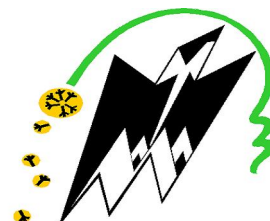


REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



Faculté du génie de la construction  
Département de génie civil



## *Mémoire de fin d'études*

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN  
GENIE CIVIL

Option : Voies et Ouvrages d'Art

## *THEME*

ETUDE DE REALISATION D'UNE VOIE EXPRESS  
RELIANT AIN EL HAMMAM - DRAA EL MIZAN  
Pk 00 au Pk 03+500



Présenté par :  
Mr. INGRACHEN Hakim  
Mr. AMROUCHE Kamel

Dirigé par :  
Mme OUKID

PROMOTION 2016 /2017

# REMERCIEMENTS

*Language tout d'abord à notre dieu qui nous a donné la force pour terminer ce modeste travail.*

*Ce présent mémoire de fin d'études, n'aurait pu avoir le jour sans contribution de nombreuses personnes, dont nous faisons aujourd'hui un plaisir et un devoir de les remercier.*

*Avant tout, nous tenons à remercier les membres du jury pour leurs collaborations durant l'examen de ce travail et leurs participations à la soutenance. Nous adressons tout particulièrement notre reconnaissance à notre promoteur madame OUKID pour la direction de ce mémoire, pour ses conseils et son aide. Sans oublier les enseignants de la faculté génie de la construction.*

*Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce présent mémoire, trouvent ici l'expression de notre profondes gratitude et respects.*

*INGRACHEN - AMROUCHE*



# DEDICACE

DEDICACE



*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :  
A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et  
matériellement pendant les moments les plus difficiles et  
durant toute ma vie.*



*Ma très chère mère*

*Mon très cher père*

*A mes très chers  
frères et mes très chères sœurs*



*INGRACHEN Hakim*





# DEDICACE

DEDICACE





*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :  
A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et  
matériellement pendant les moments les plus difficiles et  
durant toute ma vie.*

*Ma très chère mère*

*Mon très cher père*

*A mes très chers  
frères et ma très chère sœur*



*Sans oublier de rendre un grand hommage à  
Mes voisins dans mon mémoire et toute la famille.*

*AMROUCHE Kamel*



# Sommaire

INTRODUCTION GENERALE .....	9
<b>Chapitre I : Présentation du projet</b>	
1- INTRODUCTION .....	10
2- APERÇU GENERAL SUR LA WILAYA DE TIZI-OUZOU .....	10
3- DESCRIPTION DU PROJET .....	11
4- OBJECTIF ET UTILITE DU PROJET .....	11
5- PROJECTION DU TRACE SUR LA CARTE .....	11
<b>Chapitre II : Etude du trafic</b>	
1- INTRODUCTION .....	12
2- ANALYSE DU TRAFIC .....	12
2.1- Les comptages .....	12
2.1.1- Les comptages automatiques .....	12
2.1.2- Les comptages manuels .....	12
2.2- La Connaissance des flux (les enquêtes) .....	12
2.2.1- Les enquêtes papillons ou distribution .....	13
2.2.2- Relevé des plaques minéralogiques .....	13
2.2.3- Les enquêteurs à domicile -enquête ménage .....	13
3- DIFFERENTS TYPE DE TRAFICS .....	13
4- CALCUL DE LA CAPACITE .....	13
4.1- Définition de la capacité .....	13
4.2- Calcul du (TJMA) horizon .....	14
4.3- Calcul des trafics effectifs .....	14
4.4- Débit de pointe horaire normale .....	14
4.5- Débit horaire admissible .....	14
4.6- Calcul du nombre de voies .....	15
5- APPLICATION AU PROJET .....	15
5.1- Données de trafic .....	15
5.2- Projection future du projet .....	16
5.3- Calcul du trafic effectif .....	16
5.4- Débit de pointe horaire normale .....	16
5.5- Débit admissible .....	17
5.6- Nombre de voies .....	17
5.7- Calcul de l'année de saturation .....	17
<b>Chapitre III : Trace en plan</b>	
1- INTRODUCTION .....	18
2- REGLES ET PRINCIPES DU TRACE EN PLAN .....	18
3- LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN .....	18

3.1- Les droites (alignements).....	18
3.2- Les arcs de cercle.....	18
3.2.1- Stabilité en courbe .....	19
3.2.2- Visibilité en courbe.....	20
3.2.3- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayons faibles.....	20
3.3- Les courbes de raccordement .....	21
3.3.1- Type de courbes de raccordement .....	21
4- PARAMETRES FONDAMENTAUX B40.....	22
5- DEFINITION DE L'AXE EN PLAN .....	23
5.1- Définition les éléments de l'axe (points, droites, cercles) .....	23
5.2- Construction de l'axe.....	24
<b>Chapitre IV : Profil en long</b>	
1- DEFINITION.....	25
2- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DE LA LIGNE ROUGE.....	25
3- COORDINATION ENTRE LE TRACE EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG.....	25
4- DECLIVITES .....	25
4.1- Déclivité minimale .....	25
4.2- Déclivité maximale.....	25
5- LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG.....	26
5.1- Raccordements convexes (angles saillants) .....	26
5.1.1- Condition de confort .....	26
5.1.2- Condition de visibilité.....	26
5.2- Raccordements concaves (angle rentrant).....	27
6- APPLICATION AU PROJET .....	27
6.1- Conception des éléments du profil en long.....	28
<b>Chapitre V : Profil en travers</b>	
1- DEFINITION.....	29
2- LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS.....	29
3- CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS .....	31
3.1- Profil en travers type.....	31
3.2- Profil en travers courant.....	32
4- APPLICATION AU PROJET .....	32
5- CALCUL DES PERSPECTIVES.....	32
<b>Chapitre VI : Cubatures</b>	
1- INTRODUCTION .....	33
2- DEFINITION DES CUBATURES.....	34
3- METHODES DE CALCUL DES CUBATURES .....	34
4- Description de la méthode .....	34
5- CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT .....	35

<b>Chapitre VII : Etude géotechnique</b>	
1-	INTRODUCTION ..... 36
2-	LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE ..... 36
3-	LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRES ..... 36
4-	OBJECTIFS ..... 36
5-	ES ESSAIS D'IDENTIFICATION ..... 36
5.1-	Analyses granulométriques ..... 36
5.2-	Equivalent de sable ..... 37
5.3-	Limites d'Atterberg ..... 37
5.4-	Essai PROCTOR ..... 37
5.5-	Essai C.B.R (California Bearing Ratio) ..... 37
5.6-	Essai Los Angeles ..... 37
5.7-	Essai Micro Deval ..... 37
6-	LES ESSAIS IN SITU ..... 37
6.1-	L'essai de plaque : ..... 37
6.2-	L'essai préssiométrique ..... 38
7-	Condition d'utilisation des sols en Remblais ..... 38
<b>Chapitre VIII : Dimensionnement du corps de chaussée</b>	
1-	INTRODUCTION ..... 39
2-	PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES ..... 39
3-	LES DIFFERENTS TYPES DES CHAUSSEES ..... 39
3.1-	Les chaussées souples ..... 39
3.1.1-	Couche de surface ..... 39
3.1.2-	Couche de base ..... 40
3.1.3-	Couche de fondation ..... 40
3.1.4-	Couche de forme ..... 40
3.2-	Les chaussées rigides ..... 40
3.3-	Les chaussées semi-rigides ..... 40
4-	METHODES DE DIMENSIONNEMENT ..... 40
4.1-	Methode de C.B.R (California – Bearing – Ratio) ..... 41
5-	APPLICATION AU PROJET ..... 42
5.1-	Caractéristiques du sol support ..... 42
5.2-	Méthode C.B.R ..... 42
Conclusion.....	43
5.3-	Méthode des catalogues des structures ..... 44
5.3.1-	Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1: ..... 44
5.3.1-	Détermination de la portance de sol-support de chaussée..... 44
5.3.3-	Choix de différentes couches constitue de la chaussée..... 45
5.3.4-	Détermination de la zone climatique : ..... 45
5.3.5-	Choix de dimensionnement..... 45

5.3.6- Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support .....	46
Conclusion.....	48

### **Chapitre IX : Assainissement**

1- Introduction .....	49
2- Objectif de l'assainissement .....	49
3- Assainissement de la chaussée.....	49
3.1- Réseaux de collectes longitudinales .....	49
3.2- Liaisons transversales .....	50
3.3- Les ouvrages de raccordement .....	50
3.4- Ouvrages de contenance et de dépollution.....	50
3.5- Les exutoires .....	50
4- Dimensionnement des ouvrages d'évacuation.....	51
4.1- Débits d'apports .....	51
4.2- Débit de saturation ( $Q_s$ ).....	53
5- Application a notre projet .....	53
5.1- Données pluviométriques.....	53
5.2- Les bassins versants et leurs caractéristique.....	53
5.3- Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle .....	54
5.4- Temps de concentration .....	54
5.5- Intensité de l'averse .....	55
5.5.1- Surface de l'écoulement.....	55
5.5.2- Pour le bassin versant N°1 .....	56
5.5.3- Pour le bassin versant N°2 .....	56
5.5.4- Pour le bassin versant N°3 .....	56
5.5.5- Pour le bassin versant N°4 .....	57
5.6- Dimensionnement des ouvrages hydrauliques .....	57
5.6.1- Dimensionnement du système de drainage longitudinal (les fossés BV N°1) .....	57
5.6.2- Dimensionnement du système de drainage transversal.....	59

### **Chapitre X : Echangeur**

1- INTRODUCTION .....	62
2- REGLES DE CONCEPTION.....	62
3- DEFINITION ET LE ROLE D'UN ECHANGEUR .....	62
3.1- Avantages de l'échangeur .....	62
3.2- Inconvénients de l'échangeur.....	62
4- LES DIFERENTS TYPES D'ECHANGEURS.....	63
4.1- Echangeurs majeurs .....	63
4.2- Echangeur mineur.....	63
5- CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS.....	64
5.1- Le Pont.....	64

5.2- Les Carrefours plans .....	64
5.3- Les Bretelles .....	64
6- CHOIX DU TYPE D'ÉCHANGEUR .....	64
7- APPLICATION AU PROJET .....	65
7.1- Détermination du tracé.....	65
7.2- Choix de type d'échangeur.....	65
7.2.1- Vitesse de base dans les bretelles .....	65
7.3- Configuration de tracé à adopter .....	66
7.4- Conclusion du choix du type d'échangeur .....	66
7.5- Valeurs limites des rayons du tracé en plan .....	66
7.6- Profil en long.....	67
7.6.1- Rayons saillants .....	67
7.6.2- Rayons rentrants .....	67
7.6.3- Déclivités .....	67
7.6.4- Dévers .....	67
<b>Chapitre XI : Equipement de la route</b>	
1- SECURITE .....	68
1.2- ANTIRODUCION .....	68
1.3- BARRIERE DE SECURITE.....	68
1.3.1- SUR LE TPC.....	68
1.3.2- SUR L'ACCOTEMENT.....	69
2- SIGNALISATION .....	69
2.1- INTRODUCTION.....	69
2.2- OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE .....	69
2.3- CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS .....	69
2.4- LES TYPES DE SIGNALISATION .....	69
2.5- SIGNALISATION VERTICALE .....	70
2.5.1- SIGNALISATION HORIZONTALE.....	70
2.5.2- APPLICATION AU PROJET.....	70
3- ECLAIRAGE.....	72
3.1- INTRODUCTION.....	72
3.2- CATEGORIES D'ECLAIRAGE .....	72
3.3- PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES .....	72
3.4- APPLICATION AU PROJET.....	73
CONCLUSION .....	73
<b>Chapitre XII : Impact sur l'environnement</b>	
1- Introduction .....	74
2- Cadre juridique .....	74
3- Objectif de l'étude.....	74
4- Impact sur l'environnement.....	74

5- Application au projet..... 75  
CONCLUSION GENERALE ..... 76  
Annexe A ..... 77  
Annexe B..... 78  
Annexe C..... 79  
Annexe D ..... 83  
Annexe E..... 87

## Liste des figures

Figure I. 1 : Wilayas limitrophes de Tizi Ouzou .....	9
Figure I. 2 : Présentation du tracé sur la carte. ....	10
Figure III. 1 : .....	18
Figure III. 2 : Elément de la Clothoïde. ....	21
Figure III. 3 : Axe en plan. ....	32
Figure IV. 1: Profil en long. ....	27
Figure IV. 2 : Eléments du profil en long.....	28
Figure V. 1 : Différents types de profil en travers. ....	29
Figure V. 2 : Les éléments constitutifs du profil en travers. ....	30
Figure V. 3 : Profil en travers. ....	31
Figure V. 4 : Vue en perspective .....	32
Figure VI. 1 : Profil en long d'un tracé donné.....	34
Figure VIII. 1: Différentes couches d'une chaussée. ....	38
Figure VIII. 2 : Schéma de différentes couches obtenues. ....	42
Figure VIII. 3 : Corps de chaussée avec la méthode CTTP. ....	44
Figure IX. 1 : Différents ouvrage d'assainissement .....	49
Figure IX. 2 : Délimitation des bassins versants. ....	53
Figure IX. 3 : Le fossé retenu. ....	58
Figure IX. 4 : schéma d'une buse. ....	58
Figure IX. 5 : Schéma du dalot.....	59
Figure X. 1 : les différents types d'échangeur.....	63
Figure XI. 1 : Séparateurs en béton GBA et DBA.....	65
Figure XI. 2 : Panneaux de directions. ....	67
Figure XI. 3 : Panneaux de signalisation.....	69
Figure XI. 4 : Les lignes continues et discontinues. ....	71
Figure XI. 5: paramètres de l'implantation des lumières. ....	71

## Liste des tableaux

Tableau II. 1: Coefficient d'équivalence. ....	13
Tableau II. 2 : Valeurs de $K_1$ . ....	14
Tableau II. 3 : Valeurs de $K_2$ . ....	14
Tableau II. 4 : Valeurs de la capacité théorique $C_{th}$ . ....	14
Tableau II. 5 : résultats de calcul .....	16
Tableau III. 1: Rayons en plan et devers associés (E2 - C2). ....	19
Tableau III. 2 : Caractéristique des différents éléments. ....	22
Tableau IV. 1 : Rayons convexes (angle saillant) (B40).....	25
Tableau IV. 2 : rayons concaves (angle rentrant) (B40). ....	26
Tableau V. 1 : Les composantes du profil en travers type proposé. ....	31
Tableau VIII. 1 : Les coefficients d'équivalence(B40).....	40
Tableau VIII. 2 : <i>Classe de sols</i> . ....	41
Tableau VIII. 3 : Résultats des épaisseurs obtenus.....	42
Tableau VIII. 4 : Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité (B30). ....	43
Tableau VIII. 5 : Classe de trafic.....	43
Tableau VIII. 6 : Classes des sols. ....	43
Tableau VIII. 7 : Classes de la portance de sol-supports (C.T.T.P.).....	44
Tableau VIII. 8 : valeurs du coefficient d'agressivité A. ....	45
Tableau VIII. 9 : Choix des températures équivalentes.....	46
Tableau VIII. 10 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux. ....	46
Tableau VIII. 11 : risques adoptés pour le réseau RP1. ....	46
Tableau VIII. 12 : Risque adoptés le réseau RP1. ....	46
Tableau IX. 1 : Valeurs des coefficients de ruissellement. ....	50
Tableau IX. 2 : Variable de gauss en fonction de la période de retour. ....	51

Tableau IX. 3 : Caractéristiques des bassins versants.....	53
Tableau IX. 4 : les valeurs de la hauteur de la pluie journalière maximal annuelle. ....	53
Tableau IX. 5 : les valeurs de temps de concentration.....	54
Tableau IX. 6 : les valeurs de l'intensité de l'averse. ....	54
Tableau IX. 7 : Section et débit d'apport de bassin versant 01. ....	55
Tableau IX. 8 : Section et débit d'apport de bassin versant 02. ....	55
Tableau IX. 9 : Section et débit d'apport de bassin versant 03. ....	55
Tableau IX. 10 : section et débit d'apport des bassins versants 04.....	56
Tableau IX. 11 : valeurs de $Q_s$ en fonction de (b, h). ....	57
Tableau IX. 13 : valeur de $Q_a$ en fonction de (B, H). ....	60
Tableau IX. 14 : liste des ouvrages hydrauliques. ....	60
Tableau X. 1 : Vitesse de base dans les bretelles.....	65
Tableau X. 2 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan.....	65
Tableau X. 3 : Valeurs limites des rayons du profil en long. ....	65

## INTRODUCTION GENERALE

Notre système de transport est basé essentiellement sur le réseau routier, ce dernier doit supporter un volume important de transport soit de marchandise ou bien de passager, ce qui le rend très important pour le développement socio-économique de notre pays.

Le schéma directeur routier national a prévu une voie express (Ain El Hammam-Draa El Mizan). Le point de départ de notre tracé se situe à l'Ouest de la ville de Draa El Mizan (PK 0+000 au pk 3+500) avec conception d'un échangeur (carrefour).

Les données nécessaires à notre projet (levée topographiques, trafic, ... etc.) Sont fournies par la DTP de TIZI OUZOU (direction des travaux publics).

L'essentiel de notre étude a porté sur les éléments suivants :

- Détermination du nombre de voie à l'aide des données relatives au trafic
- La conception d'un tracé en plan, profil en long et en travers de la route avec les logiciels PISTE.5 et AUTOCAD.
- Le dimensionnement du corps de chaussée.
- L'assainissement de la route.
- Calcul des volumes remblais et déblais.

# *Chapitre I*

---

## *Présentation du projet*

# *Chapitre II*

---

*Etude du trafic*

# *Chapitre III*

---

*Trace en plan*

# *Chapitre IV*

---

*Profil en long*

# *Chapitre V*

---

*Profil en travers*

# *Chapitre VI*

---

## *Cubatures*

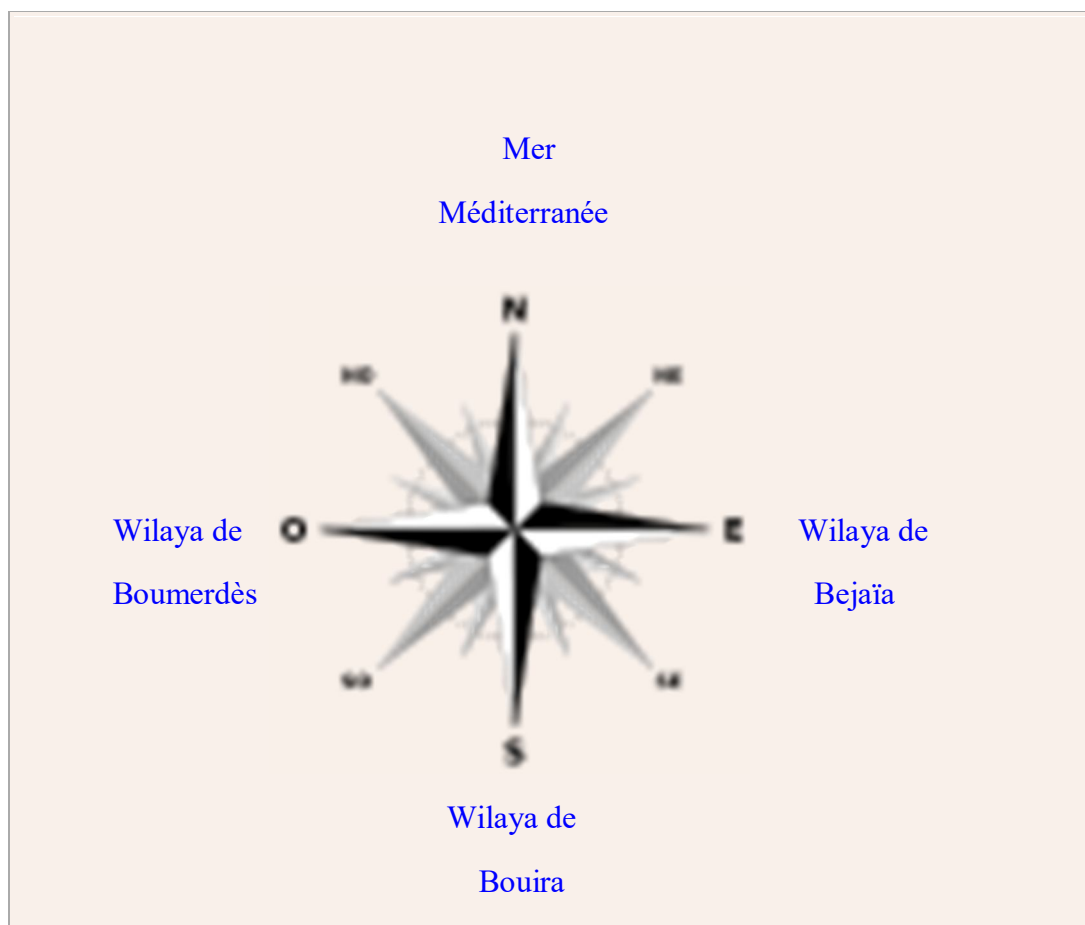
## 1- INTRODUCTION

Dans le cadre du développement de l'infrastructure de base de la wilaya de Tizi-Ouzou et pour dynamiser les échanges interrégionaux, le schéma directeur routier national a prévu une voie express.

Notre travail consiste à étudier un tronçon de la voie express (Ain El Hammam-Draa El Mizan), en respectant le couloir établi et approuvé par la direction des travaux publiques de Tizi-Ouzou.

## 2- APERÇU GENERAL SUR LA WILAYA DE TIZI-OUZOU

La wilaya de Tizi Ouzou est une ville située au nord de l'Algérie elle est limitée au nord par la Mer Méditerranée, au sud par la Wilaya de Bouira, à l'est par la Wilaya de Béjaïa, et à l'ouest par la Wilaya de Boumerdès.



