



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université 20 Aout 1955-Skikda**  
**Faculté de technologie**  
**Département de génie civil**  
**Spécialité : travaux publics**  
**Option : voies et ouvrage d'art (VOA)**

**MEMOIRE**

Présente en vue de l'obtention du diplôme de master en travaux publics

**Par: ZERAZHI MOHAMED EL SEDIK**

**THEME:**

**Etude dédoublement de RN 03 entre EI HARROUCHE et AIN  
BOUZIANE sur 5 Km, DU PK 37+000 AU PK42+000**

Sous la direction du : **Dr. Filali Kamel**

Devant le jury :

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

**Année universitaire : 2023/2024**

# Remerciement

*Je tiens à remercier en premier lieu et avant tout ALLAH le tout puissant, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir mon travail dans les meilleures conditions.*

*Je tiens à remercier mon encadreur Dr Filali Kamel.*

*Un grand Merci s'adresse particulièrement à Ma famille " Zerazhi et Rechak " qui m'a soutenu pour réaliser mes études et qui m'a toujours encouragé dans chaque pas vers l'avant.*

*Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.*

*Enfin, je pense à tous ceux qui m'aidé pour la réalisation de ce modeste travail.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à maman, papa et mes frères*

## ملخص

العمل المقدم في هذه المدكرة يتعلق بتوسيع جزء من الطريق الحالي رقم 03 بين بلدية الحروش و عين بوزيان. تعاني هذه الطري من زيادة في حركة المرور المسجلة وبالتالي تم اجراء دراسة مفصلة لتكريسها من الكيلومتر 37+000 الى الكيلومتر 42+000 لتخفيف الأعباء وتسهيل حركة المرور للمستخدمين. يتألف المشروع في مراحل الرئيسية من التصميم الهندسي للطريق (التخطيط الافقي والتخطيط العمودي والتخطيط العرضي المدخل بواسطة برنامج بيست) والتصميم الهيكلي (يشمل تصميم الطريق) ودراسة الصرف الصحي.

**الكلمات المفتاحية:** الازدواجية، طرق، حركة المرور، صرف صحي، إشارات المرور.

## RESUME

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'élargissement d'un tronçon de la route existante RN03 entre El HARROUCHE et AIN BOUZIANE. Cette route souffre du surplus du trafic enregistré, d'où une étude détaillée du dédoublement a été établie du PK 37+000 au Pk 42+000 pour alléger les charges et rendre la circulation adoucissante aux usagers. Le projet, dans ses grandes phases, est constitué de la conception géométrique de la route (Tracé en plan, profil en long et profil en Travers numérisés par logiciel PISTE), de la conception structurale (composée de dimensionnement de la Chaussée) et de l'étude d'assainissement.

**Mots Clés :** Dédoublement, Chaussées, Trafics, Assainissement, Signalisation.

## ABSTRACT

The work presented in this thesis concerns the widening of a section of the existing road RN03 between El HARROUCHE et AIN BOUZIANE. This road suffers from excessive traffic, hence a detailed study of widening was established from PK 37+000 to PK 42+000 to alleviate the burden and provide a smoother traffic flow for users. The project, in its main phases, consists of the geometric design of the road (plan layout, longitudinal profile, and cross-sectional profile digitized by PISTE software), the structural design (including pavement design), and the drainage study.

**Key words:** Widening, Road Pavements, Traffic, Drainage, Signage

# SOMMAIRE

Introduction générale .....	1
<b>CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET</b> .....	2
1. Présentation de la wilaya .....	3
2. Cadre de l'étude .....	4
3. Objectifs principaux de l'étude .....	4
<b>CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC</b> .....	6
1. Introduction .....	7
2. La connaissance du trafic .....	7
a. Les comptages .....	7
b. Les enquêtes simplifiées .....	7
c. Les enquêtes complètes .....	7
3. Les différents types du trafic .....	7
a. Trafic normal .....	7
b. Trafic dévié .....	7
c. Trafic induit .....	8
4. Définition de la capacité .....	8
1. Calcul de TJMA horizon .....	8
2. Calcul des trafics effectifs .....	8
3. Débit de pointe horaire normale .....	9
4. Débit horaire admissible .....	9
5. Calcul du nombre des voies .....	10
6. Application au projet .....	10
7. Conclusion .....	14
<b>CHAPITRE III : ETUDE GÉOTECHNIQUE</b> .....	15
1. Introduction .....	16
2. Les essais en géotechniques routières .....	16
3. Objectifs .....	16
4. Les différents essais en laboratoire .....	17
<b>CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉES</b> .....	22
1. Introduction .....	23
2. Les chaussées .....	23
3. Différents types de structure de chaussée .....	23

1.	Chaussée souple .....	23
3.	Chaussée rigide .....	24
4.	Paramètres pris en compte pour le dimensionnement .....	26
o	Trafic .....	26
o	Conditions climatiques .....	26
o	La portance du sol Support .....	26
o	Matériaux .....	27
5.	Principales méthodes de dimensionnement .....	27
a)	Method C.B.R (California - Bearing - Ratio) .....	27
➤	L'épaisseur équivalente .....	28
b)	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves .....	28
6.	Application de projet .....	31
1.	Méthode CBR .....	31
2.	Méthode de catalogue (CTTP) .....	33
7.	Vérification de la structure .....	36
8.	Conclusion .....	40
<b>CHAPITRE V : TRACER EN PLAN</b> .....		41
1.	Introduction.....	42
2.	Règles a respecter dans le tracé en plan .....	42
3.	Éléments du tracé en plan .....	42
3.1-	Alignement .....	43
3.2-	Arc de cercle .....	43
3.3-	Les raccordements progressifs (clothoïde) .....	46
4.	Les conditions de raccordement .....	47
o	Condition de confort optique .....	47
o	Condition de confort dynamique.....	47
o	Condition de gauchissement .....	47
6.	Vitesse de référence .....	48
7.	Application de projet .....	49
<b>CHAPITRE VI : PROFIL EN LONG</b> .....		55
1.	Introduction .....	56
2.	Définition du profil en long .....	56
3.	Règles à respecter dans le tracé du profil en long .....	56
4.	Les éléments de composition du profil en long .....	57

5.	Coordination entre le tracé en plan et profil en long .....	57
6.	Raccordements en profil en long .....	59
a.	Raccordements convexes (angle saillant) .....	59
b.	Raccordement concave (angle rentrant) .....	61
7.	Application de projet .....	63
<b>CHAPITRE VII : PROFIL EN TRAVERS</b> .....		65
1.	Introduction .....	66
2.	Différents types de profils en travers .....	66
a.	Profil en travers type .....	66
b.	Profil en travers courants .....	66
3.	Les éléments du profil en travers .....	66
4.	Application au projet .....	68
<b>CHAPITRE VIII: CUBATURE</b> .....		70
4.	Cubature de terrassement .....	71
5.	Méthode de calcul .....	72
a.	<i>Méthode linéaire</i> .....	72
b.	<i>Méthode de SARRAUS</i> .....	72
c.	<i>Méthode de GULDEN</i> .....	73
d.	Application de projet .....	73
<b>CHAPITRE IX: ASSAINISSEMENT</b> .....		74
1.	Introduction .....	75
2.	Objectifs de l'assainissement routier .....	75
a.	<i>La sécurité de l'utilisateur</i> .....	75
b.	<i>La protection de la route</i> .....	75
c.	<i>La protection des milieux récepteurs</i> .....	75
3.	Assainissement de la chaussée .....	76
4.	Dimensionnement des ouvrages d'évacuations .....	76
a.	<i>Coefficient de ruissellement</i> .....	76
b.	<i>Détermination de l'intensité</i> .....	77
c.	<i>Temps de concentration</i> .....	78
d.	<i>L'intensité horaire</i> .....	78
e.	<i>Calcul de débit de saturation (Q)</i> .....	79
5.	Application de projet .....	80
5.2.	Début d'apports .....	80

5.3. Dimensionnement des fosses .....	82
5.4. Dimensionnement des buses .....	83
<b>CHAPITRE XI: SIGNALISATION</b> .....	85
1. Introduction .....	86
2. Objectifs de signalisation routière .....	86
3. Types de signalisation .....	86
1. Marques longitudinales .....	86
2. Marques transversales .....	88
4. Les critères de conception de la signalisation .....	88
Devis quantitatif et estimatif .....	90
<i>Conclusion générale</i> .....	91
<b>Bibliographie</b> .....	92
<b>ANNEXES</b> .....	93

# LISTE DE FIGURES

## Chapitre I

Figure I. 1. Réseau routier de la wilaya de SKIKDA.....	3
Figure I. 2. Tracé de la RN 03 (PK 37+000 au PK42+000). ....	4

## Chapitre III

Figure III. 1. Équivalent de sable.....	18
Figure III. 2. Essai C.B.R.....	20
Figure III. 3. Essai Los Angeles.....	21
Figure III. 4. Essai Micro Deval .....	21

## Chapitre IV

Figure IV. 1. Structure type d'une chaussée souple.....	23
Figure IV. 2. Structure type d'une chaussée semi-rigide .....	24
Figure IV. 3. Structure type d'une chaussée rigide.....	25
Figure IV. 4. Résumé des différents types de chaussée .....	25
Figure IV. 5. la classe du trafic TPLI.....	30

## Chapitre V

Figure V. 1. Les éléments du tracé en plan.....	42
Figure V. 2. Les éléments de clothoïde.....	46

## Chapitre VI

Figure VI. 1. Les éléments de coordination tracés en plan et profil en long.....	58
Figure VI. 2. Raccordements convexes (angle saillant).....	59
Figure VI. 3. Élément de Raccordement concave (angle rentrant) .....	62

## Chapitre VII

Figure VII. 1. Les éléments du profil en travers .....	66
--	----

## Chapitre VIII

Figure VIII. 1. Les surface de formule du sarrau.....	72
Figure VIII. 2. Méthode de Gulden.....	73

## Chapitre IX

Figure IX. 1. fosse trapézoïdale .....	79
Figure IX. 2. Buse.....	84

## Chapitre XI

Figure XI. 1. Signalisation horizontale .....	89
Figure XI. 2. signalisation verticale .....	89

# LISTE DES TABLEAUS

## Chapitre I

Tableau II. 1. Coefficient d'équivalence .....	9
Tableau II. 2. Valeurs de K1 .....	9
Tableau II. 3. Valeurs de K2 .....	10

## Chapitre III

Tableau III. 1. Dimension D des grains .....	17
Tableau III. 2. Proctor normal- Proctor modifié .....	19
Tableau III. 3. Portance du sol .....	20

## Chapitre IV

Tableau IV. 1. Les valeurs des coefficients d'équivalence .....	28
Tableau IV. 2. classes de portance de sol-support .....	30
Tableau IV. 3. Zone climatique pluviométrie .....	31
Tableau IV. 2. classes de portance de sol-support .....	34
Tableau IV. 4. Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.....	34

## Chapitre VI

Tableau VI. 1. Valeur de longueur d'accommodation (B40).....	57
Tableau VI. 2. Valeur du rapport RV/RH.....	59
Tableau VI. 3. Rayon en angle saillant .....	61
Tableau VI. 4. Rayon en angle rentrant .....	62

## Chapitre IX

Tableau IX. 1. Coefficient de ruissellement. ....	77
Tableau IX. 2. variation de Gauss.....	77
Tableau IX. 3. calcul de la hauteur h .....	83

## Chapitre XI

Tableau XI. 1. Modulation de la ligne continue.....	87
---	----

## Introduction générale

Les infrastructures de transport, en particulier les routes, doivent être économiquement et socialement efficaces. En évaluant les avantages et les coûts sociaux des aménagements réalisés, elles constituent le principal moyen de communication et d'échange entre les populations, jouant un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic marchandises et voyageurs. La croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation de ses moyens de communication notamment dans le domaine des infrastructures routières les préoccupations dominantes des responsables d'infrastructures routières ont tendu progressivement à des techniques de réalisation nouvelles qui pouvant faciliter la circulation, et amortir l'augmentation du trafic prenant conscience du problème.

La problématique à l'origine des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant, qu'il s'agisse de lacunes ou de saturation. Il est donc nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis de proposer des solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Cela nécessite la réalisation d'études approfondies.

La wilaya de SKIKDA, tout comme le reste du pays, a mis en place un programme ambitieux axé principalement sur le réaménagement de son réseau routier existant. Le dédoublement de la RN03 s'inscrit dans ce même contexte et fera l'objet de notre étude. Les différentes phases d'étude de ce projet seront présentées et discutées en détail dans la suite de notre travail.

***CHAPITRE I :***  
***PRÉSENTATION DU PROJET***

## 1. Présentation de la wilaya :

La wilaya de Skikda fait face, au nord, à la mer Méditerranée et dispose de frontières communes avec les wilayas d'Annaba et de Guelma à l'est, de Constantine et Mila au sud et de Jijel à l'ouest. Elle s'étend sur 4 137,68 km<sup>2</sup>, avec une population avoisinant les 804 697 habitants.

Le réseau routier de la wilaya est passé de long de 2 656,363 kms le réseau routier de la wilaya se répartit en :

- 68,447 kms d'autoroutes
- 327,164 kms de routes nationales (RN)
- 603,352 kms de chemins de wilaya (CW)
- 1 657,4 kms de chemins communaux (CC)

Avec 2 400,77 kms, le réseau revêtu représente 92,77% du réseau routier total.

Le réseau routes nationales totalement revêtu, couvre 12,64% du réseau total de la wilaya. Quant aux chemins de wilaya, revêtus à 96,76%, ils couvrent 23.31% de ce réseau. Enfin, les chemins communaux, dont le revêtement est de 90.25 %, représentent 64.04 % du réseau routier total. L'on constate donc la prédominance des catégories inférieures de liaisons (chemins de wilaya et chemins communaux).

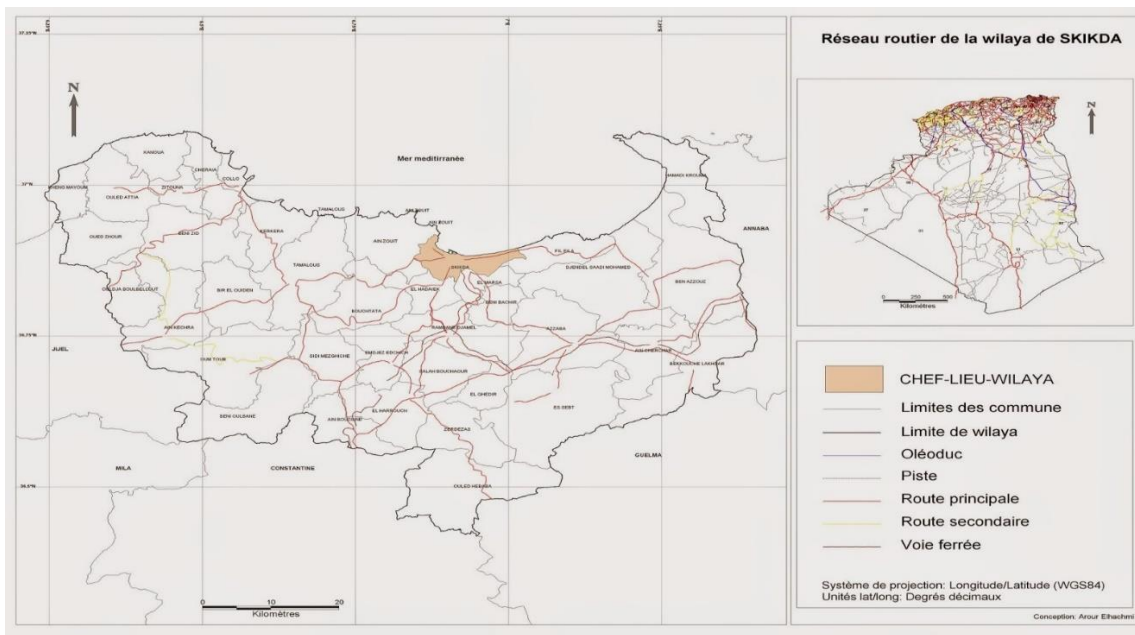


Figure I. 1. Réseau routier de la wilaya de SKIKDA

## 2. Cadre de l'étude :

Notre projet consiste à faire une étude en avant-projet Détaillé (APD) concerne le dédoublement de la RN 03, reliant entre El HARROUCHE et AIN BOUZIANE sur presque 5 Km, le traçons du Pk 37+000 au Pk 42+000 de ce tracé est l'objet de notre étude.

Le projet, soumis à l'étude, s'inscrit dans le cadre de la politique de la Wilaya de SKIKDA de modernisation du réseau routier existant et l'ouverture de nouvelle route de désenclavement en vue de les adopter aux besoins du développement économique et social.



**Figure I. 2.** Tracé de la RN 03 (PK 37+000 au PK42+000).

## 3. Objectifs principaux de l'étude :

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par dédoublement (2X2voies) avec un séparateur (TPC) et de procéder à son renforcement. Pour :

- Assurer une bonne fluidité de la circulation générale.
- A réduire le nombre d'accidents.
- L'augmentation de la capacité de la route.
- Soulager la saturation sur le réseau central du pays.
- Réduire considérablement les temps de parcours en assurant le confort des usagers.
- Améliorer l'accessibilité aux zones d'activités et aux zones touristiques.

- Améliorer le cadre de vie des riverains.
- Accroître l'efficacité économique du système de transport.
- Contribuer à l'aménagement du territoire et au développement économique de la wilaya de SKIKDA

***CHAPITRE II :***  
***ETUDE DE TRAFIC***

## **1. Introduction :**

Les études de trafic jouent un rôle fondamental dans la conception et le dimensionnement des réseaux routiers. Ces analyses sont essentielles pour classer et hiérarchiser le réseau routier national. Elles servent également à déterminer le coût d'exploitation des véhicules (CEV).

On peut citer des choix possibles :

- Nécessité ou non d'une déviation d'agglomération.
- Choix du tracé par rapport aux zones bâties.
- Position des échangeurs.
- Géométrie des carrefours.
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids lourds cumulés.

## **2. La connaissance du trafic :**

### **a. Les comptages :**

(technique n'identifiant pas les véhicules)

- Comptages manuels
- Comptages automatiques
- Comptages directionnels
- Comptage directionnel par numéro de voiture ou film

### **b. Les enquêtes simplifiées :**

- Enquêtes par relève minéralogique
- Enquêtes par cartes
- Enquêtes papillons

### **c. Les enquêtes complètes :**

- Enquêtes par interview le long de la route
- Enquête par interview à domicile ou enquêtes ménages

## **3. Les différents types du trafic :**

### **a. Trafic normal :**

C'est un trafic recensé sur l'itinéraire de la route avant son aménagement à une année donnée.

### **b. Trafic dévié :**

C'est le trafic dévié sur d'autre itinéraire suite au faible niveau de service offert par la route avant

aménagement.

**c. Trafic induit :**

Est le nouveau trafic attiré suite à l'amélioration du niveau de service de la route aménagée.

**4. Définition de la capacité :**

La capacité est le nombre de véhicules capables de circuler de manière raisonnable dans une direction de la route, avec des caractéristiques géométriques de circulation spécifiques pendant une période spécifique. Cette capacité est exprimée en débit horaire.

**1. Calcul de TJMA horizon :**

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

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

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

**2. Calcul des trafics effectifs :**

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

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P). Le trafic effectif donné par la relation :

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

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

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

Tableau II. 1. Coefficient d'équivalence

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

### 3. Débit de pointe horaire normale:

Le débit de pointe horaire normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en unité de véhicule particulier (u.v.p) et donné par la formule suivante :

$$Q = (1/n) \cdot T_{eff}$$

- **Q** : débit de pointe horaire.
- **n** : nombre d'heure, (en général n=8 heures).
- **T<sub>eff</sub>** : trafic effectif.

### 4. Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K1 \cdot K2 \cdot C_{th}$$

- **K1**: coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de capacité.
- **C<sub>th</sub>** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Avec :

Tableau II. 2. Valeurs de K1

Environnement	E1	E2	E3
<b>K1</b>	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau II. 3. Valeurs de K2

	catégorie				
Environnement	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

### 5. Calcul du nombre des voies :

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

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

$$: \quad Q_{adm} \leq Q$$

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

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :  $n = S \cdot Q / Q_{adm}$

Avec :

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

### 6. Application au projet :

Données du projet :

Le trafic sur la section étudiée ,d'après les informations requise auprès de la direction des travaux publics de la Wilaya de Skikda a confié à la Société d'étude technique d'Oran (SETO) , les données sont les suivantes :

- Année de comptage 2023,
- TJMA 2018 = 11240 v/j/2sens
- Année de mise en service : 2025.
- Le pourcentage de poids lourds :  $z=9.41\%$ .
- Taux croissance annuelle de trafic  $\tau=4\%$ .
- L'année d'horizon est 10 ans.
- La durée de vie 20ans.

- Vitesse de référence  $V_r = 80 \text{ km/h}$ .
- Catégoriel 1 environnement E2.

$$TJMA_{2023} = 11240 \text{ v/j/sens}$$

- o **Calcul du TJMA :**

L'année de mise en service (2025) :

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

- $TJMA_h$ : le trafic à l'année horizon
- $TJMA_0$ : le trafic à l'année de référence

✓ L'année mise en service

$$TJMA_{2025} = (1 + 0.04)^4 \times 11240$$

$$TJMA_{2025} = 12157 \text{ v/j}$$

✓ L'année horizon

$$TJMA_{2035} = (1 + 0.04)^{10} \times 12157$$

$$TJMA_{2035} = 17995 \text{ v/j}$$

- o **calcul du trafic effectif :**

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

- **P**: coefficient d'équivalence pour le poids lourd. Pour une route à bonne caractéristiques et un environnement E2, on a  $P=6$
- **Z**: pourcentage du poids lourds

✓ **Année de mise en service**

$$T_{eff\ 2025} = [(1 - 0.0941) + (6 \times 0.0941)] \times 12157$$

$$T_{eff\ 2025} = 17877 \text{ uvp/j}$$

✓ **Année horizon**

$$T_{eff\ 2035} = [(1 - 0.0941) + (6 \times 0.0941)] \times 17995$$

$$T_{eff\ 2035} = 26462 \text{ uvp/j}$$

- o **Débit de pointe horaire normal :**

$Q = (1/n) \times T_{eff}$  ; B40 on prend (1/n) coefficient de pointe horaire pris est égale à  $= 0.12$

✓ Année de mise en service

$$Q_{2025} = 0.12 \times 9669$$

$$Q_{2025} = 2145 \text{ uvp/h}$$

✓ Année horizon

$$Q_{2035} = 0.12 \times 26462$$

$$Q_{2035} = 3175 \text{ uvp/h}$$

○ **Débit Horaire Admissible :**

Le débit que supporte une section donnée :

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

$K_1$  : Coefficient égal 0.1 (d'après le B40 pour E2)

$K_2$  : Coefficient égal 0.75 (d'après le B40 pour E2, C1)

$$Q_{adm} = Q_{eff2044}$$

D'après tableau du B40 :

Route de deux voies de 7m avec accotement des deux côtés de la chaussée égale à 1.8m

La valeur de la capacité théorique sera :  $C_{th} = 2000$ .

