0.0 |
| 209 | 4080.000 | 53.4   | 99.2  | 0.0 | 0.0 |
| 210 | 4100.000 | 62.5   | 98.7  | 0.0 | 0.0 |
| 211 | 4120.000 | 61.6   | 97.8  | 0.0 | 0.0 |
| 212 | 4140.000 | 58.8   | 90.8  | 0.0 | 0.0 |
| 213 | 4160.000 | 125.9  | 74.8  | 0.0 | 0.0 |

|     |          |        |       |     |     |
|-----|----------|--------|-------|-----|-----|
| 214 | 4180.000 | 179.9  | 44.2  | 0.0 | 0.0 |
| 215 | 4200.000 | 223.8  | 29.0  | 0.0 | 0.0 |
| 216 | 4220.000 | 335.2  | 19.7  | 0.0 | 0.0 |
| 217 | 4240.000 | 458.1  | 10.3  | 0.0 | 0.0 |
| 218 | 4260.000 | 540.3  | 4.9   | 0.0 | 0.0 |
| 219 | 4280.000 | 598.2  | 2.4   | 0.0 | 0.0 |
| 220 | 4300.000 | 797.2  | 0.7   | 0.0 | 0.0 |
| 221 | 4320.000 | 1118.1 | 1.1   | 0.0 | 0.0 |
| 222 | 4340.000 | 1242.7 | 1.0   | 0.0 | 0.0 |
| 223 | 4360.000 | 743.4  | 4.7   | 0.0 | 0.0 |
| 224 | 4380.000 | 625.4  | 12.0  | 0.0 | 0.0 |
| 225 | 4400.000 | 518.7  | 21.1  | 0.0 | 0.0 |
| 226 | 4420.000 | 443.2  | 31.1  | 0.0 | 0.0 |
| 227 | 4440.000 | 304.0  | 51.8  | 0.0 | 0.0 |
| 228 | 4460.000 | 131.7  | 95.3  | 0.0 | 0.0 |
| 229 | 4480.000 | 69.0   | 127.9 | 0.0 | 0.0 |
| 230 | 4500.000 | 30.6   | 167.1 | 0.0 | 0.0 |
| 231 | 4520.000 | 16.9   | 193.2 | 0.0 | 0.0 |
| 232 | 4540.000 | 23.3   | 213.0 | 0.0 | 0.0 |
| 233 | 4560.000 | 21.4   | 233.5 | 0.0 | 0.0 |
| 234 | 4580.000 | 14.1   | 255.5 | 0.0 | 0.0 |
| 235 | 4600.000 | 0.0    | 314.9 | 0.0 | 0.0 |
| 236 | 4620.000 | 0.0    | 411.6 | 0.0 | 0.0 |
| 237 | 4640.000 | 0.0    | 481.7 | 0.0 | 0.0 |
| 238 | 4660.000 | 0.0    | 587.4 | 0.0 | 0.0 |
| 239 | 4680.000 | 0.0    | 685.9 | 0.0 | 0.0 |
| 240 | 4700.000 | 0.0    | 818.1 | 0.0 | 0.0 |
| 241 | 4720.000 | 0.0    | 856.0 | 0.0 | 0.0 |
| 242 | 4740.000 | 0.0    | 862.6 | 0.0 | 0.0 |
| 243 | 4760.000 | 0.0    | 915.7 | 0.0 | 0.0 |
| 244 | 4780.000 | 0.0    | 928.3 | 0.0 | 0.0 |
| 245 | 4800.000 | 0.0    | 935.1 | 0.0 | 0.0 |
| 246 | 4820.000 | 0.0    | 768.4 | 0.0 | 0.0 |
| 247 | 4840.000 | 0.0    | 647.3 | 0.0 | 0.0 |
| 248 | 4860.000 | 0.0    | 604.6 | 0.0 | 0.0 |
| 249 | 4880.000 | 0.0    | 624.9 | 0.0 | 0.0 |
| 250 | 4900.000 | 0.0    | 674.3 | 0.0 | 0.0 |
| 251 | 4920.000 | 0.0    | 699.9 | 0.0 | 0.0 |
| 252 | 4940.000 | 0.0    | 654.8 | 0.0 | 0.0 |
| 253 | 4960.000 | 0.0    | 463.2 | 0.0 | 0.0 |
| 254 | 4980.000 | 0.0    | 276.8 | 0.0 | 0.0 |
| 255 | 5000.000 | 0.2    | 143.9 | 0.0 | 0.0 |
| 256 | 5020.000 | 42.3   | 50.4  | 0.0 | 0.0 |
| 257 | 5040.000 | 218.2  | 10.1  | 0.0 | 0.0 |
| 258 | 5060.000 | 312.1  | 0.0   | 0.0 | 0.0 |