**Figure I. 1** : Wilayas limitrophes de Tizi Ouzou

### 3- DESCRIPTION DU PROJET

#### ➤ *Itinéraire Du Projet:*

Le point de départ de notre tracé se situe à l'Ouest de la ville de Draa El Mizan (PK 0+000) à proximité de l'échangeur de la rocade entre la pénétrante Nord-Sud Tizi-Ouzou et la voie express (figure I.1). Telle que :

- Au niveau du PK 0+000 : on a conçu un échangeur qui permet la liaison entre le projet (la voie express) et la pénétrante Nord-Sud Tizi-Ouzou.
- Au niveau du PK1+935 : intersection de la voie express et la route nationale RN25.
- Notre tracé est presque parallèle à une droite orienté Est Ouest (Draa El Mizan).

### 4- OBJECTIF ET UTILITE DU PROJET

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation de schéma directeur national et constituera une voie express (Ain El Hammam-Draa El Mizan) et permettra d'améliorer les échanges dans toute la région et facilitera les conditions de circulation sur les principales routes nationales et offrira aussi un nouvel axe de développement et réduira considérablement les coûts de transport.

### 5- PROJECTION DU TRACE SUR LA CARTE



**Figure I. 2 :** Présentation du tracé sur la carte.

## 1- INTRODUCTION

Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds). Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicule.

## 2- ANALYSE DU TRAFIC

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ce dernier nécessite, une logistique et une organisation appropriée. Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

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

### 2.1- Les comptages

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

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

#### 2.1.1- Les comptages automatiques

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires. Les comptages permanents sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

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

#### 2.1.2- Les comptages manuels

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

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

### 2.2- La Connaissance des flux (les enquêtes)

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

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic interzonaux, en définissant leur origine et destination. Il existe plusieurs types d'enquêtes :

### 2.2.1- Les enquêtes papillons ou distribution

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

Les avantages de la méthode : sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir de jour comme de nuit.

Les inconvénients de la méthode : c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

### 2.2.2- Relevé des plaques minéralogiques

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

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

### 2.2.3- Les enquêteurs à domicile -enquête ménage

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

## 3- DIFFERENTS TYPE DE TRAFICS

On distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic qui résulte :
  - Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
  - Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilitée apportée par le nouvel aménagement routier.
- **Trafic total** : C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

## 4- CALCUL DE LA CAPACITE

### 4.1- Définition de la capacité

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

#### 4.2- Calcul du (TJMA) horizon

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

$$\mathbf{TJMA_h = TJMA_o (1 + \tau)^n}$$

- **TJMA<sub>h</sub>** : le trafic à l'année horizon.
- **TJMA<sub>o</sub>** : le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année.
- **$\tau$**  : taux d'accroissement du trafic (%).

#### 4.3- 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 :

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

- **T<sub>eff</sub>** : 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	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-12	16-24

#### 4.4- Débit de pointe horaire normale

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

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

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

#### 4.5- Débit horaire admissible

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

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

- **K<sub>1</sub>** : coefficient lié à l'environnement.

- **K<sub>2</sub>** : coefficient de réduction de capacité.
- **C<sub>th</sub>** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Les valeurs de ces coefficients sont données par les tableaux :

**Tableau II. 2** : Valeurs de K<sub>1</sub>.

Environnement	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
K <sub>1</sub>	0,75	0,85	0,9 à 0,95

**Tableau II. 3** : Valeurs de K<sub>2</sub>.

Environnement	Catégorie				
	1	2	3	4	5
E <sub>1</sub>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E <sub>2</sub>	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E <sub>3</sub>	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

**Tableau II. 4** : Valeurs de la capacité théorique C<sub>th</sub>.

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

#### 4.6- Calcul du nombre de voies

##### a- Cas D'une Chaussée Bidirectionnelle :

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

##### b- Cas D'une Chaussée unidirectionnelle :

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

$$n = S \cdot Q / Q_{adm}$$

Avec :

- S : coefficient de dissymétrie en général égale à 2/3
- Q<sub>adm</sub> : débit admissible par voie

## 5- APPLICATION AU PROJET

### 5.1- Données de trafic

En se basant sur les données de trafic effectuées par le C.T.T.P (année 2007) pour la région de Tizi ouzou, s'agissant de RN30, les données sont les suivantes :

- Le trafic à l'année 2007 : TJMA2007= 3693 (v/j).
- Le taux d'accroissement annuel du trafic :  $\tau = 4\%$ .
- La vitesse de base sur le tracé : VB= 80 (Km/h).
- Le pourcentage de poids lourds : PL= 35 %.

- L'année de mise en service sera en 2022.
- La durée de vie estimée est de 20 ans.
- Le coefficient d'équivalence de poids lourd : Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2 on a :  $P=6$  (t)
- Les coefficients correcteurs :  $K1=0.85$  pour E2,  $K2= 0.99$  pour E2 et C2.

## 5.2- Projection future du projet

L'année de mise en service (2022).

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

- **TJMA<sub>h</sub>** : le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2022).
- **TJMA<sub>0</sub>** : le trafic à l'année de référence (origine 2007).

$$TJMA_{2022} = 3693 \cdot (1 + 0,04)^{15} = 6651 \text{ (v /j)}.$$

Donc :

$$TJMA_{2022} = 6651 \text{ (v /j)}.$$

Trafic a l'année (2042) pour une durée de vie de 20 ans.

$$TJMA_{2042} = 6651 \cdot (1 + 0,04)^{20} = 14573 \text{ (v /j)}.$$

Donc :

$$TJMA_{2042} = 14573 \text{ (v /j)}.$$

## 5.3- Calcul du trafic effectif

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

- **P**: coefficient d'équivalence pour le poids lourds. Pour une route à bonne caractéristique et un environnement **E2**, on a **P=6**(tableau II.1)
- **Z** : pourcentage de poids lourds est égale à 35 (%).

$$T_{eff} = [(1 - 0,35) + 6 \times 0,35] \times 14573 = 40076 \text{ (unv /j)}.$$

Donc :

$$T_{eff} = 40076 \text{ (unv /j)}.$$

## 5.4- Débit de pointe horaire normale

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

Avec : **(1/n)** : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12.

$$Q = 0,12 \times 40076 = 4809 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc :

$$Q = 4809 \text{ (uvp/h)}.$$

### 5.5- Débit admissible

Le débit que supporte une section donnée :

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

- **K<sub>1</sub>** : coefficient correcteur pris égal à 0,85 pour E<sub>2</sub>.
- **K<sub>2</sub>** : coefficient correcteur pris égal à 0,99 pour environnement (E<sub>2</sub>) et catégorie (C<sub>2</sub>).
- **C<sub>th</sub>** : capacité effective par voie.

D'après B40 on adopte pour l'évitement un profil à 2 chaussées séparées.

On prend:  $C_{th}=1800$  (uvp/h).

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1800 = 1\,515 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc :

$$Q_{adm} = 1\,515 \text{ (uvp/h)}.$$

### 5.6- Nombre de voies

On a :  $n = S \cdot Q / Q_{adm} = (2 / 3) \times (4809 / 1515) = 2,1 \approx 2$ .

Donc :

$$n = 2 \text{ voies /sens}$$

Résultats de calcul :

**Tableau II. 5** : résultats de calcul

TJMA <sub>2007</sub> (v /j)	TJMA <sub>2022</sub> (v /j)	TJMA <sub>2042</sub> (v /j)	Teff <sub>2042</sub> (uvp/h)	Q <sub>2042</sub> (uvp/h)	Q <sub>adm</sub> (uvp/h)	N <sup>bre</sup> des voies par sens
3693	6651	14573	40076	4809	1515	2

### 5.7- Calcul de l'année de saturation

On a :

$$Teff_{2022} = [(1 - 0,35) + 6 \times 0,35] \times 6651 = 18290 \text{ (uvp/j)}.$$

$$Teff_{2022} = 18290 \text{ (uvp/j)}.$$

$$Q_{2022} = 0,12 \times 18290 = 2195 \text{ (uvp/j)}.$$

Donc :

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

$$Q_{\text{Saturation}} = 4 \times 1515 = 6\,060 \text{ (uvp/j)}.$$

$$Q_{\text{Saturation}} = (1+\tau)^n \times Q_{2022} \Rightarrow n = \log(Q_{\text{Saturation}} / Q_{2022}) / \log(1+\tau)$$

$$n = \log(6\,060 / 2\,195) / \log(1+0,04) = 25,89 \approx 26 \text{ ans}.$$

$$\text{Donc l'année de saturation} = 2022 + 26 = 2048.$$

## 1- INTRODUCTION

On définit le tracé en plan comme une succession d'alignements, de rayons et de raccordements à courbure progressive. 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- REGLES ET PRINCIPES DU TRACE EN PLAN

- Respecter les normes de la ARP (l'aménagement des routes principales).
- Adapter le trace au terrain naturel afin d'éviter les grands mouvements de terre (les terrassements important).
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et zones forestiers.
- Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres)
- Eviter au maximum les propriétés privées

## 3- LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:


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

### 3.1- Les droites (alignements)

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

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

$$L_{max} = T.V_B \text{ avec } T = 60 \text{ sec, donc } L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

  $V_B$ : vitesse de base en km/h

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

$$L_{min} = T.V_B \text{ avec } T = 5 \text{ sec, donc } L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

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

- Réunion de 2 Longues courbes par un alignement court.
- Réunion de 2 Longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon.

### 3.2- Les arcs de cercle

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

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.

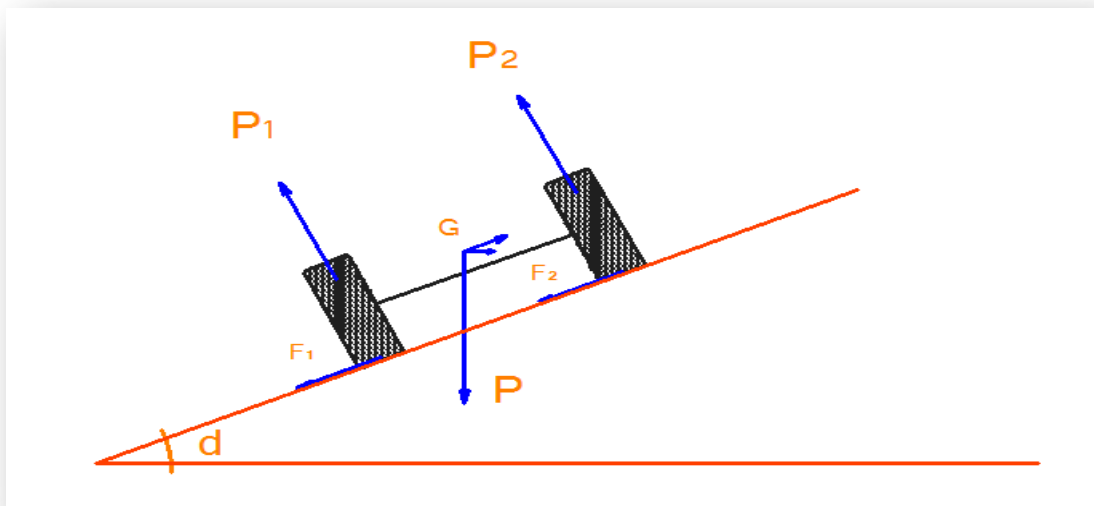
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

### 3.2.1- Stabilité en courbe

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

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

$$RHm = \frac{V_B^2}{127.(f_t + d)}$$



**Figure II. 1 :** Les forces qui agissent sur un véhicule dans une courbe

#### NB :

- « 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 bon écoulement des eaux et la stabilité du véhicule.
- Ceci nous conduit à la série de couples  $(R, d)$ . Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu  $RHm$ .

Selon le règlement B40  $d_{max}$  est fixé comme suit :

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

#### Conséquences :

- **Rayon horizontal minimal absolu :**

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

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

$f_t$  : coefficient de frottement transversal

$V_b = 80 \text{ km/h} \leftrightarrow f_t = 0,13$  (tableau 5 coefficient frottement B40)

➤ **Rayon minimal normal :**

$$RHn = \frac{V_B^2 + 20}{127 \cdot (f + d_{\max})}$$

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

➤ **Rayon au dévers minimal :**

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

Dévers associé : **dmin = 2.5%** en catégorie 1-2 ; **dmin = 3%** en catégorie 3-4

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

➤ **Rayon minimal non déversé :**

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

$$\bullet \quad RHnd = \frac{V_B^2}{(127 \times 0.035)} \quad \text{Cat 1-2}$$

$$\bullet \quad RHnd = \frac{V_B^2}{127 (f' - d \text{ min})} \quad \text{Cat 3-4-5}$$

Avec :

$$f = 0.07 \quad \text{cat 3}$$

$$f = 0.075 \quad \text{cat 4-5}$$

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

**Tableau III. 1:** Rayons en plan et devers associés (E2 - C2).

Paramètres	symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	$V_B$	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	252
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	281
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1008
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1440

### 3.2.2- Visibilité en courbe

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

### 3.2.3- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayons faibles

Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur-largeur  $S$  par rapport à sa largeur normale en alignement donnée par la formule suivante :

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

- $L$  : longueur du véhicule (valeur moyenne  $L = 10\text{m}$ ).
- $R$  : rayon de la courbe de l'axe de la route.

### 3.3- Les courbes de raccordement

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et ça pour assurer :

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

#### 3.3.1- Type de courbes de raccordement

Parmi les courbes mathématiques connues, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

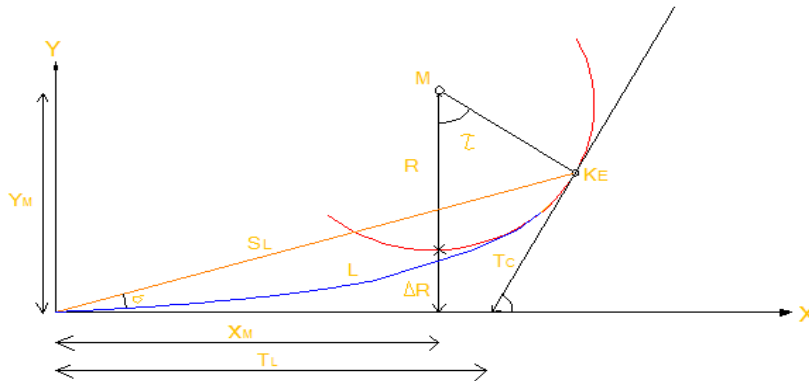
- **Parabole cubique** : est définie par l'équation suivante :  $y = c.x^3$ , elle est utilisée en raison de sa courbure vite atteinte (utilisée surtout dans le tracé de chemin de fer).
- **Lemniscate** : est définie par l'équation :  $K.F = (1/R)$ , sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur  $F$ .
- **Clothoïde** : est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul, la courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.
- **Expression mathématique de la Clothoïde** : Courbure  $K$  linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

On pose:  $1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A^2$

- **Eléments de la Clothoïde:**
  - $R$ : rayon de cercle.
  - $L$ : longueur de la branche de Clothoïde.
  - $A$ : paramètre de la Clothoïde.
  - $KA$  : origine de la Clothoïde.
  - $KE$  : extrémité de la Clothoïde.
  - $\Delta R$  : ripage.
  - $\tau$ : angle des tangentes.
  - $TC$  : tangente courte.
  - $TL$  : tangente longue.
  - $S$  : angle polaire.
  - $SL$ : corde  $KE - KA$ .

- M : centre du cercle d'abscisse X.
- XM : abscisse du centre du cercle de M à partir de KA.
- YM : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA



**Figure II. 2 :** Elément de la Clothoïde.

❖ **Le choix d'une Clothoïde doit respecter les conditions suivantes :**

**a- Condition optique :**

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

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

➤ **Règle générale B40:**

- |                    |                                   |                            |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| - R ≤ 1500m        | ⇒ ΔR = 1m (éventuellement 0, 5 m) | L = $\sqrt{24.R.\Delta R}$ |
| - 1500 < R ≤ 5000m | ⇒                                 | L ≥ R/9                    |
| - R > 5000m        | ⇒ ΔR = 2,5m                       | L = 7,75 $\sqrt{R}$        |

**b- Condition de confort dynamique :**

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

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

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

**Δd** : variation de dévers.

**c- Condition de gauchissement :**

Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zone de variation de devers (Δd%). Elle se traduit par la limitation de la pente relative de profil en long du bord de la chaussé déversée par rapport à celle de son axe. Cette pente relative et limité à:

$$\Delta p < 0.5/V_B$$

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

Avec :

**L** : longueur de raccordement.

**l** : Largeur de la chaussée.

$\Delta d$  : variation de dévers

**Remarque :**

- La condition de gauchissement est prépondérante par rapport à celle dynamique.
- Dans les cas usuels, la détermination de L vérifiant les deux conditions (gauchissement et dynamique) peut se faire à l'aide d'une seule formule :

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

#### 4- PARAMETRES FONDAMENTAUX B40

Pour le cas de notre projet la vitesse de base est de 80 km/h ; le tableau suivant illustre l'ensemble de la caractéristique des différents éléments.

**Tableau III. 2** : Caractéristique des différents éléments.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	$V_B$	80
Longueur minimale (m)	$L_{\min}$	111,11
Longueur maximale (m)	$L_{\max}$	1333,33
Divers minimale (%)	$d_{\min}$	2,5
Divers maximale (%)	$d_{\max}$	7
Temps de perception réaction (s)	$T_{pr}$	2
Coefficient de Frottement longitudinal	$f_L$	0,39
Coefficient de Frottement transversal	$f_t$	0,13

#### 5- DEFINITION DE L'AXE EN PLAN

- Fichier  $\rightarrow$  nouveau, donner un nom (ex : axe en plan), et choisir : "conception plane (dap)" puis ouvrir, ok.
- Fichier  $\rightarrow$  fond de plan  $\rightarrow$  ouvrir.

##### 5.1- Définition les éléments de l'axe (points, droites, cercles)

a- Points :

- Élément  $\rightarrow$  point  $\rightarrow$  nom d'élément : en bas de la page de terrain on écrit (poi p1)  $\rightarrow$  graphiquement, on sélectionne le premier point sur le graphique exécuté.
- Élément  $\rightarrow$  point  $\rightarrow$  nom d'élément : en bas de la page de terrain on écrit (Poi P2)  $\rightarrow$  graphiquement, on sélectionne le deuxième point sur le graphe, exécuté.
- Même chose pour les autres points.

b- Droites :(liaison entre deux points) :

- Élément  $\rightarrow$  droite  $\rightarrow$  nom d'élément : on donne un nom pour la droite en bas du graphe (DRO D1 P1P2)  $\rightarrow$  Entrer.
- Élément  $\rightarrow$  droite  $\rightarrow$  nom d'élément : on donne un nom pour la droite en bas du graphe (DRO D2 P2 P3)  $\rightarrow$  Entrer.
- Même chose pour les autres droites.

c- Cercles : (deux droites et un rayon)

- On détermine d'abord le rayon.

d- Le rayon :

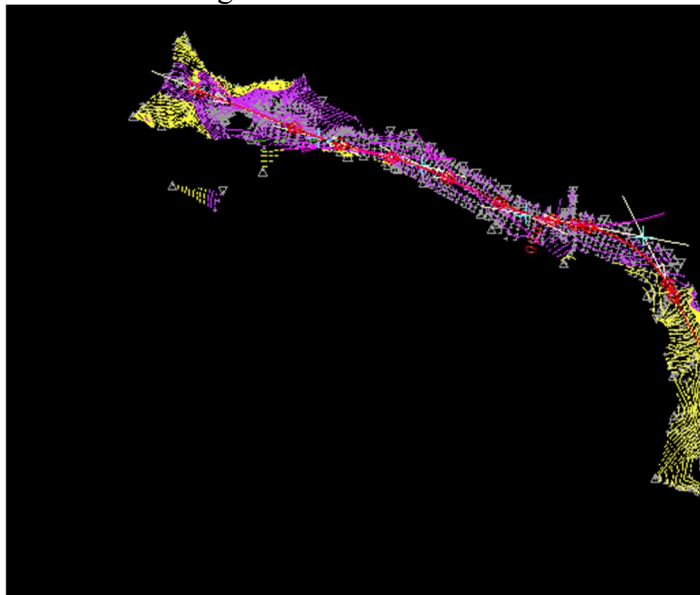
- Élément → distance en bas du graphe : Dis R1 (ex : +40) → Entrer
- On détermine un autre rayon s'il existe en tenant compte le signe.
- Et on passe au cercle.
- Élément → cercle : on écrit bas du graphe CER C1 D1 D2 R1 → Exécuter
- Même chose pour les autres cercles.

## 5.2- Construction de l'axe

Élément → axe → nom d'élément (Axe Ax)

→ Point (on clique sur le point P1) → fin automatique

→ Exécuter : on aura notre axe rouge



**Figure II. 3 :** Axe en plan.

## 1- DEFINITION

Le profil en long est obtenu par élévation verticale de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci, il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet.

## 2- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DE LA LIGNE ROUGE

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Pour cela il faut :

- Minimiser les terrassements, en recherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

## 3- COORDINATION ENTRE LE TRACE EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel; ces objectifs incite à :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :  
**R vertical > 6 × R horizontal**, pour éviter un défaut d'inflexion.

## 4- DECLIVITES

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

### 4.1- Déclivité minimale

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux pluviales le long de la chaussée.

### 4.2- Déclivité maximale

Du point de vue technique, la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de l'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les camions (poids lourds PL) qui sont déterminants, car la plupart des PL ont une grande réserve de puissance.

Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 7%.

## 5- LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG

Le changement de déclivité constitue des points particuliers dans le profil en long, ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.

Il y a deux types de raccordements :

### 5.1- Raccordements convexes (angles saillants)

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

#### 5.1.1- 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  $g/30$  (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$V_2 / R_v < g / 40 \text{ avec } g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)} \quad \text{et } v = V/3.6$$

D'où :

$$R_v \geq 0,30 V^2 \quad (\text{cat 1-2}).$$

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

Tel que :

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

$V$  : vitesse de référence (km/h).