Le débit horaire admissible sera donc :

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 2000 = 1683 \text{ uvp/h}$$

D'après le **B40**, le profil en travers retenu est celui pour lequel le débit admissible est supérieur ou égal au débit de pointe horaire prévisible.

Pour notre cas,  $Q_{adm} > Q$ . Autrement dit, après **10 ans**, la route sera saturée.

Alors, la solution proposée pour remédier à ce problème est d'opter pour une route unidirectionnelle à chaussée séparée (dédoublément).

Dans ce cas :

$C_{th} = 1800$  et  $P = 4$ , on aura donc :

$$T_{eff} = 26463, Q_{adm} = 1515 \text{ et } Q = 3176$$

○ **Le nombre des voies :**

$$N = S \times (Q / Q_{adm}) \quad \text{avec : } S = 2/3$$

On a  $N = (2/3) \times (3176/1515) = 1.4$

Donc :  $N = 2$  voies par sens

$N = 2$  voies

✓ Donc voie express est une Route à 2 chaussées séparées de 2 voies

○ Calcul de l'année de saturation :

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 1515 = 6060 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2025}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{saturation}}{Q_{2025}}\right)}{\ln(1+\tau)} ; n = \frac{\ln\left(\frac{6060}{12157}\right)}{\ln(1+0.04)} = 26 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée dans **26 ans** après la mise en service donc l'année de saturation est : **Année 2050**

Résultats de calcul :

$TJMA_{2025}$	$TJMA_{2035}$	$Q_{2025}$	$Q_{2035}$	$Q_{adm}$	$N$	$n$
12157v/j	17995 v/j	2145 uvp/h	3175 uvp/h	1683upv/sens	2 vois	26 ans

## **7. Conclusion :**

Notre projet fait partie de la RN 03, qui relie les centres commerciaux et touristiques de la wilaya de SKIKDA. Cette route traverse des terrains moyennement vallonnés, ce qui situe notre projet dans un environnement E2 et dans la catégorie C1. Dans notre projet, la vitesse de référence sélectionnée est de  $V_r = 80$  km/h. Le trafic est classé en TPL4, tandis que le réseau principal est RP1. Dans cette étude, la solution retenue est de dédoubler la route en deux voies séparées unidirectionnelles, avec deux voies chacune (2x2) de 3,5 m de largeur, ainsi que deux accotements de 1,8 m. Cette route est mise en service en 2025 et a une durée de vie de 26 ans.

***CHAPITRE III :***  
***ETUDE GÉOTECHNIQUE***

## **1. Introduction:**

L'étude géotechnique consiste à donner les informations nécessaires concernant le sol où sera implanté notre aménagement. Pour cela, une campagne de sondage doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, de dimensionner la chaussée et, éventuellement, les fondations des ouvrages d'art prévus.

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région. Une interprétation physicomécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

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.

## **2. Les essais en géotechniques routières :**

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 :

- Les essais sur terrain (in situ): essais pénétromètre statique ou dynamique .....etc.,
- Les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification

## **3. Objectifs :**

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en:  Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement ;

- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais;
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements;
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

#### 4. Les différents essais en laboratoire :

Les essais de laboratoire sont dans tous les cas nécessaires pour préciser et compléter la nature et le comportement des sols. En géotechnique routière les essais plus utilisés dans laboratoire sont.

##### 1. Les essais physiques :

###### ➤ Teneur en eau et masse volumique :

- *La teneur en eau (w%)* : La teneur en eau d'un granulat ou d'un sol est le pourcentage d'eau (*en masse*) par rapport au matériau sec :

$$W(\%) = \frac{\text{masse de l'eau cotenue } (Ww)}{\text{masse de matériau } (Ws)} \times 100$$

*Masse volumique*: masse du sol par unité de volume du sol (t/m<sup>3</sup>)

$\gamma = \frac{W}{V}$  On calcule aussi la masse volumique sèche  $\gamma_d = \frac{Ws}{V}$

###### ➤ Analyses granulométriques :

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

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

Suivant la dimension des particules, les dénominations suivantes ont été adoptée

**Tableau III. 1.** Dimension D des grains

Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
D > 20	Cailloux	Sols Grenus
20 > D > 2	Graves	Sols Grenus
2 > D > 0.2	Gros sable	Sols Grenus
0.2 > D > 0.02	Sable fin	Sols Grenus
0.02 > D > 2 g	Limons	Sols fins
D < 2 g	Argiles	Sols fins

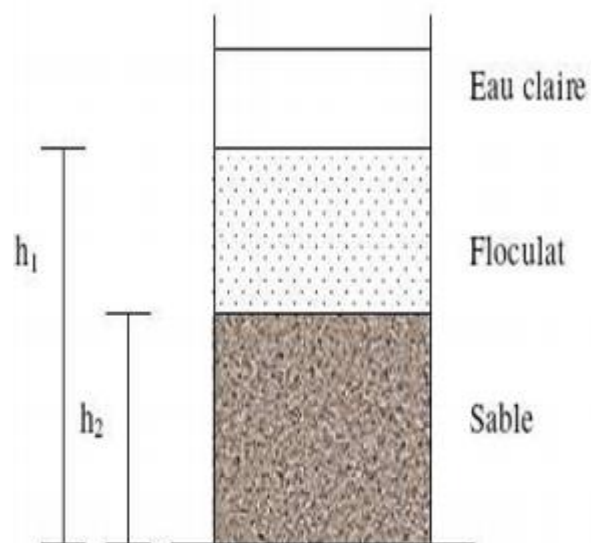
L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension supérieure à  $80\mu\text{m}$  et par les « fines » de dimension inférieure à  $80\mu\text{m}$ .

➤ **Équivalent de sable :**

Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments fins et faiblement plastiques. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution flocculant destinée à mettre en suspension et à faire gonfler les particules argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur  $h_2$  du sable et la hauteur  $h_1$  du sommet du flocculat.

On calcule ensuite :  $ES = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$

**Figure III. 1.** Équivalent de sable



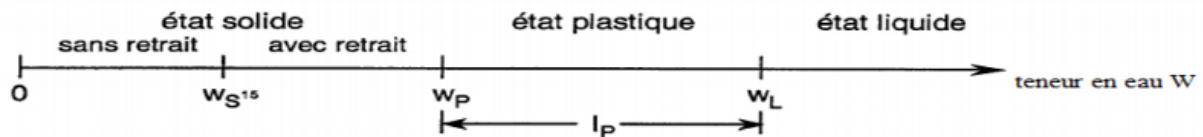
➤ **Essai de paraffine :**

La détermination du poids spécifique des grains solides consiste à mesurer le volume propre des grains à l'exclusion des vides à calculer le rapport entre leurs poids et leur volume.

➤ **Limites d'Atterberg :**

Les limites d'Atterberg caractérisent le comportement des sols fins en présence d'eau en pratique on détermine à l'aide de l'appareil de Casagrande.

Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau : La limite de plasticité  $w_p$  caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique, La limite de liquidité  $w_L$  est caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide,



définit alors l'indice de plasticité  $I_P$ :

$$I_P = W_L - W_P$$

Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement.

$I_P < 12$  : Faiblement argileux

$12 \leq I_P < 25$  : Moyennement argileux

$25 \leq I_P < 40$  : argileux

$I_P \geq 40$  : Très argileux

## 2. Les essais mécaniques:

### ➤ Essai Proctor :

Ces essais permettent de déterminer les caractéristiques de compactage d'un matériau et à rechercher la relation entre la densité sèche  $\gamma_d$  et la teneur en eau  $W$  pour une énergie  $E$  de compactage donnée.

En pratique l'énergie de compactage  $E$  correspond à un nombre de coups de dame standard correspondant soit :

L'essai Proctor normal rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

L'essai Proctor modifié, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

**Tableau III. 2.** Proctor normal- Proctor modifié

Sensibilité à l'eau	Seuil VBs	Sols
Insensibles	0.1	
Éventuellement sensible	0.2	
Sensible	0.2 à 1.5	Sablo-limoneux
	1.5 à 2.5	Sablo-argileux
	2.5 à 6	Limoneux
	6 à 8	Argileux
	Sup à 8	Très argileux

➤ **Essai C.B.R (California Bearing Ratio):**

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'indice portant CBR exprime le rapport, en % entre les pressions produisant un enfoncement donné dans un sol et dans un sol de référence (grave concassée).

Le principe de l'essai consiste à enfoncer un poinçon normalisé à la vitesse dans le sol compacté selon l'essai Proctor modifié

**Tableau III. 3.** Portance du sol

ICBR	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne



**Figure III. 2.** Essai C.B.R

➤ **Essai Los Angeles:**

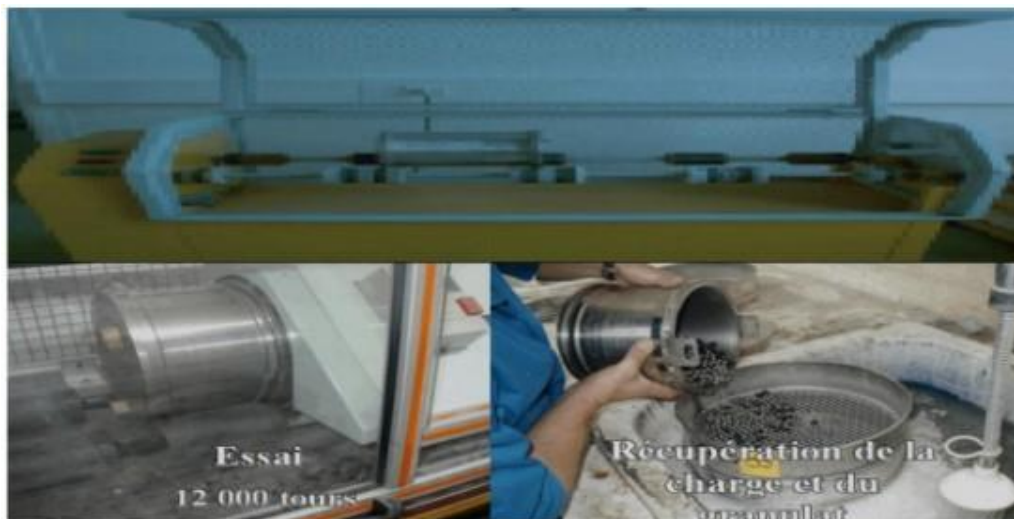
Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».



**Figure III. 3.** Essai Los Angeles

➤ **Essai Micro Deval :**

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.



**Figure III. 4.** Essai Micro Deval

***CHAPITRE IV :***  
***DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE***  
***CHAUSSÉES***

## 1. Introduction :

Le réseau routier joue un rôle essentiel dans l'économie du pays, c'est pourquoi il est essentiel de prendre en compte l'état de ses infrastructures. La détérioration des routes est inévitable si elles ne sont pas construites de manière adéquate ou entretenues en temps opportun, et la taille des routes est déterminée par la politique de gestion du réseau routier. Le maître d'ouvrage établit sa politique en fonction de la priorité de son réseau routier. L'objectif de ce chapitre est à la fois de choisir les matériaux appropriés aux caractéristiques désirées et de déterminer l'épaisseur des différentes couches de la structure de la chaussée.

## 2. Les chaussées :

Après l'exécution des terrassements, 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.

## 3. Différents types de structure de chaussée :

### 1. Chaussée souple :

On distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :

- La couche de surface ou couche de roulement ;
- La couche de base ;
- La couche de fondation ;
- La couche de forme.



Figure IV. 1. Structure type d'une chaussée souple

## 2. Chaussée semi-rigide :

Elle est composée d'une couche de surface bitumineuse qui repose sur une base en matériaux traités aux liants hydrauliques, disposés en une seule couche (base) ou en deux couches (base et fondation). Si une chaussée neuve à faible trafic est envisagée, la structure-type est présentée dans la figure.

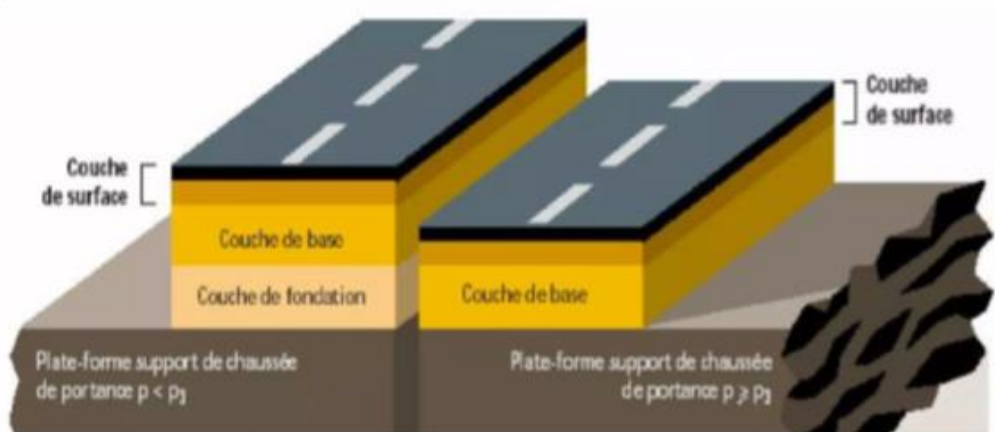


Figure IV. 2. Structure type d'une chaussée semi-rigide

## 3. Chaussée rigide :

Le revêtement d'une chaussée rigide est un béton de ciment pervibré ou fluide. Une chaussée en béton est généralement composée, à partir du sol, des couches suivantes :

- Un revêtement de forme,
- Un revêtement de base,
- Un revêtement de roulement en béton de ciment.

Il n'est pas nécessaire de poser une couche de fondation sur une chaussée neuve à faible trafic. Il est possible de réaliser la dalle en béton de ciment directement sur l'arase de terrassement ou sur la plate-forme de support de chaussée. Dans les chaussées rigides, on confond la couche de surface et la couche de base.

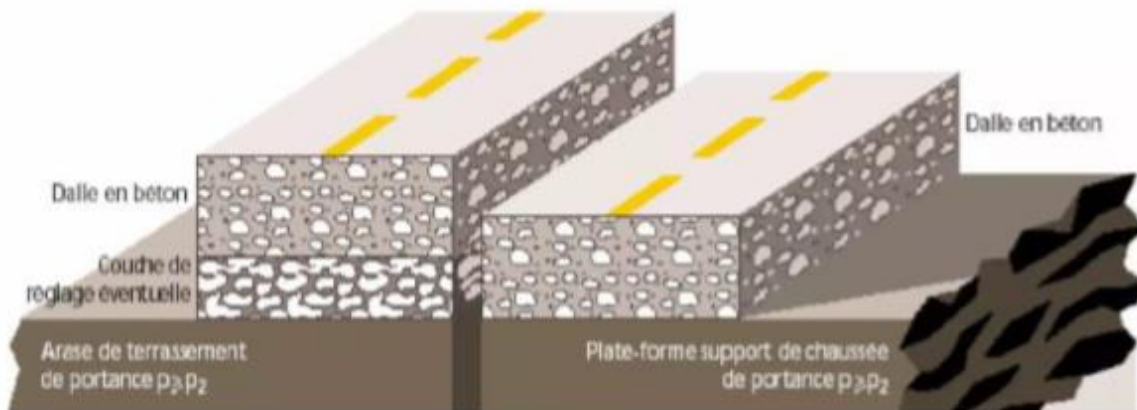
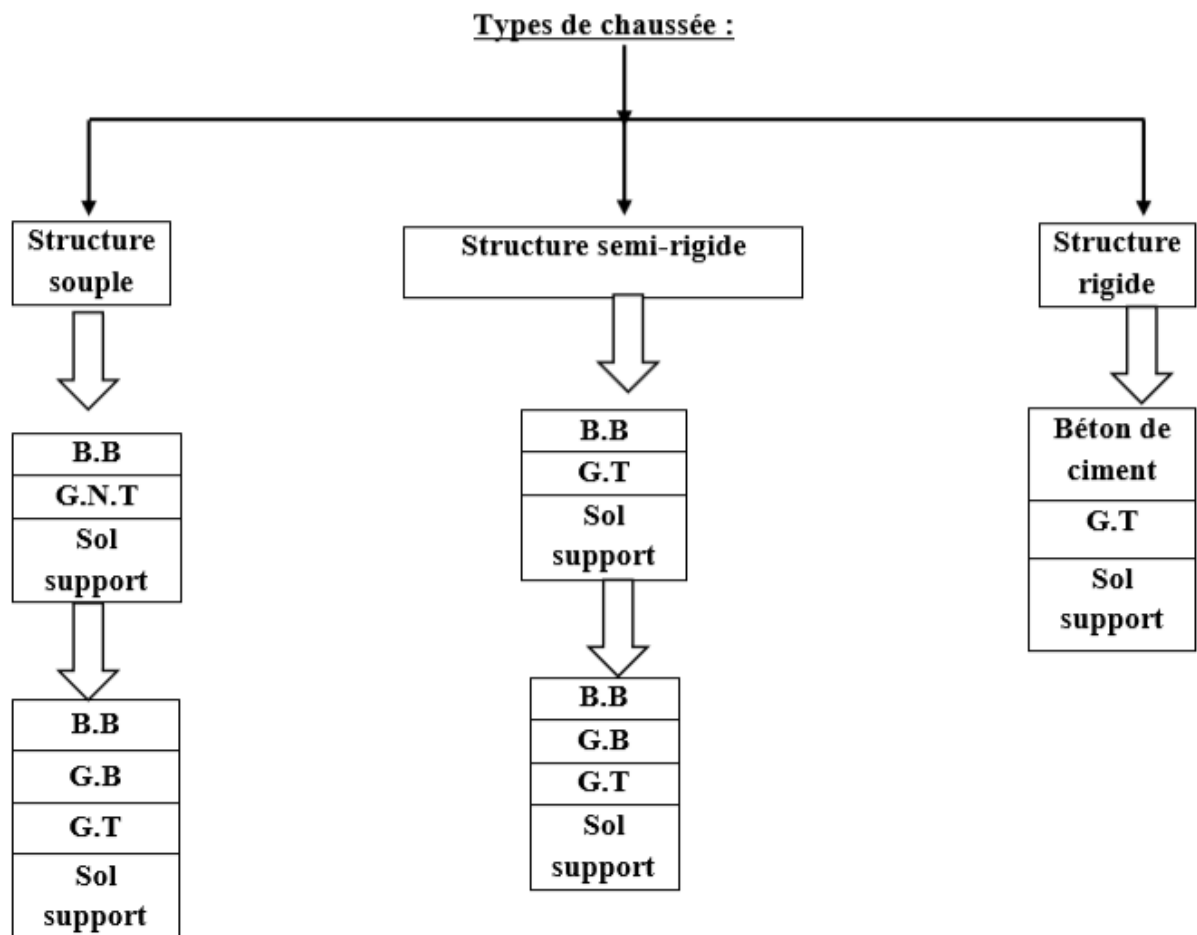


Figure IV. 3. Structure type d'une chaussée rigide.



BB : Béton Bitumineux, GB : Grave Bitume, GT : Grave Traité, G.N.T : Grave Non Traité

Figure IV. 4. Résumé des différents types de chaussée

#### **4. Paramètres pris en compte pour le dimensionnement :**

Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée sont :

- > Le trafic
- > La durée de vie
- > La qualité de la plateforme support de chaussée
- > Les caractéristiques des matériaux de chaussées
- > la qualité de réalisation
- > Les conditions climatiques.

##### ○ **Trafic :**

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à 3.5tonnes) .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.

##### ○ **Conditions climatiques :**

Les conditions climatiques sont du données utilisées dans le calcul de dimensionnement des chaussées se rapportent :

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

##### ○ **La portance du sol Support :**

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

Les plates-formes sont définies à partir :

De la nature et de l'état du sol .

De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme

○ **Matériaux :**

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

De modéliser des informations géographiques pour une planification et gestion améliorée dans divers secteurs. Cet article explore les fondements, l'application et l'impact des SIG, fournissant un aperçu essentiel pour les débutants et les professionnels intéressés par le potentiel transformateur de la cartographie numérique.

## 5. Principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

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

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

### a) Method C.B.R (California - Bearing - Ratio):

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

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

**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
- **log** : Logarithme décimal .

**➤ L'épaisseur équivalente**

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

vec :

**a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>** : coefficients d'équivalence.**e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub>** : épaisseurs réelles des couches.○ **Coefficient D'équivalence :****Tableau IV. 1.** Les valeurs des coefficients d'équivalence

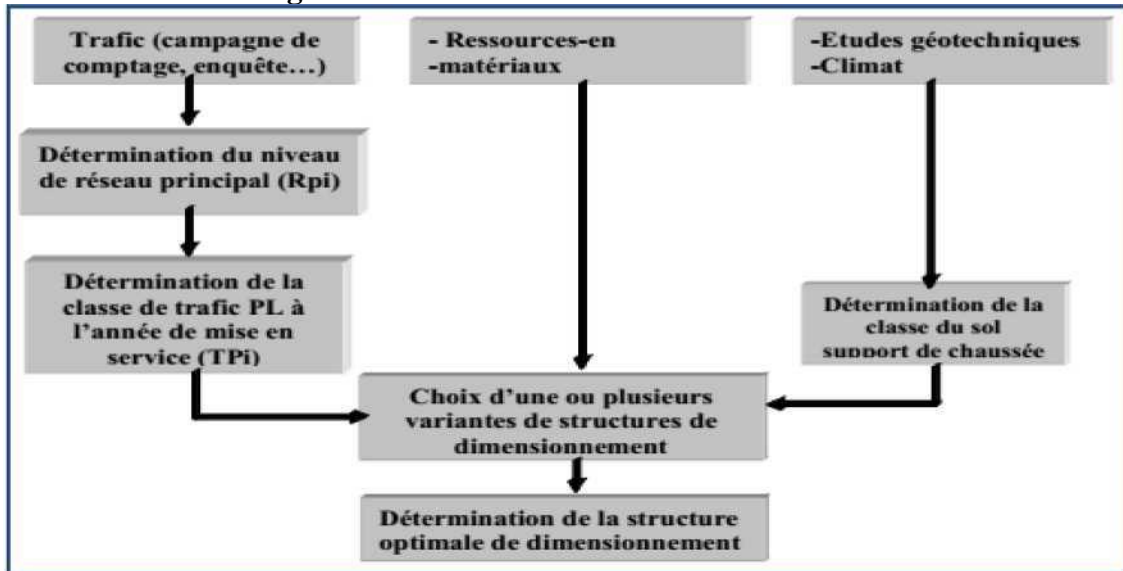
Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
TUF	0.60

**b) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**

Cette méthode se base essentiellement sur quatre paramètres :

- Le trafic
- La portance de sol support de la chaussée
- Zone climatique et l'environnement
- Les matériaux utilisés

La démarche du catalogue :



### 1. Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Pour le calcul du dimensionnement proprement dit, il faudra calculer le trafic cumulé en essieux équivalent de 13 tonnes (TCEi), ce qui fait intervenir la notion d'agressivité des poids lourds.