|     |          |        |      |     |     |
|-----|----------|--------|------|-----|-----|
| 259 | 5080.000 | 400.9  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 260 | 5100.000 | 473.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 261 | 5120.000 | 525.4  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 262 | 5140.000 | 575.2  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 263 | 5160.000 | 675.1  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 264 | 5180.000 | 850.3  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 265 | 5200.000 | 1039.7 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 266 | 5220.000 | 1115.5 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 267 | 5240.000 | 1191.1 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 268 | 5260.000 | 1145.1 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 269 | 5280.000 | 1072.3 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 270 | 5300.000 | 1123.8 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 271 | 5320.000 | 1077.2 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 272 | 5340.000 | 963.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 273 | 5360.000 | 892.2  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 274 | 5380.000 | 888.2  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 275 | 5400.000 | 934.8  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 276 | 5420.000 | 1117.9 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 277 | 5440.000 | 1086.6 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 278 | 5460.000 | 1419.0 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 279 | 5480.000 | 1493.1 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 280 | 5500.000 | 1153.8 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 281 | 5520.000 | 869.6  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 282 | 5540.000 | 816.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 283 | 5560.000 | 896.3  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 284 | 5580.000 | 844.7  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 285 | 5600.000 | 754.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 286 | 5620.000 | 719.8  | 6.3  | 0.0 | 0.0 |
| 287 | 5640.000 | 693.2  | 21.0 | 0.0 | 0.0 |
| 288 | 5660.000 | 593.4  | 40.9 | 0.0 | 0.0 |
| 289 | 5680.000 | 530.2  | 54.3 | 0.0 | 0.0 |
| 290 | 5700.000 | 397.1  | 53.3 | 0.0 | 0.0 |
| 291 | 5720.000 | 304.6  | 36.5 | 0.0 | 0.0 |
| 292 | 5740.000 | 388.6  | 6.7  | 0.0 | 0.0 |
| 293 | 5760.000 | 475.4  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 294 | 5780.000 | 539.2  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 295 | 5800.000 | 636.2  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 296 | 5820.000 | 797.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 297 | 5840.000 | 908.5  | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 298 | 5860.000 | 1001.4 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 299 | 5880.000 | 1148.0 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 300 | 5900.000 | 1293.3 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 301 | 5920.000 | 1240.0 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 302 | 5940.000 | 1121.6 | 0.0  | 0.0 | 0.0 |
| 303 | 5960.000 | 911.9  | 65.3 | 0.0 | 0.0 |