#### 5.1.2- Condition de visibilité

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2 \cdot (h_0 + h_1 + 2 \cdot \sqrt{h_0 \cdot h_1})} \approx 0,27 D^2$$

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

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

**Tableau IV. 1** : Rayons convexes (angle saillant) (B40).

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	$R_{vm1}$	2 500
Min- normal	$R_{vN1}$	6 000
Dépassement	$R_{vD}$	11 000

## 5.2- Raccordements concaves (angle rentrant)

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

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

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

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

**Tableau IV. 2** : rayons concaves (angle rentrant) (B40).

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	$R'_{V_m}$	2 400
Min-normal	$R'_{V_N}$	3 000

## 6- APPLICATION AU PROJET

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

Visualisation de l'axe :

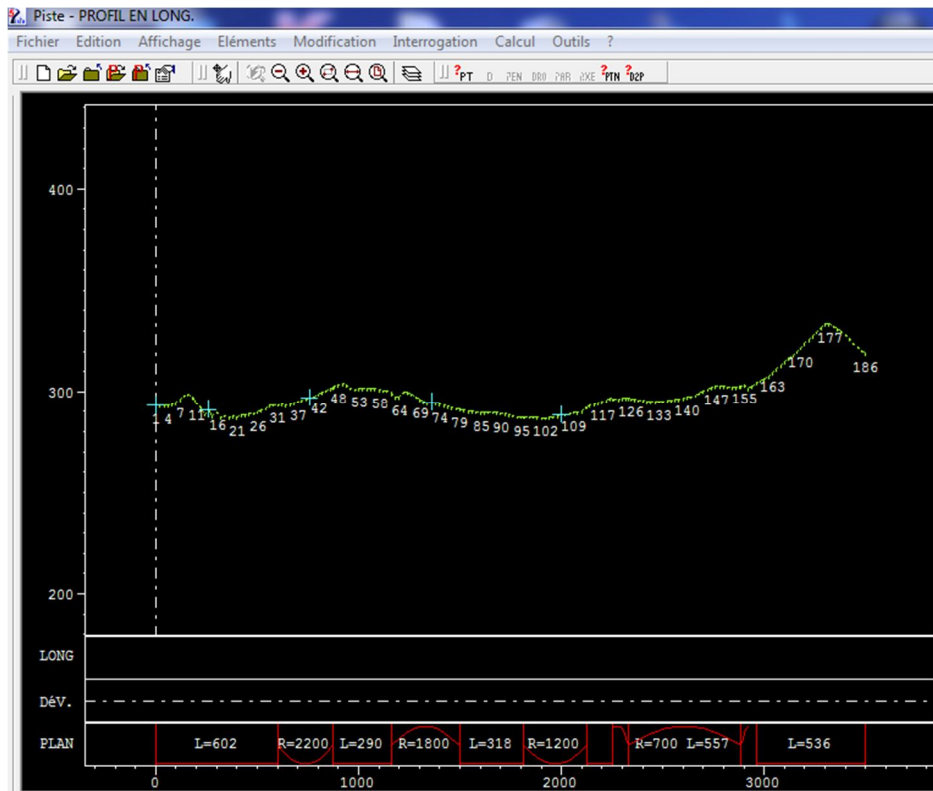
→ Fichier → projet piste → ouvrir (on cherche notre axe « axe projeté »  
ouvrir → on aura le terrain avec les profils.

Création du profil en long :

Fichier → nouveau → conception longitudinal → ok  
(Donner un nom exp : profil en long) → ouvrir → ok  
→ Bouton droit → zoom tout.

L »axe longitudinalement :

Fichier → projet piste : on cherche notre axe « axe projeté » → ouvrir : on aura le profil en long.



**Figure IV. 1:** Profil en long.

### 6.1- Conception des éléments du profil en long

a) Point :

Elément → point → nom d'élément → graphiquement → profil → terrain :  
on sélectionne sur le graphe « profil n 1 » et on sélectionne → exécuter 2<sup>ème</sup> point.

Elément → point → graphiquement : écrire p2 en bas et sélectionner sur le graphe un point exécuté.

La même chose avec les autres points.

Le dernier point : comme le premier point : au lieu de sélectionner un « p » graphiquement on sélectionne «profil terrain».

b) Droites :

Elément → droite → nom d'élément : on écrit D1 et sélectionner sur le graphe entre P1 et P2 → Exécuter.

On fait la même chose avec le reste des droites..

c) Parabole (cercle) :

Elément → distance : R1 → donner sa valeur avec considération du signe,  
Exécute.

Elément → parabole → nom d'élément → PARA 1

Et sur le graphe on sélectionne D1 et D2 et distance R1 → ok → exécuter

La même chose avec les autres paraboles si existent

d) Dessiner l'axe :

Elément  $\longrightarrow$  Axe : sélectionner  $\longrightarrow$  point P1 sur le graphe  $\longrightarrow$  fin automatique exécuté : on aura l'axe en rouge.



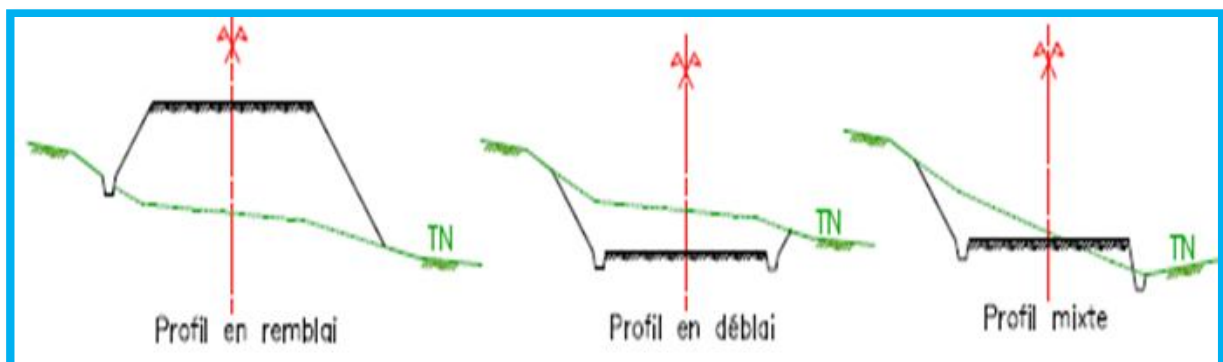
**Figure IV. 2** : Eléments du profil en long.

## 1- DEFINITION

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers 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 la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.....).

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur l'autoroute, qui définit le nombre de voies. et on distingue plusieurs sortes :

- Profil en remblai
- Profil en déblai
- Profil mixte



**Figure V. 1** : Différents types de profil en travers.

## 2- LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

### a- La chaussée:

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

### b- La largeur roulable :

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

### c- Plate forme:

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

### d- L'assiette:

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

### e- L'emprise :

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

### f- Les accotements:

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

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

- Une berme extérieure.

#### g- Le terre-plein central :

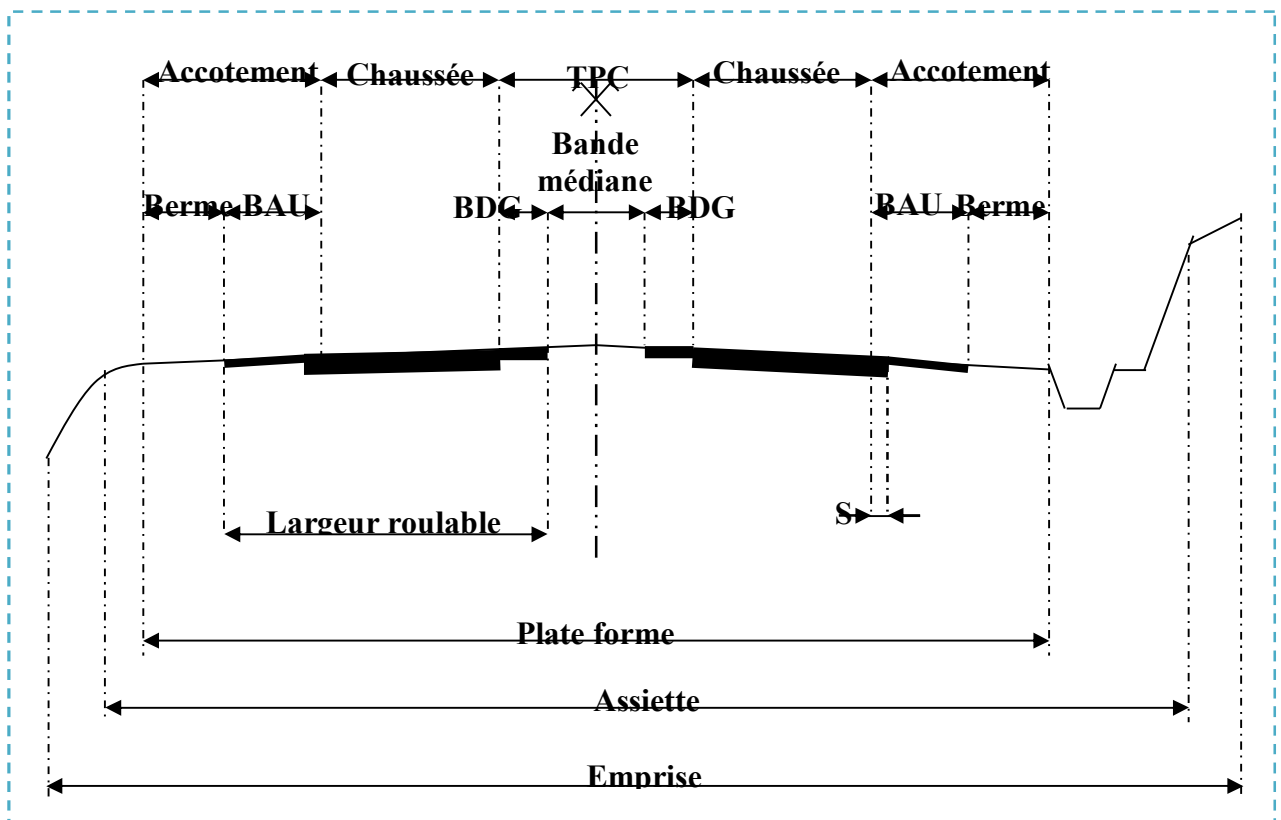
Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les sur largeurs de la chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

#### h- Le fossé :

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

#### ❖ Profil en travers type (cas mixte).



**Figure V. 2 :** Les éléments constitutifs du profil en travers.

### 3- CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS

Ils existent deux types de profil travers:

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

#### 3.1- Profil en travers type

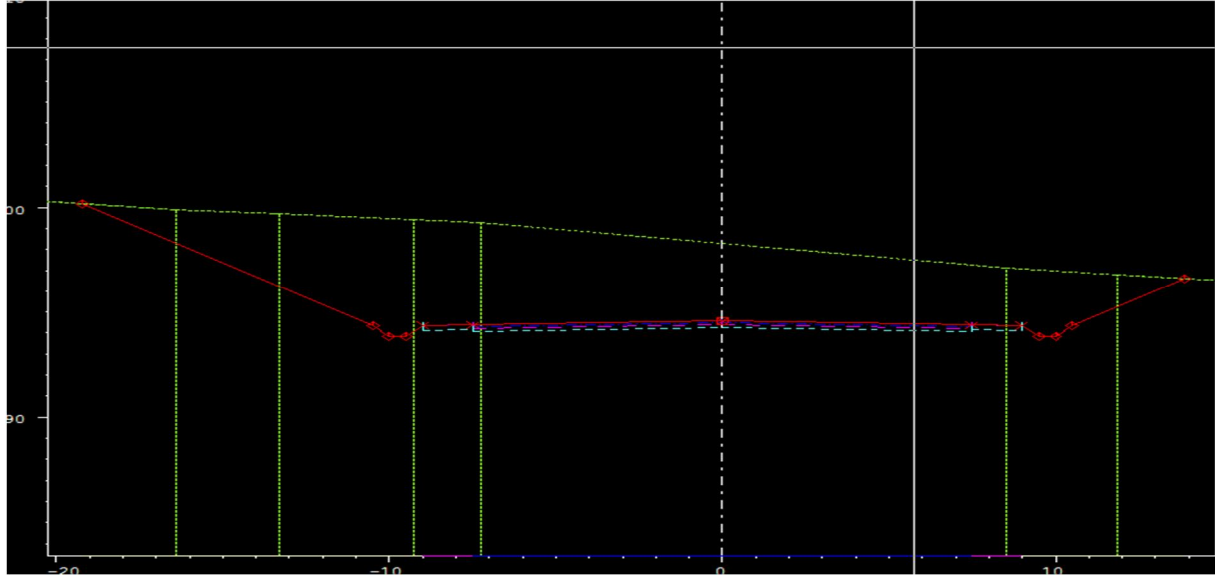
Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

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

### 3.1- Profil en travers courant

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



**Figure V. 3 :** Profil en travers.

## 4- APPLICATION AU PROJET

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

**Tableau V. 1 :** Les composantes du profil en travers type proposé.

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation 2x2	3.50	4	14.00
Terre-plein central (T.P.C) : - Bande médiane (B.M)	1.00	1	1.00
Accotement : -La berme	1.00	2	2.00
<b>Total</b>			<b>17.00</b>

## 5- CALCUL DES PERSPECTIVES

Dans le menu de la conception transversale, on fait :  
Calcul → perspective.

On donne les valeurs implicites, ensuite on clique sur le bouton droit → visualiser perspective.

Chaque perspective visualisée correspond à un profil en travers donné, on peut faire alors un défilement avec la touche défilement, on peut ainsi désigner un profil en travers en cliquant sur un numéro du profil et cliquer sur OK.

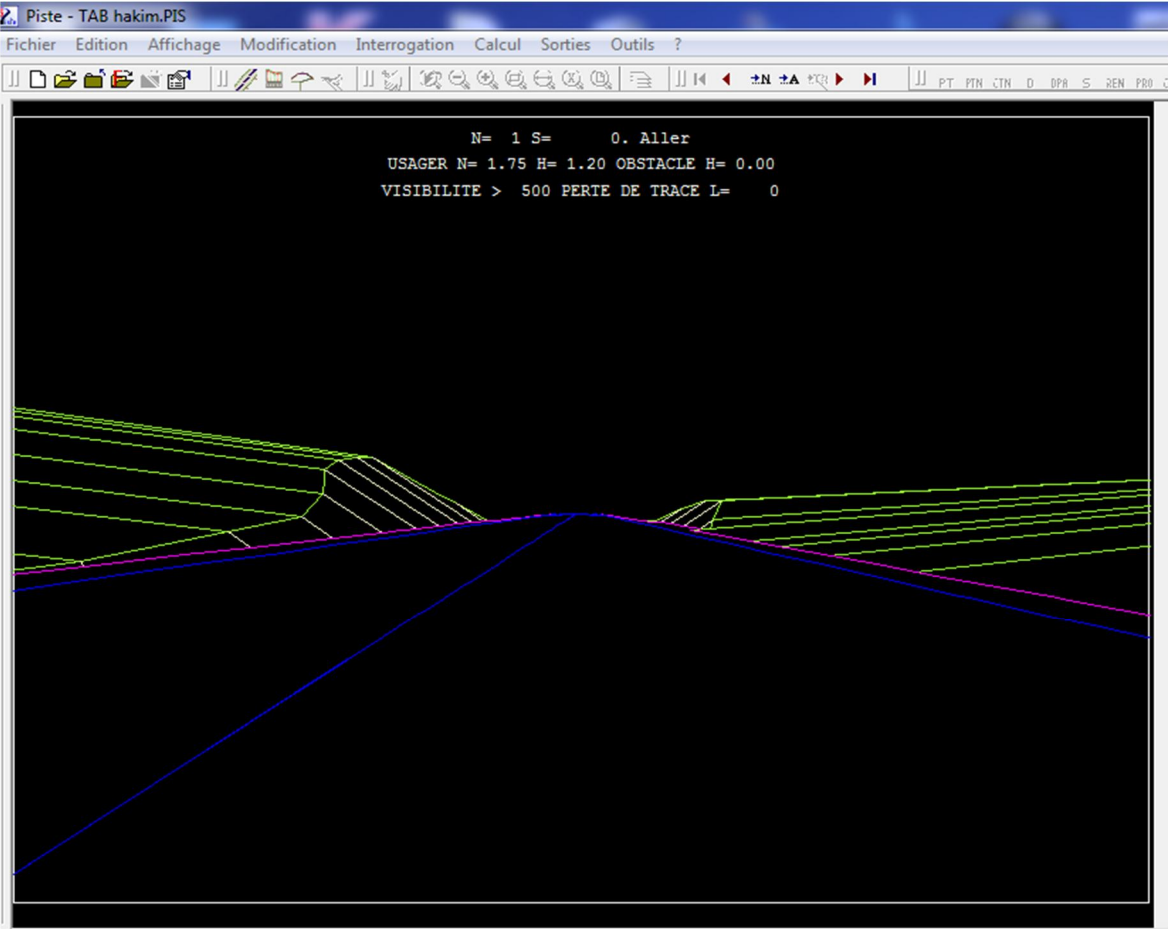


Figure V.4 : Vue en perspective

## 1- INTRODUCTION

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

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

## 2- DEFINITION DES CUBATURES

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- METHODES DE CALCUL DES CUBATURES

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

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

SD : surface déblai.

SR : surface remblai.

## 4- Description de la méthode

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

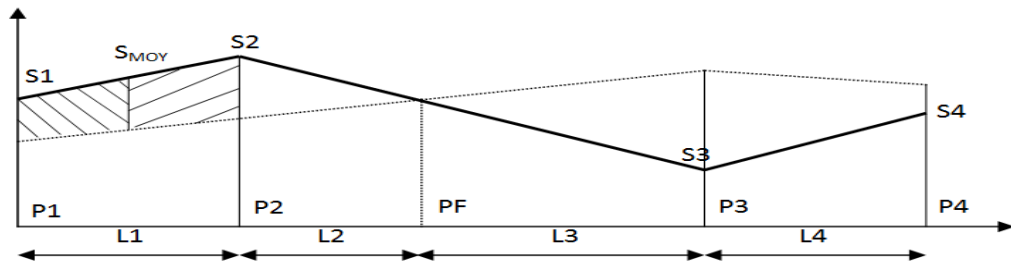
$$V = \frac{h}{6} (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

**Avec :**

h : hauteur entre deux profils.

S<sub>0</sub> : surface limitée à mi-distance des profils

S<sub>1</sub> , S<sub>2</sub> :surface des deux profils.



**Figure VI.1** : Profil en long d'un tracé donné.

**PF** : profil fictive, surface nulle.

**Si** : distance entre ces deux profils.

**Li** : distance entre ces deux profils.

**SMOY** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance  $L_i$ )

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions et  $(S_1+S_2)/2$

Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

Entre P1 et P2 :  $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P2 et PF :  $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre PF et P3 :  $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$

Entre P3 et P4 :  $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$

Le volume total V :

$$V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \cdot S_1 + \left(\frac{L_1+L_2}{2}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{L_2+L_3}{2}\right) \cdot 0 + \left(\frac{L_3+L_4}{2}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \cdot S_4$$

## 5- CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT

Le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel piste 5.0

**Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexes (annexe C).**

# *Chapitre VII*

---

*Etude géotechnique*

# *Chapitre VIII*

---

## *Dimensionnement du corps de chaussée*

# *Chapitre IX*

---

## *Assainissement*

# *Chapitre X*

---

*Echangeur*

# *Chapitre XI*

---

## *Equipement de la route*

# *Chapitre XIII*

---

*Impact sur  
l'environnement*

## 1- INTRODUCTION

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

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

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

Pour cela on a des essais qui se font au laboratoire et qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

## 2- LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE

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

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

## 3- LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRES

Les essais réalisés au laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'Atterberg.
- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Essai Micro Deval.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire. Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

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

## 4- OBJECTIFS

Les objectifs d'une étude géotechnique sont :

- Bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- Sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- Identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Protection de l'environnement et les ressources naturelles.

## 5- ES ESSAIS D'IDENTIFICATION

### 5.1- 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 et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

### 5.2- Equivalent de sable

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable c'est-à-dire déterminé la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

### 5.3- Limites d'Atterberg

Limite de plasticité ( $W_p$ ) et limite de liquidité ( $W_L$ ), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

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

### 5.4- Essai PROCTOR

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

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

### 5.6- 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 ».

### 5.7- 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, on parlera du micro Deval humide.

## 6- LES ESSAIS IN SITU

### 6.1- L'essai de plaque :

L'essai de chargement à la plaque est un essai géotechnique classique qui permet de réaliser sur la surface d'un sol ou d'une couche faisant partie de la structure routière une expérience relativement simple dont le résultat est lié aux propriétés mécaniques des matériaux examinés.

Les résultats de l'essai sont destinés au contrôle de la mise en œuvre des matériaux (contrôle de compactage) ; parfois les essais de chargement à la plaque sont effectués dans le cadre d'une étude de dimensionnement d'une chaussée neuve ou de renforcement d'une chaussée existante.

A défaut de mesure du module de la plaque, il est estimé par la formule donnée par les catalogues de dimensionnement des chaussées neuves  $E = 5 \times \text{CBR}$ .

## 6.2- L'essai préssiométrique

L'essai préssiométrique est un essai de chargement in situ effectué au sein même du terrain grâce à la réalisation préalable d'un forage. L'analyse des résultats permet d'obtenir, pour une profondeur donnée, les caractéristiques mécaniques du sol et d'effectuer les calculs de fondation.

Trois caractéristiques du sol sont notamment déduites :

- Le module préssiométrique  $E_M$  qui définit le comportement pseudo-élastique du sol.
- La pression limite  $p_l$  qui caractérise la résistance de rupture du sol.
- La pression de fluage  $p_f$  qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.

