

REPUBLIQUE ALGERIANNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE  
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

# Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'INGENIEUR D'ETAT en Génie civil

Option : V.O.A

## THEME

ETUDE DE DEDOUBLEMENT ROUTIER DE LA RN47 SUR 08km  
ENTRE la ville d'ELBAYADH et centre universitaire

**Présenté par :** *KRIM Mustapha*

### Composition de jury:

**Président:** *Mr. BOUKLI Hacene S*

*Maitre de conference A*

**Encadreur:** *Mr. BENAMAR .Abderrahmanne*

*Maitre de Assistant A*

**Examineur:** *Mr. CHERIF Benmoussa Yazid*

*Maitre de Assistant A*

**Examineur :** *Mme. BOUCIF Nesrine*

*Maitre de Assistant A*

26 juin 2014

# REMERCIEMENT

*Tous d'abords je remercie **Dieu** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce travail, qu'il soit béni et glorifié.*

*Mes remerciements s'adressent vivement à mon encadreur*

***Mr : BENAMAR Abderrahmane** pour ses conseils et son aide dans la réalisation de ce travail et je tiens à remercier l'ensemble des enseignants qui ont contribués à ma formation.*

*Merci aussi à tous les ingénieurs de génie civil promotion 2013*

*Que tous les membres du jury trouvent ici l'expression de mes profonds*

*Respects pour avoir pris la peine d'examiner votre mémoire.*

# DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à l'esprit de la pureté :

Mon père « Cheikh » mon ami « Zouheir » ma tante : « Halima ».

A ma très chère maman et grand-mère qu'elles m'ont soutenues et encouragées moi et ma femme.

A mes chers frères : Abdelkader, Abdelaziz, Noureddine.

A ma sœur : Zahra

Surtout à la famille **KRIM, BOUAB.**

Et à mes amis sans exception, et une grande dédicace à tous mes amis

(Abdelkader, Abderrahmane, Ibrahim, Mustapha, Mohammed,

Djamel, Chahourie, Ali, Anwar, farouk, khayerddine et qui sans

oublier) et sans oublier A.C.C.L et à toute ma promotion de 3, 4,5<sup>eme</sup>

année génie civil (VOA).

Et à tous ceux qui me connaissent et à contribués à la réussite de ce mémoire.

Merci...

**MUSTAPHA**



# SOMMAIRE

# PAGE

<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>PRESENTATION DU PROJET</b>	2
<b>Chapitre I : ETUDE DU TRAFIC</b>	
I.1. INTRODUCTION	4
I.2. L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS	4
I.3. DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS	7
I.4. CALCUL DE LA CAPACITÉ	7
I.5. APPLICATION AU PROJET	9
I.6. CONCLUSION	11
<b>Chapitre II : TRACE EN PLAN</b>	
II.1. DÉFINITION	12
II. 2. RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN	12
II. 3. LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN	12
II.4. LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT	18
II.5. COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN	20
II.6. NOTION DE DEVERS	21
II. 7. PARAMÈTRES FONDAMENTAUX	23
II. 8. CALCUL D'AXE	23
II.9. CONCLUSION	26
<b>Chapitre III PROFIL EN LONG</b>	
III. 1. DÉFINITION	27
III. 2. RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG	27
III.3. LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG	28
III. 4. COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG	28
III.5. DÉCLIVITÉS	28
III.6. RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG	29