|     |          |        |        |     |     |
|-----|----------|--------|--------|-----|-----|
| 304 | 5980.000 | 1041.2 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 305 | 6000.000 | 733.6  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 306 | 6020.000 | 420.5  | 14.9   | 0.0 | 0.0 |
| 307 | 6040.000 | 203.6  | 199.5  | 0.0 | 0.0 |
| 308 | 6060.000 | 28.4   | 432.5  | 0.0 | 0.0 |
| 309 | 6080.000 | 0.0    | 872.7  | 0.0 | 0.0 |
| 310 | 6100.000 | 0.0    | 1343.1 | 0.0 | 0.0 |
| 311 | 6120.000 | 0.0    | 1858.0 | 0.0 | 0.0 |
| 312 | 6140.000 | 0.0    | 2461.3 | 0.0 | 0.0 |
| 313 | 6160.000 | 0.0    | 2908.5 | 0.0 | 0.0 |
| 314 | 6180.000 | 0.0    | 3416.5 | 0.0 | 0.0 |
| 315 | 6200.000 | 0.0    | 3873.4 | 0.0 | 0.0 |
| 316 | 6220.000 | 0.0    | 4278.8 | 0.0 | 0.0 |
| 317 | 6240.000 | 0.0    | 4643.8 | 0.0 | 0.0 |
| 318 | 6260.000 | 0.0    | 4857.1 | 0.0 | 0.0 |
| 319 | 6280.000 | 0.0    | 5310.0 | 0.0 | 0.0 |
| 320 | 6300.000 | 0.0    | 4806.1 | 0.0 | 0.0 |
| 321 | 6320.000 | 0.0    | 4211.1 | 0.0 | 0.0 |
| 322 | 6340.000 | 0.0    | 3757.5 | 0.0 | 0.0 |
| 323 | 6360.000 | 0.0    | 3132.4 | 0.0 | 0.0 |
| 324 | 6380.000 | 0.0    | 2672.4 | 0.0 | 0.0 |
| 325 | 6400.000 | 0.0    | 2295.9 | 0.0 | 0.0 |
| 326 | 6420.000 | 0.0    | 1856.7 | 0.0 | 0.0 |
| 327 | 6440.000 | 0.0    | 1427.6 | 0.0 | 0.0 |
| 328 | 6460.000 | 0.0    | 1043.9 | 0.0 | 0.0 |
| 329 | 6480.000 | 0.0    | 671.8  | 0.0 | 0.0 |
| 330 | 6500.000 | 0.0    | 303.5  | 0.0 | 0.0 |
| 331 | 6520.000 | 90.8   | 16.2   | 0.0 | 0.0 |
| 332 | 6540.000 | 369.7  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 333 | 6560.000 | 658.4  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 334 | 6580.000 | 943.6  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 335 | 6600.000 | 1309.7 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 336 | 6620.000 | 1305.3 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 337 | 6632.368 | 887.7  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 338 | 6640.000 | 1253.6 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 339 | 6660.000 | 1920.7 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 340 | 6680.000 | 1983.3 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 341 | 6700.000 | 1917.7 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 342 | 6720.000 | 1810.6 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 343 | 6740.000 | 1715.8 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 344 | 6760.000 | 1579.2 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 345 | 6780.000 | 1445.4 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 346 | 6800.000 | 1222.0 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 347 | 6820.000 | 967.4  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 348 | 6840.000 | 797.8  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |

|     |          |        |        |     |     |
|-----|----------|--------|--------|-----|-----|
| 349 | 6860.000 | 599.2  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 350 | 6877.368 | 291.9  | 0.8    | 0.0 | 0.0 |
| 351 | 6880.000 | 325.7  | 1.8    | 0.0 | 0.0 |
| 352 | 6900.000 | 463.7  | 105.5  | 0.0 | 0.0 |
| 353 | 6920.000 | 0.0    | 445.8  | 0.0 | 0.0 |
| 354 | 6940.000 | 0.0    | 894.7  | 0.0 | 0.0 |
| 355 | 6960.000 | 0.0    | 1146.7 | 0.0 | 0.0 |
| 356 | 6980.000 | 0.0    | 1376.0 | 0.0 | 0.0 |
| 357 | 7000.000 | 0.0    | 1590.1 | 0.0 | 0.0 |
| 358 | 7020.000 | 0.0    | 1786.6 | 0.0 | 0.0 |
| 359 | 7040.000 | 0.0    | 1961.2 | 0.0 | 0.0 |
| 360 | 7060.000 | 0.0    | 1903.3 | 0.0 | 0.0 |
| 361 | 7080.000 | 0.0    | 1798.9 | 0.0 | 0.0 |
| 362 | 7100.000 | 0.0    | 1802.6 | 0.0 | 0.0 |
| 363 | 7120.000 | 0.0    | 1775.4 | 0.0 | 0.0 |
| 364 | 7140.000 | 0.0    | 1886.9 | 0.0 | 0.0 |
| 365 | 7160.000 | 0.0    | 1923.4 | 0.0 | 0.0 |
| 366 | 7180.000 | 0.0    | 1857.3 | 0.0 | 0.0 |
| 367 | 7200.000 | 0.0    | 1904.9 | 0.0 | 0.0 |
| 368 | 7220.000 | 0.0    | 1782.9 | 0.0 | 0.0 |
| 369 | 7240.000 | 0.0    | 1588.2 | 0.0 | 0.0 |
| 370 | 7260.000 | 0.0    | 1440.7 | 0.0 | 0.0 |
| 371 | 7280.000 | 0.0    | 1318.9 | 0.0 | 0.0 |
| 372 | 7300.000 | 0.0    | 1199.4 | 0.0 | 0.0 |
| 373 | 7320.000 | 0.0    | 933.2  | 0.0 | 0.0 |
| 374 | 7340.000 | 0.0    | 797.0  | 0.0 | 0.0 |
| 375 | 7360.000 | 32.8   | 531.2  | 0.0 | 0.0 |
| 376 | 7380.000 | 61.1   | 521.9  | 0.0 | 0.0 |
| 377 | 7400.000 | 0.0    | 515.0  | 0.0 | 0.0 |
| 378 | 7420.000 | 2.8    | 488.3  | 0.0 | 0.0 |
| 379 | 7440.000 | 0.0    | 317.4  | 0.0 | 0.0 |
| 380 | 7446.046 | 0.0    | 232.1  | 0.0 | 0.0 |
| 381 | 7460.000 | 0.0    | 375.9  | 0.0 | 0.0 |
| 382 | 7480.000 | 25.0   | 202.0  | 0.0 | 0.0 |
| 383 | 7500.000 | 373.9  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 384 | 7520.000 | 973.8  | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 385 | 7540.000 | 1677.4 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 386 | 7560.000 | 2106.2 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 387 | 7580.000 | 2918.7 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 388 | 7600.000 | 3421.6 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 389 | 7620.000 | 3768.5 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 390 | 7640.000 | 4307.7 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 391 | 7660.000 | 4713.0 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 392 | 7680.000 | 3297.1 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |
| 393 | 7691.046 | 1971.0 | 0.0    | 0.0 | 0.0 |

|     |          |               |               |          |          |
|-----|----------|---------------|---------------|----------|----------|
| 394 | 7700.000 | 2681.8        | 0.0           | 0.0      | 0.0      |
| 395 | 7720.000 | 3331.6        | 0.0           | 0.0      | 0.0      |
| 396 | 7740.000 | 2726.4        | 0.0           | 0.0      | 0.0      |
| 397 | 7760.000 | 2139.9        | 0.0           | 0.0      | 0.0      |
| 398 | 7780.000 | 1622.3        | 0.0           | 0.0      | 0.0      |
| 399 | 7800.000 | 969.3         | 0.0           | 0.0      | 0.0      |
| 400 | 7820.000 | 573.9         | 236.5         | 0.0      | 0.0      |
| 401 | 7840.000 | 377.8         | 283.7         | 0.0      | 0.0      |
| 402 | 7860.000 | 204.7         | 164.4         | 0.0      | 0.0      |
| 403 | 7880.000 | 87.2          | 344.7         | 0.0      | 0.0      |
| 404 | 7900.000 | 0.5           | 509.6         | 0.0      | 0.0      |
| 405 | 7920.000 | 0.0           | 386.3         | 0.0      | 0.0      |
| 406 | 7940.000 | 0.0           | 385.7         | 0.0      | 0.0      |
| 407 | 7960.000 | 0.0           | 380.1         | 0.0      | 0.0      |
| 408 | 7980.000 | 0.0           | 316.4         | 0.0      | 0.0      |
| 409 | 8000.000 | 0.7           | 81.0          | 0.0      | 0.0      |
|     |          | <b>252274</b> | <b>140494</b> | <b>0</b> | <b>0</b> |