## 7- Condition d'utilisation des sols en Remblais

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

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

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

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

### NB :

Nous n'avons pas fait aucun essai géotechnique et nous n'avons pas reçus aucune donnée de la part de la direction des travaux publique (DTP).

Alors nous avons pris, pour des raisons de sécurités, un sol de très faible portance. Indice de  $\text{CBR}=4$ .

## 1- INTRODUCTION

L'estimation d'un projet routier ne se limite pas à un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisée, elle devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige,... Etc. pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonne caractéristique géométrique mais aussi de bonne caractéristique mécanique lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

## 2- PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES

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

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

## 3- LES DIFFERENTS TYPES DES CHAUSSEES

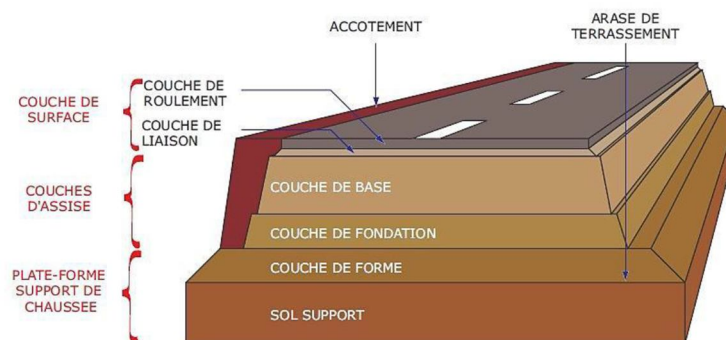
Il existe trois types de chaussée :

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

### 3.1- Les chaussées souples

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

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



**Figure VIII. 1:** Différentes couches d'une chaussée.

#### 3.1.1- Couche de surface

Elle constitue la chape (couche de roulement) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et doit assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers. Elle est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides. L'épaisseur de la couche de roulement en général varié 6 et 8 cm.

### 3.1.2- Couche de base

Elle joue un rôle essentiel, elle existe dans toute les chaussée, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafics ainsi lâche de sol, elle répond aux efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui résultent sur les couche sous –jacentes et Son épaisseur varie entre 10 et 25 cm.

### 3.1.3- Couche de fondation

Le rôle de la couche de fondation est identique à celui de la couche de base : elle reprend aux contraintes normales et les repartir sur le sol support (ou la couche de forme éventuellement).

La couche de fondation et la couche de base forment <<corps de chaussée>>.

### 3.1.4- Couche de forme

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

## 3.2- Les chaussées rigides

Ce sont des chaussées constituées d'une dalle en béton. Cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple.

La couche de fondation peut être réalisée en grave traitée aux liants hydrauliques, ou en grave stabilisée mécaniquement.

Les chaussées rigides sont utilisées pour des constructions à grandes sollicitations de charges (cas d'une piste d'aérodrome ou station de service).

## 3.3- Les chaussées semi-rigides

Représente une faible déformabilité. Ces chaussées comportent une couche de base et quelques fois une couche de fondation traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier ....)

## 4- METHODES DE DIMENSIONNEMENT

Il existe différentes méthodes pour le dimensionnement du corps de chaussée, parmi les plus connues et les plus utilisés en Algérie on site :

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

Toutes les méthodes existantes pour le dimensionnement du corps de chaussées s'appuient sur trois (03) paramètres :

- Le trafic.
- La force portante du sol.
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

Le trafic pris en compte est celui du poids lourd, c'est-à-dire des véhicules dont le poids total est supérieur à 3,5 tonnes.

Les méthodes utilisées dans notre projet sont :

- Méthode C.B.R «California – Bearing – Ratio» améliorée: (méthode empirique).

- Méthode du catalogue des structures (méthode rationnelle).

#### 4.1- Méthode de C.B.R (California – Bearing – Ratio)

C'est une méthode (Semi-Empirique) qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100) % de l'optimum Proctor. L'ICBR retenu est la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

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

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

- $I_{CBR}$ : indice CBR.

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivant :

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

- $N$  : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.
- $P$  : charge par roue  $P = 6.5$  t (essieu 13 t).
- $\text{Log}$  : logarithme décimal.
- $e$  : épaisseur équivalente.

#### a- Notion de l'épaisseur équivalente

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

$$E_{eq} = \sum e_i (\text{réel}) \times a_i$$

- $e_1$  : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- $e_2$  : épaisseur réelle de la couche de base.
- $e_3$  : épaisseur réelle de la couche de fondation.
- $a_1, a_2, a_3$ : sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches  $e_1, e_2, e_3$ . Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau (01) suivant :

**Tableau VIII. 1** : Les coefficients d'équivalence(B40).

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobe dense (BB)	2.00
Grave ciment – grave laitier (GB-GL)	1.50
Sable ciment (SC)	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier (GC)	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume (GB)	1.60 1.70

### b- Détermination de la classe du sol

Le sol doit être classé selon la valeur du CBR du sol support. Les différentes catégories de sol sont données par le tableau(04) suivant :

**Tableau VIII. 2** : Classe de sols.

Classe du sol	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25 à 40
S2	10 à 25
S3	5 à 10
S4	< 5

## 5- APPLICATION AU PROJET

### 5.1- Caractéristiques du sol support

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de CBR= 4 (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S4. On prévoit une couche de forme en matériau non traité pour améliorer la portance de sol support.

### 5.2- Méthode C.B.R

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

- TJMA2042 = **14573**v/j.
- PL= **35%**.
- $I_{CBR} = 10$
- $N(PL) = 14573 * 0.35 = 5101$  PL/j.
- Chaussée unidirectionnelle à 2 voies : **90%** du trafic PL sur la voie lente de droite.
- $N(PL) = 5101 * 0.90 = 4591$  PL/j/sens/voie la plus chargé.

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P} \times [75 + 50 \times \log(\frac{N}{10})]}{I_{CBR} + 5}$$

- $E_{eq}$ : épaisseur équivalente.
- $P$  : Charge par roue  $P = 6.5$  t (essieu 13 (t)).
- $N$  : désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.
- $\text{Log}$  : Logarithme décimal.
- $E_{eq}$  : Épaisseur equivalent.

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times [75 + 50. \log(\frac{4591}{10})]}{(10 + 5)} = 42(\text{cm})$$

Avec :  $E_{eq} = a1.e1 + a2.e2 + a3.e3$

- $e1$  : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- $e2$  : épaisseur réelle de la couche de base.
- $e3$  : épaisseur réelle de la couche de fondation.

✚ **Remarque :**

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

**BB: 5-8cm**

**GB : 10-20cm**

**GC : 15-30cm**

Calcule l'épaisseur  $e_3$  :

$e_1 = 6 \text{ cm}$  en béton bitumineux (BB)

$\Rightarrow a_1 = 2,0.$

$e_2 = 15 \text{ cm}$  en grave bitume (GB)

$\Rightarrow a_2 = 1,5.$

$\Rightarrow a_3 = 1,0.$

$E_{eq} = 6 \times 2 + 10 \times 1,5 + 1,0 \times e_3 = 42 \text{ (cm)}.$

$27 + e_3 = 42 \Rightarrow e_3 = 29,5$  donc on prend  $e_3 = 15 \text{ cm}$

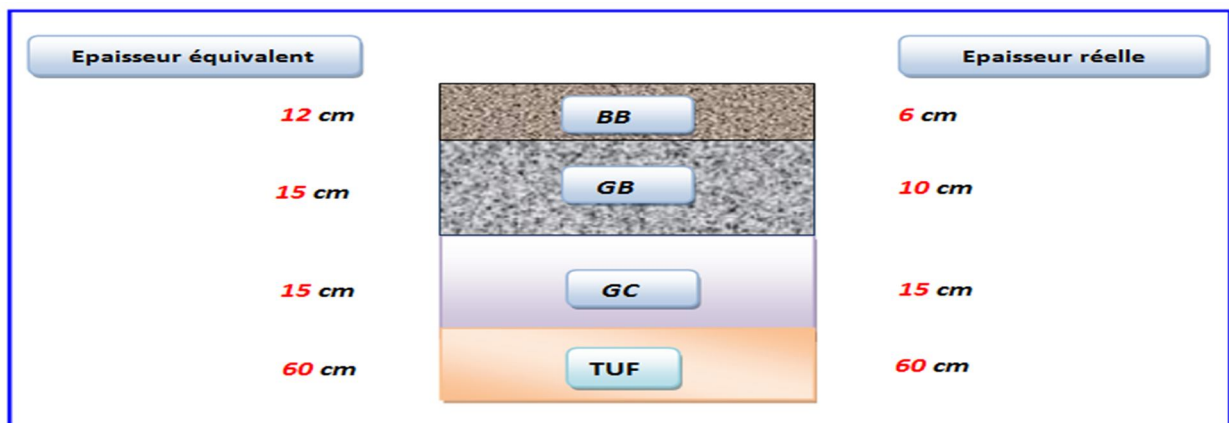
Les résultats des épaisseurs obtenus par cette méthode sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau VIII. 3 :** Résultats des épaisseurs obtenus.

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur Equivalente (cm)
BB	06	02	12
GB	10	1.5	15
GC	15	01	15
TOTAL	31		42

## Conclusion

Notre structure comporte : **6 BB + 15 GB +15 GC** avec une couche de forme de **60 cm** en **TUF** (en deux couche).



**Figure VIII. 2 :** Schéma de différentes couches obtenues.

✚ **Remarque Sur classement des sols supports de chaussée :**

Le cas de sols de faible portance ( $S_3$  en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptable.

**Tableau VIII. 4 :** Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité (B30).

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol support visée (Si)
< S <sub>4</sub>	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S <sub>3</sub>
S <sub>4</sub>	"	35 cm	S <sub>3</sub>
S <sub>4</sub>	"	60 cm (en 2 couches)	S <sub>2</sub>
S <sub>3</sub>	"	40 cm (en 2 couches)	S <sub>2</sub>
S <sub>3</sub>	"	70 cm (en 2 couches)	S <sub>1</sub>

### 5.3- Méthode des catalogues des structures

TJMA<sub>2022</sub>=6651 v/j. (année mise en service).

On a:

$$TJMA_{2022} = 6651 v/j > 1500 v/j$$

⇒ Donc le réseau principal est de niveau 1 (RP1). PL(%)= 35%.

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

#### 5.3.1- Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1:

$$TPL_{2022} = 6651/2 \times 90\% \times 35\% = 1048 \text{ PL/j/sens/voie la plus chargé}$$

**Tableau VIII. 5 :** Classe de trafic

Classe TPLi pour RP1					
TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

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

#### 5.3.1- Détermination de la portance de sol-support de chaussée

##### a- 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 sol-supports de chaussée.

**Tableau VIII. 6 :** Classes des sols.

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

### b- Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir (S<sub>3</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>0</sub>). Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times 10 = 50 \text{ (MPa)} \longrightarrow S_2.$$

**Tableau VIII. 7** : Classes de la portance de sol-supports (C.T.T.P.).

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

### 5.3.3- Choix de différentes couches constitue de la chaussée

On a choisi structure **GB/GNT**

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

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

### 5.3.4- Détermination de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique **I**: pluviométrie >600mm/ans. (Région de **tizi ouzou**).

### 5.3.5- Choix de dimensionnement

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique **I**, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol visée (**S2**) et une classe de trafic (TPL5).

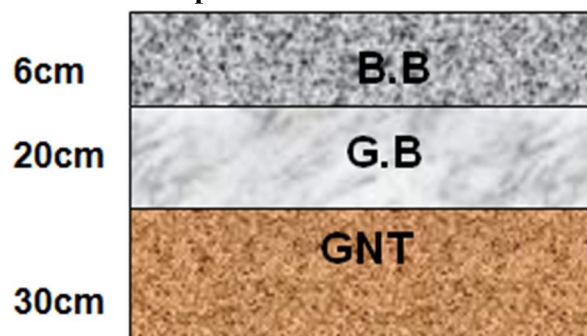
Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) on a proposé la structure suivante:

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

D'après la fiche structure, on choisit:

**6 BB+20 GB+30 GNT**

**Epaisseurs réelles:**



**Figure VIII. 3** : Corps de chaussée avec la méthode C.T.T.P.

### 5.3.6- Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

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

$$\epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \text{ et } \epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$$

- $\epsilon_t$  : la déformation de traction par flexion à la base des couches bitumineuses.
- $\epsilon_z$  : la déformation verticale sur le sol support.

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

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times K_c$$

❖ **Calcul de la déformation admissible  $\epsilon_{z,adm}$  sur le sol support :**

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

Avec  $(TCE_i)$  trafic cumulé équivalent est donné par la relation suivante :

$$TCE_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times A$$

**Tableau VIII. 8** : valeurs du coefficient d'agressivité A.

Niveau de réseau principal(RPi)	Type de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées a matériaux traités au bitume: GB/GB, GB/TUF, GB/SG	0.6
	Chaussées a matériaux traités au liants hydraulique: GB/GC,GB/TUF,GB/GC	1

Coefficient d'agressivité : **A= 0.6**

$$TCE_i = 1048 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 0.6$$

Donc  $TCE_i = 6.83 \times 10^6$  essieux équivalents de 13 tonnes

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (6.83 \times 10^6)^{-0.235} = 5.45 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 5.45 \times 10^{-4}$$

❖ **Calcul de la déformation admissible  $\epsilon_{t,adm}$  à la base de GB**

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C} , 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times K_c$$

- $K_{ne}$  : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- $K_{\theta}$ : facteur lié à la température
- $K_r$  : facteur lié au risque et aux dispersions,

**Tableau VIII. 9 :** Choix des températures équivalentes.

Température équivalentes	Zone climatique		
	I et II	III	IV
	20	25	30

**Tableau VIII. 10 :** Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6(10^\circ, 25\text{Hz}) (10^{-6})$	-1/b	SN	Sh (cm)	$\nu$	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3

- $kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{6.83 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.755$
- $k\theta = (E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})/E(20^\circ\text{C}, 10\text{Hz}))^{0.5} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5} = 1.336$
- $Kr = 10^{-tb\delta}$
- Kc = (coefficient de calage)

**Tableau VIII. 11 :** risques adoptés pour le réseau RP1.

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

**Tableau VIII. 12 :** Risque adoptés le réseau RP1.

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

On a :

$r = 10\%$ , implique que  $t = -1.282$

$b = -0.146$

$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} 3\right)^2} = 0.61$

$Kr = 10^{-tb\delta} = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.61} = 0.76$

$Kc = 1.3$  (coefficient de calage)

$\epsilon_6(10^0, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$

Donc :  $\text{et.adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$

$\text{et.adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.755 \times 1.336 \times 0.76 \times 1.3 = 98.73 \times 10^{-6}$

**Et.adm = 99.66 × 10<sup>-6</sup>**

**Conclusion**

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

## 1- Introduction

Lors de la conception des ouvrages routiers, un des problèmes techniques les plus importants auquel doit faire attention un ingénieur, est celui de l'assainissement du futur ouvrage. Il s'agit essentiellement de la collecte et l'évacuation des eaux superficielle 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- Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

## 3- Assainissement de la chaussée

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

- Les réseaux de collecte longitudinaux.
- Les ouvrages transversaux.
- Les ouvrages de raccordement.
- Les ouvrages de contenance et de dépollution.
- Les exutoires.

### 3.1- Réseaux de collectes longitudinales

a. Réseaux longitudinaux sur la plate-forme: on distingue:

- **Le réseau de terre plein central:** a pour fonction de collecter et d'évacuer les eaux issues du TPC et de la demi-chaussée déversée.
- **Le réseau de pied de talus de déblai:** ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissèlement du talus de déblai, de la chaussée, de la bande d'arrêt d'urgence et de la berme en générale en réalise une cunette ou un fossé de faible profondeur enherbé ou revêtu.
- **Le réseau de crête de talus de remblai:** a pour fonction de canaliser l'eau issue du ruissèlement de la chaussée pour éviter son déversement en rive sur le talus de remblai. Il protège le talus routier contre toute altération en générale on prévoit ce type d'ouvrage dès que la hauteur du talus de remblai dépasse 4m ou 2m pour les régions exposées à une intensité pluvieuse importante. En section courant l'ouvrage peut être constitué de caniveau rectangulaire en béton, de bourrelets ou de bordures.

b. **Réseaux longitudinaux en dehors de la plate-forme:** on distingue:

- **réseau de crête de talus de déblai:** son rôle est d'éviter l'érosion du talus et les infiltrations susceptibles de compromettre la stabilité du talus. Il intercepte les eaux de ruissellement du bassin versant naturel modifié par le tracé routier; les ouvrages utilisés peuvent être fossés trapézoïdaux, fossés triangulaires ou des 1/2 buses.
- **réseau de pied de talus de remblai:** ce réseau doit collecter toutes les eaux de l'impluvium routier, gravitairement pour les diriger vers l'exutoire. L'ouvrage est généralement un fossé trapézoïdal enherbé ou un fossé revêtu en béton lorsque les risques d'érosion sont à craindre

### 3.2- Liaisons transversales

Comprennent les ouvrages assurant un transfert des écoulements d'un réseau longitudinal vers un autre comme les descentes d'eau superficielles et les descentes d'eau enterrées.

### 3.3- Les ouvrages de raccordement

Il s'agit des regards et des différents raccordements des liaisons transversales avec le réseau longitudinal. Leur bonne exécution dépend de bon fonctionnement du système d'assainissement et de sa pérennité. Le plus souvent, ces ouvrages sont préfabriqués et plus rarement coulés en place. Il s'agit des :

- **Regards de visite:** nécessaire pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés.
- **Regards avaloirs:** servant à l'engouffrement des eaux.

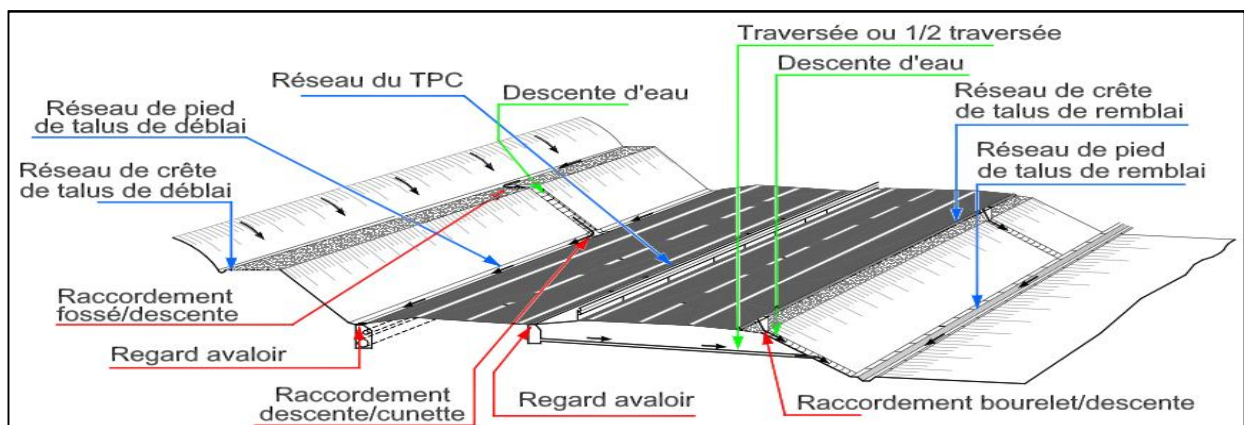
### 3.4- Ouvrages de contenance et de dépollution

Leurs fonctions est l'écrêtement la dépollution. On a plusieurs types d'ouvrages comme fossés enherbés, bassins sec et fossés subhorizontal enherbe.

### 3.5- Les exutoires

L'exutoire est considéré comme le point de sortie d'un réseau d'assainissement ou d'un bassin versant. On a plusieurs types :

- **Exutoires naturels:** comme les cours d'eaux et les canaux...
- **Exutoires artificiels:** comme canalisation d'un réseau d'assainissement existant, fossé bassin d'infiltration....



**Figure IX. 1 :** Différents ouvrage d'assainissement

#### 4- Dimensionnement des ouvrages d'évacuation

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée la méthode Rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe:

$$Q_a < Q_s$$

Avec :

$Q_a$  : Débit d'apport en provenance du bassin versant ( $m^3/s$ ).

$Q_s$  : Débit d'écoulement au point de saturation ( $m^3/s$ ).

##### 4.1- Débits d'apports

Le débit d'un bassin étant la quantité d'eau qui s'écoule dans l'intervalle d'un temps donné, sa gestion dans le milieu urbain a aussi pour but d'éviter des dommages aux propriétés.

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle :

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

Avec :

- 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 (Km).

Cette formule est empirique elle a été faite pour les unités suivantes :

$$Q_a \text{ en } (m^3/s) \text{ valable pour : } I \text{ en } (mm/h) ; A \text{ en } (Km^2) ; K = 0.278$$

##### a- Coefficient de ruissellement «C» :

Le coefficient de ruissellement d'une surface donnée est le rapport du volume d'eau tombé sur le volume d'eau écoulé sur la surface.

Ce coefficient dépend essentiellement :

- De la nature des revêtements sur les ruisselles d'eau.
- Des pentes des surfaces drainées.
- De la température de l'air, du sol, de l'eau, degré hygrométrique de l'air, saison.

Ce coefficient varie au cours d'une averse avant de se stabiliser.