#### Trafic :

C'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes).

Ces véhicules sont facilement identifiables visuellement sur la route, car ils regroupent tous les véhicules comportant deux essieux et plus, et dont l'essieu arrière est un jumelage.

### 2. Réseau principal :

**Noté RP** : il se compose de route reliant :

- > Les chefs-lieux de willayas.
- > Les ports, les aérodomes et les postes frontaliers.
- > Les principales agglomérations et important zone

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- **RP1 (T>1500V/J) RN, Autoroute, CW.**
- RP2 (T<1500V/J) RN, CW, ...
- Le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de 18.400Km.

**3. Répartition transversale du trafic :**

En l’absence d’informations précise sur la répartition des poids lourds sur les différents de circulation, on adoptera les valeurs suivantes :

Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

Chaussée unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50 % du trafic PL.

Chaussée bidirectionnelles à 3 voies : 50 % du trafic PL.

**4. Détermination de la classe du trafic TPLI :**

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2) en nombre de PL par jour et par sens à l’année de mise en service.

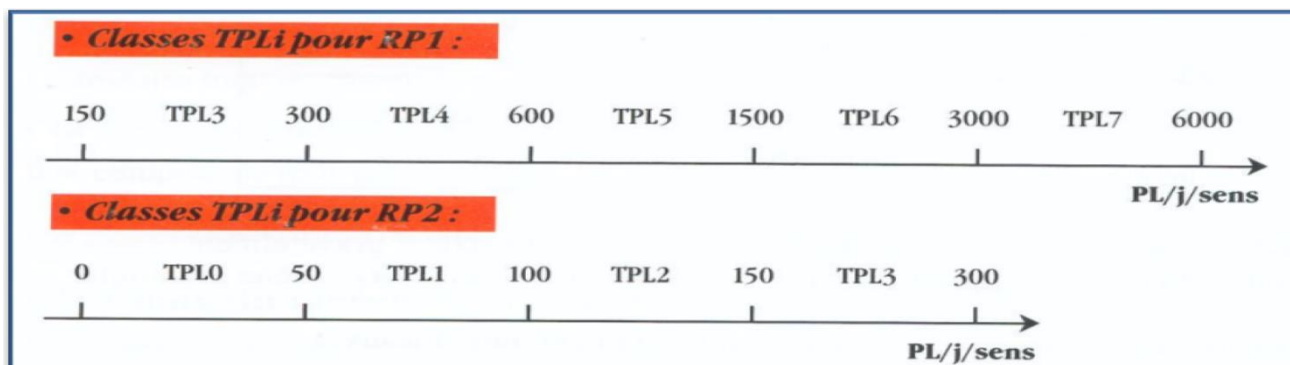


Figure IV. 5. la classe du trafic TPLI

**5. Présentation des classes de portance des sols :**

Le tableau regroupe les classes de portance des sols par ordre croissant de S4 à S0. cette classification sera également utilisée pour les SOL-SUPPORTS de chaussée.

Tableau IV. 2. classes de portance de sol-support

Classe de sol	Indice CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

## 6. Les données climatiques :

Les différentes zones climatiques de l'Algérie mentionnée dans le tableau ci-après :

**Tableau IV. 3.** Zone climatique pluviométrie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	climat		Région
<b>I</b>	>600	Très humide	20	Nord
<b>II</b>	350-600	Humide	20	Nord, Hauts plateaux
<b>III</b>	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
<b>IV</b>	<100	aride	30	Sud

## 6. Application de projet :

### ❖ Données :

- Année de comptage : **2023**.
- $TMJA_{2018} = 11240 \text{ v/j}$ .
- Mise en service : **2025**.
- Durée de vie : **20 ans**
- Taux d'accroissement :  $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 9.41 \%$
- Support de sol : S4
- CBR : **1.5**

### 1. Méthode CBR :

#### a. Répartition De Trafic :

- $TJMA_{2025} = 12157 \text{ v/j}$
- $TJMA_{2045} = (1 + 0.04)^{20} \times 12157$
- $TJMA_{2045} = 26637 \text{ v/j}$
- $N_{PL2045} = \left(\frac{TJMA_{2045}}{2}\right) \times Z \times 0.9 = \left(\frac{26637}{2}\right) \times 0.0941 \times 0.9 = 1127.98 \approx 1128 \text{ PL/j}$
- L'indice de CBR : **1.5**

$$TJMA_{2025} \times 365 \times 1.5t > 100000 t/ans = 12157 \times 365 \times 1.5 = 6655958 t/ans$$

Alors la relation de calcul de l'épaisseur :

**- Détermination de l'épaisseur équivalente :**

On a  $I_{CBR} = 1.5 < 5 \rightarrow$  ce sol appartient à classe S4.

CBR=1.5, la portance du sol support est très faible, alors, il est indispensable d'ajouter une couche de forme pour ramener le CBR à 10 conformément à la procédure ci-dessous :

$$e_1 = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{1128}{10})}{5 + 1.5} = 85.05 \text{ cm}$$

A cet effet, on recalcule l'épaisseur équivalente pour un  $I_{CBR}=10$  et on ajoute une couche de forme dont l'épaisseur sera la différence des deux épaisseurs calculées.

$$e_2 = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{1128}{10})}{5 + 10} = 36.86 \text{ cm}$$

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

$$e_{forme} = \frac{e_1 - e_2}{0.85} = \frac{85.05 - 36.86}{0.85} = 56.7 \text{ cm} \quad \text{on prend } e_{forme} = 60 \text{ cm}$$

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P}) \times (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} = e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times (75 + 50 \log \frac{1128}{10})}{10 + 5}$$

L'épaisseur total :  $E = 36.86 \text{ cm}$  donc

**Pour déterminer la structure de la Chaussée, on fixe les épaisseurs  $e_1, e_2$  et on calcule l'épaisseur 3 :  $e_1 = 6 \text{ cm}$  en béton bitumineux (BB)  $c_1 = 2.0$**

**$e_2 = 10 \text{ cm}$  en grave bitume (GB)  $c_2 = 1.7$**

**$e_3 =$  épaisseur grave bitume (GB)  $c_3 = 1.7$**

$$e = c_1.e_1 + c_2.e_2 + c_3.e_3$$

$$E_3 = \frac{Ee_3 - (c_1e_1 + c_2e_2)}{c_3} = 10 \text{ cm}$$

<b>6 BB</b>
<b>10 GB</b>
<b>10 GB</b>
<b>60 GNT</b>

**Donc : 6 BB + 10 GB + 10 GB + 60 GNT**

**2. Méthode de catalogue (CTTP) :**

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

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

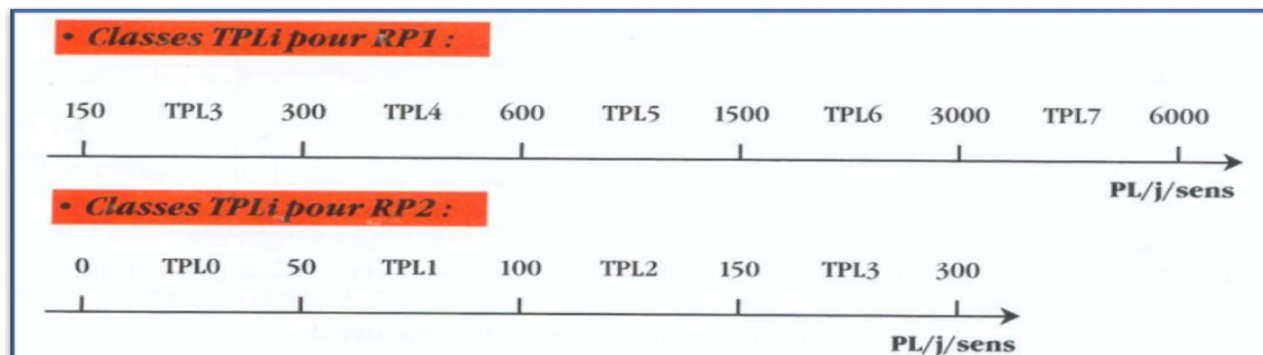
- **RP1 (T>1500V/J) RN, Autoroute, CW.**
- **RP2 (T<1500V/J) RN, CW, ...**
- Le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de 18.400Km.

$$TJMA_{2025} = 12157 v/j > 1500 v/j \text{ Donc le réseaux principale } \mathbf{RP1}$$

**a. Classe du trafic :**

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

- $TJMA_{2018} = 11240 v/j$
- $\tau = 4 \%$
- $Z = 9.41 \%$
- $TJMA_{2025} = (1 + 0.04)^4 \times 11240 = 12157$
- $TPL = TJMA_{2025} \times Z \times 0.9 = 12157 \times 0.0941 \times 0.9/2 = 515$
- $TPL = 515 v/j/sens$



- Figure IV.5. Classe de trafic

- Classe TPLi pour RP1 : TPL4

**b. Détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0.

Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée

**Tableau IV. 4.** classes de portance de sol-support

Classe de sol	Indice CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

La couche de forme a pour but d’améliorer la portance du sol support, le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF. Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau IV. 5.** Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

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

**Classes de portance des sols supports pour le dimensionnement**

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, Empirique suivante :  $E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR}$  ; et pour notre cas on a un **C.B.R = 1.5 (après sur classement**

**du sol support de classe S4 en sol S2).**

**Alors E = 75 MPA sol de classe S2.**

**c. Choix de dimensionnement**

- ✓ RP1
- ✓ Classe S4
- ✓ n = 20 ans

- ✓ Zone climatique **I et II**
- ✓ TPLi **4**
- ✓  $\tau = 4\%$

Si pour améliorer le sol support pour aller du sol s4 au sol s2 on rajoute une couche de forme de GNT d'épaisseur 60 cm.

Le catalogue de dimensionnement des chaussées nous offre deux variantes pour le choix du corps de chaussée :

**Fiche GB/GB :**

Notre corps de chaussée est : **6 BB + 10 GB + 10 GB + 60 GNT**

**Fiche GB/GNT :**

Notre corps de chaussée est : **6 BB + 15 GB + 35 GNT + 60 GNT**

Comme le premier corps de chaussée est déjà retenu pour la méthode CBR, pour cette méthode, on va opter pour le choix du deuxième corps de chaussée :

**C'est-à-dire : 6 BB + 15 GB + 35 GNT + 60 GNT**

<b>6 BB</b>
<b>15 GB</b>
<b>35 GNT</b>
<b>60 GNT</b>

**Fiche GB/GB**

TPLi PI/i/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000		8 BB	8 BB	8 BB
TPL7		14 GB	12 GB	11 GB
		15 GB	13 GB	11 GB
3000		8 BB	8 BB	8 BB
TPL6		12 GB	11 GB	10 GB
		13 GB	11 GB	10 GB
1500		6 BB	6 BB	
TPL5		11 GB	10 GB	
		12 GB	10 GB	
600		6 BB		
TPL4		10 GB		
		10 GB		
300				

Fiche GB/GNT

TPLi PL/j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000				
TPL7				
3000				
TPL6				
1500				
TPL5		6 BB 20 GB 30 GNT	6 BB 14 GB 30 GNT	6 BB 12 GB 30 GNT
600				
TPL4		6 BB 15 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 20 GNT
300				
TPL3		6 BB 15 GB 30 GNT	6 BB 10 GB 25 GNT	6 BB 10 GB 15 GNT
150				

**7. Vérification de la structure :**

**A. Calcul de la déformation admissible sur le sol support**

$$\epsilon Z_{adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}$$

$$TCE = TPLi \times 365 \times \frac{(1 + \tau)^{20} - 1}{\tau} \times A$$

A coefficient d'agressive de sol = 0.60

I = taux d'accroissement (τ) pris égal à 4%.

n = durée de vie = 20 ans.

$$TCEi = 515 \times 365 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 0.6$$

$$TCEi = 3358520.59$$

$$\epsilon Z_{adm} = 22 \times 10^{-3} \times (3.3 \times 10^6)^{-0.235} = 644.10^{-6}$$

Coefficient d'agressive GB = 0.60.

Zone climatique I.

B	Kc	SN	SH	R	T	ε6	C
-0.146	1.35	0.45	3	10%	-1.28	100.10	0.02

Tableau VII.9 : Tableau des données

$$Kne = \left(\frac{TCEI}{10^6}\right)^b = (3.36 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} = 0.84$$

$$\delta = \sqrt{sN2 + (c * S_h/b)^2}$$

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

$$\delta = 0.61$$

$$Kr = 10^{-(t+b+\delta)}$$

$$Kr = 10^{-(1.282+0.146+0.61)}$$

$$Kr = 0.76$$

$$K\theta = \sqrt{\frac{E(10c^\circ)}{E(\theta \acute{e}q)}}$$

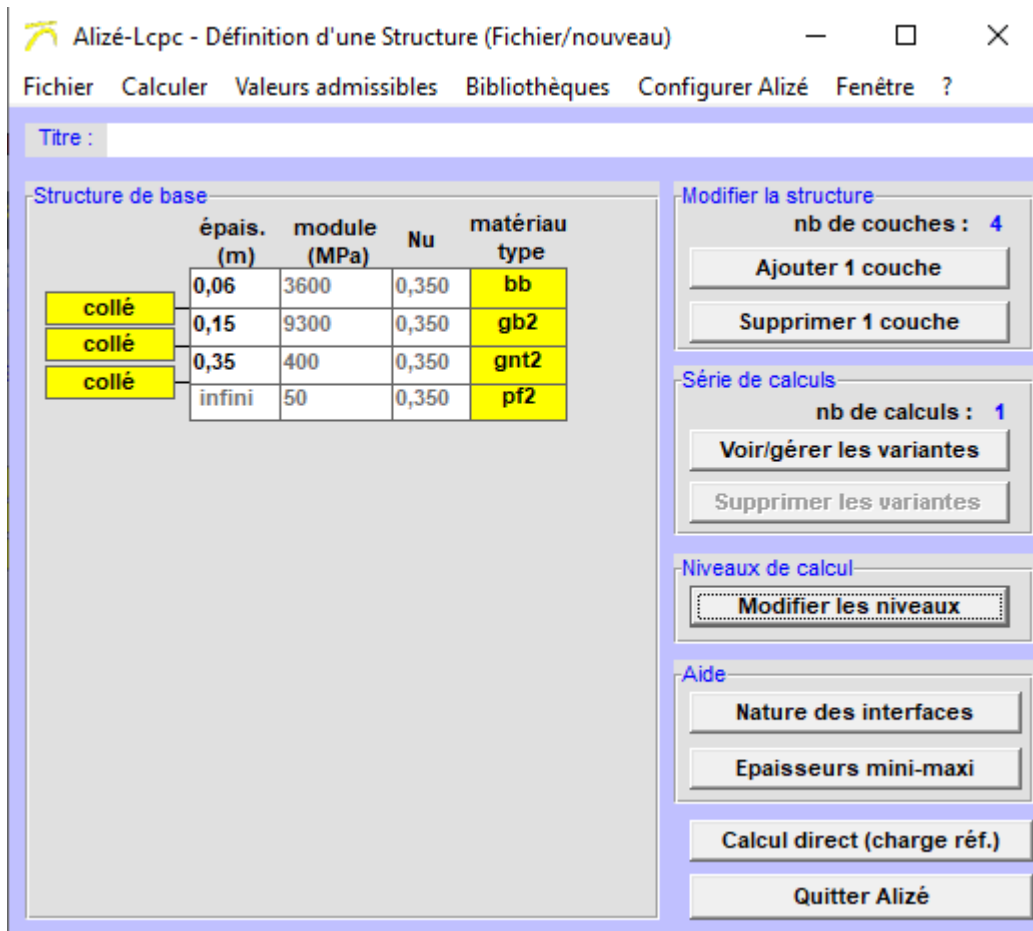
$$K\theta = \sqrt{12500/7000} = 1.33$$

$$\epsilon_{tandm} = 100.10^{-6} \times \left(3.36 * \frac{10^6}{10^6}\right)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282+0.146+0.61)} \times 1.3$$

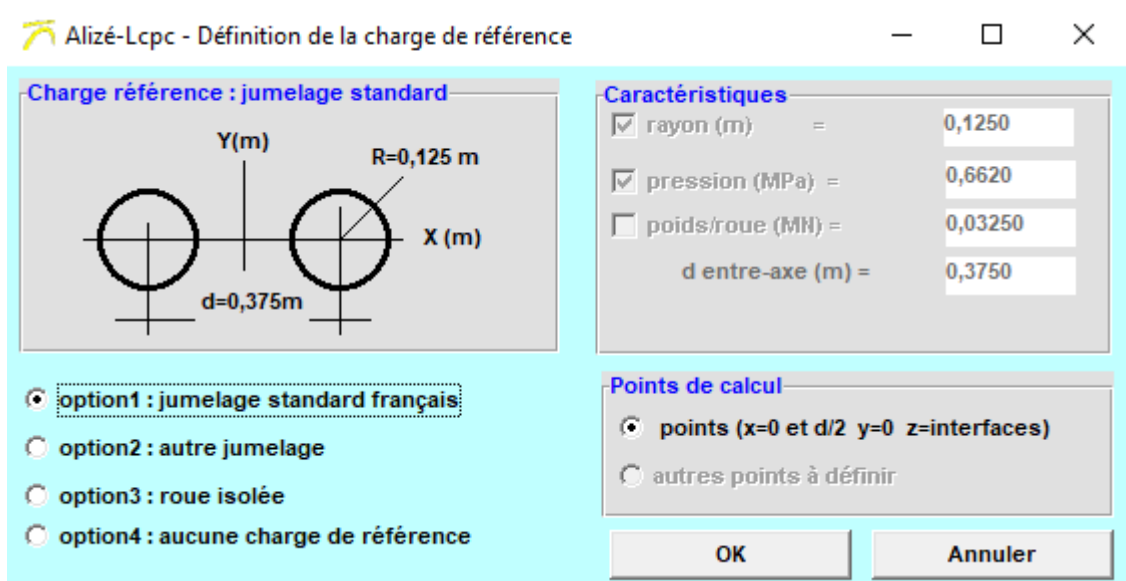
$$\epsilon_{tandm} = 104 \times 10^{-6} (\mu d \acute{e}f)$$

Résultat obtenue par programme Alize lcpc :

- Introduire les paramètres du corps de chaussée



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



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

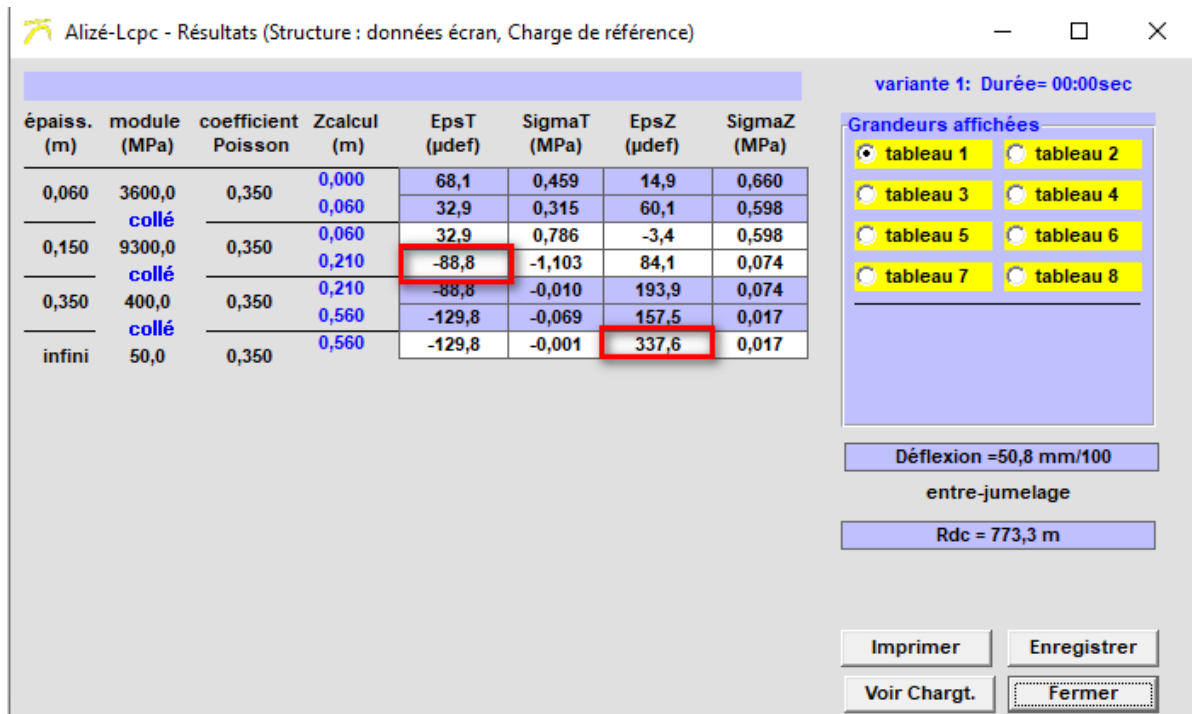


Figure V.11: Résultats de calcul par alize

$$\varepsilon_{z_{cal}} = 337.6 \mu def < \varepsilon_{z_{adm}} = 644 \mu def$$

$$\varepsilon_{z_{tcal}} = 88.80 \mu def < \varepsilon_{z_{tadm}} = 105 \mu def$$

Donc la structure **6 BB + 15 GB +35 GNT** est vérifiée.

## 8. Conclusion :

Malgré que la méthode CBR donne le corps de chaussée le plus économique mais la méthode retenue pour notre projet est celle de catalogue Algérien, pour les raisons suivantes : on opte pour le choix du corps de chaussée donné par la méthode du catalogue pour les raisons suivantes :

- Elle se base sur les performances des matériaux.
- Elle se base sur les déformations admissibles.
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux.
- En plus, cette méthode est une méthode algérienne établie et conçu par le CTTP et valide par le ministère des travaux publics.
- Tous les corps de chaussées présentés dans les différentes fiches du catalogue, ont été optimisés, vérifiés et validés.
- Du point de vue économique, le cout de réalisation du corps de chaussée donné par la méthode du catalogue est réduit par rapport à celui donné par la méthode CBR.

***CHAPITRE V :***  
***TRACER EN PLAN***

## 1. Introduction:

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

## 2. Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations:

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer si possible sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Eviter le franchissement des Oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrage d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens et de rayon différent par un cercle unique. ➤ Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres).
- Il faut toujours appliquer les rayons supérieurs au rayon minimal normal.
- Eviter les très longs alignements droits.

## 3. Éléments du tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession d'alignements, des liaisons (courbes de raccordement progressives) et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :



Figure V. 1. Les éléments du tracé en plan

### 3.1- Alignement :

Pendant longtemps on a préféré le tracé rectiligne parce qu'il est le plus court, mais maintenant les longs alignements sont à proscrire, car :

- ❖ Eblouissement causé par les phares (conduite de nuit). ➤ Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- ❖ Esthétique difficile.
- ❖ Encourage les vitesses excessives.