**عنوان المذكرة:** دراسة ازدواجية مقطع الطريق الوطني رقم 23 بين (الأغواط- افلو) عند النقطة الكيلو مترية (328-336).

**اللقب و الاسم:** مسعدي أمال-رزما الحسين **المؤطر:** مرغوب مسعود-ملال رشيد

**ملخص :**

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد وتصميم وتحديد طبيعة التدخلات والتعديلات التي سيتم تطبيقها على هذا الطريق مكنت الدراسة الهندسية للطريق من التصميم الهيكلي والحيوتقني للطريق من الممكن تحديد الطبقات المختلفة لجسم الطريق و تسليط الضوء على المخطط العرضي والملف الطولي لقسم الطريق باستخدام البرنامج السرعة المرجعية هي 120 كم/سا. المعلومات التي تم حسابها

( $\text{épaisseur de la chaussée} = 0.38\text{m}$ ,  $d_{\min}(2.5\%)$ ,  $d_{\max}(7\%)$ , nombre de voie = 2, Rayon = 1800)

تم تنظيف الطريق بفضل دراسة الهيدرولوجيا والهيدروليكا التي سمحت على التوالي بتحديد تدفقات المشروع وأبعاد أعمال الصرف الصحي والتي تتكون بشكل أساسي من المخلفات والمزاريب. للحد من الآثار المحتملة للمشروع على البيئة المستقبلية

**الكلمات الرئيسية:** الطريق ؛ تخطيط المستوى؛ السرعة المرجعية؛ الصرف الصحي ؛

---

**Memory title:** Study of a stretch of road (Laghouat-Aflou) duplication of the RN23 (of Pk 324 to Pk 329).

**Name and First name:** MESSAADI Amel –REZMA Hocine.  
MELLA Rachid

**Directed by:** MERGOUB Messaouda-

This study aims to determine, design and quantify the nature of the interventions and the adjustments to be applied on this road. The structural and geotechnical design of the road made it possible to determine the different layers of the pavement body. The geometrical study of the road made it possible to highlight the layout in plan, the longitudinal profile, and the cross-sectional profile of this road section using software. The reference speed is 120 km / h. the information project:

( $\text{épaisseur de la chaussées} = 0.38\text{m}$ ,  $d_{\min}(2.5\%)$ ,  $d_{\max}(7\%)$ , number de voie = 2, Rayon = 1800)

The road was cleaned up thanks to the hydrology and hydraulics study which respectively allowed the determination of the project flows and the dimensions of the sanitation works, which consist mainly of scuppers and gutters. To limit the potential impacts of the project on its receiving environment

**Keywords:** Road, plan layout; Reference speed; Sanitation;

---

**Titre du mémoire :** Etude d'un tronçon de la route (Laghouat-Aflou) de dédoublement de la RN23 (du PK328 au PK336).

**Nom et Prénom :** MESSAADI Amel –REZMA Hocine  
MELLAL Rachid

**Encadreur :** MERGOUB Messaouda-

Cette étude a pour but de déterminer, concevoir et quantifier la nature des interventions et les aménagements à appliquer sur cette route. La conception structurale et géotechnique de la route a permis de déterminer les différentes couches du corps de chaussée. L'étude géométrique de la route a permis de faire ressortir le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers type de ce tronçon routier à l'aide des logiciels. La vitesse de référence est de 120 km/h. les informations très importantes de point vue calcul ( $\text{Rayon} = 1800\text{m}$ ,  $d_{\min}(2.5\%)$ ,  $d_{\max}(7\%)$ , Nombre de voie = 2, épaisseurs de la chaussée = 0.38m).

L'assainissement de la route s'est fait grâce à l'étude hydrologie et hydraulique qui ont respectivement permis la détermination des débits de projet et les dimensions des ouvrages d'assainissement qui sont essentiellement constitués de dalots et de caniveaux. Afin de limiter les impacts possibles du projet sur son milieu récepteur

**Mots clés :** Route ; tracé en plan; Vitesse de référence ; Assainissement ;