La valeur du coefficient « C » est fixée à partir du tableau ci-dessus :

**Tableau IX. 1** : Valeurs des coefficients de ruissellement.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtu en enrobes	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- Intensité de l'averse «It»**

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

$$I_t = I \times (T_c / 24)^B$$

Avec :

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

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

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

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

➤ **Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :**

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

Avec :

**P<sub>j moy</sub>** : hauteur de la pluie journalière moyenne (mm).

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

**U** : variable de Gauss (en fonction de la période de retour) dont les valeurs sont donné par le tableau (IX.2)

**Tableau IX. 2** : Variable de gauss en fonction de la période de retour.

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

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

🔧 **Remarque :**

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

**c- Fréquence de l'averse «Pt(%)»**

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

$$P_t (\%) = P_J (\%) (T_c / 24)^b$$

Avec :

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

**P<sub>J</sub>** : pluie journalière maximale annuelle.

**b** : l'exposant climatique de la région.

**T<sub>c</sub>** : 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).

**d- Temps de concentration «T<sub>c</sub>»**

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

**La formule de VENTURA** : Lorsque : A < 5 km<sup>2</sup>:

$$Tc = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

**La formule de PASSINI :** Lorsque  $5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$  :

$$Tc = \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}}$$

**La formule de GIADOTTI :** Lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ :

$$Tc = \frac{1.5L + 4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{H}}$$

**Tc :** le temps de concentration (heure).

**A :** superficie de bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

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

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

#### 4.2- Débit de saturation ( $Q_s$ )

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par la formule de MAMING STICKLER.

$$Q_s = K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{2/3} \times S_m$$

Avec :

**$Q_s$ :** Débit de saturation.

**J:** Pente de l'ouvrage d'évacuation.

**$S_m$ :** Section mouillée.

**$R_H$ :** Rayon hydraulique, avec :  $R_h = \text{section de profil mouillé} / \text{périmètre du profil mouillé}$ .

**$K_{st}$ :** Coefficient de rugosité (MAMING STICKLER).

- Parois en terre :  $K_{ST} = 30$
- En buses métalliques :  $K_{ST} = 40$
- Maçonneries :  $K_{ST} = 50$
- Béton :  $K_{ST} = 70$
- Buses préfabriquées :  $K_{ST} = 80$

### 5- Application a notre projet

#### 5.1- Données pluviométriques

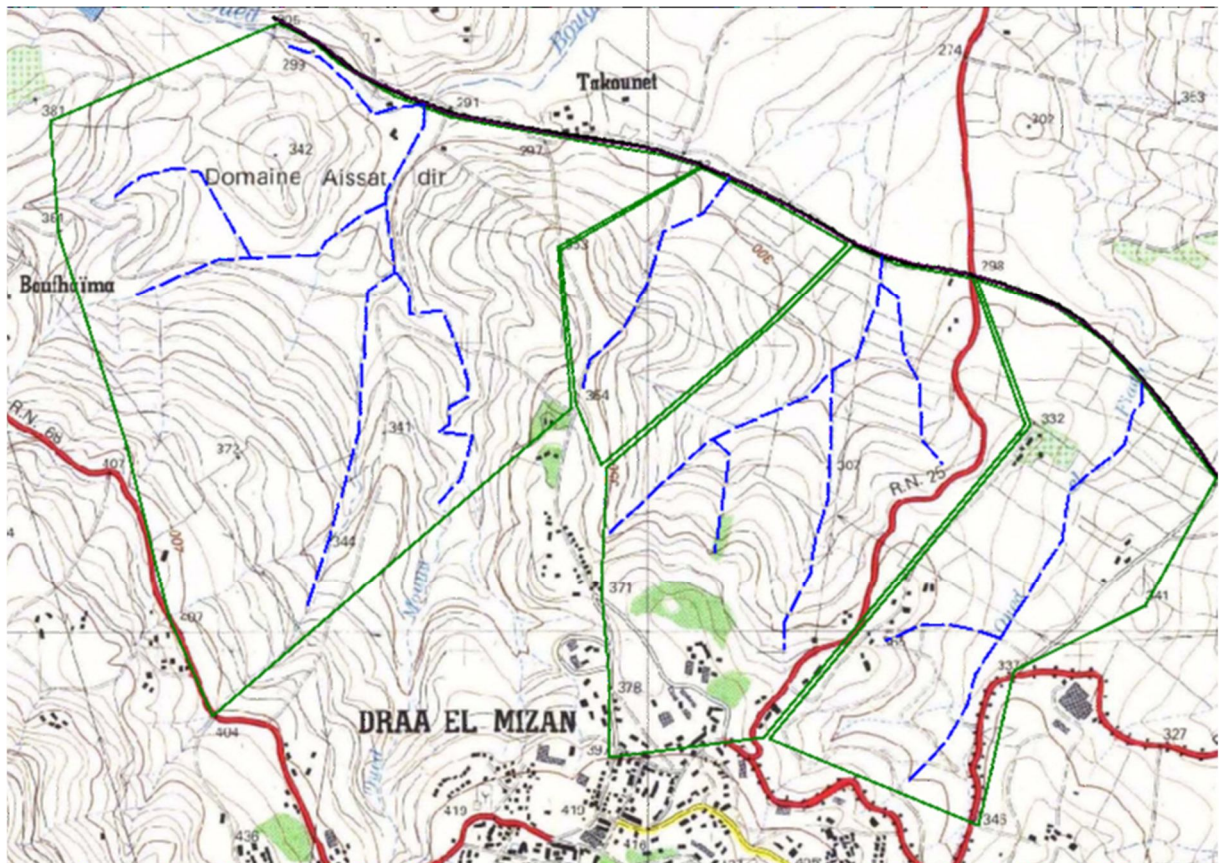
La région de Tizi-Ouzou est régie par un climat méditerrané caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

Les données nécessaires aux calculs concernent:

- La pluie journalière moyenne:  **$P_{24} = P_{j\text{moy}} = 60.35 \text{ mm}$** .
- Le coefficient de variation de la région considérée :  **$C_v = 0.38$** .
- L'exposant climatique de la région :  **$b = 0.37$** .

#### 5.2- Les bassins versants et leurs caractéristique

Les surfaces des bassins versants ont été estimées avec MapInfo professionnel 10.5 sur la carte topographique « échelle 1 :25000 » sont illustrées dans le tableau (IX.3).



**Figure IX. 2 :** Délimitation des bassins versants.

**Tableau IX. 3 :** Caractéristiques des bassins versants.

N° BV	Surface (Km <sup>2</sup> )	Périmètre (Km)	Longueur (m)	H max(m)	H min(m)
BV 1	1.0095	5.1934	957.0	371	305
BV 2	1.3960	4.8052	495.5	397	298
BV 3	0.4796	2.9667	586.9	364	300
BV 4	2.5463	7.1338	1453.1	407	291

Avec :

**L** : longueur de thalweg.

**Hmax** : L'altitude maximale de B.V.

**Hmin** : L'altitude minimale de B.V.

### 5.3- Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

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

**Tableau IX. 4 :** les valeurs de la hauteur de la pluie journalière maximal annuelle.

	Pj moy	U (mm)	Cv	Pj(mm)
Pj (10%)	60.35	1.282	0.38	90.27
Pj (2%)	60.35	2.057	0.38	120.08

### 5.4- Temps de concentration

Le temps de concentration est estimé d'après La formule de VENTURA lorsque  $A < 5 \text{ km}^2$  :

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

$$P = (H_{\max} - H_{\min}) / L$$

**Tableau IX. 5** : les valeurs de temps de concentration.

N°BV	A (km <sup>2</sup> )	H max(m)	H min(m)	L(m)	P (m/m)	Tc (heure)
BV1	1.0095	371	305	957.0	0.034	0.692
BV2	1.3960	397	298	405.5	0.032	0.838
BV3	0.4796	364	300	586.9	0.077	0.317
BV 4	2.5463	407	291	1453.1	0.023	1.336

### 5.5- Intensité de l'averse

**Tableau IX. 6** : les valeurs de l'intensité de l'averse.

N°BV	Fréquence au dépassement (%)	Tc (heure)	B	Pj (mm)	I (mm/h)	I <sub>t</sub> (mm/h)
BV1	10%	0.692	-0.63	90.27	3.76	35.111
	2%	0.692	-0.63	120.08	5.00	46.691
BV2	10%	0.838	-0.63	90.27	3.76	31.122
	2%	0.838	-0.63	120.08	5.00	41.386
BV3	10%	0.317	-0.63	90.27	3.76	57.418
	2%	0.317	-0.63	120.08	5.00	76.354
BV4	10%	1.336	-0.63	90.27	3.76	23.198
	2%	1.336	-0.63	120.08	5.00	30.849

Avec :

$$I = \frac{P_j(t\%)}{24}$$

$$B = b - 1 = 0.37 - 1 = -0.63$$

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

#### 5.5.1- Surface de l'écoulement

On considère la présence des trois éléments (chaussée, talus et bassin versant), en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total.

Une largeur de talus a été prise défavorable égale (10m). Les linéaires des 4 bassins de calcul sont :

- 0.9570Km pour le bassin BV N°1.
- 0.4058Km pour le bassin BV N°2.
- 0.5869Km pour le bassin BV N°3.
- 1.4531Km pour le bassin BV N°4.

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_t + Q_{BV}$$

Avec :

$$Q_c = K. I. C_c. A_c$$

$$Q_t = K. I. C_t. A_t$$

$$Q_{BV} = K.I. C_{tn}. A_{BV}$$

Et:

- Qc : débit rapporté par la chaussée.
- Qt : débit rapporté par le talus.
- QBV : débit rapporté par le terrain naturel.

Les coefficients de ruissellement:

- Cc : coefficient de ruissellement de la chaussée.
- CBV : coefficient de ruissellement du terrain naturel.
- Ct : coefficient de ruissellement du talus.

### 5.5.2- Pour le bassin versant N°1

**Tableau IX. 7** : Section et débit d'apport de bassin versant 01.

	%	K	P	Pj (mm)	A (Km <sup>2</sup> )	Tc (heure)	I <sub>t</sub> (mm/h)	C	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV1	10	0.278	0.034	90.27	1.0096	0.692	35.111	0.2	1.970
	2			120.08			46.691		2.621
chaussée	10		0.025	90.27	0.0066	0.065	155.80	0.95	0.271
	2			120.08			207.19		0.361
berme	10		0.08	90.27	0.0009	0.013	429.47	0.4	0.042
	2			120.08			571.11		0.057
talus	10		0.67	90.27	0.0095	0.015	392.44	0.3	0.311
	2			120.08			521.87		0.413

### 5.5.3- Pour le bassin versant N°2

**Tableau IX. 8** : Section et débit d'apport de bassin versant 02.

	%	K	P	Pj (mm)	A (Km <sup>2</sup> )	Tc (heure)	I <sub>t</sub> (mm/h)	C	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV4	10	0.278	0.032	90.27	1.3960	0.838	31.122	0.2	2.415
	2			120.08			41.386		3.212
chaussée	10		0.025	90.27	0.0028	0.042	205.15	0.95	0.151
	2			120.08			268.79		0.199
berme	10		0.08	90.27	0.0004	0.009	541.43	0.4	0.024
	2			120.08			719.99		0.032
talus	10		0.67	90.27	0.004	0.01	506.66	0.3	0.169
	2			120.08			673.75		0.224

### 5.5.4- Pour le bassin versant N°3

**Tableau IX. 9** : Section et débit d'apport de bassin versant 03.

	%	K	P	Pj (mm)	A (Km <sup>2</sup> )	Tc (heure)	I <sub>t</sub> (mm/h)	C	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV4	10	0.278	0.077	90.27	0.4796	0.317	57.418	0.2	1.531
	2			120.08			76.354		2.036
chaussée	10		0.025	90.27	0.0041	0.051	181.53	0.95	0.196
	2			120.08			241.40		0.261
berme	10		0.08	90.27	0.0005	0.01	506.66	0.4	0.028
	2			120.08			673.75		0.037
talus	10		0.67	90.27	0.005	0.011	477.13	0.3	0.198
	2			120.08			635.49		0.265

## 5.5.5- Pour le bassin versant N°4

**Tableau IX. 10** : section et débit d'apport des bassins versants 04.

	%	K	P	Pj (mm)	A (Km <sup>2</sup> )	Tc (heure)	I <sub>t</sub> (mm/h)	C	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV4	10	0.278	0.023	90.27	2.5463	1.336	23.198	0.2	3.284
	2			120.08			30.849		4.367
chaussée	10		0.025	90.27	0.0101	0.080	136.70	0.95	0.364
	2			120.08			180.367		0.481
berme	10		0.08	90.27	0.0014	0.017	362.69	0.4	0.056
	2			120.08			482.30		0.075
talus	10		0.67	90.27	0.0145	0.019	338.15	0.3	0.409
	2			120.08			449.66		0.544

## 5.6- Dimensionnement des ouvrages hydrauliques

## 5.6.1- Dimensionnement du système de drainage longitudinal (les fossés BV N°1)

## a) Calcul de surface

Pour la chaussée

$$A_c = 0.007 \times 0.957 = 0.0066 \text{ Km}^2$$

Pour la berme

$$A_b = 0.001 \times 0.957 = 0.0009 \text{ Km}^2$$

Pour le talus

$$A_t = 0.01 \times 0.957 = 0.0095 \text{ Km}^2$$

## b) Calcul des débits d'apport (Qa)

Pour la chaussée, données : C<sub>C</sub> = 0.95; P = 2.5%; I (10%) = 3.76 mm/h; A<sub>C</sub> = 0.0066 Km<sup>2</sup>.

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.0066}{0.025}} = 0.065 \text{ h}$$

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24}\right)^{b-1} = 3.76 \left(\frac{0.065}{24}\right)^{-0.63} = 155.80 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_c = K.C.I.A = 0.278 \times 0.95 \times 155.80 \times 0.0066 = 0.271 \text{ mm/s}$$

Pour la berme, données: C<sub>b</sub> = 0.4 ; P = 8% ; I (10%) = 3.76 mm/h ; A<sub>b</sub> = 0.0009 Km<sup>2</sup>.

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.0009}{0.08}} = 0.013 \text{ h}$$

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24}\right)^{b-1} = 3.76 \left(\frac{0.013}{24}\right)^{-0.63} = 429.47 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_b = K.C.I.A = 0.278 \times 0.4 \times 429.47 \times 0.0009 = 0.042 \text{ mm/s}$$

Pour le talus, données: C<sub>t</sub> = 0.30; P = 67%; I (10%) = 3.76 mm/h; A<sub>t</sub> = 0.0095 Km<sup>2</sup>.

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.0095}{0.67}} = 0.015 \text{ h}$$

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24}\right)^{b-1} = 3.76 \left(\frac{0.015}{24}\right)^{-0.63} = 392.44 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_t = K.C.I.A = 0.278 \times 0.3 \times 392.44 \times 0.0095 = 0.311 \text{ mm/s}$$

$$Q_{aT} = Q_c + Q_b + Q_t$$

$$\left. \begin{aligned} (Q_a)_c &= 0.271 \text{ m}^3/\text{s} \\ (Q_a)_b &= 0.042 \text{ m}^3/\text{s} \\ (Q_a)_t &= 0.311 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned} \right\}$$

$$Q_{aT} = 0.624 \text{ m}^3/\text{s}$$

**c) Calcul du débit de saturation (QS)**

Pour le calcul de ce débit on utilise la formule de «MANNING STRICKLER» :

$$Q_s = K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$$

Avec :

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

**J** : pente de l'ouvrage d'évacuation.

**R** (m) : rayon hydraulique = section mouillée / périmètre mouillé.

**S** (m<sup>2</sup>) : section mouillée.

On posant pour les fossés une section trapézoïdale, on aura :

- **S<sub>m</sub>** : surface mouillée :  $S_m = h \times (b + n.h)$
- **P<sub>m</sub>** : périmètre mouillé :  $P_m = b + 2 h \sqrt{1 + n^2}$
- **R<sub>h</sub>** : rayon hydraulique :  $R_h = S_m / P_m$
- **P** : pente du talus :  $P = 1/n$

$$\text{Données : } \left\{ \begin{aligned} Q_a &= 0.624 \text{ m}^3/\text{s} \\ K_{st} &= 70 \quad (\text{béton}) \\ J &= 0.04 \text{ et } \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} \approx 0.67 \rightarrow n = 1.5 \end{aligned} \right. \quad \text{on fixe : } \left\{ \begin{aligned} \alpha &= 45^\circ \\ \text{et} \\ b &= 0.5 \text{ m} \end{aligned} \right.$$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et du débit d'écoulement au point de saturation.

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

Le calcul se fait par itération et comparaison :

➤ Verification:

$$Q_s = 70 \times 0,04^{1/2} \times 0,4(1,5 \times 0,4 + 0,50) \times \left[ \frac{0,4(1,5 \times 0,4 + 0,5)}{0,5 + 2 \times 0,4(\sqrt{1 + 1,5^2})} \right]^{2/3}$$

$Q_s = 2.28 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $Q_a = 0.624 \text{ m}^3/\text{s}$   
 D'où :  $Q_s > Q_a$  c'est vérifié.

On fait varier h et on calcul à chaque fois le débit de réception qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport.

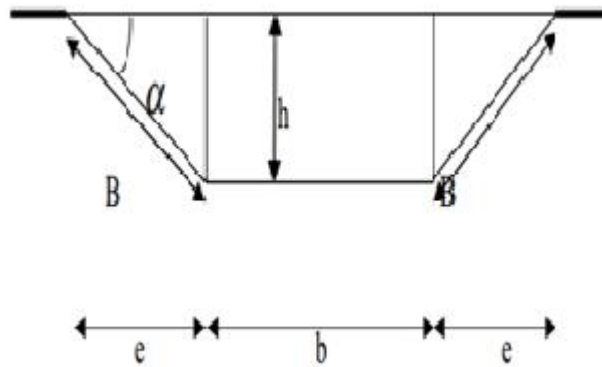
**Tableau IX. 11** : valeurs de Qs en fonction de (h),b,

N°BV	b (m)	h (m)	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV1	0.5	0.4	0.624	2.28
BV2	0.5	0.4	0.344	2.28

BV3	0.5	0.4	0.442	2.28
BV4	0.5	0.4	0.829	2.28

**Le fossé retenu**

La conception retenue soit un fossé de section trapézoïdale (figure IX.3) tel que la largeur au fond  $b = 0.5 \text{ m}$  et  $(\alpha=45^\circ)$ . La hauteur  $h = 0.4\text{m}$  pour vérifier la condition de remplissage.



**Figure IX. 3 :** Le fossé retenu.

**5.6.2- Dimensionnement du système de drainage transversal**

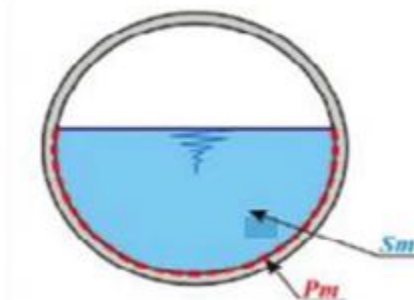
**a) Exemple de calcul d'une buse (bassin versant N°4)**

Pour dimensionner les buses :

- On égalise le débit  $Q_s$  à :  $Q_a = 4.113 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- On pose  $J = 2\%$ ,  $n = 1.5$ .
- On a :  $Q_s = K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$
- $Q_a = Q_s = K_{ST} \times (\frac{R}{2})^{2/3} \times J^{1/2} \times \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2$

D'ou :

$$R^{8/3} = \frac{2^{2/3} \times Q_a}{K_{ST} \times J^{1/2} \times \frac{1}{2} \times \pi}$$



**Figure IX. 4 :** schéma d'une buse.

Avec :

**Sm** : surface mouillée =  $1/2 \times \pi \times R^2$

**Rh** : rayon hydraulique =  $R/2$

**Kst** = **80** (pour les buses préfabriquées)

**J** : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à **4 m/s**. Pour notre cas ; On a **J = 2%**

On calcule R :

$$R^{8/3} = \frac{2^{2/3} \times 4.113}{80 \times 0.02^{1/2} \times \frac{1}{2} \times 3.14}$$

$$R^{8/3} = 0.367 \Rightarrow R = 0.686 \rightarrow \text{alors on aura : } D = 2R = 1.372 \approx 1.5 \text{ m}$$

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normaliser, commercialiser tel que : **Φ 400, Φ500, Φ 800, Φ1000, Φ1200, Φ 1500...etc.**

**Tableau IX. 12:** valeurs de rayons des buses en fonction de  $Q_a$ .

N°BV	I	K <sub>st</sub>	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> /s)	R (m)	D (m)
BV1	0.02	80	2.594	0.578	1.20
BV2	0.02	80	2.754	0.591	1.20
BV3	0.02	80	1.952	0.520	1.20
BV4	0.02	80	4.113	0.686	1.50

**b) Exemple de calcul d'un dalot (bassin versant N°4)**

Pour la chaussée, données: C = 0.95; P = 2.5%; I<sub>t</sub> (2%) = 180.367mm/h; A= 0.0101Km<sup>2</sup>; (Q<sub>a</sub>)<sub>c</sub> = 0.481m<sup>3</sup>/s

Pour le talus, données: C = 0.30; P = 67%; I<sub>t</sub> (2%) = 449.664mm/h; A=0.0145Km<sup>2</sup> ; (Q<sub>a</sub>)<sub>t</sub> = 0,544 m<sup>3</sup>/s.

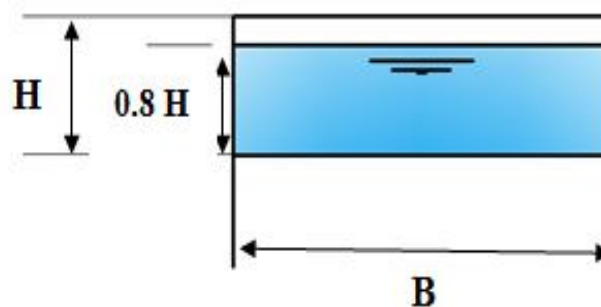
Pour le bassin versant, données: C = 0.2; P = 2.3%; I (2%) = 30.849/h; A=2.5463Km<sup>2</sup> ;(Q<sub>a</sub>)<sub>t</sub> = 4.367 m<sup>3</sup>/s.