Pour cela, on est amené à faire un tracé légèrement infléchi. On doit donc remplacer ces alignements droits trop longs par une succession d'alignements courts et de courbes.

En fait, il est préférable d'avoir un pourcentage compris entre 20% et 60% en alignements droits, d'une section de route.

- a. **Longueur minimale** : Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps  $t$  d'adaptation.

$$L_{\min} = T \times V_B$$

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

Avec :  $V_B$  : vitesse de base en (m/s) et  $T = 5$

- b. **Longueur maximale** : Pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale  $L_{\max}$  d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant **60 s** à la vitesse  $V$  (m/s).

D'après B40 on a : [5]

$$L_{\max} = T \times V_B$$

$L_{\max} = 60 \times V_B$  avec  $V_B$  en (m/s) et  $T = 60$  s 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.

### 3.2- Arc de cercle :

Deux alignements droits de directions différentes sont reliés par une courbe. Notre rôle est d'assurer une transition confortable et sécurisante d'un usager passant d'un alignement droit à un autre. Pour cela, il y a lieu de choisir un rayon de la courbe assurant cette condition.

Dans ce cas, trois éléments interviennent pour limiter la courbure :

- ❖ La stabilité des véhicules sous l'effet de l'accélération centrifuge.
- ❖ La visibilité dans les courbes.

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre au-dessous du rayon minimum préconisé.

➤ **La stabilité des véhicules :**

Dans un virage, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à lui provoquer une instabilité, afin de réduire l'effet de cette force on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente. « d » ne doit pas être trop grand, risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas. « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un écoulement des eaux ainsi pour chaque vitesse  $V_B$  on définit une série de couples (R, d).

Les rayons et leur devers doivent permettre à un véhicule roulant à la vitesse de référence  $V_r$  de ne pas dérapier. Les rayons en plan dépendent de facteurs :

**a. Rayon horizontal minimal absolu :**

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

- $V_r$  : Vitesse référence égal 100 km/h
- $f_t$  : Coefficient de frottement transversal égale 0.11
- $d_{max}$  : dévers maximal égale 7%

**b. Rayon minimal normal :**

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

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

- $f_t$  : coefficient de frottement transversal égale = 0.11
- $d_{max}$  : dévers maximal égale 7%

**c. Rayon au dévers minimal :**

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

$$RH_d = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

- $d_{min} = 2.5\%$  en catégorie 1-2
- $d_{min} = 3\%$  en catégorie 3-4
- $Vr$  : vitesse référence

**d. Rayon minimal non déversé :**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé ( $RH_{nd}$ ).

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

- $f' = 0.06$  cat 1 - 2
- $f' = 0.07$  cat 3 - 4 et E1
- $f' = 0.075$  cat 4 - 5 et E2 E3
- $d_{min} = 2.5\%$  en catégorie 1-2

➤ **Règles pour l'utilisation des rayons en plan :**

Il n'y a aucun rayon inférieur à  $RH_d$  sont déversés avec un dévers interpolé linéairement 1/R arrondi à 0,5% près.

**Si  $RH_m < R < RH_n$  :**

$$d = d_{max} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m} \right) \times \frac{d_{max} - d_{RH_N}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RH_N}}$$

**Si  $RH_n < R < RH_d$**

$$d = d_{max} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d} \right) \times \frac{d_{min} - d_{RH_N}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RH_N}}$$

- Les rayons compris entre  $RH_m$ . et  $RH_n$ . Sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en 1/R arrondi à 0,5% près.

- Les rayons compris entre  $RHD$  et  $RHND$  sont en dévers minimal  $D_{min}$ .
- Les rayons supérieurs à  $RHND$  peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Un rayon  $RHM$  doit être encadré par des  $RHN$ .

### 3.3- Les raccordements progressifs (clothoïde) :

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

- ❖ Le confort des passagers de véhicule.
- ❖ La transition douce du véhicule d'un dévers donné vers le dévers d'un autre sens.
- ❖ La stabilité transversale de véhicules.
- ❖ Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

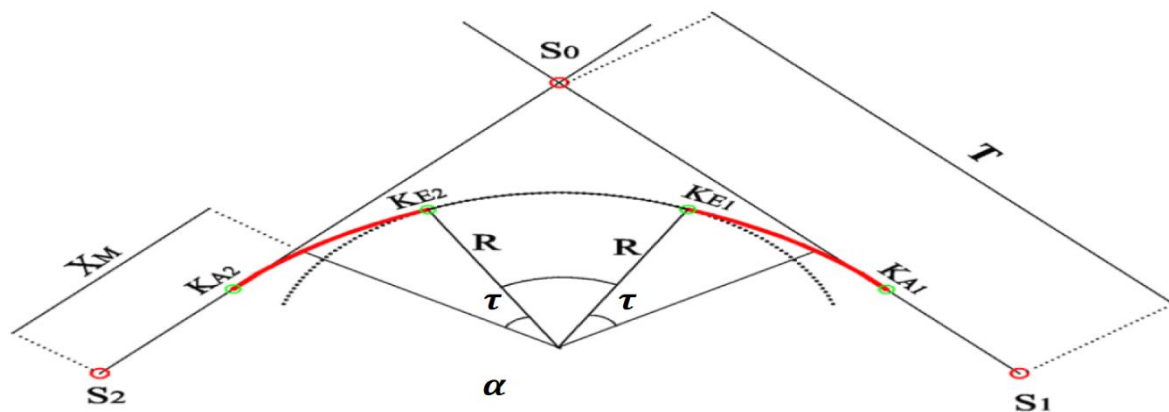


Figure V. 2. Les éléments de clothoïde

#### ○ Les éléments de la clothoïde :

Les éléments principaux de la clothoïde sont les suivants :

- **A** : Paramètre de la clothoïde
- **M** : Centre du cercle d'abscisse **Xm**.
- **R** : Rayon du cercle
- **KA** : Origine de la clothoïde
- **KE** : Extrémité de la clothoïde
- **L** : longueur de la branche de la clothoïde
- $\Delta R$  : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- **Xm** : Abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**.
- $\tau$  : Angle des tangents

- **X** : Abscisse de **K<sub>E</sub>**
- **Y** : Origine de **K<sub>E</sub>**
- **T<sub>k</sub>** : tangente courte
- **T<sub>L</sub>** : tangente longue
- **S<sub>L</sub>** : Corde (**K<sub>A</sub> – K<sub>E</sub>**)
- $\sigma$  : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

#### 4. Les conditions de raccordement :

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

##### ○ Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil

$$L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$$

$$R \leq 1000m \rightarrow \Delta R = 0.5m \text{ à } 1m$$

$$1000 < R \leq 2000m \rightarrow \Delta R = 1m \text{ à } 1.75m.$$

$$2000 < R \leq 5000m \rightarrow \Delta R = 1.75m \text{ à } 2.5m.$$

$$R > 5000m \rightarrow \Delta R = 2,5m$$

##### ○ Condition de confort dynamique

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

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

- **V<sub>r</sub>** : Vitesse de référence km/h
- **R** : Rayon en (m)
- **Δd** : Variation de dévers

##### ○ Condition de gauchissement :

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

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe de tel sorte que  $\Delta p < \left(\frac{0,5}{V_r}\right)$

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

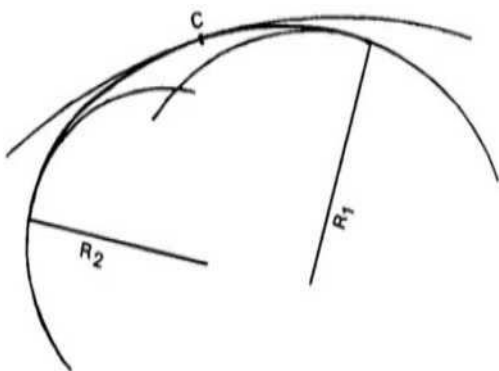
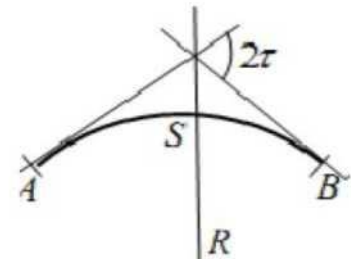
- L : longueur de raccordement.
- l : largeur de la chaussée.
- $\Delta d$  : variation de dévers.

### 5. Combinaison des éléments du tracé en plan :

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

#### a) Courbe à sommet

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

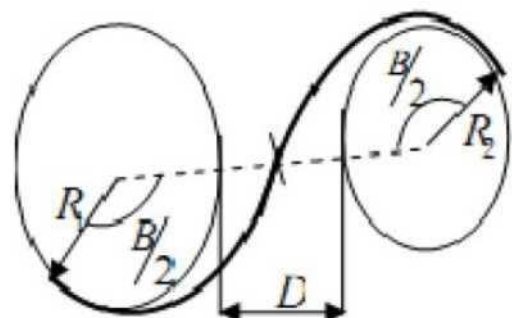


#### b) Courbe en C

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

#### Courbe en S

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur points de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle



### 6. Vitesse de référence :

La vitesse de référence ( $V_r$ ) est une vitesse prise pour établir un projet de route ,elle permet de définir les caractéristiques géométriques fondamentales intervenants dans l'élaboration du

tracé, sont choisis dépend de :

- > Type de route.
- > Importance et genre de trafic.
- > Conditions économiques.

## 7. Application de projet :

- Règles concernant la longueur des alignements :

➤ Une longueur minimale  $L_{min}$  et  $L_{max}$

Prise égale à la distance parcourue pendant cinq **5 secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de courbe

$$L_{min} = t_0 \times \frac{V_r}{3.6} \quad t_0 = 5 \text{ s}$$

$$L_{min} = 112 \text{ m}$$

Prise égale à la distance parcourue pendant soixante **60 secondes**

$$L_{max} = t_0 \times \frac{V_r}{3.6} \quad t_0 = 60 \text{ sec}$$

$$L_{max} = 1333 \text{ m}$$

a- Rayon horizontal minimal absolu :

$$RH_m = \frac{80^2}{127(0.13+0.07)} = 251.96$$

$$RH_m = 252 \text{ m}$$

b- Rayon minimal normal :

$$RH_n = \frac{(80 + 20)^2}{127(0.13 + 0.07)} = 393.70$$

$$RH_n = 394 \text{ m}$$

c- Rayon au dévers minimal :

$$RH_d = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1007.87$$

$$RH_d = 1008 \text{ m}$$

d- Rayon minimal non déversé ;

$$RH_{nd} = \frac{80^2}{127 \times (0.06 - 0.025)} = 1439.82$$

$$RH_{nd} = 1440 \text{ m}$$

Pour notre projet d'évitement situé dans : (E2) ; (C1) ;  $V_r$  : 80 km/h

Les paramètres fondamentaux d'après le **B40**

<i>Vitesse référence <math>V_r</math></i>	<b>80 Km/h</b>
<i>Longueur minimal <math>L_{min}</math></i>	<b>112 m</b>
<i>Longueur maximal <math>L_{max}</math></i>	<b>1333 m</b>
<i>Dévers minimal <math>d_{min}</math></i>	<b>2.5 %</b>
<i>Dévers maximal <math>d_{max}</math></i>	<b>7 %</b>
<i>Rayon horizontal minimal absolu <math>[RH]_m</math></i>	<b>250 (7%) m</b>
<i>Rayon minimal normal <math>[RH]_n</math></i>	<b>450 (5%) m</b>
<i>Rayon au dévers minimal <math>[RH]_d</math></i>	<b>1000 (2.5%) m</b>
<i>Rayon minimal non déversé <math>[RH]_{nd}</math></i>	<b>1400 (-2.5%) m</b>

➤ **Calcul d'axe :**

Les rayon choisi dans ce travail remplit les exigences du B40 à savoir  $R_{choisi} > R_{hm}$

En choisi : **R = 800 m**

**Détermination le L de la vitesse  $V_r = 80 \text{ km/h}$**

▪ **Condition confort optique :**

$$\frac{R}{3} \leq A \leq RL \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{Avec : } R = 800 \text{ m ; } \Delta R = 1$$

$$100 \leq A \leq 300$$

$$L = 139 \text{ m..... (1)}$$

▪ **Condition de gauchissement :**

$$L \geq \frac{7\Delta d.V_r}{50} \quad ; \quad \Delta d = d - (-2.5\%)$$

$$d = d_{max} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m} \right) \times \frac{d_{max} - dRH_N}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$$

$$= 7 + \left( \frac{1}{800} - \frac{1}{250} \right) \times \frac{7 - 5}{\frac{1}{250} - \frac{1}{450}}$$

$$d = 3.01\% \text{ donc } \Delta d = 3.01 - (-2.5\%) = 5.51\%$$

$$L = 62 \text{ m..... (2)}$$

- **Condition de confort dynamique :**

$$L \geq \left( \frac{V_2^2}{18} \right) \left[ \frac{V_r^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right]$$

- **V<sub>r</sub>** : 80 km/h
- **R** : 800 m
- **Δd** : 5.51% ;

$$L = 139 \text{ m..... (3)}$$

- **Condition optique :**

$$R \leq 1500 \text{ m} \quad \Delta R = 1 \text{ m (éventuellement 0.5m)}$$

$$L \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot DR}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 800 \times 1} = 138.56 \text{ m} \quad \text{on prend : } L = 139 \text{ m}$$

- D'après les résultats (1) et (2) et (3) on aura : **L<sub>max</sub> = 139 m**

Donc on prend

$$: L_{max} = 139 \text{ m}$$

$$\text{On sait que : } L = \frac{A^2}{R} \rightarrow A = \sqrt{LR} \Rightarrow A = \sqrt{139 \times 800} = 333.46 \text{ m}$$

$$: 266.66 \leq 334 \leq 800$$

$$A = 334 \text{ m}$$

Alors la condition  $\frac{R}{3} \leq A_{min} \leq R$  elle est vérifiée

❖ Les zones :

Rayon	Vitesse	Clothiodes
800 m	80 km/h	334 m

Calcule l'axe :

S	X	Y	R
S <sub>1</sub>	300964.997	4052174.088	800
S <sub>2</sub>	301401.838	4052635.545	
S <sub>3</sub>	302649.298	4053364.386	

▪ Calcule ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{139^2}{24 \times 800} = 1.01 \text{ m}$$

$$S_1 S_2 \begin{cases} \Delta x = X_{S_2} - X_{S_1} = 301401.838 - 300964.997 \\ \Delta y = Y_{S_2} - Y_{S_1} = 4052635.545 - 4052174.088 \end{cases}$$

$$S_1 S_2 \begin{cases} \Delta x = 436.841 \\ \Delta y = 461.457 \end{cases}$$

$$G_{S_1}^{S_2} = \arctg \frac{|\Delta x|}{|\Delta y|} = 48.25 \text{ grade } G_{S_1}^{S_2} = 43.43^\circ$$

$$S_2 S_3 \begin{cases} \Delta x = X_{S_3} - X_{S_2} = 302649.298 - 301401.838 \\ \Delta y = Y_{S_3} - Y_{S_2} = 4053364.386 - 4052635.545 \end{cases}$$

$$S_2 S_3 \begin{cases} \Delta x = 1247.460 \\ \Delta y = 728.841 \end{cases}$$

$$G_{S_2}^{S_3} = \arctg \frac{|\Delta x|}{|\Delta y|} = 66.33 \text{ grade}$$

$$G_{S_2}^{S_3} = 59.70^\circ$$

▪ Calcule l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S_2}^{S_3} - G_{S_1}^{S_2}| = |59.70 - 43.43| = 18.08 \text{ grade}$$

- Calcule l'angle  $\tau$  :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{139}{2 \times 800} \times \frac{200}{\pi} = 5.53 \text{ grade}$$

- Vérification de non chevauchement. :

$$\tau = 5.53 \text{ grade} \quad \frac{\gamma}{2} = \frac{18.08}{2} = 9.04$$

Donc :  $\tau < \frac{\gamma}{2}$  pas de non chevauchement.

- Calcule des distances :

$$S_1S_2 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{436.841^2 + 461.457^2} = 635.43 \text{ m}$$

$$S_2S_3 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{1247.460^2 + 728.841^2} = 1444.77 \text{ m}$$

- Calcule de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{A^2}{2R} = \frac{L}{2} = \frac{139}{2} = 69.5 \text{ m}$$

- Abscisse De KE

$$X = L \left( 1 - \frac{L^2}{40 \times 2 \times R^2} \right) = 139 \left( 1 - \frac{139^2}{40 \times 2 \times 800^2} \right) = 138.90 \text{ m}$$

- Origine de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6R} = \frac{139^2}{6 \times 800} = 4.02$$

- Calcule de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \tan \frac{\gamma}{2} = 69.5 + (800 + 1) \tan \frac{16.27}{2} = 184 \text{ m}$$

- Calcul des coordonnées SL :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{138.9 + 4.02} = 138.95 \text{ m}$$

- Calcul de  $\sigma$  :

$$\sigma = \arctan \frac{Y}{X} = \arctan \frac{4.02}{139} = 1.84 \text{ grades}$$

- Calcule l'arc :

$$\alpha = (\gamma - 2\tau) = (18.08 - 2 \times 5.53) = 7.02 \text{ grades}$$

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{800 \times \pi \times 7.02}{200} = 88.22$$

- Calculez les coordonnées de point singulier :

$$K_{A1} = \begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + (S_1 S_2 - T) \sin G_{S1}^{S2} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + (S_1 S_2 - T) \cos G_{S1}^{S2} \end{cases}$$

$$K_{A1} = \begin{cases} X_{KA1} = 300964.997 + (635.43 - 184) \sin 48.256 \\ Y_{KA1} = 4052174.088 + (635.43 - 184) \cos 48.256 \end{cases}$$

$$X_{KA1} = 301275.33 \text{ m}$$

$$Y_{KA1} = 4052501.9 \text{ m}$$

$$K_{A2} = \begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \times \sin G_{S2}^{S3} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \times \cos G_{S2}^{S3} \end{cases}$$

$$K_{A2} = \begin{cases} X_{KA2} = 301401.838 + 184 \times \sin 66.33 \\ Y_{KA2} = 4052635.545 + 184 \times \cos 66.33 \end{cases}$$

$$X_{KA2} = 301560.70 \text{ m}$$

$$Y_{KA2} = 4052728.37 \text{ m}$$

$$K_{E1} = \begin{cases} X_{AE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(G_{S2}^{S1} - \sigma) \\ Y_{AE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos(G_{S2}^{S1} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} = \begin{cases} X_{AE1} = 301275.33 + 138.95 \times \sin(48.256 - 1.84) \\ Y_{AE1} = 4052501.9 + 138.95 \times \cos 48.256 - 1.84 \end{cases}$$

$$X_{AE1} = 301373.74 \text{ m}$$

$$Y_{AE1} = 4052600.004 \text{ m}$$

$$K_{E2} = \begin{cases} X_{AE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin(G_{S2}^{S3} + \sigma) \\ Y_{AE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos(G_{S2}^{S3} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} = \begin{cases} X_{AE2} = 301560.70 - 138.95 \times \sin(66.33 + 1.84) \\ Y_{AE2} = 4052728.37 - 138.95 \times \cos(66.33 + 1.84) \end{cases}$$

$$X_{AE2} = 301442.44 \text{ m}$$

$$Y_{AE2} = 4052655.55 \text{ m}$$

Coordonnées	X	Y
$K_{A1}$	<b>301275.33 m</b>	<b>4052501.9 m</b>
$K_{A2}$	<b>301560.70 m</b>	<b>4052728.37 m</b>
$K_{E1}$	<b>301373.74 m</b>	<b>4052600.004 m</b>
$K_{E2}$	<b>301442.44 m</b>	<b>4052655.55 m</b>

Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel PISTE 5.05 et sont joints dans l'annexe

***CHAPITRE VI :***  
***PROFIL EN LONG***

### **1. Introduction :**

La construction routière, consiste à réaliser non seulement le tracé en plan, mais aussi à concevoir un autre élément géométrique définie comme étant le profil en long.

Dans ce chapitre, le profil en long du projet sera réalisé selon les normes algériennes visant la sécurité des usagers.

### **2. Définition du profil en long :**

Le profil en long est la représentation de la projection de l'axe de la route sur un plan vertical. Cette représentation comprend des segments linéaires avec des pentes ascendantes et descendantes, ainsi que des courbes de raccordement circulaires ou paraboliques.

Les principaux critères de choix d'un profil en long sont les suivants :

- Assurer un bon drainage des eaux de pluie.
- Respecter les normes en matière de déclivité.
- Maintenir un rayon de courbure minimal (pour garantir le confort dans les angles entrants et assurer la visibilité dans les angles sortants).

### **3. Règles à respecter dans le tracé du profil en long :**

Il est obligatoire de respecter les valeurs des paramètres géométriques recommandées par le règlement en vigueur :

- Adapter le tracé au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité, on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Adhérer le tracé aux normes B40 pour les déclivités maximales et minimales.
- Pour garantir un bon écoulement des eaux, placer les zones sans dévers avec une pente de 0.5% du profil en long.

#### 4. Les éléments de composition du profil en long :

Le profil en long est constitué d'une succession de lignes droites (rampes et pentes) interconnectées par des courbes circulaires ou paraboliques. À chaque point du profil en long, il est essentiel de calculer :

- L'altitude du sol naturel,
- L'altitude du projet,
- La pente du projet.

#### 5. Coordination entre le tracé en plan et profil en long :

La synchronisation entre le tracé en plan et le profil en long revêt une importance capitale dans la conception et la construction des routes. Le tracé en plan dévoile la disposition horizontale des composants routiers tels que les courbes, les intersections et les virages, tandis que le profil en long révèle leur disposition verticale incluant les pentes, les hauteurs de remblai et les profondeurs de fouille.

Pour garantir une coordination efficace entre ces deux aspects, il est primordial de veiller à la cohérence et à la compatibilité des éléments du tracé en plan et du profil en long. Par exemple, une pente excessive sur le profil en long peut rendre une courbe impraticable sur le tracé en plan.

Il est également essentiel de distinguer clairement les obstacles et les points singuliers sur la chaussée, en laissant une marge de manœuvre ou d'arrêt suffisante.

Il est crucial aussi de prévoir à l'avance l'évolution du tracé sans induire en erreur ni distraire l'attention avec des ruptures ou des discontinuités. Il convient donc de rendre visible une portion de route d'une longueur au moins égale aux valeurs L indiquées dans le tableau V.1, correspondant aux distances d'adaptation moyennes pour les vitesses envisagées, celles-ci définissant la distance à laquelle le conducteur concentre normalement son attention pour une vitesse donnée.

**Tableau VI. 1.** Tableau 1. Valeur de longueur d'accommodation (B40)

Vr (km/h)	40	60	<b>80</b>	100	120
L(m)	200	300	<b>400</b>	600	800

Pour garantir un tracé optimal, il est également important de :

- Qu'on veillera soigneusement à assurer une lisibilité parfaite de la route et en particulier on évitera qu'une bifurcation se trouve immédiatement après le point haut du profil en long.
- Éviter toute altération en perspective de la courbure du tracé en plan au point le plus bas.