<i>III.7. CARACTÉRISTIQUES DES RAYONS EN LONG</i>	31
<i>III.8. DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG</i>	32
<i>III.9. CONCLUSION</i>	33
<b>Chapitre IV : PROFIL EN TRAVERS</b>	
<i>IV. 1. DÉFINITION</i>	34
<i>IV. 2. Différent type de profils en travers</i>	35
<i>IV.3. LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFILS EN TRAVERS</i>	36
<i>IV.4. Profil En Travers de la RN 47</i>	37
<b>Chapitre V : CUBATURES</b>	
<i>V.1. INTRODUCTION</i>	38
<i>V.2. DEFINITION</i>	39
<i>V.3. Méthode de calcul des cubatures</i>	40
<i>V.4. Calcul des cubatures de terrassement</i>	41
<i>Chapitre VI : ETUDE GEOTECHNIQUE</i>	
<i>VI.1 INTRODUCTION</i>	42
<i>VI.2 Caractéristiques géotechniques du sol support</i>	43
<i>VI.3 ETUDE DES EMPRUNTS</i>	45
<i>VI.4.CONCLUSION</i>	46
<b>Chapitre VII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE</b>	
<i>VII.1 INTRODUCTION</i>	47
<i>VII.2 LA CHAUSSÉE</i>	48
<i>VII.3 LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT</i>	50
<i>VII.4 LES METHODES EMPIRIQUES</i>	52
<i>VII.5 APPLICATION AU PROJET</i>	58
<i>VII.4.CONCLUSION</i>	60
<b>Chapitre VIII : ASSAINISSEMENT</b>	
<i>VIII.1 INTRODUCTION</i>	61
<i>VIII.2 Réseaux longitudinaux</i>	61
<i>VIII.3 DÉFINITION DES TERMES HYDRAULIQUE</i>	62
<i>VIII.4 DONNEES PLUVIOMETRIQUES</i>	63
<i>VIII. 5 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DU PROJET</i>	64

<i>VIII.6 APPLICATION AU PROJET</i>	66
<i>VIII.7 DIMENSIONNEMENT DES FOSSES</i>	67
<i>VIII.08 DIMENSIONNEMENT DES BUSES</i>	68
<i>VIII.9 CONCLUSION</i>	70
<b><i>Chapitre IX : CARREFOUR</i></b>	
IX. 1. INTRODUCTION	71
IX.2.les Types de carrefours	72
IX.3. Principes d'aménagement	73
IX.4. Configuration géométrique générale	75
IX.5. Dimensions générales	76
IX.6. Ilot central	77
IX.7. Chaussée annulaire	79
IX.8. Entrées	80
IX.9. Sorties	81
IX.10. Ilots séparateurs	81
IX.11.CONCLUSION	82
<b><i>Chapitre X : OUVRAGE D'ART</i></b>	
<i>X.1 INTRODUCTION</i>	83
<i>X.2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE</i>	83
<i>X.3 CHOIX DU TYPE DE L'OUVRAGE</i>	83
<i>X.4 PROFIL EN TRAVERS SOUS L'OUVRAGE D'ART</i>	84
<i>X.5 CONCLUSION</i>	84
<b><i>Chapitre XI : SIGNALISATION ET ECLIRAGE</i></b>	
<i>XI.1.1. INTRODUCTION SIGNALISATION</i>	85
<i>XI.1.2. L'OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE</i>	85
<i>XI.1.3 - CATÉGORIES DE SIGNALISATION</i>	85
<i>XI.1.4. RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION</i>	85
<i>XI.1.5. TYPES DE SIGNALISATION</i>	86
<i>XI.1.5. 1. Signalisation Verticale</i>	86
<i>XI.1.5.2. Signalisation Horizontale:</i>	87
<i>XI.1.6. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MARQUAGES</i>	89
<i>XI.1.7. APPLICATION AU PROJET</i>	89

<i>XI.2.1.INTRODUCTION d'ECLAIRAGE</i>	91
<i>XI.2.2. ÉCLAIRAGE D'UN POINT SINGULIER</i>	91
<i>XI.2.3. PARAMÈTRE DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES</i>	91
<i>XI.2.4. ECLAIRAGE DE LA VOIE (LE LONG DE LA ROUTE</i>	92
<i>XI.2.5 ECLAIRAGE DES CARREFOURS GIRATOIRE</i>	92
<i>XI.2.6 ECLAIRAGE DE PASSAGE SOUTERRAIN</i>	92
<i>XI.3 CONCLUSION</i>	93
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b>	94
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	
<b>ANNEXE</b>	



## LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX	<b>N°</b> <b>PAGES</b>
Tableau I.1: coefficient d'équivalence	<b>8</b>
Tableau I.2 : Valeur de K1	<b>9</b>
Tableau I.3 : valeur de K2	<b>9</b>
Tableau I.4 : valeur de la capacité théorique	<b>9</b>
Tableau I.5 : Les résultats des calculs de trafic	<b>11</b>
Tableau II. 1: rayons du tracé en plan	<b>15</b>
Tableau II.2: Paramètres fondamentaux	<b>23</b>
Tableau III-1 Déclivité maximale Selon le B40	<b>29</b>
Tableau III-2 les paramètres géométriques	<b>32</b>
Tableau IV-1 : largeur de la plateforme et de chaussée selon la catégorie administrative	<b>37</b>
Tableau VI.1 : Récapitulatif des résultats des différents Essais	<b>46</b>
Tableau VI.2 : Caractéristiques géotechnique du matériau	<b>46</b>
Tableau VII.1 : Classification de trafic	<b>50</b>
Tableau VII.2:Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd	<b>51</b>
Tableau VII.3: variation de portance avec CBR	<b>52</b>
Tableau VII.4: Coefficient d'équivalence	<b>53</b>
Tableau VII.5 : La classe du trafic poids lourd	<b>54</b>
Tableau VII.6 : Classe de sol en fonction CBR	<b>55</b>

Tableau VII.7 : Classe de trafic	<b>56</b>
Tableau VII.8 : Classe portance de sol en fonction de la flexion	<b>56</b>
Tableau VII.9 : Classe de sol en fonction de portance de sol	<b>57</b>
Tableau VII.10 : Les zones climatiques de l'Algérie	<b>57</b>
Tableau VII.11 : Récapitulatif des résultats	<b>58</b>
Tableau VIII.1: Valeur de coefficient de ruissellement	<b>65</b>
Tableau VIII.2: Variable de gausse	<b>66</b>
Tableau VIII.3: Coefficient de rugosité	<b>67</b>
Tableau VIII.4 : Coefficient de ruissellement	<b>70</b>
Tableau VIII.5 : dimensionnement de fosse	<b>70</b>
Tableau VIII.6 : dimensionnement des buses	<b>72</b>
Tableau IX-1 : Paramètres techniques des entrées et des sorties	<b>82</b>
Tableau IX-2 : paramètres techniques d'îlot séparateur	<b>84</b>
Tableau X.1 : Sur largeur en fonction de la vitesse	<b>86</b>
Tableau XI.1 - Caractéristiques des lignes discontinues	<b>88</b>

## LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES	<i>N° PAGES</i>
Figure 01 : Photo Google earth	<i>03</i>
Figure II.1 : l'élément de la clothoïde	<i>17</i>
Figure VI.1 : les éléments constitutifs du profil en travers normal	<i>35</i>
Figure V.1: notations pour le calcul d'un volume de terres entre deux profils en travers consécutifs	<i>40</i>
Figure V.2: Utilisation de la notion de distance d'application	<i>41</i>
Figure V.3 : Méthode de la moyenne des aires	<i>42</i>
Figure VII.1 : Les différentes Couches De Chaussée	<i>48</i>
Figure VII.2 : Les différents types de chaussée	<i>49</i>
Figure VII.3 : schéma montre la démarche du catalogue	<i>57</i>
Figure VII .4 : Classe TPLi pour RP1	<i>59</i>
Figure VIII.1 : Assainissement de la plate forme	<i>65</i>
Figure VIII.2: Coupe transversal de fossé	<i>69</i>
Figure IX.1 : les éléments d'un carrefour à sens giratoire	<i>75</i>
Figure IX.2 : les conditions géométriques d'implantation du carrefour	<i>78</i>
Figure IX.3 : Alignement radial des branches	<i>79</i>
Figure IX.4 : la géométrie d'un ilot central	<i>80</i>
Figure IX.5 : la géométrie d'un ilot séparateur	<i>83</i>
Figure XI.1 : Types de modulation	<i>87</i>
Figure XI .2: Flèche de signalisation	<i>88</i>
Figure XI.3 : Paramètres de l'implantation des luminaires	<i>92</i>

# ***INTRODUCTION***

## ***INTRODUCTION :***

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie social.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant par saturation, il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études.