Le débit de ruissellement total est  $Q_a = 0.481 + 0.544 + 4.367 = 5.392 \text{ m}^3/\text{s}$

On a:

$$Q_s = K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$$

$$\Rightarrow Q_a = Q_s = K_{st} \times \left( \frac{0.8H \times B}{1.6H + B} \right)^{2/3} \times j^{1/2} \times 0.8H \times B$$



**Figure IX. 5 :** Schéma du dalot.

Avec :

**Sm**: surface mouillée :  $S_m = 0.8H \times B$ .

**P<sub>m</sub>** : périmètre mouillé :  $P_m = 1.6H + B$ .

**R<sub>h</sub>** : rayon hydraulique :  $R_h = S_m / P_m$ .

**K<sub>st</sub>** = 70 (béton) et  $J = 2.5\%$ .

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre  $B$  et on calcule le paramètre  $H$

On fixe **B=2m** On trouve **H= 1.5m**.

**Vérification :**

$$Q_s = 70 \times \left( \frac{0.8 \times 1.5 \times 2}{1.6 \times 1.5 + 2} \right)^{2/3} \times 0.025^{1/2} \times 0.8 \times 1.5 \times 2 = 14.48 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_s = 14.48 = \text{m}^3/\text{s} > Q_a = 5.467 \text{ m}^3/\text{s} \quad \Rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

**Tableau IX. 13** : valeur de  $Q_a$  en fonction de ( $B$ ,  $H$ ).

N°BV	B(m)	H(m)	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV1	1.00	1.00	3.452	4.03
BV2	1.00	1.00	3.667	4.03
BV3	1.00	1.00	2.599	4.03
BV4	2.00	1.50	5.467	14.4

#### **Tableau récapitulatif des dalots et buses**

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau (IX.14) :

**Tableau IX. 14** : liste des ouvrages hydrauliques.

Bassin versant	Type d'ouvrage	Dimensions
BV1	buse	Ø 1200 mm
BV2	buse	Ø 1200 mm
BV3	buse	Ø 1200 mm
BV4	dalot	2m × 1.5m

## 1- INTRODUCTION

L'échangeur assure la continuité de réseau autoroutière et de desservir plusieurs directions selon l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points des conflits qui peut être la cause de graves accidents, et les point d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérables.

Cet échangeur permet de faire un échange de trafic entre la voie express (Ain El Hammam-Draa El Mizan) et la pénétrante et pour faciliter le transfert vers la ville Tizi Ouzou et Bouira.

## 2- REGLES DE CONCEPTION

La conception est l'étape la plus importante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages distribués à moyen et long terme.

Pour diminuer son prix de revient on évite :

- Le passage sur terrain agricole.
- Le passage au voisinage sur des habitations et des maisons publiques.
- Le passage sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- Les longs alignements droits.
- Les terrassements importants.
- Les sections à forte déclivité.
- Les sites en courbures à faibles rayons.

## 3- DEFINITION ET LE ROLE D'UN ECHANGEUR

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les désignera par:

- **Nœud:** quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- **Diffuseur:** quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- **Mixte:** quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

Le but d'un échangeur est de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré et par ordre d'importance les divers sens de par cours utilisés par les usagers de la route.

### 3.1- Avantages de l'échangeur

Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne conditions de confort et de sécurité.
- Evité les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evité les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « problèmes d'encombrement bouchon ».
- Evité les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

### 3.2- Inconvénients de l'échangeur

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

## 4- LES DIFFERENTS TYPES D'ÉCHANGEURS

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs. Cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et de détendue.

Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle à considérer, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

- **Echangeur majeur** : raccordement autoroute- autoroute.
- **Echangeur mineur** : raccordement autoroute - route.

Tous ceux de la première classe se font à niveau séparé tandis que pour la seconde classe, les branchements au niveau de la route secondaire exigent des cisaillements.

### 4.1- Echangeurs majeurs

L'échangeur majeur raccordement entre autoroute et autoroute sans qu'il y a de cisaillement dans les deux autoroutes à raccorder sont :

- **Trèfle complet** quand il y a quatre branches à raccorder.
- **Bifurcation « Y »** quand il y a trois branches à raccorder.

### 4.2- Echangeur mineur

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernant par le raccordement sont :

- Losange.
  - Demi-trèfle.
  - La trempette.
- **Le losange:**

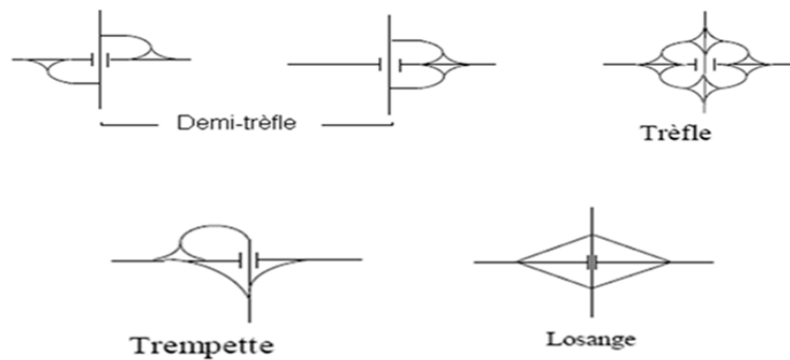
Il permet une distribution symétrique des échanges, mais nécessite une emprise dans les 4 quadrants et crée des cisaillements sur la route secondaire.

#### Avantage :

- Bretelles directes ce qui permet de pratiquer une grande vitesse.
- Un schéma simple.
- Construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas.
- Permettre une déviation suivant les diagonal, pour le passage de convoie exceptionnel par exemple.

#### Inconvénients :

- L'emprise « il occupe quatre quadrants ».
- Subsistent des cisaillements sur la route secondaire qui exige un aménagement de carrefour.



**Figure X. 1** : les différents types d'échangeur.

## 5- CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS

Tout échangeur, quelque soit son importance, sa classe ou sa forme est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- Le Pont (passage supérieur ou inférieur).
- Le Carrefour (s) plan(s).
- Les Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie).

### 5.1- Le Pont

Implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne **pont**.

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivélé :

- Le type d'échangeur choisi.
- La condition de coordination profil en long tracé en plan.
- Les contraintes du terrain d'implantation.
- Les instructions et réglementation de conception.

### 5.2- Les Carrefours plans

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements Autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité, commodité et débit. Entre autres, un compromis entre ces conditions doit être recherché.

### 5.3- Les Bretelles

Ce Sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux routes qui se croissent, chaque bretelle se termine à une de ces extrémités par une voie de décélération et l'autre par une voie d'accélération.

## 6- CHOIX DU TYPE D'ECHANGEUR

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « Avantages, Inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

**a- 1ère Etape :** Détermination du tracé à partir de :

- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Présentation du site d'implantation.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

**b- 2ème Etape :** Configuration du tracé à adopter :

L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume da le suivant :

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements... ».
- Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

**c- 3ème Etape :** Analyse :

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

## 7- APPLICATION AU PROJET

### 7.1- Détermination du tracé

Le croisement entre la pénétrante de Tizi-Ouzou et la voie express au niveau de PK 0.00 (est Draa El Mizan) nécessite un aménagement d'un échangeur. Ce dernier à pour le but d'assurer la continuité et la fluidité de la circulation a ce niveau et de permettre d'effectuer les différentes échanges dans cette région.

### 7.2- Choix de type d'échangeur

**Etape 1 :** détermination du tracé à partir de terrain :

- Le terrain devant recevoir le futur échangeur est très accidenté, sa nature géologique et très varie.
- Des files électriques, ce qui implique le déplacement du réseau électrique.
- Des hangars, ce qui signifie la démolition et l'indemnisation des propriétaires.
- Des puits, ce qui signifie le comblement dans le cas ou il est hors service, si non il y'a lieu d'indemniser les propriétaires.

#### Types de routes à raccorder

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre la pénétrante de Tizi-Ouzou et la voie express (2×2voies).

Alors l'échangeur est de type : **Echangeur Mineur (autoroute – route).**

#### 7.2.1- Vitesse de base dans les bretelles

La vitesse de base des bretelles doit s'approcher de la vitesse de base des routes qu'elles relie. Mais souvent à cause des facteurs, comme les contraintes du site et certaines configurations de bretelles et des facteurs économiques, il faut se tenir à des vitesses de base inférieures. Le tableau ci-contre inspiré du « B40 » nous donne la vitesse dans les bretelles à partir de la vitesse de base de la route.

**Tableau X. 1** : Vitesse de base dans les bretelles.

Vitesse de base de la route (km/h)		60	80	100	120	140
Vitesse de base de la bretelle (km/h)	souhaitable	50	60	75	85	110
	minimal	30	40	55	65	70

On prendre la vitesse sur les bretelles  $V_B=50\text{Km/h}$ .

### 7.3- Configuration de tracé à adopter

- Configuration du tracé à adopter

#### Tracé :

Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 50 (Km/h).

$$R_{\max} = 300 \text{ (m)}$$

$$R_{\min} = 100 \text{ (m)}$$

#### Analyse :

L'échangeur a deux types :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

### 7.4- Conclusion du choix du type d'échangeur

Après l'analyse deux types d'échangeur à proposer, on a trouvé que l'échangeur le plus avantageux c'est l'échangeur de type **Trompette**.

Donc la solution adoptée est : **Trompette**.

### 7.5- Valeurs limites des rayons du tracé en plan

**Tableau X. 2** : Valeurs limites des rayons du tracé en plan.

Rayon (catégorie 1-2)	Symbole	Environnement $E_2$
Vitesse de base	$V_B$ (Km/h)	50
Rayon minimal absolu	RHM (7%)	78.74
Rayon minimal normal	RHN (7%)	79.37
Rayon au dévers minimal	RHd (2.5%)	393.7
Rayon non déversé	RHnd (-2.5%)	562.4

### 7.6- Profil en long

#### 7.6.1- Rayons saillants

Ils sont déterminés par la distance d'arrêt sur un obstacle pour les vitesses pratiquées dans les bretelles. Il est calculé par la formule suivante :

$$R'V m_1 = a \times d_1^2 \times (V_r) \quad \text{Avec : } a=0.24 \text{ pour catégorie (1 et 2)}$$

$$d = 16\text{m (a partir de règlement B 40)}$$

#### 7.6.2- Rayons rentrants

Sont déterminés principalement par la condition de confort. Il est calculé par la formule suivante :

$$R'Vm = \frac{d_1^2 \times V_r}{1.5 + 0.35 d_1 \times (V_r)}$$

### 7.6.3- Déclivités

Sur tout le tracé des bretelles on ne doit pas avoir de déclivité supérieure à :

- **Entrée** 5% (rampe), 8% (pente).
- **Sortie** 7% (rampe), 6% (pente).

### 7.6.4- Dévers

Il doit être le même pour la partie commune des chaussées on évitant les dévers supérieurs a 5% en particulier dans les petits rayons.

Et dans le tableau qui suit les valeurs limites des rayons qui doivent être appliqué sur l'échangeur :

**Tableau X. 3** : Valeurs limites des rayons du profil en long.

Vitesse de référence ( km /h)		50
Rayon en angle saillant (Rv1)	Rayon minimal admissible (R vm1)	3090.72
Rayon en angle rentrant (R' v2)	Rayon minimal admissible (R' vm2 )	7334.45

## 1- SECURITE

### 1.2- ANTRODUCION

La route une fois réalisée doit être « habillée » grâce à des équipements qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, pour d'autres d'informer et de guider l'automobiliste. Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement les principaux types d'équipement.

### 1.3- BARRIERE DE SECURITE

Il convient de mener une étude d'ensemble intégrant la présence de barrières afin :

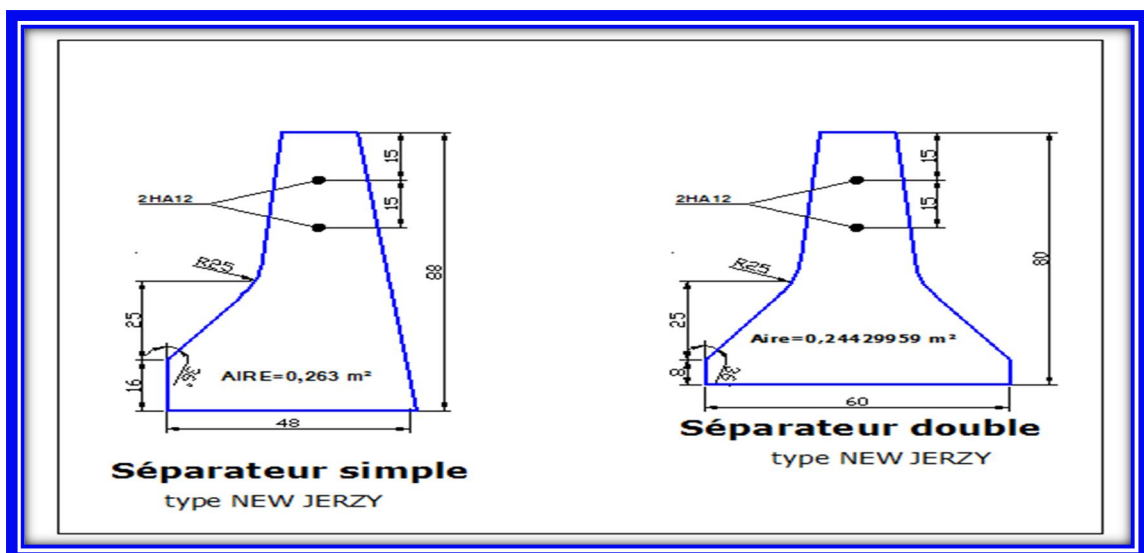
- D'assurer leurs servitudes de fonctionnement, les sujétions d'entretien et d'exploitation.
- De prendre en compte les usagers particuliers (motocyclistes, piétons...).
- De définir la configuration optimale des abords (pente des talus, dispositif d'assainissement...), Le dimensionnement de la berme doit permettre la mise en place des dispositifs les plus adaptés.

#### 1.3.1- SUR LE TPC

Des barrières de sécurité équipent systématiquement le T.P.C.

Le choix du type de barrière est en fonction du volume et de la composition du trafic, du risque à couvrir (obstacle, dénivelé...), des Contraintes de visibilité et d'exploitation, de la largeur du T.P.C.

On utilise les séparateurs en béton de type GBA (glissière en béton adhérent) ou DBA (double en béton adhérent) sont constitués d'un muret continu en béton faiblement armé coulé en place et qui présente un profil spécifique. Ils sont capables de retenir les poids lourds de 12 t et entrent donc dans la classe des barrières normales de sécurité. Pour les voitures légères, le profil, par sa forme particulière, limite le frottement de la carrosserie sur le dispositif.



**Figure XI.1** : Séparateurs en béton GBA et DBA.

#### 1.3.2- SUR L'ACCOTEMENT

Sur les autoroutes à 2x3voies ou 2x4 voies, des barrières de sécurité doivent être mises en place systématiquement.

Sur les autoroutes à 2x2 voies, des barrières de sécurité sont implantées en présence de dispositifs agressifs situés dans la zone de sécurité, ainsi qu'à l'extérieur des courbes de rayon inférieur à 1,5 Rhnd.

En outre, des barrières adaptées à la retenue des poids lourds sont implantées lorsque les conséquences d'une sortie de chaussée sont particulièrement graves eu égard à la proximité d'installations sensibles (zone de captages d'eau potable, dépôt d'hydrocarbures...), d'habitations ou d'équipements publics, à la configuration des projets (viaduc, haut remblai...) ou à la nature des voies (voie ferrée, route à trafic élevé...) longées ou franchies.

La murette de protection en béton armé : envisagée lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd est important, comme :

- Une section de la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10m.

## **2- SIGNALISATION**

### **2.1- INTRODUCTION**

Parmi, les principales composantes de l'environnement routier, on trouve la signalisation. La signalisation fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de communication essentiel pour l'utilisateur de la route.

### **2.2- OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE**

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'usage de la route.

### **2.3- CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS**

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise :

- Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Respecter les règles d'implantation
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Eviter la multiplication des signaux et des super signaux, car surabondance nuit à l'efficacité.

### **2.4- LES TYPES DE SIGNALISATION**

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

### **2.5- SIGNALISATION VERTICALE**

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée.

- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

### 2.5.1- SIGNALISATION HORIZONTALE

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

#### a- MARQUE LONGITUDINALE

- ✓ Lignes continues.
- ✓ Lignes discontinues (ligne d'avertissement, ligne de rive).

#### b- MARQUES TRANSVERSALES

- ✓ Ligne STOP.
- ✓ Les flèches (rabattement, de sélection).

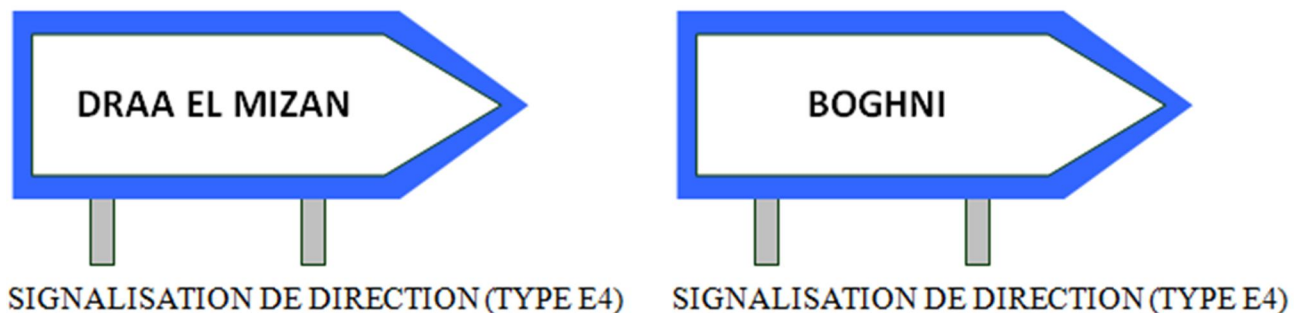
#### c- LARGEUR DES LIGNES

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

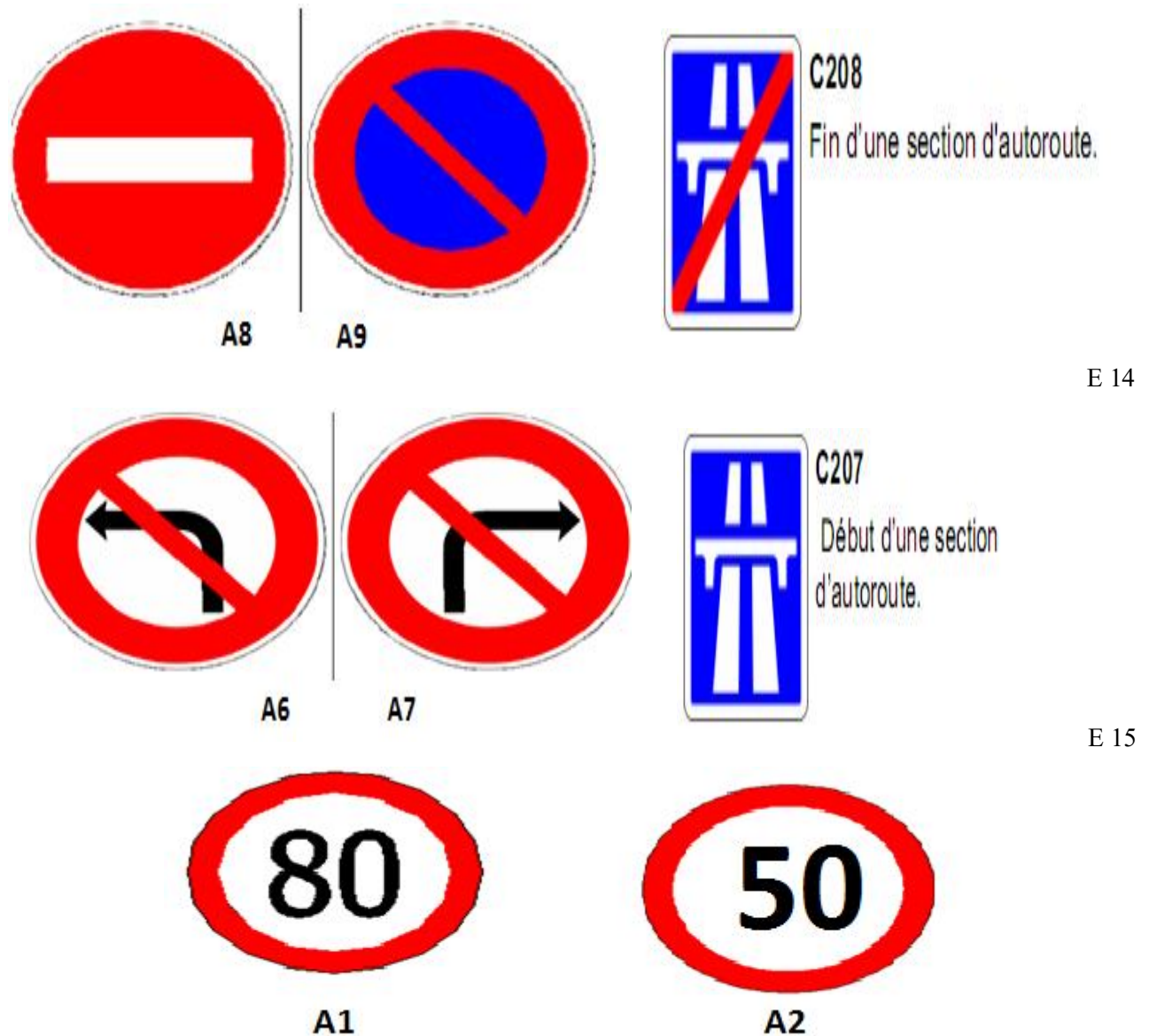
- ✓ **U = 7.5cm** sur autoroutes et voies rapides urbaines ;
- ✓ **U = 6 cm** sur les routes et voies urbaines ;
- ✓ **U = 5 cm** sur les autres routes.