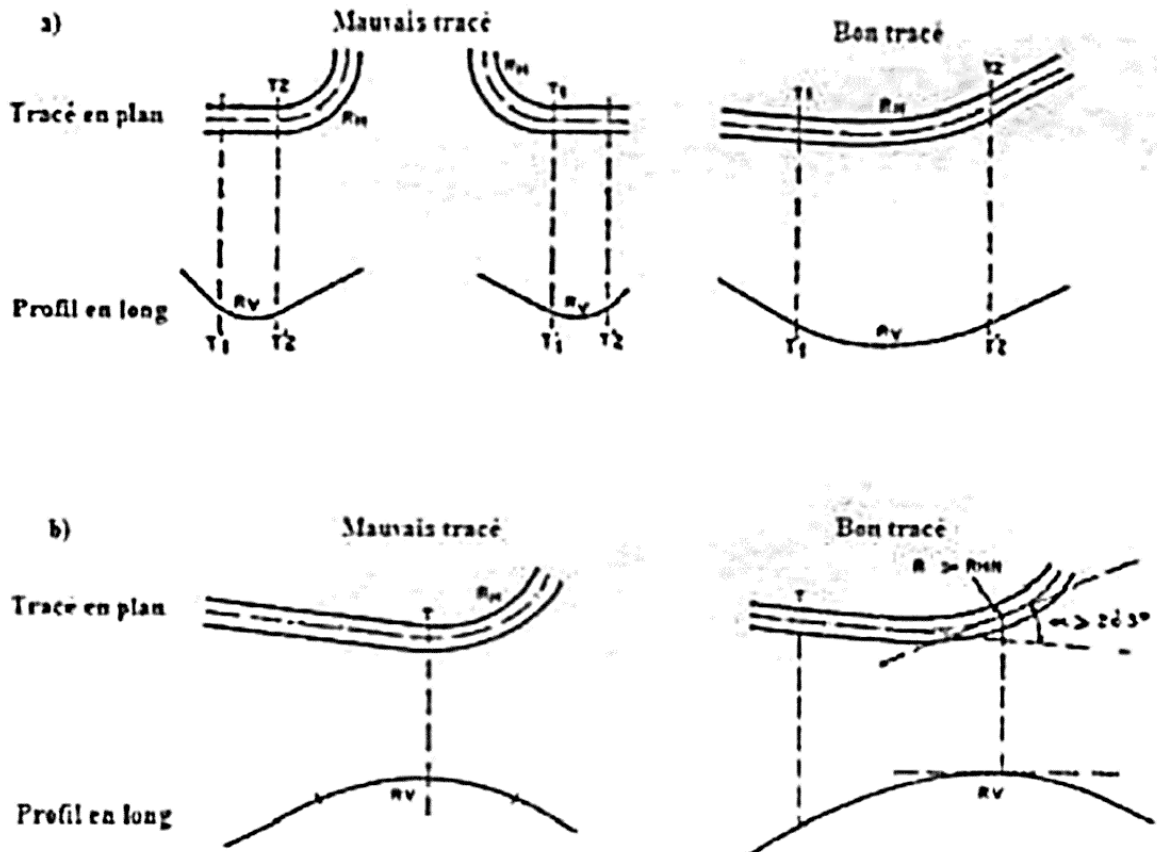


Figure VI. 1. Les éléments de coordination tracés en plan et profil en long

En outre, il est essentiel de :

- Garantir une anticipation suffisante avant et après les dos-d'âne afin d'éviter toute surprise pour l'utilisateur.
- Observer scrupuleusement les valeurs minimales du rapport  $n$  entre la visibilité en virage (RV) et la distance d'arrêt (RH) conformément au tableau .2.

Tableau VI. 2. Valeur du rapport RV/RH

largeurs de chaussée (m)	5	6	7	10.5	12	14
RV/RH $\geq$ n	3.5	4	5	8	9.5	11

## 6. Raccordements en profil en long :

Le profil en long d'une route présente des points critiques là où la déclivité subit des changements abrupts. Pour garantir la sécurité et le confort des conducteurs, il est essentiel d'atténuer ces variations en incorporant des raccordements circulaires. Ces raccordements doivent répondre à des normes strictes en termes de visibilité et de confort. Il existe deux types principaux de raccordements :

### a. Raccordements convexes (angle saillant) :

La figure représente un schéma d'un raccordement convexe. Les rayons minimums autorisés pour les raccordements paraboliques dans les angles saillants sont calculés en prenant en compte la position de l'œil humain, la présence d'obstacles, ainsi que les distances de freinage et de visibilité requises. La conception de ces raccordements doit respecter la condition de confort et de visibilité.

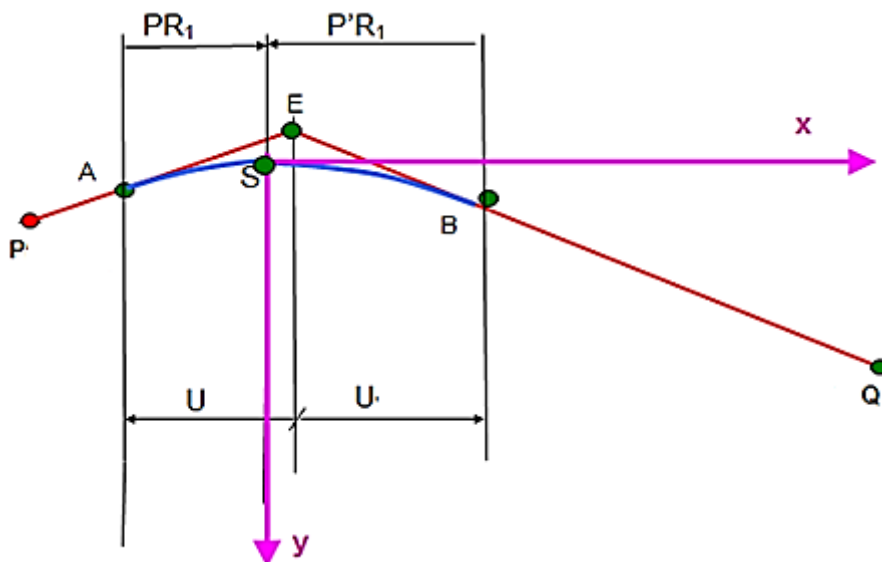


Figure VI. 2. Raccordements convexes (angle saillant)

❖ **Éléments de raccordement convexe (angle saillant) :**➤ **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à «  $g/40$  (CAT 1-2) et  $g/30$  (3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à:

$$v^2/R_v < g/40g = 10(m/s^2) \quad \text{et } v = V/3.6$$

$$D'où \begin{cases} R_v \geq 0.3V^2 & (\text{cat. 1 - 2}) \\ R_v \geq 0.23V^2 & (\text{cat. 3 - 4 - 5}) \end{cases}$$

Dans notre cas  $R_v \text{ min} = 0.3 V^2$  ainsi que :

Où :

- $R_v$  : c'est le rayon vertical (m) et
- $V$  : vitesse de référence (km/h).
- 

➤ **Condition de visibilité :**

Un aspect crucial dans l'établissement du profil en long d'une route est d'assurer une visibilité adéquate.

Il est impératif que deux véhicules se déplaçant en sens contraire puissent se repérer mutuellement à une distance d'au moins deux fois la distance d'arrêt.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante:

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

Où :

- $d$  : Distance d'arrêt (m)
- $h_0$  : Hauteur de l'œil (m).
- $h_1$  : Hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés dans le tableau qui suit en fonction de  $V_r$  et la catégorie de la route.

Tableau VI. 3. Rayon en angle saillant

Vr(km/h) RV(m)	40	60	80	100	120
<b>CAT 1 – 2</b>					
<b>Chaussée unidirectionnelle</b>					
<b>RV m1</b>	300	1000	2500	6000	12000
<b>RVn1</b>	1000	2500	6000	12000	18000
<b>Chaussée bidirectionnelle</b>					
<b>RVm2</b>	500	1500	4500	10000	20000
<b>RVn2</b>	1500	4500	10000	20000	20000
<b>RVd</b>	2500	6000	110000	20000	30000
<b>CAT 3 – 4 – 5</b>					
<b>Chaussée unidirectionnelle</b>					
<b>RVm1</b>	250	800	2000	4500	10000
<b>RVn1</b>	800	2000	4500	10000	15000
<b>Chaussée bidirectionnelle</b>					
<b>RVm2</b>	450	1300	3500	8000	16000
<b>RVn2</b>	1300	3500	8000	16000	16000
<b>RVd</b>	2300	5000	9000	16000	27000

**b. Raccordement concave (angle rentrant) :**

La figure.3 représente un raccordement concave. 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 [2] :

$$RV' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.03d_1)}$$

Où :

RV' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d1 : distance d'arrêt.

❖ Rayon minimal absolu :

$$RV'm = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.03d_1)}$$

$$Rv'm (Vr) = 0.3V_r^2$$

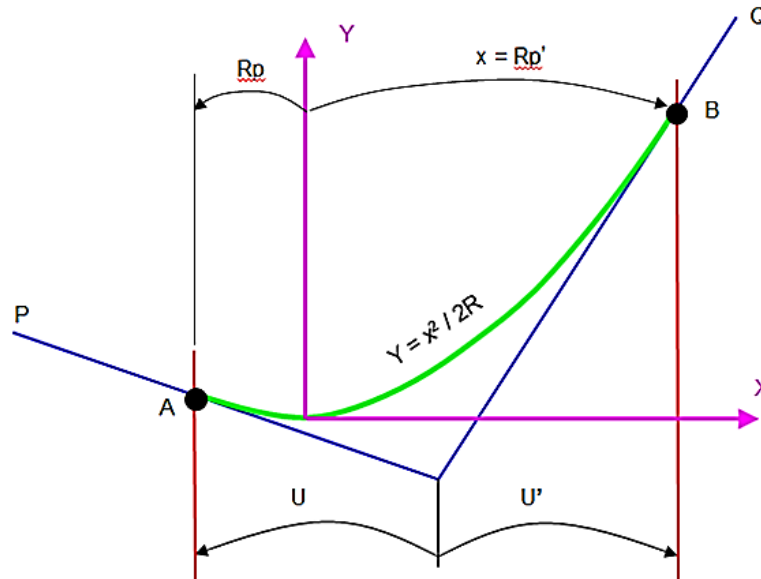


Figure VI. 3. Élément de Raccordement concave (angle rentrant)

❖ Rayon minimal normal :

Les rayons verticaux minimaux normaux pour les angles rentrants sont calculés en utilisant la formule suivante:

$$RV'N = RV'm'(vr + 20)$$

Le tableau qui suit représente les valeurs des rayons en angle rentrant selon les normes B40.

Tableau VI. 4. Rayon en angle rentrant

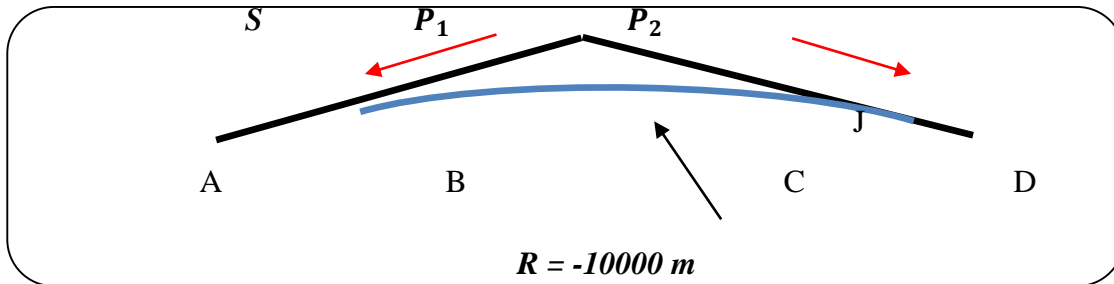
Vr(km/h) RV(m)	40	60	80	100	120
<b>CAT 1 – 2</b>					
<b>RV m1</b>	500	1200	1400	3000	4200
<b>RVn1</b>	1200	2400	3000	4200	6000
<b>CAT 3 – 4 – 5</b>					
<b>RVm2</b>	500	1100	1600	2400	3500

<b>RVn2</b>	1100	1600	2400	3500	4500
-------------	------	------	------	------	------

Pour notre projet on a  $V_r = 80$  km/h et catégorie 2 ; chaussée bidirectionnelle.

**7. Application de projet :**

- Exemple de calcul du profil en long :



$$A = \begin{cases} S_A = 0.00 \\ Z_A = 321.094 \end{cases} \quad S = \begin{cases} S_S = 925.000 \\ Z_S = 282.80 \end{cases} \quad D = \begin{cases} S_D = 2046.667 \\ Z_D = 230.90 \end{cases}$$

- Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta S_1} = \frac{282.80 - 321.094}{925.00 - 0} = -0.04139$$

$$P_1 = -4.139 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta S_2} = \frac{230.90 - 282.80}{2046.667 - 925.00} = -0.04627$$

$$P_2 = -4.627 \%$$

- Calcul des tangentes :

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, et (-) s'ils sont dans le même sens

$$T = \frac{R}{2} \times (|P_1 \mp P_2|) = \frac{+10000}{2} \times (0.0414 - 0.04627) = 24.36$$

$$T = 24.36 \text{ m}$$

- Calcul des flèches :

$$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{(24.36)^2}{2 \times 10000} = 0.03$$

$$H = 0.03 \text{ m}$$

- Calcul des coordonnées des pointes :

$$B = \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T \cdot |P_1| \end{cases} = B = \begin{cases} X_B = 925.00 - (24.36) \\ Z_B = 282.80 - (24.36 \times 0.0414) \end{cases}$$

$$X_B = 900.64 \text{ m}$$

$$Z_B = 283.81 \text{ m}$$

$$C = \begin{cases} X_C = X_S + T \\ Z_C = Z_S + T \cdot |P_2| \end{cases} = C = \begin{cases} X_C = 925 + 24.36 \\ Z_C = 282.80 + (24.36 \times 0.0462) \end{cases}$$

$$X_C = 949.36 \text{ m}$$

$$Z_C = 281.67 \text{ m}$$

$$J = \begin{cases} X_J = X_B + R \cdot |P_1| \\ Z_J = Z_B + R \cdot P_1 \cdot P_1 - \frac{(R \cdot P_1)^2}{2R} \end{cases}$$

$$J = \begin{cases} X_J = 900.64 - (-10000) \times -0.0413 \\ Z_J = 283.81 + (10000) \times (0.0414) \times (0.0414) - \frac{(10000 \times (0.0414))^2}{2 \times 10000} \end{cases}$$

$$X_J = 1314.63 \text{ m}$$

$$Z_J = 292.38 \text{ m}$$

- Calcule la longueur de la courbe :

$$L = 2 \times T = 2 \times 24.36 =$$

$$L = 48.72 \text{ m}$$

Les calculs de profil en long sont faits à l'aide du logiciel **PISTE 5.05** et sont joints dans l'annexe.

***CHAPITRE VII :***  
***PROFIL EN TRAVERS***

## 1. Introduction :

Le profil en travers d'une route est représenté par une coupe dans le sens transversal menée selon un plan perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

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

## 2. Différents types de profils en travers :

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant

### a. Profil en travers type :

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

Il contient tous les éléments constructifs dans toutes les situations (remblai, déblai).

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 métré des terrassements.

### b. Profil en travers courants :

Le profil en travers courant est une pièce dessinée dans les projets basés sur le profil en travers type et à des distances régulières qui servent à calculer les cubatures.

## 3. Les éléments du profil en travers :

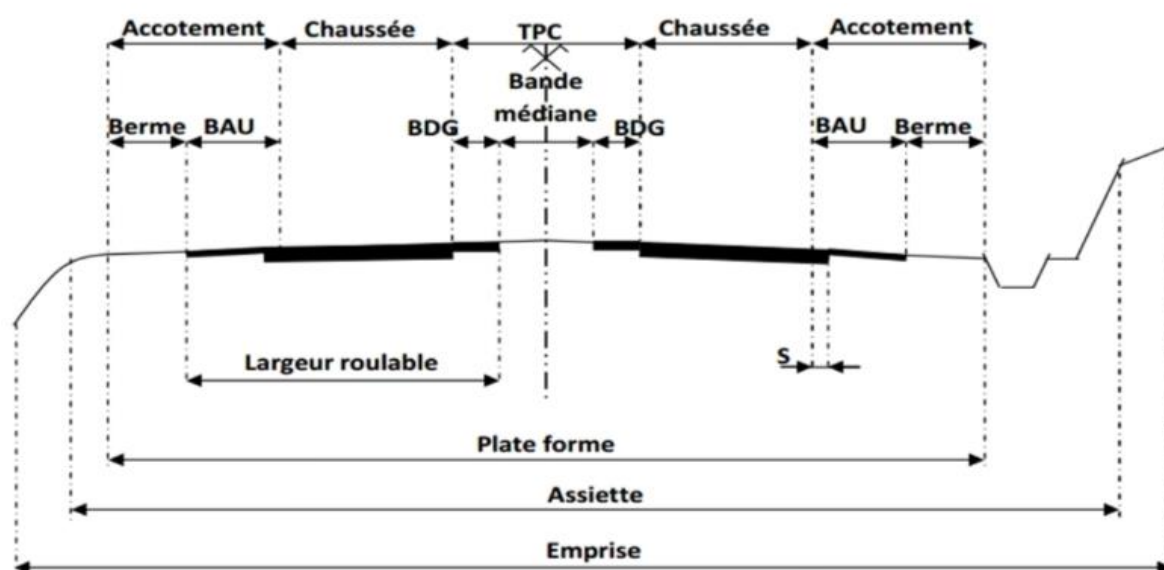


Figure VII. 1. Les éléments du profil en travers

Le profil en travers est constitué par les éléments suivants :

- **La chaussée :**

La chaussée est une surface aménagée à la circulation des véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussées séparées par un terre-plein central.

- **La voie:**

La voie est une bande de la chaussée correspondant à la largeur de véhicules qui circulent dans un seul sens.

- **La largeur roulable :**

La largeur roulable comprend les sur-largeurs de la chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt d'urgence.

- **La plateforme :**

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

- **L'assiette :**

C'est la surface du terrain réellement occupée par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

- **L'emprise :**

L'emprise d'une route est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité c'est-à-dire les limites du domaine public.

- **Les accotements :**

Est une zone latérale de la plateforme qui borde extérieurement la chaussée. Il peut être dérasé ou sur élevé. Il comprend une zone de sécurité, bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme.

- **La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :**

La B A U facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule. Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.

- **La berme :**

La berme : est située à l'extérieur de la bande dérasée ou de la bande d'arrêt d'urgence (BAU) est généralement engazonnée. Elle supporte d'éventuels panneaux de signalisation et équipements (glissière de sécurité en particulier).

- **Terre-plein central :**

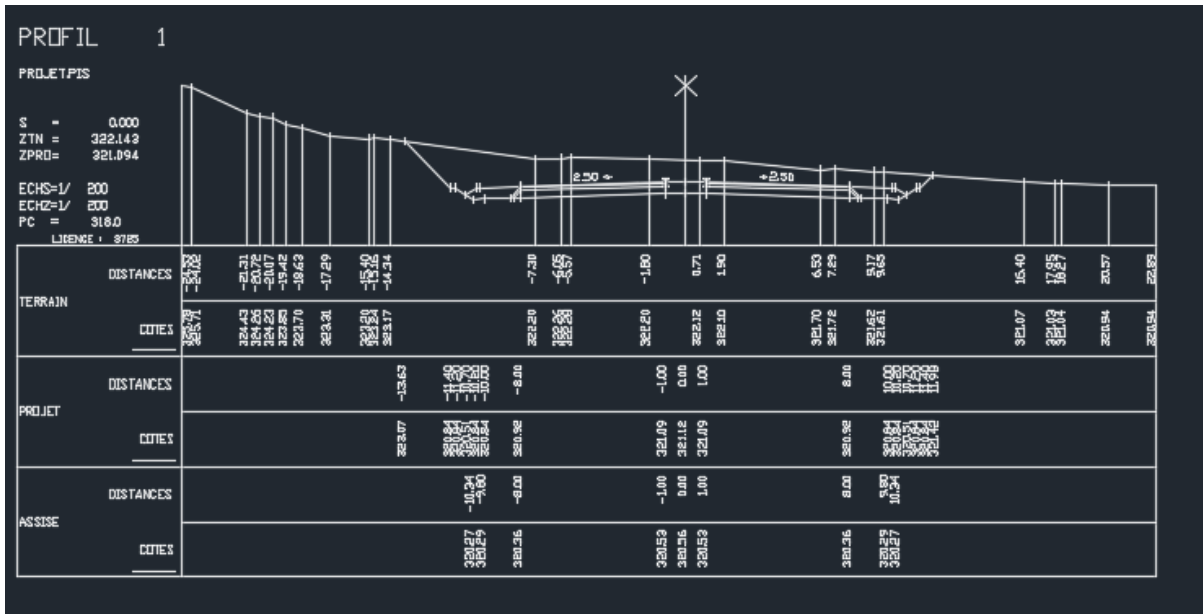
Le T.P.C assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

### 4. Application au projet:

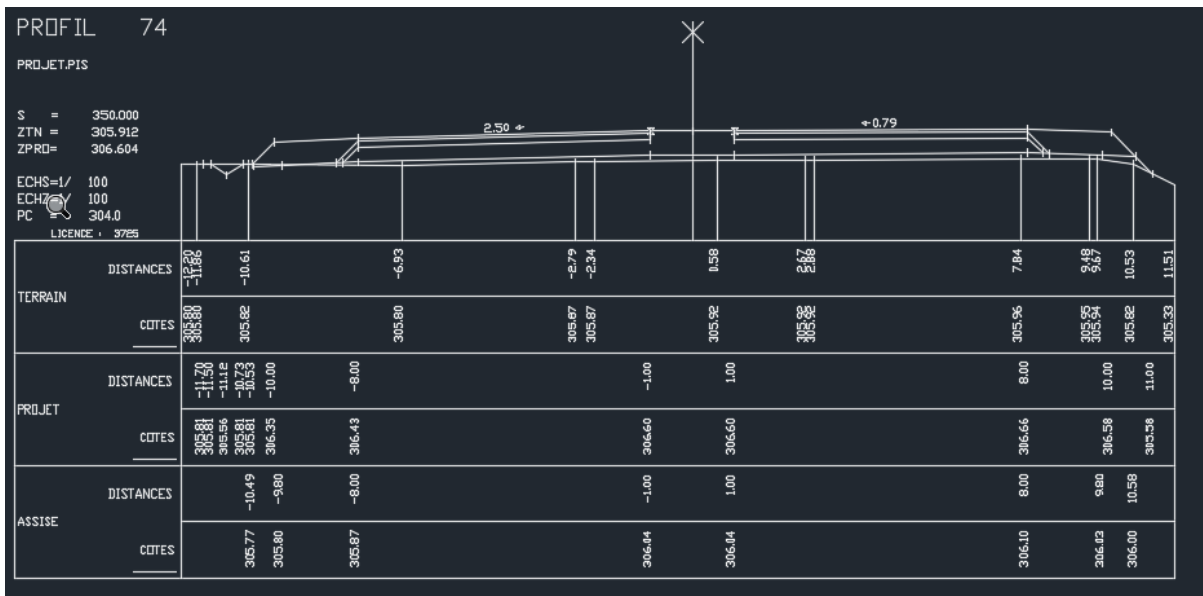
- ✓ Chaussée : Deux chaussées à deux voies de 3.50 m séparées par un terre-plein
- ✓ Terre-plein centrale : 1 x 2.5 m
- Accotement : 2 x 1.8 m

La longueur totale de la plateforme est de : 20.1 m.