D'où l'importance de mon étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale 47 sur 08km qui se situe dans la Wilaya d' EL BAYADH.

La route nationale 47 a une importance stratégique, car elle constitue une liaison entre EL BAYADH et LAGHOUAT, c'est une route passant par des zones pastorales.

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de :

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

# **PRESENTATION DU PROJET**

## **1- PRESENTATION DU PROJET :**

La wilaya *d'EL BAYADH* fait partie intégrante de la région des Hautes Plaines steppiques du Sud Ouest algérien.

Sur le plan physique, elle présente trois grandes zones distinctes:

- ✓ Au Nord : les Hautes Plaines 8.778 Km<sup>2</sup>.
- ✓ Au Centre : l'atlas saharien 11.846 Km<sup>2</sup>.
- ✓ Au Sud : la Présaharienne 51.073 Km<sup>2</sup>

Elle compte **22** communes rattachées à **08** daïras et s'étend sur une superficie de 71.697 Km<sup>2</sup>.

Le cheptel constitue la richesse principale de la wilaya d'El-Bayadh et des zones steppiques de la région où l'élevage et le pastoralisme sont le savoir faire d'une grande partie de la population et constituent l'activité économique de base. Cette activité peut être accompagnée par le développement d'unités industrielles, Le développement de ses infrastructures de transport devient une exigence.

Elle est limitée administrativement par : Saïda et Tiaret au nord, Laghouat, Ghardaïa et Adrar au l'Est et Sud Est, Sidi-Bel-Abbès, Naâma et Béchar au l'Ouest et Sud Ouest.

Mon projet concerne le dédoublement de la **RN47** dans la wilaya *d'EL BAYADH*.

Il débute juste après le carrefour de la entrée Est *d'EL BAYADH PK00+000*, vers **LAGHOuat** au **PK08+107** sur une longueur de **08,107Km**.

## **2- OBJECTIF DE L'ETUDE :**

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par le dédoublement (**2x2voies**) avec un séparateur (**TPC**).

Sachant que le profil en travers de la route existante se présente comme suit :

- ✓ Une chaussée bidirectionnelle de largeur de **7 m**.
- ✓ Une largeur de **2m** d'accotement.

Pour atteindre l'objectif visé, mon travail a été structuré comme suit :

- ✓ Etudier le trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- ✓ Concevoir la géométrie en plan, en long et en travers du projet.
- ✓ Procéder à un dimensionnement des corps de la chaussée neuve pour la partie projetée et un renforcement pour la partie existante.
- ✓ Etudier l'assainissement du projet en tenant compte de l'existant.

## PRESENTATION DU PROJET



Figure01 : Photo *Google earth* [1]

## ***1.1.INTRODUCTION:***

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

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

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

- ✓ Apprécier la valeur économique des projets.
- ✓ Estimer les coûts d'entretien du réseau routiers, qui sont en fonction du volume de circulation.
- ✓ Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (nombre de voies).

## ***1.2. L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :***

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

### ***1.2.1. La Mesure Des Trafics:***

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

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

#### ***a) - Les Comptages :***

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

- ✓ Les comptages manuels.
- ✓ Les comptages automatiques.

## **a.1. Les comptages manuels :**

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

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

## **a.2. Les comptages automatiques :**

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée.

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

- **Les comptages permanents** : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et les chemins 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.

- **L'inconvénient de cette méthode** : est que tous le matériel de comptage actuellement utilisé ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

## **b) - Les Enquêtes Origine Destination :**

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

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

### **b.1. les Enquêtes papillons ou distributions :**

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

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



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

### **b.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 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.

### **b.3. Interview des conducteurs :**

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

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

### **b.4. Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage :**

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

## **I.3. DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :**

### **I.3.1. Trafic normal :**

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

### **I.3.2. Trafic dévié :**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

## ***1.3.3. Trafic induit :***

C'est le trafic qui résulte de :

- ✓ 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 à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

## ***1.3.4. Trafic total:***

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

## ***1.4. CALCUL DE LA CAPACITÉ :***

### ***1.4.1 - Définition De La Capacité :***

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

La capacité dépend :

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

### ***1.4.2 - Projection Future Du Trafic:***

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

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

Avec : ***TJMAh*** : le trafic à l'année horizon.