### 2.5.2- APPLICATION AU PROJET

Les différents panneaux utilisés dans notre projet

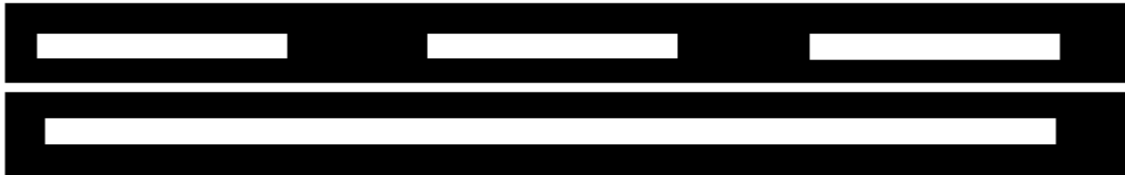


**Figure XI. 2** : Panneaux de directions.



**Figure XI.3** : Panneaux de signalisation.

- Le panneau A8 est utilisé pour marquer une interdiction de rouler d'un sens de circulation, on trouve ce genre de panneau au rentré des routes.
- Le panneau A9 indique l'interdiction de stationner sauf pour les cas d'urgence
- les panneaux A6 et A7 sont utilisés à la rentré et la sortie des bretelles pour indiquer une interdiction de tourner à droite ou à la gauche au niveau des sorties des bretelles.
- Le panneau (E15) est utilisé au rentré de la bretelle.
- Le panneau (E14) est utilisé à la sortie de la bretelle.
- Le panneau A1 est utilisé au niveau de l'autoroute pour limiter la vitesse au 80km/h.
- Le panneau A2 est utilisé au niveau des bretelles de l'échangeur nord pour limiter la vitesse au 40 km/h.



**Figure XI.4** : Les lignes continues et discontinues.

### 3- ECLAIRAGE

#### 3.1- INTRODUCTION

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

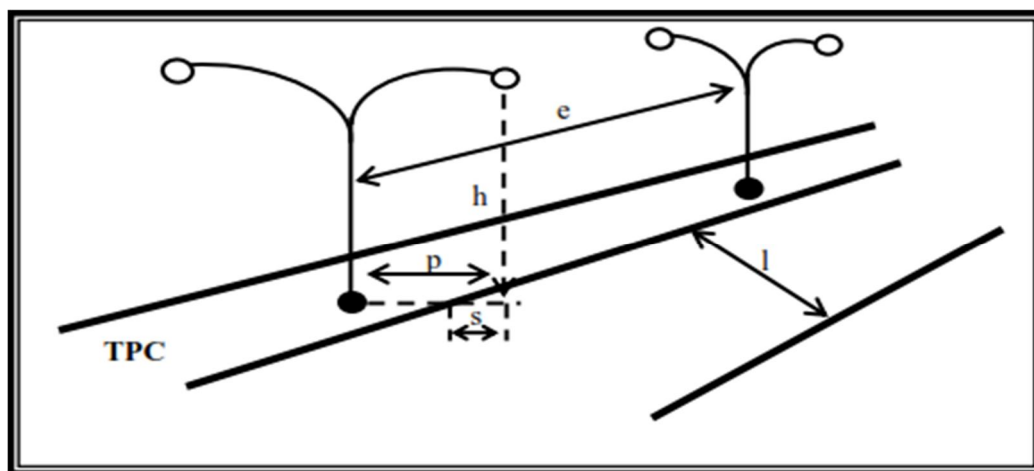
#### 3.2- CATEGORIES D'ECLAIRAGE

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Éclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A ;
- Éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B ;
- Éclairage des voies de cercle, catégorie C ;
- Éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

#### 3.3- PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES

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



**Figure XI.5**: paramètres de l'implantation des lumières.

### **3.4- APPLICATION AU PROJET**

Pour le système d'éclairage adopté à notre projet, uniquement certain points particuliers seront traité par un éclairage composé par des lampadaires disposé selon un espacement des supports variant entre 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route (la voie express).

### **CONCLUSION**

L'éclairage permet de garantir aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

## 1- Introduction

L'implantation d'un réseau routier est capitale au développement économique et social d'un pays, elle répond à des impératifs socio économiques politiques, de rapidité et sécurité d'une circulation routière qui constituent des avantages recherchés. Le réseau routier doit tenir compte également de sa densité optimale et de son impact sur l'environnement. Au delà d'un certain seuil des dangers prendront le pas sur les avantages acquis et l'investissement consenti pourra être remis en cause.

## 2- Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1935, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement ;
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement ;
- Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet, projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

## 3- Objectif de l'étude

L'étude d'impact est indispensable pour évaluer les avantages et les inconvénients résultants de chacun des tracés possibles de l'autoroute surtout lorsque les inconvénients sont difficilement quantifiable monétairement.

Donc l'étude d'impact apporte des éléments de comparaison supplémentaires pour le choix entre les différentes variantes du tracé envisagées au niveau de l'étude préliminaire.

L'analyse des impacts a été abordée à travers les paramètres de l'environnement ayant un enjeu important, à savoir l'agriculture, milieu forestier, l'urbanisation et le milieu rural.

## 4- Impact sur l'environnement

Climatologie :

- Impact sur la sécurité routière et la pollution atmosphérique.

Géologie et physiographie :

- Extraction et utilisation de matériaux géologiques.
- Eboulements et glissements de terrain.
- Tassement, gonflement et érosion du terrain.

Pédologie :

- Distraction de terrain fertile.
- Modification de l'utilisation du sol.

Hydraulique :

- Perturbation de l'écoulement des eaux de surface.
- Pollution des eaux de surface.

**Hydrogéologie :**

- Altération de la capacité et de qualité des eaux souterraines.

Faune :

- Désorganisation de parcours naturels pour la faune.

Nuisances phoniques :

- Le bruit, notamment en cas de trafic intense .Cela nécessite une protection efficace sous forme de remblais de terre ou de mur antibruit.

### **5- Application au projet**

#### **Traitement paysage :**

Pour lutter contre la pollution de l'aire on doit :

- Gazonner les talus.

#### **La sécurité :**

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des panneaux de signalisation.

#### **La programmation :**

C'est de bien organiser les phases de travaux pour éviter au maximum les temps perdus.

#### **Minimiser l'emprise :**

Cela afin d'éviter la gêne de la circulation au cours de la réalisation.

### CONCLUSION GENERALE

Notre travail consiste en l'étude d'une voie express (Ain El Hammam-Draa El Mizan). Le point de départ de notre tracé se situe à l'Ouest de la ville de Draa El Mizan (PK 0+000 au pk 3+500) avec conception d'un échangeur (carrefour).

Au cours de ce travail, nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes en considération, le confort, la sécurité des usagers, l'économie et l'environnement.

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

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

- Une chaussée de 2×2voies, de 3.5 m chacune.
- Un accotement de 1.00 m par chaque coté
- Une bande médiane de 1.00 m.
- Une couche de roulement (BB) de 6 cm ;
- Une couche de base (GB) de 10 cm ;
- Une couche de fondation (GC) de 15 cm
- VD = 271641 m<sup>3</sup> ; VR = 233026 m<sup>3</sup>

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

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

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

## Annexe A

AXE EN PLAN

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0.000	573488.716	4046238.419
D1	GIS = 124.347g	602.283			
			602.283	574047.488	4046013.653
C1	XC= 574868.504 YC= 4048054.715 R = 2200.000	270.791			
			873.074	574304.293	4045928.294
D2	GIS = 116.511g	290.465			
			1163.539	574585.043	4045853.801
C2	XC= 574123.415 YC= 4044114.002 R = -1800.000	333.306			
			1496.845	574897.473	4045739.067
D3	GIS = 128.300g	317.539			
			1814.384	575184.151	4045602.515
C3	XC= 575700.189 YC= 4046685.892 R = 1200.000	310.946			
			2125.331	575478.975	4045506.458
D4	GIS = 111.803g	126.240			
			2251.571	575603.051	4045483.186
L1	A = 233.000 Rf= -700.000 L = 77.556				
			2329.126	575678.990	4045467.486
	XC= 575512.053 YC= 4044787.684 R = -700.000 L = 556.572				
			2885.699	576114.280	4045144.506
	Rd= -700.000 A = 233.000 L = 77.556	711.684			
			2963.254	576151.318	4045076.378
D5	GIS = 169.475g	536.413			
			3499.667	576398.781	4044600.458

**LONGUEUR DE L'AXE 3499.667**

## Annexe B

PROFIL EN LONG

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	293.042
D1	PENTE= 0.857 %	479.693		
			479.693	297.154
PR1	S= 651.1639 Z= 297.8895 R = -20000.00	80.613		
			560.307	297.683
D2	PENTE= 0.454 %	409.889		
			970.196	299.545
PR2	S= 1038.3385 Z= 299.7000 R = -15000.00	219.609		
			1189.804	298.935
D3	PENTE= -1.010 %	605.347		
			1795.151	292.823
PR3	S= 1916.3236 Z= 292.2108 R = 12000.00	329.698		
			2124.849	294.023
D4	PENTE= 1.738 %	545.138		
			2669.987	303.496
PR4	S= 2409.3304 Z= 301.2308 R = 15000.00	180.025		
			2850.013	307.704
D5	PENTE= 2.938 %	162.789		
			3012.802	312.487
PR5	S= 3277.2115 Z= 316.3707 R = -9000.00	174.396		
			3187.198	315.921
D6	PENTE= 1.000 %	312.469		
			3499.667	319.046

**LONGUEUR DE L'AXE 3499.667**

## Annexe C

CUBATURE

<b>N° PROF</b>	<b>ABSCISSE CURVILIGN</b>	<b>DEBLAI VOLUME</b>	<b>REMBLAI VOLUME</b>	<b>DECAPAGE VOLUME</b>	<b>PURGE VOLUME</b>
1	0.000	0.0	215.6	0.0	0.0
2	20.000	1.0	137.9	0.0	0.0
3	40.000	4.6	197.8	0.0	0.0
4	60.000	9.9	314.1	0.0	0.0
5	80.000	11.1	497.8	0.0	0.0
6	100.000	15.0	838.5	0.0	0.0
7	120.000	0.0	2048.1	0.0	0.0
8	140.000	0.0	3339.5	0.0	0.0
9	160.000	0.0	3710.3	0.0	0.0
10	180.000	0.0	3086.0	0.0	0.0
11	200.000	0.0	847.8	0.0	0.0
12	220.000	641.6	0.0	0.0	0.0
13	240.000	2503.3	0.0	0.0	0.0
14	260.000	2531.4	0.0	0.0	0.0
15	280.000	4122.2	0.0	0.0	0.0
16	300.000	4741.0	0.0	0.0	0.0
17	320.000	6190.2	0.0	0.0	0.0
18	340.000	6231.6	0.0	0.0	0.0
19	360.000	6640.0	0.0	0.0	0.0
20	380.000	6349.9	0.0	0.0	0.0
21	400.000	6290.8	0.0	0.0	0.0
22	420.000	5849.1	0.0	0.0	0.0
23	440.000	5531.0	0.0	0.0	0.0
24	460.000	5414.5	0.0	0.0	0.0
25	480.000	5233.7	0.0	0.0	0.0
26	500.000	4527.1	0.0	0.0	0.0
27	520.000	4075.9	0.0	0.0	0.0
28	540.000	3071.4	0.0	0.0	0.0
29	560.000	2272.6	0.0	0.0	0.0
30	580.000	2140.9	0.0	0.0	0.0
31	600.000	1239.0	0.0	0.0	0.0
32	602.283	1077.0	0.0	0.0	0.0
33	620.000	1952.3	0.0	0.0	0.0
34	640.000	2307.5	0.0	0.0	0.0
35	660.000	2236.3	0.0	0.0	0.0
36	680.000	1818.3	0.0	0.0	0.0
37	700.000	1329.3	0.0	0.0	0.0
38	720.000	1167.3	0.0	0.0	0.0
39	740.000	712.6	0.0	0.0	0.0
40	760.000	518.7	0.0	0.0	0.0
41	780.000	173.1	12.8	0.0	0.0
42	800.000	5.2	416.3	0.0	0.0
43	820.000	0.0	1022.4	0.0	0.0
44	840.000	0.0	1723.9	0.0	0.0

45	860.000	0.0	1959.1	0.0	0.0
46	873.074	0.0	1432.7	0.0	0.0
47	880.000	0.0	2102.4	0.0	0.0
48	900.000	0.0	3638.4	0.0	0.0
49	920.000	0.0	3864.4	0.0	0.0
50	940.000	0.0	3766.9	0.0	0.0
51	960.000	0.0	2658.6	0.0	0.0
52	980.000	0.0	1549.3	0.0	0.0
53	1000.000	0.0	1580.4	0.0	0.0
54	1020.000	0.0	1630.5	0.0	0.0
55	1040.000	0.0	1811.0	0.0	0.0
56	1060.000	0.0	1862.7	0.0	0.0
57	1080.000	0.0	1816.7	0.0	0.0
58	1100.000	0.0	1564.6	0.0	0.0
59	1120.000	0.0	1269.8	0.0	0.0
60	1140.000	0.0	1401.2	0.0	0.0
61	1160.000	0.0	620.3	0.0	0.0
62	1163.539	0.0	374.8	0.0	0.0
63	1180.000	300.8	0.1	0.0	0.0
64	1200.000	291.2	3.3	0.0	0.0
65	1220.000	0.0	1293.7	0.0	0.0
66	1240.000	0.0	1201.8	0.0	0.0
67	1260.000	0.0	780.8	0.0	0.0
68	1280.000	9.8	248.0	0.0	0.0
69	1300.000	367.3	0.0	0.0	0.0
70	1320.000	869.5	0.0	0.0	0.0
71	1340.000	1077.3	0.0	0.0	0.0
72	1360.000	929.6	0.0	0.0	0.0
73	1380.000	976.9	0.0	0.0	0.0
74	1400.000	1156.4	0.0	0.0	0.0
75	1420.000	1402.3	0.0	0.0	0.0
76	1440.000	1672.4	0.0	0.0	0.0
77	1460.000	1805.3	0.0	0.0	0.0
78	1480.000	1848.0	0.0	0.0	0.0
79	1496.845	1097.0	0.0	0.0	0.0
80	1500.000	1289.9	0.0	0.0	0.0
81	1520.000	2399.4	0.0	0.0	0.0
82	1540.000	2511.7	0.0	0.0	0.0
83	1560.000	2605.7	0.0	0.0	0.0
84	1580.000	2625.9	0.0	0.0	0.0
85	1600.000	2541.4	0.0	0.0	0.0
86	1620.000	2363.8	0.0	0.0	0.0
87	1640.000	2105.2	0.0	0.0	0.0
88	1660.000	1961.1	0.0	0.0	0.0
89	1680.000	1986.8	0.0	0.0	0.0
90	1700.000	2072.5	0.0	0.0	0.0
91	1720.000	2236.6	0.0	0.0	0.0
92	1740.000	2396.0	0.0	0.0	0.0
93	1760.000	2559.9	0.0	0.0	0.0
94	1780.000	2774.8	0.0	0.0	0.0
95	1800.000	2318.7	0.0	0.0	0.0

96	1814.384	1321.6	0.0	0.0	0.0
97	1820.000	1680.7	0.0	0.0	0.0
98	1840.000	2481.4	0.0	0.0	0.0
99	1860.000	2428.4	0.0	0.0	0.0
100	1880.000	2601.3	0.0	0.0	0.0
101	1900.000	2673.0	0.0	0.0	0.0
102	1920.000	2636.1	0.0	0.0	0.0
103	1940.000	2543.8	0.0	0.0	0.0
104	1960.000	2388.8	0.0	0.0	0.0
105	1980.000	2045.4	0.0	0.0	0.0
106	2000.000	1799.3	0.0	0.0	0.0
107	2020.000	1711.5	0.0	0.0	0.0
108	2040.000	1452.8	0.0	0.0	0.0
109	2060.000	1266.9	0.0	0.0	0.0
110	2080.000	1479.5	0.0	0.0	0.0
111	2100.000	1280.2	0.0	0.0	0.0
112	2120.000	371.1	0.0	0.0	0.0
113	2125.331	243.3	0.0	0.0	0.0
114	2140.000	197.8	0.0	0.0	0.0
115	2160.000	159.1	0.0	0.0	0.0
116	2180.000	33.1	38.0	0.0	0.0
117	2200.000	8.4	268.9	0.0	0.0
118	2220.000	0.0	488.9	0.0	0.0
119	2240.000	0.0	659.8	0.0	0.0
120	2251.571	0.0	307.8	0.0	0.0
121	2260.000	0.0	359.5	0.0	0.0
122	2280.000	19.6	224.4	0.0	0.0
123	2300.000	20.9	192.5	0.0	0.0
124	2320.000	67.0	10.6	0.0	0.0
125	2329.126	72.9	0.7	0.0	0.0
126	2340.000	220.9	0.0	0.0	0.0
127	2360.000	579.7	0.0	0.0	0.0
128	2380.000	947.8	0.0	0.0	0.0
129	2400.000	1396.2	0.0	0.0	0.0
130	2420.000	1914.0	0.0	0.0	0.0
131	2440.000	2282.4	0.0	0.0	0.0
132	2460.000	2509.6	0.0	0.0	0.0
133	2480.000	2585.3	0.0	0.0	0.0
134	2500.000	2751.4	0.0	0.0	0.0
135	2520.000	2919.2	0.0	0.0	0.0
136	2540.000	3006.9	0.0	0.0	0.0
137	2560.000	3254.9	0.0	0.0	0.0
138	2580.000	3407.0	0.0	0.0	0.0
139	2600.000	3224.0	0.0	0.0	0.0
140	2620.000	2896.7	0.0	0.0	0.0
141	2640.000	2866.5	0.0	0.0	0.0
142	2660.000	2662.7	0.0	0.0	0.0
143	2680.000	2120.8	0.0	0.0	0.0
144	2700.000	1686.6	0.0	0.0	0.0
145	2720.000	1314.0	0.0	0.0	0.0
146	2740.000	1110.7	0.0	0.0	0.0

147	2760.000	949.6	0.0	0.0	0.0
148	2780.000	1213.0	0.0	0.0	0.0
149	2800.000	1691.7	0.0	0.0	0.0
150	2820.000	2308.5	0.0	0.0	0.0
151	2840.000	3039.3	0.0	0.0	0.0
152	2860.000	3293.3	0.0	0.0	0.0
153	2880.000	2086.9	0.0	0.0	0.0
154	2885.699	1618.5	0.0	0.0	0.0
155	2900.000	2742.4	0.0	0.0	0.0
156	2920.000	4520.6	0.0	0.0	0.0
157	2940.000	4553.7	0.0	0.0	0.0
158	2960.000	2185.2	0.0	0.0	0.0
159	2963.254	1846.6	0.0	0.0	0.0
160	2980.000	3081.6	0.0	0.0	0.0
161	3000.000	2963.2	0.0	0.0	0.0
162	3020.000	2526.1	0.0	0.0	0.0
163	3040.000	1718.2	0.0	0.0	0.0
164	3060.000	943.1	0.0	0.0	0.0
165	3080.000	225.1	0.0	0.0	0.0
166	3100.000	0.0	689.5	0.0	0.0
167	3120.000	0.0	1481.7	0.0	0.0
168	3140.000	0.0	2451.4	0.0	0.0
169	3160.000	0.0	3659.0	0.0	0.0
170	3180.000	0.0	5097.2	0.0	0.0
171	3200.000	0.0	6942.0	0.0	0.0
172	3220.000	0.0	9097.4	0.0	0.0
173	3240.000	0.0	11195.2	0.0	0.0
174	3260.000	0.0	13466.7	0.0	0.0
175	3280.000	0.0	15605.3	0.0	0.0
176	3300.000	0.0	17690.9	0.0	0.0
177	3320.000	0.0	17470.4	0.0	0.0
178	3340.000	0.0	15965.3	0.0	0.0
179	3360.000	0.0	14004.2	0.0	0.0
180	3380.000	0.0	12017.6	0.0	0.0
181	3400.000	0.0	10033.7	0.0	0.0
182	3420.000	0.0	7204.9	0.0	0.0
183	3440.000	0.0	4819.1	0.0	0.0
184	3460.000	0.0	2997.1	0.0	0.0
185	3480.000	0.0	1564.9	0.0	0.0
186	3499.667	3.4	181.4	0.0	0.0
		<b>271641</b>	<b>233026</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Annexe D

VOLUME DE CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
2	20.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
3	40.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
4	60.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
5	80.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
6	100.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
7	120.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
8	140.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
9	160.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
10	180.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
11	200.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
12	220.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
13	240.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
14	260.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
15	280.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
16	300.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
17	320.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
18	340.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
19	360.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
20	380.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
21	400.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
22	420.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
23	440.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
24	460.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
25	480.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
26	500.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
27	520.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
28	540.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
29	560.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
30	580.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
31	600.000	58.7	27.6	12.5	0.0	1.3
32	602.283	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
33	620.000	99.4	46.8	21.1	0.0	2.3
34	640.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
35	660.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
36	680.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
37	700.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
38	720.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
39	740.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
40	760.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
41	780.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
42	800.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
43	820.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
44	840.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4

45	860.000	87.1	41.0	18.5	0.0	2.0
46	873.074	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
47	880.000	71.0	33.4	15.1	0.0	1.6
48	900.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
49	920.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
50	940.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
51	960.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
52	980.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
53	1000.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
54	1020.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
55	1040.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
56	1060.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
57	1080.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
58	1100.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
59	1120.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
60	1140.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
61	1160.000	62.0	29.2	13.2	0.0	1.4
62	1163.539	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
63	1180.000	96.1	45.2	20.4	0.0	2.2
64	1200.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
65	1220.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
66	1240.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
67	1260.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
68	1280.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
69	1300.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
70	1320.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
71	1340.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
72	1360.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
73	1380.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
74	1400.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
75	1420.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
76	1440.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
77	1460.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
78	1480.000	97.1	45.7	20.6	0.0	2.2
79	1496.845	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
80	1500.000	61.0	28.7	13.0	0.0	1.4
81	1520.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
82	1540.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
83	1560.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
84	1580.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
85	1600.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
86	1620.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
87	1640.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
88	1660.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
89	1680.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
90	1700.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
91	1720.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
92	1740.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
93	1760.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
94	1780.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
95	1800.000	90.6	42.6	19.3	0.0	2.1