#### ➤ Déblai



➤ Remblai



***CHAPITRE VIII:***  
***CUBATURE***

## **1. Introduction :**

La réalisation d'un ouvrage de génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté. Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du 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.

## **2. Définition :**

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

Le profil en long et le profil 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.

## **3. Terrassement :**

D'une façon générale, tout mouvement des terres (remblai ou déblai) constitue un terrassement. creuser une fouille, une rigole ou plus généralement modifier le relief du sol dont le but de construire des ouvrages, d'aménager les routes ou pour réaliser des canalisations diverses (galeries, regards...). on distingue dans les terrassements trois phases essentielles : l'extraction le transport et la mise en remblai ou en dépôt.

**Le déblai :** il consiste à extraire les terres avec des engins mécaniques selon la profondeur donnée par le topographe. le déblai peut être utilisé comme remblai, s'il est consistant et s'il répond aux normes techniques.

**Le remblai :** les matériaux de terrassement mis en œuvre par compactage et destinée à surélever le profil d'un terrain ou à combler une fouille. le remblai consiste à rapporter des terres afin de relever le niveau.

## **4. Cubature de terrassement :**

Cubature de terrassement: est une opération qui consiste à déterminer les volumes des terres (déblais remblais) dans un projet. autrement dit, c'est une opération qui consiste à déterminer la quantité des terres à évacuer en cas de déblais et à apporter en cas de remblais dans un projet routier.

**5. Méthode de calcul :**

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi les quelles on cite: ✓ La méthode linéaire. ✓ La méthode SARRAUS (méthode des moyennes des aires). ✓ La méthode GULDEN.

**a. 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.

**b. Méthode de SARRAUS :**

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

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

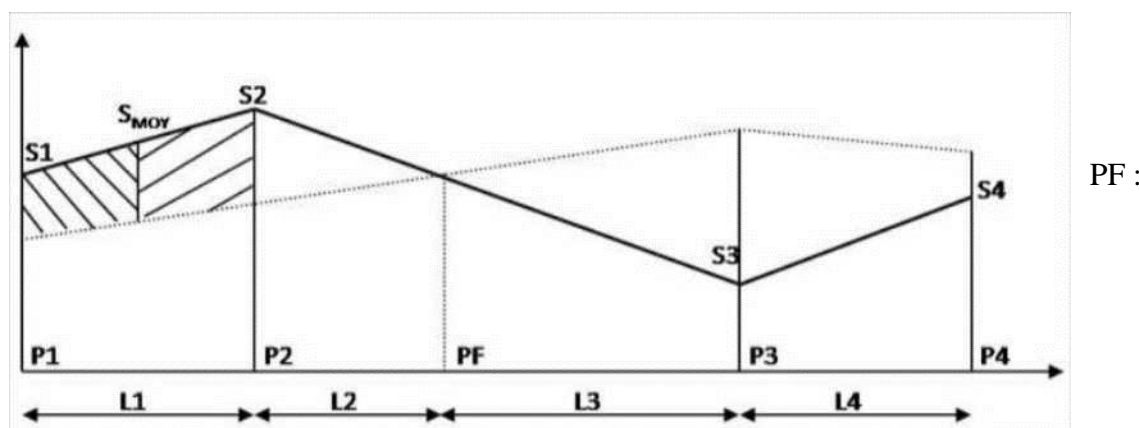


Figure VIII. 1. Les surface de formule du sarrau

profil fictif, surface nulle.

- Si : surface de profil en travers Pi.

-Li : distance entre deux profils.

-S<sub>Moy</sub> : surface intermédiaire.

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisine

les deux expressions  $S_{Moy}$  et  $\frac{(S_1 + S_2)}{2}$

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

Donc les volumes seront comme suivis :

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 : V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } PF : V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_1 + 0)$$

$$\text{Entre } PF \text{ et } P_3 : V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$$

$$\text{Entre } P_3 \text{ et } P_4 : V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$$

**c. Méthode de GULDEN :**

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée. pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement de 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, voir la figure

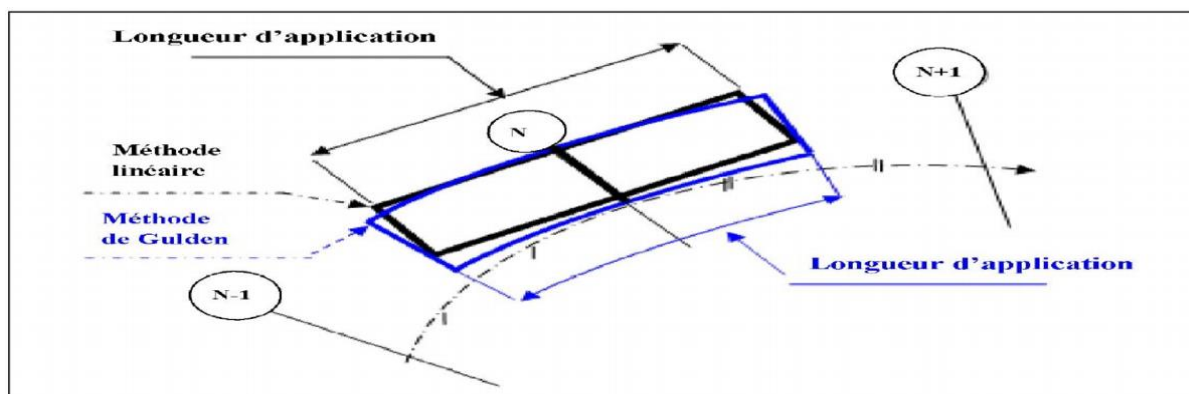


Figure VIII. 2. Méthode de Gulden

**d. Application de projet :**

Pour le cas de notre projet on a utilisé le logiciel PISTE pour le calcul des cubatures.

REMBLAI	46793 m <sup>2</sup>
DEBLAI	236735 m <sup>2</sup>

***CHAPITRE IX:***  
***ASSAINISSEMENT***

## **1. Introduction :**

L'eau quel que soit son origine dans la nature (pluie, eau infiltrée dans le sol, cours d'eau, canaux d'irrigation, etc.) pose à l'ingénieur routier des problèmes multiples et complexes (inondation ; glissement de terrain, érosion, instabilité des talus, et dégradation de chaussée).

L'assainissement routier comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer rapidement toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, curettes, rigoles, gondoles, etc....
- **Les drainages:** Ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes).
- **Les canalisations:** ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs,).

## **2. Objectifs de l'assainissement routier :**

Trois grands principes doivent toujours être présents à l'esprit lors de l'étude d'assainissement d'un projet routier:

### ***a. La sécurité de l'utilisateur :***

Il faut éviter que l'eau stagne sur la chaussée afin d'éviter les problèmes d'aquaplanage, de verglas et de projections d'eau entraînant des pertes de visibilité. Il est nécessaire de réaliser des ouvrages qui ne soient pas des obstacles.

### ***b. La protection de la route :***

Pour faire durer la structure de chaussée, il faut: drainer l'eau qui s'infiltré dans le corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel). Éviter que les écoulements naturels ou le ruissèlement ne détériorent une partie du projet.

### ***c. La protection des milieux récepteurs :***

La protection de la ressource en eau et des écosystèmes, qui entre dans le cadre du développement durable, constitue aujourd'hui un enjeu majeur et exige la mise en œuvre de mesures appropriées vis-à-vis de la pollution d'origine routière.

### 3. Assainissement de la chaussée :

L'assainissement d'une voie routière doit régler plusieurs types de problèmes posés par l'eau. La création de la route perturbe les écoulements naturels. Il faut donc rétablir les écoulements par des ouvrages suffisamment dimensionnés.

- ❖ Ces écoulements servent souvent d'exutoires aux eaux de plate-forme. Leurs débits seront donc augmentés et les risques de pollution accrus. Ces impacts doivent être évalués et corrigés si nécessaire par des moyens appropriés.
- ❖ Les eaux recueillies par la plate-forme doivent également être collectées et évacuées. Il faut donc dimensionner correctement l'ensemble du réseau de recueil des eaux de plate-forme.

Le réseau d'assainissement routier est composé de:

- Réseaux longitudinaux sur la plate-forme
- Réseaux longitudinaux en dehors de la plate-forme.
- Liaisons transversales.
- ouvrages de raccordement.
- Ouvrages de contenance et de dépollution.
- Exutoires.

### 4. Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

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

$$Q_a = Q_s$$

**Q<sub>a</sub>**: Débit d'apport en provenance du bassin (m<sup>3</sup>/s).

**Q<sub>s</sub>**: Débit d'écoulement au point de saturation (m<sup>3</sup>/s).

Le débit d'apport est calculé en appliquons la formule de la méthode rationnelle :

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

**K** : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s).

**I** : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

**C** : coefficient de ruissellement.

**A** : aire du bassin versant (m<sup>2</sup>).

*a. Coefficient de ruissellement*

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après:

**Tableau IX. 1.** Coefficient de ruissellement.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtu en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement (sol légèrement perméable)	0,15 à 0,40	0,40
talus	0,10 à 0,30	0,30
Terrain naturel	0,05 à 0,20	0,20

**b. Détermination de l'intensité :**

➤ **Calcul de la précipitation :**

D'après GALTON, le calcul de la pluie journalier maximal annuel de fréquence donnée s'effectue par la formule suivante :

$$P_j(\%) = \left[ \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[ e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \right]$$

Avec :

P<sub>j</sub> : Pluie moyenne journalier

C<sub>v</sub> : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

**Tableau IX. 2.** variation de Gauss.

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

- Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

➤ **Calcul de la fréquence d'averse :** On la détermine par la formule :

$$P_{tc_{10\%}} = P_{jmax}(\%) \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

Pt : hauteur de pluie de durée t (mm)

PJ : pluie journalière maximale annuelle.

b : l'exposant climatique de la région.

T: temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu' à son exutoire ou le point de calcul).

### c. Temps de concentration

La durée  $t_c$  de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

1- Lorsque  $A < 5 \text{ km}^2$  :

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

2- Lorsque  $5 \text{ km}^2 \leq A \leq 25 \text{ km}^2$  :

$$T_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[8]{AxL}}{\sqrt{P}}$$

3- Lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A \leq 200 \text{ km}^2$  :

$$T_c = \frac{\sqrt[4]{A}}{0.8} + \frac{1.5 \times L}{\sqrt{H}}$$

Tc : temps de concentration (heure).

A : superficie du bassin versant.

L : longueur de bassin versant (km).

P : pente moyen du bassin versant (m.p.m).

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

### d. L'intensité horaire

$$I_t = \left(\frac{P_j}{24}\right) \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$$

**I** : l'intensité de la pluie (mm/h).

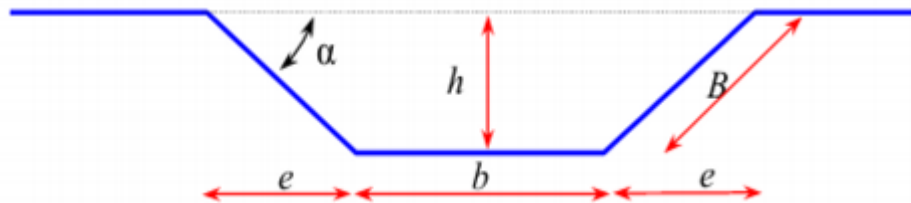
**T<sub>c</sub>** : temps de concentration (heure).

**P(t)** : hauteur de la pluie de durée **t<sub>c</sub>**(mm).

**e. Calcul de débit de saturation (Q)**

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

La forme transversale de la fosse est trapézoïdale est donnée dans la figure ci-dessous :



**Figure IX. 1.** fosse trapézoïdale

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant: la base fixée :  $b = 50 \text{ cm}$  ; la pente du talus aussi fixée  $\frac{1}{n} = \frac{1}{1.5}$

$$Q_a = Q_s = K \times C \times I t \times A = S_m \times K_{ST} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$$

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

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_T \quad \begin{cases} Q_c = K \cdot C_c \cdot A_c \cdot I: \text{Débit apporter par la chaussée} \\ Q_A = K \cdot C_A \cdot A_A \cdot I: \text{Débit apporter par l'accotement} \\ Q_T = K \cdot C_T \cdot A_T \cdot I: \text{Débit apporter par le talus} \end{cases}$$

## 5. Application de projet :

D'après les observations effectuées à la station météorologiques on a :

- Pluie moyenne journalière  $P_{jmoy} = 76 \text{ mm}$ .
- L'exposant climatique  $b = 0,28$ .
- Le coefficient de variation climatique  $Cv = 0,37$ .

### 5.2. Début d'apports :

➤ Calcule pluie journalière maximale annuelle  $P_j$ :

$$P_j(\%) = \left[ \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[ e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \right]$$

- Pour période de retour 10 ans

$$P_{jmoy} = 76 \text{ mm} \quad ; Cv = 0,37 \quad ; u = 1.282$$

$$P_j(10\%) = \left[ \frac{76}{\sqrt{0.37^2 + 1}} \right] \times \left[ e^{1.282 \sqrt{\ln(0.37^2 + 1)}} \right] = 112.81 \text{ mm}$$

- Pour période de retour 50 ans

$$P_{jmoy} = 76 \text{ mm} \quad ; Cv = 0,37 \quad ; u = 2.057$$

$$P_j(50\%) = \left[ \frac{76}{\sqrt{0.37^2 + 1}} \right] \times \left[ e^{2.057 \sqrt{\ln(0.37^2 + 1)}} \right] = 148.91 \text{ mm}$$

- Pour période de retour 100 ans

$$P_{jmoy} = 76 \text{ mm} \quad ; Cv = 0,37 \quad ; u = 2.372$$

$$P_j(100\%) = \left[ \frac{76}{\sqrt{0.37^2 + 1}} \right] \times \left[ e^{2.372 \sqrt{\ln(0.37^2 + 1)}} \right] = 166.70 \text{ mm}$$

▪ Pluie de courte durée a différentes fréquence 10 ans

Pour une durée de 24 heures :

$$P_{tc_{10\%}} = P_{jmax}(\%) \times \left( \frac{t_c}{24} \right)^b$$

$$P_{tc_{10\%}} = 112.81 \times \left( \frac{0.25}{24} \right)^{0.28} = 31.42 \text{ mm}$$

➤ Calcul de l'intensité de pluie :

$$I = \frac{P_{tc(10\%)}}{t_c} = \frac{31.42}{0.25} = 125.68 \text{ mm/h}$$

**La surface de bassin versant :** On considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), on calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total.

$$\begin{aligned} \text{Donc :} \quad Q_a &= Q_c + Q_A + Q_t \\ Q_c &= I.C_c.A_c \\ Q_A &= I.C_A.A_A \\ Q_t &= I.C_t.A_t \end{aligned}$$

Avec :

- ✓  $Q_c$  : débit rapporté par la chaussée.
- ✓  $Q_A$  : débit rapporté par l'accotement.
- ✓  $Q_t$  : débit rapporté par le talus.
- ✓  $C_c$  : coefficient de ruissellement de la chaussée.
- ✓  $C_A$  : coefficient de ruissellement de l'accotement
- ✓  $C_t$  : coefficient de ruissellement du talus.
- ✓  $A_c$  : surface de la chaussée.
- ✓  $A_A$  : surface de l'accotement.
- $A_t$  : surface du talus.

**Calcul de surface :** On prend 100 m de longueur pour le cas plus défavorable :

- La surface de la chaussée :  $A_c = 7 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.07 \text{ ha}$
  - La surface de l'accotement :  $A_A = 1,8 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.018 \text{ ha}$
  - La surface du talus :  $A_t = 10 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.1 \text{ ha}$
- $$A = A_c + A_A + A_t = 0.07 + 0.018 + 0.1 = 0.188 \text{ ha}$$

➤ **Le débit apporté par la chaussée :**

$$C : 0.9, I(10\%) = 4.635 \text{ mm/h}, A = 0.07 \text{ ha}, K = 0.2778. p = 2.5$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.07}{2.5}} = 0.021 \text{ heures}$$

$$I_t = I_{(10\%)} \left( \frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 4.635 \left( \frac{0.021}{24} \right)^{0.28-1} = 737.57 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a) \text{ chaussée} = 2.778 \times 0,9 \times 737.57 \times 10^{-3} \times 0.07 = 0.1291 \Rightarrow$$

$$(Q_a) \text{ chaussée} = 0.1291 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Le débit apporté par le talus**

$$C = 0.3, I(10\%) = 4.635 \text{ mm/h}; A = 0.1 \text{ ha}. P = 100\%$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.1}{100}} = 0.004 \text{ heures}$$

$$I_t = I_{(10\%)} \left( \frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 4.635 \left( \frac{0.004}{24} \right)^{0.28-1} = 2433.9 \text{ mm/h}$$

$$(Q_t) \text{ talus} = 2.778 \times 0,3 \times 2433.9 \times 10^{-3} \times 0.1 = 0.20 \Rightarrow (Q_t) \text{ talus} = 0.2028 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Le débit apporté par L'accotement :**

$C=0.4$  ,  $I(10\%)=4.635\text{mm/h}$  ,  $A=0.018\text{ ha}$  ,  $P=4\%$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.018}{4}} = 0.008 \text{ heures}$$

$$I_t = I_{(10\%)} \left( \frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 4.635 \left( \frac{0.008}{24} \right)^{0.28-1} = 1497.57 \text{ mm/h}$$

(Q a) accotement =  $2.778 \times 0,4 \times 1497.57 \times 10^{-3} \times 0.018 = 0.20 \Rightarrow$  (Q a) accotement =  $0.0299 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_a = 0.128 + 0.20 + 0.029 \Rightarrow Q_a = 0.3619$$

$$Q_a = 0,3619 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.3. Dimensionnement des fosses :

Pour calcul H , on utilise de la méthode rationnelle :

a) **Calcul du périmètre mouille :**

$$P_m = b + 2B$$

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (h^2 \times n^2)} = h \times \sqrt{1 + n^2}$$

$$P_m = b + 2h \times \sqrt{1 + n^2}$$

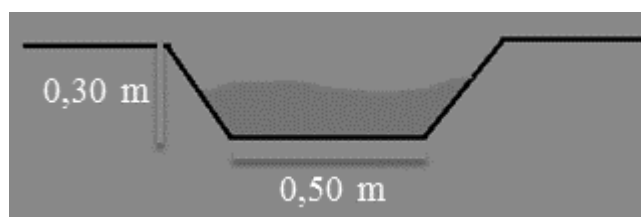
b) **Calcul le rayon hydraulique :**

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

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant: la base fixée :  $b = 50 \text{ cm}$  ; la pente du talus aussi fixée  $\frac{1}{n} = \frac{1}{1.5}$

$$Q_a = Q_s = K \times C \times I_t \times A = S_m \times K_{ST} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$$

$$K = 0,03574/\sqrt{0.01} = 0,357 \text{ m}^3/\text{s}$$



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

**KST=70, b =0.5m, n =1.5 , J =2%**

$$0.3619 = 70 \times [h(0.5 + 1.5 \times h)] \times \left[ \frac{h(0.5 + 1.5 \times h)}{0.5 + 2h \times \sqrt{1 + 1.5^2}} \right]^{2/3} \times 0.02^{1/2}$$

Les résultats du calcul itératif sont représentés sur le tableau suivant :

**Tableau IX. 3.** calcul de la hauteur h

Hauteur H(m)	Largeur fossé b(m)	Coefficient de pente n (p=1/n)	Kst	pente J (%)	Section mouillée sm (m <sup>2</sup> )	Périmètre mouillé pm (m)	Rayon hydraulique Rh (m)	Qs (m <sup>3</sup> /s)
0,05	0,5	1,5	70	2	0,029	0,680	0,042	0,0345
0,1	0,5	1,5	70	2	0,065	0,861	0,076	0,1150
0,18	0,5	1,5	70	2	0,139	1,149	0,121	0,3350
0,1875	0,5	1,5	70	2	0,146	1,176	0,125	0,3617
0,2	0,5	1,5	70	2	0,160	1,221	0,131	0,4086

Après un calcul itératif je trouve : **h = 0.187 m .**

On retient: **h = 0.3 m**

#### 5.4. Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses on prend  $Q_a = Q_s$

$$Q_s = K_{ST} \cdot i^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$

$S_m$ : surface mouillée =  $\frac{1}{2} \pi R^2$  (pour une hauteur de remplissage égale à  $0.75\Phi$ )

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi \frac{R^2}{2}}{2\pi \left(\frac{R}{2}\right)} = \frac{R}{2}$$

$$R_h : \text{rayon hydraulique} = \frac{R}{2}$$

Kst =80 (pour les buses)

i: la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s. pour notre cas :  $i = 1 \%$

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \sqrt{I}} = 0.122 \text{ m}$$

Le débit est assuré pour un diamètre  $D = 2R = 244 \text{ mm}$  On prend  $D \phi 600 \text{ mm}$

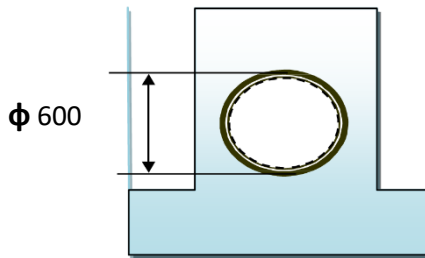


Figure IX. 2. Buse

***CHAPITRE XI:  
SIGNALISATION***

## **1. Introduction :**

La signalisation routière joue un rôle primordial dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans une très bonne condition (vitesse, sécurité), il est néanmoins rappelé que:

- Les supports des panneaux de signalisation ne doivent pas empiéter sur les bandes dérasées de droites et de gauche, ils sont placés le plus loin possible des surfaces accessibles aux véhicules.
- Les supports de portiques, potence etc., doivent être généralement isolés par des glissières de sécurité.

## **2. Objectifs de signalisation routière :**

La signalisation routière a pour rôle:

- > De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.
- > De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- > D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.
- > De donner des informations relatives à l'usager de la route.