***TJMA<sub>0</sub>*** : le trafic à l'année de référence.

***n*** : nombre d'année.

***τ*** : taux d'accroissement du trafic (%).

**I.4.3 - Calcul Du Trafic Effectif:**

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (**uvp**), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (**uvp**).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z] TJMAh$$

Avec :  $T_{eff}$  : trafic effectif à l'année horizon en (**uvp**).

**Z** : pourcentage de poids lourd.

**P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend.

Routes	$E_1$	$E_2$	$E_3$
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

**Tableau I.1: coefficient d'équivalence [2]**

**I.4.4. Débit De Pointe Horaire Normal :**

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

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

Avec :

**Q** : débit de pointe horaire

**n** : nombre d'heure, (en général **n=8heures**)

**T<sub>eff</sub>** : trafic effectif.

**I.4.5. Débit Horaire Admissible:**

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

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

Environnement	$E_1$	$E_2$	$E_3$
$K_1$	0.75	0.85	0.90 à 0.95

**Tableau I.2 : Valeur de K1 [2]**

Environnement	1	2	3	4	5
$E_1$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$E_2$	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
$E_3$	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

**Tableau I.3 : valeur de K2 [2]**

	Capacité théorique (vvp/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

Tableau I.4 : valeur de la capacité théorique [2]

**I.4.6. Détermination du Nombre Des Voies :**

- ✓ Cas d'une chaussée bidirectionnelle : on compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  et on opte le profil auquel correspond la valeur de  $Q_{adm}$  la plus proche à  $Q$ .
- ✓ Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport

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

Avec :

$Q_{adm}$  : débit admissible par voie

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

**I.5. APPLICATION AU PROJET:**

**I.5.1. Les données de trafic:**

D'après les résultats de trafic fournie par la DTP qui c'est les suivants :

- ✓ Le trafic à l'année 2009  $TJMA_{2009} = 4500 \text{ v/j}$
- ✓ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4\%$
- ✓ La vitesse de référence sur le tracé  $V_r = 80 \text{ km/h}$
- ✓ Le pourcentage de poids lourds  $Z = 25\%$
- ✓ L'année de mise en service sera en 2012
- ✓ La durée de vie estimée de 20 ans

**I.5.2. Projection future de trafic :**

L'année de mise en service (2012)

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

Avec :

$TJMA_h$  : trafic à l'horizon (année de mise en service 2012)

$TJMA_o$  : trafic à l'année zéro (origine 2009).

Donc :  $TJMA_{2012} = 5062 \text{ v/j}$ .

Trafic à l'année (2032) pour une durée de vie de 20 Ans

$$TJMA_{2032} = 5062 \times (1 + 0,04)^{20} = 11092 \text{ v/j.}$$

$$\text{Donc : } TJMA_{2032} = 11092 \text{ v/j.}$$

### I.5.3 - Calcul du trafic effectif :

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

Avec:

**P**: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds.

Pour une route à deux voies et un environnement  $E_2$  on a **P=6**

**Z**: le pourcentage de poids lourds est égal à 25%

$$T_{eff} = 11092 \times [(1 - 0.25) + 6 \times 0.25] = 24957 \text{ uvp/h.}$$

$$\text{Donc : } T_{eff} = 24957 \text{ uvp/h}$$

### I.5.4 - Débit de pointe horaire normale :

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

Avec:  $1/n$ : coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12

$$Q = 0.12 \times 24957 = 2995 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Donc : } Q = 2995 \text{ uvp/h}$$

### I.5.5 - Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :  $Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$

Avec :

**K<sub>1</sub>**: coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour  $E_1$

**K<sub>2</sub>**: coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement ( $E_2$ ) et catégorie ( $C_2$ )

**C<sub>th</sub>**: capacité théorique

**C<sub>th</sub>** = 2000 (d'après le B40 pour  $E_2$ ,  $C_2$  et pour une chaussée à 2 voies avec 2 m des accotements).