96	1814.384	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
97	1820.000	67.5	31.8	14.3	0.0	1.5
98	1840.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
99	1860.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
100	1880.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
101	1900.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
102	1920.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
103	1940.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
104	1960.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
105	1980.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
106	2000.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
107	2020.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
108	2040.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
109	2060.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
110	2080.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
111	2100.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
112	2120.000	66.7	31.4	14.2	0.0	1.5
113	2125.331	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
114	2140.000	91.4	43.0	19.4	0.0	2.1
115	2160.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
116	2180.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
117	2200.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
118	2220.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
119	2240.000	83.2	39.1	17.7	0.0	1.9
120	2251.571	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
121	2260.000	74.9	35.3	15.9	0.0	1.7
122	2280.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
123	2300.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.5
124	2320.000	76.7	36.1	16.3	0.0	1.8
125	2329.126	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
126	2340.000	81.4	38.3	17.3	0.0	1.9
127	2360.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
128	2380.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
129	2400.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
130	2420.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
131	2440.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
132	2460.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
133	2480.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
134	2500.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
135	2520.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
136	2540.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
137	2560.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
138	2580.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
139	2600.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
140	2620.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
141	2640.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
142	2660.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
143	2680.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
144	2700.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
145	2720.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
146	2740.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4

147	2760.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
148	2780.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
149	2800.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
150	2820.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
151	2840.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
152	2860.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
153	2880.000	67.7	31.9	14.4	0.0	1.5
154	2885.699	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
155	2900.000	90.4	42.5	19.2	0.0	2.1
156	2920.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.5
157	2940.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
158	2960.000	61.3	28.8	13.0	0.0	1.4
159	2963.254	52.7	24.8	11.2	0.0	1.2
160	2980.000	96.8	45.6	20.6	0.0	2.2
161	3000.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
162	3020.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
163	3040.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
164	3060.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
165	3080.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
166	3100.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
167	3120.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
168	3140.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
169	3160.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
170	3180.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
171	3200.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
172	3220.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
173	3240.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
174	3260.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
175	3280.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
176	3300.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
177	3320.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
178	3340.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
179	3360.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
180	3380.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
181	3400.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
182	3420.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
183	3440.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
184	3460.000	105.4	49.6	22.4	0.0	2.4
185	3480.000	104.5	49.2	22.2	0.0	2.4
186	3499.667	51.8	24.4	11.0	0.0	1.2
		<b>18443</b>	<b>8679</b>	<b>3920</b>	<b>0</b>	<b>420</b>

## Annexe E

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	293.042	293.042	573488.716	4046238.419	224.347g	2.50	-2.50
2	20.000	293.000	293.213	573507.271	4046230.955	224.347g	2.50	-2.50
3	40.000	293.000	293.385	573525.827	4046223.491	224.347g	2.50	-2.50
4	60.000	293.316	293.556	573544.382	4046216.028	224.347g	2.50	-2.50
5	80.000	293.872	293.728	573562.937	4046208.564	224.347g	2.50	-2.50
6	100.000	294.325	293.899	573581.492	4046201.100	224.347g	2.50	-2.50
7	120.000	296.287	294.071	573600.047	4046193.636	224.347g	2.50	-2.50
8	140.000	298.279	294.242	573618.602	4046186.172	224.347g	2.50	-2.50
9	160.000	298.811	294.414	573637.157	4046178.709	224.347g	2.50	-2.50
10	180.000	297.336	294.585	573655.712	4046171.245	224.347g	2.50	-2.50
11	200.000	294.774	294.756	573674.267	4046163.781	224.347g	2.50	-2.50
12	220.000	292.839	294.928	573692.822	4046156.317	224.347g	2.50	-2.50
13	240.000	288.624	295.099	573711.378	4046148.853	224.347g	2.50	-2.50
14	260.000	291.017	295.271	573729.933	4046141.390	224.347g	2.50	-2.50
15	280.000	287.769	295.442	573748.488	4046133.926	224.347g	2.50	-2.50
16	300.000	289.957	295.614	573767.043	4046126.462	224.347g	2.50	-2.50
17	320.000	287.047	295.785	573785.598	4046118.998	224.347g	2.50	-2.50
18	340.000	288.036	295.957	573804.153	4046111.535	224.347g	2.50	-2.50
19	360.000	287.097	296.128	573822.708	4046104.071	224.347g	2.50	-2.50
20	380.000	287.842	296.300	573841.263	4046096.607	224.347g	2.50	-2.50
21	400.000	287.089	296.471	573859.818	4046089.143	224.347g	2.50	-2.50
22	420.000	288.303	296.643	573878.373	4046081.679	224.347g	2.50	-2.50
23	440.000	288.252	296.814	573896.929	4046074.216	224.347g	2.50	-2.50
24	460.000	288.941	296.986	573915.484	4046066.752	224.347g	2.50	-2.50
25	480.000	289.217	297.157	573934.039	4046059.288	224.347g	2.50	-2.50
26	500.000	289.789	297.318	573952.594	4046051.824	224.347g	2.50	-2.50
27	520.000	290.977	297.459	573971.149	4046044.360	224.347g	2.50	-2.50
28	540.000	291.647	297.581	573989.704	4046036.897	224.347g	2.50	-2.50
29	560.000	293.111	297.682	574008.259	4046029.433	224.347g	2.50	-2.50
30	580.000	293.492	297.773	574026.814	4046021.969	224.347g	2.50	-2.50
31	600.000	293.561	297.863	574045.369	4046014.505	224.347g	2.50	-2.50
32	602.283	293.569	297.874	574047.488	4046013.653	224.347g	2.50	-2.50
33	620.000	293.646	297.954	574063.951	4046007.108	223.834g	2.50	-2.50
34	640.000	293.208	298.045	574082.599	4045999.878	223.256g	2.50	-2.50
35	660.000	293.700	298.136	574101.311	4045992.819	222.677g	2.50	-2.50
36	680.000	294.261	298.227	574120.087	4045985.930	222.098g	2.50	-2.50
37	700.000	295.211	298.318	574138.925	4045979.211	221.520g	2.50	-2.50
38	720.000	295.451	298.409	574157.823	4045972.665	220.941g	2.50	-2.50
39	740.000	296.471	298.499	574176.780	4045966.290	220.362g	2.50	-2.50
40	760.000	296.855	298.590	574195.794	4045960.088	219.783g	2.50	-2.50
41	780.000	297.779	298.681	574214.863	4045954.059	219.205g	2.50	-2.50
42	800.000	298.815	298.772	574233.987	4045948.204	218.626g	2.50	-2.50
43	820.000	299.771	298.863	574253.163	4045942.523	218.047g	2.50	-2.50

44	840.000	300.763	298.954	574272.390	4045937.016	217.468g	2.50	-2.50
45	860.000	301.668	299.045	574291.666	4045931.684	216.890g	2.50	-2.50
46	873.074	302.251	299.104	574304.293	4045928.294	216.511g	2.50	-2.50
47	880.000	302.716	299.135	574310.987	4045926.518	216.511g	2.50	-2.50
48	900.000	303.605	299.226	574330.318	4045921.388	216.511g	2.50	-2.50
49	920.000	303.891	299.317	574349.649	4045916.259	216.511g	2.50	-2.50
50	940.000	303.495	299.408	574368.981	4045911.130	216.511g	2.50	-2.50
51	960.000	301.906	299.499	574388.312	4045906.001	216.511g	2.50	-2.50
52	980.000	301.316	299.587	574407.643	4045900.872	216.511g	2.50	-2.50
53	1000.000	301.426	299.651	574426.974	4045895.742	216.511g	2.50	-2.50
54	1020.000	301.535	299.689	574446.305	4045890.613	216.511g	2.50	-2.50
55	1040.000	301.807	299.700	574465.636	4045885.484	216.511g	2.50	-2.50
56	1060.000	301.768	299.684	574484.967	4045880.355	216.511g	2.50	-2.50
57	1080.000	301.584	299.642	574504.298	4045875.226	216.511g	2.50	-2.50
58	1100.000	301.196	299.573	574523.629	4045870.096	216.511g	2.50	-2.50
59	1120.000	300.807	299.478	574542.960	4045864.967	216.511g	2.50	-2.50
60	1140.000	300.725	299.355	574562.291	4045859.838	216.511g	2.50	-2.50
61	1160.000	299.832	299.207	574581.623	4045854.709	216.511g	2.50	-2.50
62	1163.539	299.321	299.177	574585.043	4045853.801	216.511g	2.50	-2.50
63	1180.000	297.416	299.031	574600.934	4045849.507	217.093g	2.50	-2.50
64	1200.000	297.212	298.832	574620.188	4045844.094	217.801g	2.50	-2.50
65	1220.000	300.053	298.630	574639.380	4045838.468	218.508g	2.50	-2.50
66	1240.000	299.689	298.428	574658.508	4045832.629	219.215g	2.50	-2.50
67	1260.000	298.832	298.226	574677.571	4045826.577	219.923g	2.50	-2.50
68	1280.000	297.783	298.024	574696.565	4045820.314	220.630g	2.50	-2.50
69	1300.000	296.361	297.823	574715.488	4045813.841	221.338g	2.50	-2.50
70	1320.000	295.142	297.621	574734.338	4045807.157	222.045g	2.50	-2.50
71	1340.000	294.584	297.419	574753.113	4045800.265	222.752g	2.50	-2.50
72	1360.000	294.638	297.217	574771.810	4045793.164	223.460g	2.50	-2.50
73	1380.000	294.338	297.015	574790.427	4045785.856	224.167g	2.50	-2.50
74	1400.000	293.824	296.813	574808.961	4045778.342	224.874g	2.50	-2.50
75	1420.000	293.207	296.611	574827.411	4045770.622	225.582g	2.50	-2.50
76	1440.000	292.578	296.409	574845.774	4045762.698	226.289g	2.50	-2.50
77	1460.000	292.186	296.207	574864.048	4045754.570	226.996g	2.50	-2.50
78	1480.000	291.679	296.005	574882.231	4045746.240	227.704g	2.50	-2.50
79	1496.845	291.245	295.835	574897.473	4045739.067	228.300g	2.50	-2.50
80	1500.000	291.132	295.803	574900.321	4045737.711	228.300g	2.50	-2.50
81	1520.000	290.684	295.601	574918.377	4045729.110	228.300g	2.50	-2.50
82	1540.000	290.328	295.399	574936.433	4045720.509	228.300g	2.50	-2.50
83	1560.000	290.012	295.197	574954.490	4045711.909	228.300g	2.50	-2.50
84	1580.000	289.802	294.995	574972.546	4045703.308	228.300g	2.50	-2.50
85	1600.000	289.715	294.793	574990.602	4045694.707	228.300g	2.50	-2.50
86	1620.000	289.717	294.591	575008.658	4045686.107	228.300g	2.50	-2.50
87	1640.000	289.949	294.389	575026.715	4045677.506	228.300g	2.50	-2.50
88	1660.000	289.910	294.187	575044.771	4045668.906	228.300g	2.50	-2.50
89	1680.000	289.687	293.985	575062.827	4045660.305	228.300g	2.50	-2.50
90	1700.000	289.342	293.783	575080.883	4045651.704	228.300g	2.50	-2.50
91	1720.000	288.891	293.581	575098.940	4045643.104	228.300g	2.50	-2.50
92	1740.000	288.499	293.379	575116.996	4045634.503	228.300g	2.50	-2.50
93	1760.000	288.004	293.178	575135.052	4045625.902	228.300g	2.50	-2.50
94	1780.000	287.526	292.976	575153.109	4045617.302	228.300g	2.50	-2.50

95	1800.000	287.450	292.775	575171.165	4045608.701	228.300g	2.50	-2.50
96	1814.384	287.431	292.644	575184.151	4045602.515	228.300g	2.50	-2.50
97	1820.000	287.416	292.597	575189.227	4045600.112	228.002g	2.50	-2.50
98	1840.000	287.483	292.454	575207.393	4045591.747	226.941g	2.50	-2.50
99	1860.000	287.410	292.343	575225.697	4045583.687	225.880g	2.50	-2.50
100	1880.000	287.062	292.266	575244.132	4045575.932	224.819g	2.50	-2.50
101	1900.000	286.905	292.222	575262.694	4045568.485	223.757g	2.50	-2.50
102	1920.000	286.949	292.211	575281.377	4045561.349	222.696g	2.50	-2.50
103	1940.000	287.104	292.234	575300.177	4045554.526	221.635g	2.50	-2.50
104	1960.000	287.419	292.290	575319.087	4045548.016	220.574g	2.50	-2.50
105	1980.000	287.964	292.380	575338.104	4045541.823	219.513g	2.50	-2.50
106	2000.000	288.454	292.503	575357.221	4045535.947	218.452g	2.50	-2.50
107	2020.000	288.741	292.659	575376.434	4045530.391	217.391g	2.50	-2.50
108	2040.000	289.302	292.848	575395.736	4045525.156	216.330g	2.50	-2.50
109	2060.000	289.814	293.071	575415.123	4045520.243	215.269g	2.50	-2.50
110	2080.000	289.627	293.327	575434.589	4045515.654	214.208g	2.50	-2.50
111	2100.000	290.198	293.617	575454.129	4045511.390	213.147g	2.50	-2.50
112	2120.000	292.190	293.939	575473.738	4045507.452	212.086g	2.50	-2.50
113	2125.331	292.382	294.031	575478.975	4045506.458	211.803g	2.50	-2.50
114	2140.000	293.169	294.286	575493.393	4045503.754	211.803g	2.50	-2.50
115	2160.000	293.636	294.633	575513.050	4045500.067	211.803g	2.50	-2.50
116	2180.000	294.418	294.981	575532.707	4045496.380	211.803g	2.50	-2.50
117	2200.000	295.072	295.329	575552.364	4045492.693	211.803g	2.50	-2.50
118	2220.000	295.745	295.676	575572.021	4045489.006	211.803g	2.50	-2.50
119	2240.000	296.751	296.024	575591.679	4045485.319	211.803g	2.50	-2.50
120	2251.571	296.600	296.225	575603.051	4045483.186	211.803g	2.50	-2.50
121	2260.000	296.540	296.371	575611.336	4045481.631	211.845g	2.44	-2.50
122	2280.000	296.364	296.719	575630.980	4045477.876	212.277g	1.01	-2.50
123	2300.000	296.725	297.066	575650.584	4045473.916	213.178g	-0.42	-2.50
124	2320.000	296.713	297.414	575670.114	4045469.607	214.549g	-1.85	-2.50
125	2329.126	296.713	297.572	575678.990	4045467.486	215.330g	-2.50	-2.50
126	2340.000	296.577	297.761	575689.530	4045464.811	216.319g	-2.50	-2.50
127	2360.000	296.313	298.109	575708.801	4045459.465	218.138g	-2.50	-2.50
128	2380.000	295.972	298.456	575727.912	4045453.570	219.957g	-2.50	-2.50
129	2400.000	295.548	298.804	575746.846	4045447.132	221.776g	-2.50	-2.50
130	2420.000	295.060	299.151	575765.589	4045440.155	223.595g	-2.50	-2.50
131	2440.000	294.979	299.499	575784.125	4045432.646	225.413g	-2.50	-2.50
132	2460.000	295.009	299.847	575802.439	4045424.610	227.232g	-2.50	-2.50
133	2480.000	295.236	300.194	575820.516	4045416.055	229.051g	-2.50	-2.50
134	2500.000	295.353	300.542	575838.341	4045406.986	230.870g	-2.50	-2.50
135	2520.000	295.490	300.889	575855.900	4045397.412	232.689g	-2.50	-2.50
136	2540.000	295.751	301.237	575873.178	4045387.340	234.508g	-2.50	-2.50
137	2560.000	296.041	301.584	575890.162	4045376.779	236.327g	-2.50	-2.50
138	2580.000	296.218	301.932	575906.836	4045365.737	238.146g	-2.50	-2.50
139	2600.000	296.657	302.279	575923.189	4045354.223	239.965g	-2.50	-2.50
140	2620.000	297.254	302.627	575939.206	4045342.247	241.784g	-2.50	-2.50
141	2640.000	297.649	302.974	575954.874	4045329.818	243.603g	-2.50	-2.50
142	2660.000	298.236	303.322	575970.181	4045316.946	245.422g	-2.50	-2.50
143	2680.000	299.414	303.673	575985.113	4045303.643	247.240g	-2.50	-2.50
144	2700.000	300.416	304.047	575999.660	4045289.918	249.059g	-2.50	-2.50
145	2720.000	301.416	304.448	576013.808	4045275.783	250.878g	-2.50	-2.50

146	2740.000	302.219	304.876	576027.548	4045261.250	252.697g	-2.50	-2.50
147	2760.000	302.956	305.330	576040.866	4045246.330	254.516g	-2.50	-2.50
148	2780.000	302.984	305.811	576053.752	4045231.036	256.335g	-2.50	-2.50
149	2800.000	302.794	306.318	576066.197	4045215.380	258.154g	-2.50	-2.50
150	2820.000	302.422	306.852	576078.189	4045199.375	259.973g	-2.50	-2.50
151	2840.000	302.043	307.413	576089.719	4045183.034	261.792g	-2.50	-2.50
152	2860.000	302.110	307.998	576100.777	4045166.370	263.611g	-2.50	-2.50
153	2880.000	302.743	308.585	576111.355	4045149.397	265.430g	-2.50	-2.50
154	2885.699	302.925	308.753	576114.280	4045144.506	265.948g	-2.50	-2.50
155	2900.000	303.375	309.173	576121.451	4045132.133	267.129g	-1.48	-2.50
156	2920.000	301.688	309.760	576131.144	4045114.639	268.378g	-0.05	-2.50
157	2940.000	302.879	310.348	576140.556	4045096.992	269.157g	1.38	-2.50
158	2960.000	304.412	310.935	576149.817	4045079.266	269.468g	2.50	-2.50
159	2963.254	304.589	311.031	576151.318	4045076.378	269.475g	2.50	-2.50
160	2980.000	305.500	311.523	576159.043	4045061.521	269.475g	2.50	-2.50
161	3000.000	306.553	312.111	576168.270	4045043.776	269.475g	2.50	-2.50
162	3020.000	307.705	312.695	576177.496	4045026.032	269.475g	2.50	-2.50
163	3040.000	309.380	313.245	576186.723	4045008.287	269.475g	2.50	-2.50
164	3060.000	311.062	313.750	576195.950	4044990.543	269.475g	2.50	-2.50
165	3080.000	313.045	314.210	576205.176	4044972.798	269.475g	2.50	-2.50
166	3100.000	315.049	314.626	576214.403	4044955.054	269.475g	2.50	-2.50
167	3120.000	316.539	314.998	576223.629	4044937.309	269.475g	2.50	-2.50
168	3140.000	318.275	315.325	576232.856	4044919.564	269.475g	2.50	-2.50
169	3160.000	320.032	315.607	576242.083	4044901.820	269.475g	2.50	-2.50
170	3180.000	321.785	315.846	576251.309	4044884.075	269.475g	2.50	-2.50
171	3200.000	323.714	316.049	576260.536	4044866.331	269.475g	2.50	-2.50
172	3220.000	325.747	316.249	576269.762	4044848.586	269.475g	2.50	-2.50
173	3240.000	327.693	316.449	576278.989	4044830.842	269.475g	2.50	-2.50
174	3260.000	329.653	316.649	576288.215	4044813.097	269.475g	2.50	-2.50
175	3280.000	331.714	316.849	576297.442	4044795.352	269.475g	2.50	-2.50
176	3300.000	333.633	317.049	576306.669	4044777.608	269.475g	2.50	-2.50
177	3320.000	333.599	317.249	576315.895	4044759.863	269.475g	2.50	-2.50
178	3340.000	332.665	317.449	576325.122	4044742.119	269.475g	2.50	-2.50
179	3360.000	331.215	317.649	576334.348	4044724.374	269.475g	2.50	-2.50
180	3380.000	329.847	317.849	576343.575	4044706.630	269.475g	2.50	-2.50
181	3400.000	328.482	318.049	576352.802	4044688.885	269.475g	2.50	-2.50
182	3420.000	326.288	318.249	576362.028	4044671.140	269.475g	2.50	-2.50
183	3440.000	324.189	318.449	576371.255	4044653.396	269.475g	2.50	-2.50
184	3460.000	322.341	318.649	576380.481	4044635.651	269.475g	2.50	-2.50
185	3480.000	320.684	318.849	576389.708	4044617.907	269.475g	2.50	-2.50
186	3499.667	319.046	319.046	576398.781	4044600.458	269.475g	2.50	-2.50

# **BIBLIOGRAPHIE**

- B40 (normes techniques d'aménagement des routes).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P.).
- I.C.T.A.A.L (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison).
- Thèses de fin d'études précédentes à l'UMMTO et à l'école nationale supérieure des travaux publics (ENSTP).
- Cours de routes 1<sup>ère</sup> année master UMMTO.
- Code algérien de la route.
- Recommandation pour l'assainissement routier (SETRA).
- La direction des travaux publics (DTP) de la wilaya de Tizi-Ouzou
- ARP aménagement des routes principales (recommandations techniques (aout-1994))
- SITE internet : [www.SETRA.com](http://www.SETRA.com)
- CTTT, 2001, Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :
  - ✓ fascicule1
  - ✓ fascicule2
  - ✓ fascicule3