## **3. Types de signalisation :**

On distingue deux types de signalisation :

- > Signalisation verticale
- > Signalisation horizontale

### **1. Marques longitudinales :**

- > **Lignes continues :**

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

> **Lignes discontinues :**

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elles se différencient par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau XI. 1.** Modulation de la ligne continue

<b>Type de modulation</b>	<b>Longueur du trait (en mètres)</b>	<b>Intervalle entre deux traits successifs (mètres)</b>	<b>Rapport plein vide</b>
<b>T1</b>	<b>3.00</b>	<b>10.00</b>	<b>Environ1/3</b>
<b>T'1</b>	<b>1.50</b>	<b>5.00</b>	
<b>T2</b>	<b>3.00</b>	<b>3.50</b>	<b>Environ1</b>
<b>T'2</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	
<b>T3</b>	<b>3.00</b>	<b>1.33</b>	<b>Environ3</b>
<b>T'3</b>	<b>20.00</b>	<b>6.00</b>	

**2. Marques transversales :****• Marques sur chaussée :****– Les lignes mixtes :**

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

**– Lignes transversales :**

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

**– Ligne stop :**

C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

**– Autres signalisation****– Largeur des lignes :**

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

- **U = 7.5 cm** sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- **U = 6 cm** sur les routes et voies urbaines.
- **U = 5 cm** sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5cm.

**4. Les critères de conception de la signalisation :**

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

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

5. Application au projet :

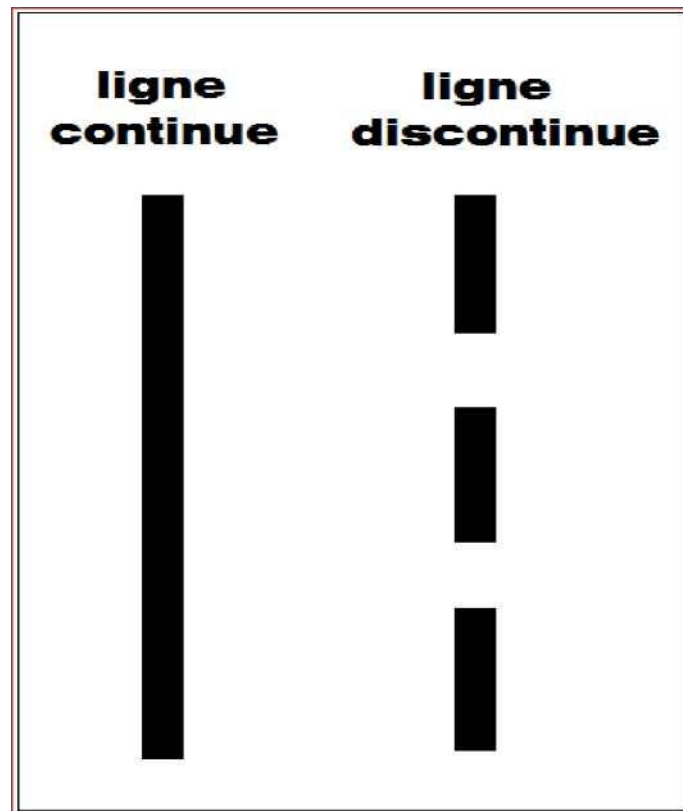


Figure XI. 1. Signalisation horizontale

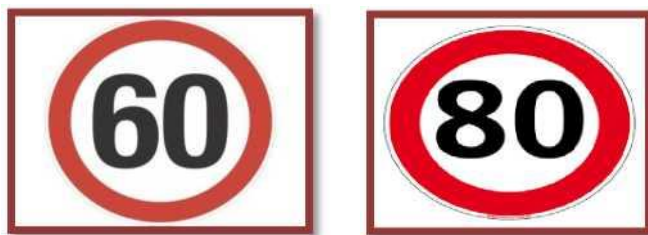


Figure XI. 2. signalisation verticale

**Devis quantitatif et estimatif**

<i>Désignation</i>	<i>Unité</i>	<i>Quantité</i>	<i>PU : DA</i>	<i>Prix : DA</i>
<b>1- Terrassement</b>				
<i>Déblais</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	236735	300	<b>98020500</b>
<i>Remblais</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	46793	850	<b>3977405</b>
<b>TOTAL 1</b>				<b>101997905</b>
<b>2- Chaussée</b>				
<i>Couche de forme en GNT ep= 60 cm</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	41947.315	800	<b>33557852</b>
<i>Couche de fondation GNT</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	24921	2000	<b>49842000</b>
<i>Couche de base GB (2.2t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>t</i>	90501	7500	<b>678757500</b>
<i>Couche de revêtement BB (2.4t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>t</i>	8389.46	10000	<b>83894630</b>
<i>Accotement en TVO</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	5350	2400	<b>12840000</b>
<b>TOTAL 2</b>				<b>858891982</b>
<b>Terre plain centrale</b>				
<i>Terre végétale</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	2996.23	800	<b>2396986</b>
<b>TOTAL 3</b>				<b>2396986</b>
<b>4- Assainissement</b>				
<i>1- Fosses</i>	<i>ml</i>	<b>65</b>	<b>30000</b>	<b>1950000</b>
<i>2- Buses Ø 600</i>	<i>ml</i>	<b>2430</b>	<b>3000</b>	<b>7290000</b>
<b>TOTAL 4</b>				<b>9240000</b>
<b>4- Signalisation</b>				
<b>1- Signalisation horizontale</b>				
<i>Ligne continue</i>	<i>ml</i>	4993.72	50	<b>249686</b>
<i>Ligne discontinue (axiale)</i>	<i>ml</i>	4993.72	40	<b>199750</b>
<i>Ligne discontinue (de rive)</i>	<i>ml</i>	4993.72	45	<b>224718</b>
<i>2- Signalisation verticale</i>	<i>U</i>	13	5000	<b>150000</b>
<b>TOTAL 4</b>				<b>739154</b>
<b>TOTAL GENERAL HT (DA)</b>			<b>973 266 027</b>	
<b>TVA 19% (DA)</b>			<b>18 492 055</b>	
<b>TOTAL TTC</b>			<b>991 758 082</b>	

### *Conclusion générale*

Ce projet a été une opportunité précieuse pour mettre en pratique les connaissances acquises au cours de mon cycle de formation universitaire. Il m'a permis de résoudre divers problèmes techniques inhérents à un projet routier, démontrant ainsi la nécessité d'aborder plusieurs domaines pour sa réalisation.

La modernisation du tracé en plan de la RN 03, reliant les centres commerciaux et touristiques de la wilaya de Skikda, a été l'un des aspects saillants de cette étude. En utilisant des rayons de courbure de 800 m et des clothoïdes de 334 m, nous avons pu optimiser le linéaire de la route.

L'amélioration du profil en long a également été entreprise, avec une attention particulière portée à l'adoucissement des pentes, favorisant ainsi une circulation plus fluide.

Le nouveau profil en travers a résulté en une chaussée de 7 m x 2, accompagnée d'accotements de 1,8 m et d'une largeur de Terrain Plein Central (TPC) de 2,5 m.

La rénovation complète du réseau d'assainissement a été une priorité, étant à l'origine de la dégradation significative de la chaussée. Après des calculs approfondis, la structure la plus économique a été sélectionnée : 6 BB + 20 GB + 60 GNT, avec des fosses de dimensions  $b = 0,5$  m et  $h = 0,3$  m, ainsi que des buses de diamètre 600 mm.

Cette modernisation contribuera sans aucun doute à améliorer la qualité de vie des riverains, en atténuant les effets de la détérioration de cette infrastructure sur le développement régional et les coûts de transport.

# Bibliographie

- ❖ Cours route dr. messat salah
- ❖ B40 (normes techniques d'aménagement des rouets et trafic et capacité des routes.)
- ❖ Ministère\_des\_Travaux\_Publics, Études générales techniques et économiques des aménagements routiers-B30-, 1978.
- ❖ Cours d'hydraulique de 1er année master (IVCOA). Dr Belhadj Mohamed zine
- ❖ Cours Route : GV 842 Dimensionnement des chaussées
- ❖ Sétra (1994), Aménagement des routes principales (Guide technique
- ❖ Catalogue de dimensionnement des chaussée neuves
- ❖ LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier,
- ❖ Anciennes mémoires de fin d'étude (ENSTP).
- ❖ (SETRA) : Signalisation routière Arrêté Interministériel du 15 juillet 1974

# ANNEXES

### AXE EN PLAN

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0	300274.86	4052277.017
D1	GIS = 123.680°	92.295			
			92.295	300351.662	4052225.834
L1	A = 172.000				
	Rf= 300.000				
	L = 98.613				
			190.908	300436.492	4052175.782
	XC= 300559.772				
	YC= 4052449.282				
	R = 300.000				
	L = 97.560				
			288.467	300530.335	4052150.729
	Rd= 300.000				
	A = 172.000				
	L = 98.613	294.786			
			387.081	300628.824	4052151.843
D2	GIS = 86.214°	169.597			
			556.678	300798.052	4052163.041
L2	A = 172.000				
	Rf= 300.000				
	L = 98.613				
			655.292	300895.828	4052174.915
	XC= 300827.309				
	YC= 4052466.985				
	R = 300.000				
	L = 125.402				
			780.694	301008.492	4052227.877
	Rd= 300.000				
	A = 172.000				
	L = 98.613	322.629			
			879.307	301080.018	4052295.591
D3	GIS = 43.430°	283.889			
			1163.196	301275.184	4052501.754
L3	A = 334.000				
	Rf= -800.000				
	L = 139.445				
			1302.641	301373.916	4052600.161
	XC= 301904.808				
	YC= 4052001.701				
	R = -800.000				
	L = 87.778				
			1390.419	301442.642	4052654.696
	Rd= -800.000				
	A = 334.000				

	L = 139.445	366.668			
			1529.864	301560.909	4052728.484
D4	GIS = 59.704°	1084.633			
			2614.497	302497.414	4053275.646
L4	A = 452.000				
	Rf= 1200.000				
	L = 170.253				
			2784.75	302642.311	4053364.965
	XC= 301965.033				
	YC= 4054355.568				
	R = 1200.000				
	L = 10.842				
			2795.592	302651.233	4053371.124
	Rd= 1200.000				
	A = 452.000				
	L = 170.253	351.348			
			2965.845	302786.115	4053474.952
D5	GIS = 51.057°	777.05			
			3742.895	303390.485	4053963.361
L5	XC= 302510.526				
	YC= 4055052.246				
	R = 1400.000	113.607			
			3856.502	303475.853	4054038.273
D6	GIS = 46.408°	493.754			
			4350.256	303833.463	4054378.726
L6	A = 235.000				
	Rf= 500.000				
	L = 110.450				
			4460.706	303910.559	4054457.733
	XC= 303527.984				
	YC= 4054779.658				
	R = 500.000				
	L = 132.492				
			4593.198	303981.517	4054569.163
	Rd= 500.000				
	A = 235.000				
	L = 110.450	353.392			
			4703.648	304020.497	4054672.442
D7	GIS = 18.569°	290.08			
			4993.728	304112.871	4054947.421
LONGUEUR DE L'AXE 4993.728					

## PROFIL EN LONG

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS			
D1	PENTE= -4.140 %	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0	321.094
PAR1	S= 486.6533 Z= 292.3777	900.643		
	R = -10000.00		900.643	283.808
D2	PENTE= -4.627 %	48.715		
			949.357	281.673
PAR2	S= 2428.3736 Z= 223.9430	1016.312		
	R = 10000.00		1965.669	234.648
D3	PENTE= -3.007 %	161.995		
			2127.665	228.464
PAR3	S= 3205.3462 Z= 199.6745	837.114		
	R = 8000.00		2964.779	203.292
D4	PENTE= -0.853 %	172.362		
			3137.141	199.965
PAR4	S= 3987.8855 Z= 192.3850	927.475		
	R = -9000.00		4064.616	192.058
D5	PENTE= -1.786 %	83.968		
			4148.584	190.95
LONGUEUR DE L'AXE 4993.728		845.144		
			4993.728	175.86

VOLUMES TERRASSEMENT					
N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE	PURGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
1	0	0	113.6	0	0
2	5	0	194.5	0	0
3	10	0	177.3	0	0
4	15	0	183.4	0	0
5	20	0	185	0	0
6	25	0	169.7	0	0
7	30	0	161.8	0	0
8	35	0	161.2	0	0
9	40	0	166.2	0	0
10	45	0	163.2	0	0
11	50	0	151.6	0	0
12	55	0	140.3	0	0
13	60	0	154.5	0	0
14	65	0	152.6	0	0
15	70	0	132.9	0	0
16	75	0	106.6	0	0
17	80	0	119.8	0	0
18	85	0.6	130.3	0	0
19	90	0.4	92.6	0	0
20	92.295	0.2	62.4	0	0
21	95	0.2	90.9	0	0
22	100	0.2	103.4	0	0
23	105	2	96.4	0	0
24	110	3.8	94.9	0	0
25	115	13.8	60.3	0	0
26	120	4.2	48.7	0	0
27	125	0	66.8	0	0
28	130	0	87.9	0	0
29	135	0.3	84.1	0	0
30	140	6.4	50.8	0	0
31	145	0	93.2	0	0
32	150	0	88.2	0	0
33	155	0	49.3	0	0
34	160	0	42.3	0	0
35	165	0	34.7	0	0
36	170	0	39.3	0	0
37	175	0.1	57.5	0	0
38	180	2.1	103.9	0	0
39	185	2.5	172	0	0
40	190	3.5	117.1	0	0
41	190.908	2.9	100.8	0	0
42	195	8.4	213.9	0	0

43	200	11.1	240.1	0	0
44	205	12.6	233.8	0	0
45	210	13.7	231.7	0	0
46	215	10.4	217.4	0	0
47	220	2.7	241.8	0	0
48	225	3.4	241.8	0	0
49	230	3.6	235.7	0	0
50	235	3.6	214.1	0	0
51	240	4.1	259.3	0	0
52	245	0	311.4	0	0
53	250	0	311.9	0	0
54	255	0	311.7	0	0
55	260	0	299.7	0	0
56	265	0	283.4	0	0
57	270	1.2	266.2	0	0
58	275	3.7	244.3	0	0
59	280	0.3	243.9	0	0
60	285	0	179	0	0
61	288.467	0	90.4	0	0
62	290	0	107.8	0	0
63	295	0	120.2	0	0
64	300	0	97.3	0	0
65	305	0	96.9	0	0
66	310	0	95.7	0	0
67	315	0	89.1	0	0
68	320	0	76.9	0	0
69	325	2.2	53.8	0	0
70	330	3.5	38.1	0	0
71	335	4.7	41.9	0	0
72	340	7.1	39	0	0
73	345	8.4	29.3	0	0
74	350	0	19.9	0	0
75	355	0	13.7	0	0
76	360	41.1	2.4	0	0
77	365	60.1	0.9	0	0
78	370	86.1	0.8	0	0
79	375	124.2	0.5	0	0
80	380	59.1	1.2	0	0
81	385	12.2	0.6	0	0
82	387.081	7	1	0	0
83	390	12.1	0.5	0	0
84	395	18.3	0.6	0	0
85	400	17	0.6	0	0
86	405	12.1	0.6	0	0
87	410	7.4	1.6	0	0
88	415	6.6	4.1	0	0
89	420	36.7	4.9	0	0

90	425	24	4.1	0	0
91	430	14.8	3.6	0	0
92	435	13	1.8	0	0
93	440	17	1.1	0	0
94	445	21.2	1.1	0	0
95	450	26	2.5	0	0
96	455	132.9	0.4	0	0
97	460	229.5	0.9	0	0
98	465	245.3	0.9	0	0
99	470	224.6	0.9	0	0
100	475	168.8	0.9	0	0
101	480	90.5	0.6	0	0
102	485	34.8	0.7	0	0
103	490	53.8	0.5	0	0
104	495	72.8	0.6	0	0
105	500	84.7	1.1	0	0
106	505	123.3	0.4	0	0
107	510	150.6	0.5	0	0
108	515	175.4	0.5	0	0
109	520	166.3	0.5	0	0
110	525	139.6	0.5	0	0
111	530	102.2	0.5	0	0
112	535	103.9	0.5	0	0
113	540	120.5	0.5	0	0
114	545	126.6	0.5	0	0
115	550	133.5	0.5	0	0
116	555	94.7	0.4	0	0
117	556.678	72.8	0.4	0	0
118	560	131.2	0.6	0	0
119	565	207.9	0.5	0	0
120	570	287.3	0.5	0	0
121	575	331.2	0.5	0	0
122	580	295	0.6	0	0
123	585	198.9	0.5	0	0
124	590	145.2	0.7	0	0
125	595	146.9	0.7	0	0
126	600	324.4	1.6	0	0
127	605	302.5	1.7	0	0
128	610	207.7	1	0	0
129	615	145.7	1	0	0
130	620	119.4	0.9	0	0
131	625	126.3	0.9	0	0
132	630	153.4	1.8	0	0
133	635	140.7	1.2	0	0
134	640	102.4	2	0	0
135	645	99.4	2.1	0	0
136	650	95.8	2.1	0	0

137	655	45.5	1.8	0	0
138	655.292	42.5	1.7	0	0
139	660	63.5	13.6	0	0
140	665	26.5	38.8	0	0
141	670	26.3	36	0	0
142	675	29.2	36.1	0	0
143	680	31.5	38.8	0	0
144	685	33.2	40.8	0	0
145	690	35.3	48.4	0	0
146	695	47.2	67.2	0	0
147	700	38.6	100.3	0	0
148	705	38.4	133.4	0	0
149	710	38.4	161.6	0	0
150	715	37.2	189.1	0	0
151	720	32.8	195.6	0	0
152	725	36.4	223.1	0	0
153	730	36	252.9	0	0
154	735	36.6	281.4	0	0
155	740	38.2	309.5	0	0
156	745	31.9	333.5	0	0
157	750	29.1	365.3	0	0
158	755	24.5	396.2	0	0
159	760	19.3	423.4	0	0
160	765	15.2	426.6	0	0
161	770	12.6	419.1	0	0
162	775	9.2	413.1	0	0
163	780	2.9	231.6	0	0
164	780.694	2.2	203	0	0
165	785	2.5	357.6	0	0
166	790				
167	795				
168	800				
169	805				
170	810				
171	815				
172	820				
173	825				
174	830				
175	835				
176	840				
177	845				
178	850				
179	855				
180	860				
181	865				
182	870	34.6	34.7	0	0
183	875	35	30.7	0	0

184	879.307	30.1	14.2	0	0
185	880	38.7	15.5	0	0
186	885	78.8	18.3	0	0
187	890	66	12.4	0	0
188	895	69.4	9	0	0
189	900	87.7	7	0	0
190	905	81.4	6.5	0	0
191	910	72.7	6.1	0	0
192	915				
193	920				
194	925				
195	930	22.1	36.4	0	0
196	935	8.7	59.1	0	0
197	940	1.4	85.1	0	0
198	945	0.7	90.7	0	0
199	950	0	124.1	0	0
200	955	0	161.3	0	0
201	960	0	156.7	0	0
202	965	0	174.7	0	0
203	970	0	193.3	0	0
204	975	0	191.1	0	0
205	980	0	181.6	0	0
206	985	0	165.9	0	0
207	990	0	180.4	0	0
208	995	0.1	176.4	0	0
209	1000	0	159.7	0	0
210	1005	0	145.1	0	0
211	1010	0	131.9	0	0
212	1015	0	119.2	0	0
213	1020	0	105.8	0	0
214	1025	0	90.3	0	0
215	1030	0	78.8	0	0
216	1035	0	69.7	0	0
217	1040	0	64.8	0	0
218	1045	0.1	66.1	0	0
219	1050	12.5	48	0	0
220	1055	45.4	29.7	0	0
221	1060	85.9	17.9	0	0
222	1065	32.7	40.1	0	0
223	1070	20.8	64.8	0	0
224	1075	36.8	72.8	0	0
225	1080	33.2	57.7	0	0
226	1085	56.9	38.3	0	0
227	1090	56	36.4	0	0
228	1095	42.3	36.4	0	0
229	1100	11.5	70.5	0	0
230	1105	3.6	104.8	0	0

231	1110	0.3	118.4	0	0
232	1115	0	121.4	0	0
233	1120	0	117.5	0	0
234	1125	0	120	0	0
235	1130	0	142	0	0
236	1135	0	191.9	0	0
237	1140	0	233.9	0	0
238	1145	0	246.6	0	0
239	1150	0	236	0	0
240	1155	0	218.5	0	0
241	1160	0	192	0	0
242	1163.196	0	126.5	0	0
243	1165	0	176.8	0	0
244	1170	0	273.1	0	0
245	1175	0	278.6	0	0
246	1180	0	276.8	0	0
247	1185	0	275.8	0	0
248	1190	0	278.7	0	0
249	1195	0	288.8	0	0
250	1200	0	320.6	0	0
251	1205	0	328	0	0
252	1210	0	327	0	0
253	1215	0	332.6	0	0
254	1220	0	332.8	0	0
255	1225	0	347.8	0	0
256	1230	0	362.3	0	0
257	1235	0	375.3	0	0
258	1240	0	368.8	0	0
259	1245	0	379.1	0	0
260	1250	0	389.3	0	0
261	1255	0	389.2	0	0
262	1260	0	383.1	0	0
263	1265	0	380.3	0	0
264	1270	0	362.7	0	0
265	1275	0	362.7	0	0
266	1280	0	382.5	0	0
267	1285	0	395.2	0	0
268	1290	0	394.4	0	0
269	1295	0	406.9	0	0
270	1300	0	325.6	0	0
271	1302.641	0	218.5	0	0
272	1305	0	322.1	0	0
273	1310	0	435.2	0	0
274	1315	0	442.6	0	0
275	1320	0	437	0	0
276	1325	0	368.4	0	0
277	1330	0	317.6	0	0

278	1335	0	272.4	0	0
279	1340	0	263.6	0	0
280	1345	0	277.3	0	0
281	1350	0	283.4	0	0
282	1355	0	293.5	0	0
283	1360	0	322.8	0	0
284	1365	0	372.5	0	0
285	1370	0	416.7	0	0
286	1375	0	485.7	0	0
287	1380	0	531.6	0	0
288	1385	0	548.4	0	0
289	1390	0	297.2	0	0
290	1390.419	0	273.8	0	0
291	1395	0	509.4	0	0
292	1400	0	496.2	0	0
293	1405	0	417.9	0	0
294	1410	0	452.6	0	0
295	1415	0	516.9	0	0
296	1420	0	533.8	0	0
297	1425	0	544.6	0	0
298	1430	0	554.5	0	0
299	1435	0	528.9	0	0
300	1440	0	475.6	0	0
301	1445	0	471.3	0	0
302	1450	0	519.7	0	0
303	1455	0	559.7	0	0
304	1460	0	567.1	0	0
305	1465	0	547.4	0	0
306	1470	0	525.5	0	0
307	1475	0	512.7	0	0
308	1480	0	517.4	0	0
309	1485	0	577.1	0	0
310	1490	0	659.2	0	0
311	1495	0	691.8	0	0
312	1500	0	684.8	0	0
313	1505	0	648.1	0	0
314	1510	0	588.8	0	0
315	1515	0	524.7	0	0
316	1520	0	457.2	0	0
317	1525	0	377.7	0	0
318	1529.864	0	133	0	0
319	1530	0	136	0	0
320	1535	0	276.1	0	0
321	1540	0	296.6	0	0
322	1545	0	312	0	0
323	1550	0	305.4	0	0
324	1555	20.5	230.2	0	0

325	1560	67.7	125.4	0	0
326	1565	86	124.7	0	0
327	1570	91.7	143.2	0	0
328	1575	88.3	169.7	0	0
329	1580	72.6	196.8	0	0
330	1585	44.6	224.4	0	0
331	1590	19.9	250.6	0	0
332	1595	8.4	254.9	0	0
333	1600				
334	1605				
335	1610				
336	1615				
337	1620				
338	1625				
339	1630				
340	1635				
341	1640	0	427.1	0	0
342	1645	0	440.5	0	0
343	1650	0	403.5	0	0
344	1655	0	373.9	0	0
345	1660	0	397.8	0	0
346	1665				
347	1670				
348	1675				
349	1680				
350	1685				
351	1690				
352	1695				
353	1700				
354	1705				
355	1710				
356	1715				
357	1720				
358	1725				
359	1730				
360	1735				
361	1740				
362	1745	0	491	0	0
363	1750	0	469.4	0	0
364	1755	0	404.9	0	0
365	1760	0	338.6	0	0
366	1765				
367	1770				
368	1775				
369	1780				
370	1785				
371	1790				

372	1795				
373	1800				
374	1805				
375	1810				
376	1815				
377	1820				
378	1825				
379	1830				
380	1835				
381	1840				
382	1845				
383	1850				
384	1855				
385	1860				
386	1865				
387	1870				
388	1875				
389	1880				
390	1885				
391	1890				
392	1895				
393	1900				
394	1905				
395	1910				
396	1915				
397	1920				
398	1925				
399	1930				
400	1935				
401	1940				
402	1945				
403	1950				
404	1955				
405	1960	157.9	99.9	0	0
406	1965	154.3	99.1	0	0
407	1970	150.3	94	0	0
408	1975	158.5	88.4	0	0
409	1980				
410	1985				
411	1990				
412	1995				
413	2000				
414	2005				
415	2010	149.7	13.8	0	0
416	2015	171.6	23.6	0	0
417	2020	167.8	88.8	0	0
418	2025	200.6	137	0	0

419	2030	198.1	150.4	0	0
420	2035	199.3	163	0	0
421	2040	187.1	181.1	0	0
422	2045	163.5	211.3	0	0
423	2050	149.4	234	0	0
424	2055	143.3	247.1	0	0
425	2060	122.2	275.2	0	0
426	2065	97.7	301.8	0	0
427	2070	77.7	325.8	0	0
428	2075	59.6	327.8	0	0
429	2080	44.6	291.4	0	0
430	2085	32.4	306.3	0	0
431	2090	31.1	323.3	0	0
432	2095	12.6	343.8	0	0
433	2100	1.1	368.3	0	0
434	2105	0	404	0	0
435	2110	0	425.9	0	0
436	2115	0	484.1	0	0
437	2120	0	503.1	0	0
438	2125	0	507.8	0	0
439	2130	0	521.3	0	0
440	2135	0	536.9	0	0
441	2140	0	512.7	0	0
442	2145	0	474.5	0	0
443	2150	0	451.5	0	0
444	2155				
445	2160				
446	2165				
447	2170				
448	2175				
449	2180				
450	2185				
451	2190				
452	2195				
453	2200				
454	2205				
455	2210	0	533.7	0	0
456	2215	0	537.5	0	0
457	2220	0	464.9	0	0
458	2225	0	462.6	0	0
459	2230	0	444.5	0	0
460	2235	0	440.6	0	0
461	2240	0	478	0	0
462	2245	0	440.4	0	0
463	2250	0	376	0	0
464	2255	0	304.4	0	0
465	2260	0	172.9	0	0

466	2265	0	67.5	0	0
467	2270	81.7	29.8	0	0
468	2275	230.3	27	0	0
469	2280	451.4	1.2	0	0
470	2285	656	0.5	0	0
471	2290	499.9	0.5	0	0
472	2295	346.7	0.5	0	0
473	2300	299.7	1.1	0	0
474	2305	279.4	13.4	0	0
475	2310	271.3	14.7	0	0
476	2315	259.5	14.7	0	0
477	2320	218.6	12.6	0	0
478	2325	154.9	12.2	0	0
479	2330	184.7	7.9	0	0
480	2335	187.6	6	0	0
481	2340	166.1	3.9	0	0
482	2345	115.3	1.8	0	0
483	2350	116	1.2	0	0
484	2355	154.5	1.9	0	0
485	2360	171.5	2.3	0	0
486	2365	179.6	4	0	0
487	2370	164.5	6.6	0	0
488	2375	157.1	10.8	0	0
489	2380	156.3	15.4	0	0
490	2385	151.7	18.7	0	0
491	2390	140.7	20.6	0	0
492	2395	132	21.9	0	0
493	2400	128	19.4	0	0
494	2405				
495	2410				
496	2415				
497	2420				
498	2425				
499	2430				
500	2435				
501	2440				
502	2445				
503	2450				
504	2455				
505	2460				
506	2465				
507	2470				
508	2475				
509	2480				
510	2485				
511	2490				
512	2495				

513	2500				
514	2505				
515	2510				
516	2515				
517	2520				
518	2525				
519	2530				
520	2535				
521	2540				
522	2545				
523	2550				
524	2555				
525	2560	31.4	187.3	0	0
526	2565	31.6	211.9	0	0
527	2570	31.8	239.5	0	0
528	2575	29.2	265.2	0	0
529	2580	26	288.2	0	0
530	2585	24.6	314.4	0	0
531	2590	10.3	362.3	0	0
532	2595	7	412.2	0	0
533	2600	5.1	393.5	0	0
534	2605	0.2	444.7	0	0
535	2610	0	477.4	0	0
536	2614.497	0	271.6	0	0
537	2615	0	300.6	0	0
538	2620	0	552.1	0	0
539	2625	0	589.3	0	0
540	2630	0	627.4	0	0
541	2635	0	661.5	0	0
542	2640	0	680.2	0	0
543	2645	0	667.1	0	0
544	2650	0	729.3	0	0
545	2655	0	776.9	0	0
546	2660	0	825.7	0	0
547	2665	0	840.9	0	0
548	2670	0	854.5	0	0
549	2675	0	867.6	0	0
550	2680	0	878	0	0
551	2685	0	902.6	0	0
552	2690	0	942.1	0	0
553	2695	0	991.6	0	0
554	2700	0	1001.7	0	0
555	2705	0	1042.7	0	0
556	2710	0	1094.6	0	0
557	2715	0	1137.6	0	0
558	2720	0	1197	0	0
559	2725	0	1221.3	0	0

560	2730	0	1243.7	0	0
561	2735	0	1296.7	0	0
562	2740	0	1385.3	0	0
563	2745	0	1477.2	0	0
564	2750	0	1534.8	0	0
565	2755	0	1593.8	0	0
566	2760	0	1582.2	0	0
567	2765	0	1610.7	0	0
568	2770	0	1607.6	0	0
569	2775	0	1582	0	0
570	2780	0	1553	0	0
571	2784.75	0	802.8	0	0
572	2785	0	842.1	0	0
573	2790	0	1552.2	0	0
574	2795	0	833.2	0	0
575	2795.592	0	740.5	0	0
576	2800	0	1336.4	0	0
577	2805	0	1387.2	0	0
578	2810	0	1319.1	0	0
579	2815	0	1267	0	0
580	2820	0	1213.4	0	0
581	2825	0	1169.7	0	0
582	2830	0	1145.9	0	0
583	2835	0	1133.7	0	0
584	2840	0	1142.2	0	0
585	2845	0	1160	0	0
586	2850	0	1167.6	0	0
587	2855	0	1156.6	0	0
588	2860	0	1157.8	0	0
589	2865	0	1156.7	0	0
590	2870	0	1164.7	0	0
591	2875	0	1172.3	0	0
592	2880	0	1165.6	0	0
593	2885	0	1149.5	0	0
594	2890	0	1137.2	0	0
595	2895	5.2	1134.4	0	0
596	2900	0.9	1111.9	0	0
597	2905	0	1110.9	0	0
598	2910	0	1110.8	0	0
599	2915	0	1137	0	0
600	2920	0	1122	0	0
601	2925	0	1087.8	0	0
602	2930	0	1058.2	0	0
603	2935	0	1036.4	0	0
604	2940	0	1024.3	0	0
605	2945	0	989	0	0
606	2950	0	958.5	0	0

607	2955	0	941.1	0	0
608	2960	0	916.8	0	0
609	2965	0	519.9	0	0
610	2965.845	0	441.7	0	0
611	2970	0	779.8	0	0
612	2975	0	819.8	0	0
613	2980	0	820.8	0	0
614	2985	0	789.5	0	0
615	2990	0	750.7	0	0
616	2995	0	716.3	0	0
617	3000	0	681.1	0	0
618	3005	0	635.2	0	0
619	3010	0	613.3	0	0
620	3015	0	603	0	0
621	3020	2.8	559.4	0	0
622	3025	5.2	495.6	0	0
623	3030				
624	3035				
625	3040				
626	3045				
627	3050				
628	3055				
629	3060				
630	3065				
631	3070				
632	3075				
633	3080				
634	3085				
635	3090				
636	3095				
637	3100				
638	3105				
639	3110				
640	3115				
641	3120				
642	3125				
643	3130				
644	3135				
645	3140				
646	3145				
647	3150	0	571.2	0	0
648	3155	0	551.4	0	0
649	3160	0	521.7	0	0
650	3165	0	477.2	0	0
651	3170				
652	3175				
653	3180				

654	3185				
655	3190				
656	3195				
657	3200				
658	3205				
659	3210				
660	3215				
661	3220				
662	3225				
663	3230	0	138.9	0	0
664	3235	0	121.4	0	0
665	3240	0	115.2	0	0
666	3245	0	98.9	0	0
667	3250	0	93.7	0	0
668	3255	0	88.3	0	0
669	3260	0	82.8	0	0
670	3265	0	77.1	0	0
671	3270	0.6	57.6	0	0
672	3275	1.3	55.3	0	0
673	3280	1.5	54.4	0	0
674	3285	1.6	55.3	0	0
675	3290	1.6	51.9	0	0
676	3295	6.2	40.5	0	0
677	3300	10.6	36.2	0	0
678	3305	15.8	31.1	0	0
679	3310	21.4	26	0	0
680	3315	27.3	15.1	0	0
681	3320				
682	3325				
683	3330				
684	3335				
685	3340				
686	3345				
687	3350	84.9	3.3	0	0
688	3355	90	3.5	0	0
689	3360	87.7	3.6	0	0
690	3365	85.9	2.1	0	0
691	3370	88.9	1	0	0
692	3375	99.7	1.1	0	0
693	3380	107.1	1.1	0	0
694	3385	117.1	1	0	0
695	3390	133.1	1.3	0	0
696	3395	146.1	1.4	0	0
697	3400	145	1.2	0	0
698	3405	144.3	1.2	0	0
699	3410	143.8	1.2	0	0
700	3415	143.5	1.2	0	0

701	3420	143.6	1.2	0	0
702	3425	143.9	1.2	0	0
703	3430	144.5	1.1	0	0
704	3435	149.9	1.2	0	0
705	3440	153.1	1.1	0	0
706	3445	156.4	1.1	0	0
707	3450	159.9	1.1	0	0
708	3455	163.8	1.1	0	0
709	3460	168.4	1.2	0	0
710	3465	172.4	1.2	0	0
711	3470	174.2	1.2	0	0
712	3475	173.9	1.2	0	0
713	3480	194.1	1.5	0	0
714	3485	206.4	1	0	0
715	3490	205	1	0	0
716	3495	202.2	1.1	0	0
717	3500	180.5	0.6	0	0
718	3505				
719	3510				
720	3515				
721	3520				
722	3525				
723	3530				
724	3535				
725	3540				
726	3545				
727	3550				
728	3555				
729	3560				
730	3565				
731	3570				
732	3575				
733	3580				
734	3585	258.3	0.5	0	0
735	3590	274.1	1.6	0	0
736	3595	246.4	1.3	0	0
737	3600	214.2	3.4	0	0
738	3605	158.9	13.7	0	0
739	3610	111.5	33.4	0	0
740	3615	105.8	42.8	0	0
741	3620	81.8	35.5	0	0
742	3625	62.8	25.4	0	0
743	3630	49.7	16.4	0	0
744	3635	42.3	88.3	0	0
745	3640	39.9	137.8	0	0
746	3645	47.5	142.2	0	0
747	3650	37.8	45.4	0	0

748	3655	20.9	49.5	0	0
749	3660	18.7	69.2	0	0
750	3665	27.7	65.7	0	0
751	3670	19.1	75	0	0
752	3675	28	45.3	0	0
753	3680	41.9	52	0	0
754	3685	16.4	59.2	0	0
755	3690	2	104.5	0	0
756	3695	1	113.8	0	0
757	3700	0	111.3	0	0
758	3705	0	87.8	0	0
759	3710	1.8	74.2	0	0
760	3715	0.3	100.9	0	0
761	3720	0	140.6	0	0
762	3725	0	144.2	0	0
763	3730	0	156.6	0	0
764	3735	0	188.3	0	0
765	3740	0	173.2	0	0
766	3742.895	0	115.9	0	0
767	3745	0	176.2	0	0
768	3750	0	296.5	0	0
769	3755	0	334.9	0	0
770	3760	0	401.3	0	0
771	3765	0	481	0	0
772	3770	0	547.6	0	0
773	3775	0	589.4	0	0
774	3780	0	612.2	0	0
775	3785	0	642	0	0
776	3790	0	676.8	0	0
777	3795	0	715.8	0	0
778	3800	0	736.9	0	0
779	3805	0	758.7	0	0
780	3810	0	782.4	0	0
781	3815	0	830.5	0	0
782	3820	0	898.6	0	0
783	3825	0	954.2	0	0
784	3830	0	997.4	0	0
785	3835	0	1028.5	0	0
786	3840	0	1031	0	0
787	3845	0	997.7	0	0
788	3850	0	997.9	0	0
789	3855	0	673.1	0	0
790	3856.502	0	524.8	0	0
791	3860	0	918.9	0	0
792	3865	0	1091.4	0	0
793	3870	0	1151.6	0	0
794	3875	0	1187.9	0	0

795	3880	0	1190.7	0	0
796	3885	0	1186.7	0	0
797	3890	0	1147.3	0	0
798	3895	0	1073.1	0	0
799	3900	0	1069.8	0	0
800	3905	0	1068.6	0	0
801	3910	0	1068.1	0	0
802	3915	0	1068.3	0	0
803	3920	0	1069.2	0	0
804	3925	0	1060.4	0	0
805	3930	0	1047.2	0	0
806	3935	0	1030.7	0	0
807	3940	0	1036.3	0	0
808	3945	0	1025.8	0	0
809	3950	0	1012.8	0	0
810	3955	0	981.4	0	0
811	3960	0	946.7	0	0
812	3965	0	908.7	0	0
813	3970	0	867.4	0	0
814	3975	0	803.2	0	0
815	3980	0	718.3	0	0
816	3985	0	714.4	0	0
817	3990	0	708.9	0	0
818	3995	0	701.9	0	0
819	4000	0	690.9	0	0
820	4005	0	660.8	0	0
821	4010	0	630.8	0	0
822	4015	0	600.9	0	0
823	4020	0	570.8	0	0
824	4025	0	542.9	0	0
825	4030	0	512.3	0	0
826	4035	0	482.7	0	0
827	4040	0	454.2	0	0
828	4045	0	427.1	0	0
829	4050	0	401	0	0
830	4055	0	376	0	0
831	4060	0	352.2	0	0
832	4065	0	324.4	0	0
833	4070	0	297.9	0	0
834	4075	0	274.3	0	0
835	4080	0	253.4	0	0
836	4085	0	235.2	0	0
837	4090	0	219.8	0	0
838	4095	0	207.1	0	0
839	4100	0	197.1	0	0
840	4105	0	182.1	0	0
841	4110	0	168.3	0	0

842	4115	0	147.6	0	0
843	4120	0	127.9	0	0
844	4125	0	111.5	0	0
845	4130	0	94	0	0
846	4135	1.3	77.4	0	0
847	4140	4.1	62.4	0	0
848	4145	8	48.6	0	0
849	4150	13	35.7	0	0
850	4155	28.8	15.6	0	0
851	4160	38.4	6.6	0	0
852	4165	52.6	3.1	0	0
853	4170	67.3	1.4	0	0
854	4175	82.5	0.9	0	0
855	4180	97.1	0.8	0	0
856	4185	111	0.5	0	0
857	4190	124.5	0.5	0	0
858	4195	137.7	0.5	0	0
859	4200	150.6	0.5	0	0
860	4205	163.2	0.5	0	0
861	4210	176.9	0.5	0	0
862	4215	195	0.5	0	0
863	4220	213	1	0	0
864	4225	229.5	1	0	0
865	4230	244.8	1	0	0
866	4235	258.6	1	0	0
867	4240	276.8	1.1	0	0
868	4245	301.5	1.1	0	0
869	4250	311.1	1.2	0	0
870	4255	307.9	1.4	0	0
871	4260	339.7	1.4	0	0
872	4265	365.3	1.4	0	0
873	4270	389	0.6	0	0
874	4275	421.1	0.5	0	0
875	4280	431.5	0.5	0	0
876	4285	448.9	0.5	0	0
877	4290	435.1	0.5	0	0
878	4295	414.7	0.8	0	0
879	4300	464.3	0	0	0
880	4305	553.5	0.7	0	0
881	4310	627	1.2	0	0
882	4315	499.6	0.4	0	0
883	4320	448.9	0.7	0	0
884	4325	483.3	0.7	0	0
885	4330	502.9	1.1	0	0
886	4335	494.6	1.1	0	0
887	4340	444.7	1.1	0	0
888	4345	423.4	1.1	0	0

889	4350	212	0.7	0	0
890	4350.256	201.1	0.7	0	0
891	4355	394.4	1.3	0	0
892	4360	418.3	1.2	0	0
893	4365	394	1.1	0	0
894	4370	345.8	1.2	0	0
895	4375	351.8	0.5	0	0
896	4380	378.1	0.6	0	0
897	4385	353.3	1.2	0	0
898	4390	342.4	1.2	0	0
899	4395	344.7	1.1	0	0
900	4400	341.1	1.4	0	0
901	4405	333	1.1	0	0
902	4410	324.5	1.1	0	0
903	4415	310.6	1.1	0	0
904	4420	317.5	1.1	0	0
905	4425	320.3	1.2	0	0
906	4430	303.7	1.3	0	0
907	4435	282.1	1.2	0	0
908	4440	265.7	1.4	0	0
909	4445	253.7	1.7	0	0
910	4450	243	1.4	0	0
911	4455	226.3	1.3	0	0
912	4460	120.3	0.7	0	0
913	4460.706	103.8	0.6	0	0
914	4465	177.3	0.8	0	0
915	4470	173	1.8	0	0
916	4475	162.1	1.8	0	0
917	4480	151	1.8	0	0
918	4485	131.2	2.5	0	0
919	4490	106.7	2.1	0	0
920	4495	101.9	3.9	0	0
921	4500	112.6	9.1	0	0
922	4505	123.6	9.9	0	0
923	4510	122.7	11.6	0	0
924	4515	120.3	13.4	0	0
925	4520	110.8	19.2	0	0
926	4525	67.1	16.9	0	0
927	4530	60.9	8.6	0	0
928	4535	61.8	11.2	0	0
929	4540	60.1	34.5	0	0
930	4545	47.4	37.6	0	0
931	4550	45.8	31.5	0	0
932	4555	42.5	33.1	0	0
933	4560	32.1	42.4	0	0
934	4565	29.6	46.7	0	0
935	4570	60.3	42.4	0	0

936	4575	65.9	38.3	0	0
937	4580	44.9	28.8	0	0
938	4585	13.5	20	0	0
939	4590	15.7	27	0	0
940	4593.198	12.3	23.9	0	0
941	4595	17.8	37.7	0	0
942	4600	24.8	73.6	0	0
943	4605	20.6	85.5	0	0
944	4610	4.5	87.9	0	0
945	4615	1.1	91.7	0	0
946	4620	0.7	109.1	0	0
947	4625	0.4	122.1	0	0
948	4630	0.2	131.6	0	0
949	4635	0	124.6	0	0
950	4640	0.5	109.3	0	0
951	4645	0.3	125	0	0
952	4650	0	134.6	0	0
953	4655	0	136.9	0	0
954	4660	0	131.3	0	0
955	4665	0.1	135.8	0	0
956	4670	0	154.4	0	0
957	4675	0	177.7	0	0
958	4680	0	183.8	0	0
959	4685	0	165.6	0	0
960	4690	0	150.5	0	0
961	4695	0	162.9	0	0
962	4700	0	146.5	0	0
963	4703.648	0	88	0	0
964	4705	0	112.6	0	0
965	4710	0	180.1	0	0
966	4715	0	188.8	0	0
967	4720	0	196.7	0	0
968	4725	0	199.1	0	0
969	4730	0	199.6	0	0
970	4735	0	196.9	0	0
971	4740	0	192.2	0	0
972	4745	0	188.6	0	0
973	4750	0	186.2	0	0
974	4755	0	185.5	0	0
975	4760	0	185.6	0	0
976	4765	0	195.1	0	0
977	4770	0	189.9	0	0
978	4775	0	183.9	0	0
979	4780	0	177.6	0	0
980	4785	0	176	0	0
981	4790	0	169.7	0	0
982	4795	0	163.1	0	0

983	4800	0	156.6	0	0
984	4805	0	152.8	0	0
985	4810	0	141.6	0	0
986	4815	0	129.7	0	0
987	4820	0	126	0	0
988	4825	0	121.2	0	0
989	4830	0	116.6	0	0
990	4835	0	112.4	0	0
991	4840	0	108.8	0	0
992	4845	0	110.2	0	0
993	4850	0	93.1	0	0
994	4855	0	77.8	0	0
995	4860	0	75.3	0	0
996	4865	0	69.2	0	0
997	4870	0	66.1	0	0
998	4875	0	62.4	0	0
999	4880	0	65.9	0	0
1000	4885	0	68.4	0	0
1001	4890	0	69.1	0	0
1002	4895	0	67.1	0	0
1003	4900	0	76.8	0	0
1004	4905	0	76.6	0	0
1005	4910	0	74.9	0	0
1006	4915	0	74.2	0	0
1007	4920	0	75.6	0	0
1008	4925	0	79	0	0
1009	4930	0	79.4	0	0
1010	4935	0	79.8	0	0
1011	4940	0	79.2	0	0
1012	4945	0.1	81.3	0	0
1013	4950	0	85.4	0	0
1014	4955	0	90.6	0	0
1015	4960	0	99.4	0	0
1016	4965	0	116.9	0	0
1017	4970	0	117	0	0
1018	4975	0	115.7	0	0
1019	4980	0	116	0	0
1020	4985	0	122.6	0	0
1021	4990	0	114.1	0	0
1022	4993.728	0	50.6	0	0
		46793	236735	0	0