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 2000$$

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

### I.5.6 - Le nombre des voies :

$$N = S \times (Q/Q_{adm})$$

$$\text{Avec: } S = 2/3$$

$$N = (2/3) \times (2995/1683) = 1.18 \approx 2$$

$$\text{Donc : } N = 2 \text{ voie /sens}$$

### I.5.7 - Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies:

$$T_{eff} (2012) = [(1 - 0.25) + 6 \times 0.25] \times 5062$$

$$T_{eff} (2012) = 11390 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2012} = 0,12 \times 11390 = 1367 \text{ uvp/h.}$$

Donc :  $Q_{2012} = 1367 \text{ uvp/h}$

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

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1263 = 5052 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2012} \Rightarrow n = \frac{\ln(Q_{\text{saturation}}/Q_{2012})}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{5052}{1367})}{\ln(1 + 0.04)} = 33.33 \approx 34 \text{ ans}$$

Donc :  $n = 34 \text{ ans}$

D'où notre route sera saturée **34 ans** après la mise en service donc l'année de saturation est : **Année : 2046**

**Tableau II.5 : Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :**

$TJMA_{2012}(v/j)$	$TJMA_{2032}(v/j)$	$T_{\text{eff}2032}(uvp/j)$	$Q_{2032}(uvp/h)$	$N$
5062	11092	24957	2995	2

**Tableau I.5 : Les résultats des calculs de trafic.**

**I.6 CONCLUSION :**

Le profil en travers retenu pour notre projet défini comme suit : chaussée bidirectionnelle de 2 voies de 3.5 m est des accotements de 2 m et une terre plein centrale 2m.

**II.1. DÉFINITION:**

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

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

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer de bonne sécurité.

**II. 2. RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN :**

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

**II. 3. LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :**

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

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

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

### **II.3.1. Les Alignements:**

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

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

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

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

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

Donc la longueur des alignements dépend de:

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

### **Règles concernant la longueur des alignements :**

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

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6} \quad (II.1)$$

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

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

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6} \quad (II.2)$$



**II.3.2. Arcs De Cercle:**

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

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

**II.3.2.1. Stabilité En Courbe :**

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

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

(II.3)

$$R \geq \frac{V_r^2}{g(f_t + d)}$$

Avec :

$V_r$ : vitesse de référence (m/s).

$g$  : gravitation ( $m/s^2$ ).

$f_t$ : coefficient de frottement transversal.

$d$  : dévers.

**a)- Rayon minimal absolu (RHM) :**

C'est le rayon qui assure la stabilité des véhicules à la vitesse de référence lorsqu'il est associé au dévers maximal.

Ce rayon est employé généralement dans les conditions les plus difficiles (régions montagneuses).

$$RHM = \frac{V_r^2}{127 (f_t + d_{\max})} \quad (\text{II.4})$$

$f_t$ : coefficient de frottement transversal.

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

**b)- Rayon minimal normal (RHN) :**

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

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

**c)- Rayon au dévers minimal (RHd) :**

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

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

$d_{min} = 3\%$  en catégorie **3 – 4**.

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \quad (\text{II.5})$$

**d)- Rayon minimal non déversé (RHnd):**

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

$$\text{Cat. 1 – 2} \longrightarrow RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035} \quad (\text{II.6})$$

Pour notre projet (dédoublage de la **RN 47**) situé dans un environnement (**E<sub>2</sub>**), et classé en catégorie (**C<sub>2</sub>**) avec une vitesse de référence de **80km/h**, donc à partir du règlement **B40** on peut avoir le tableau suivant:

<i>paramètres</i>	<i>symboles</i>	<i>valeurs</i>
<i>Vitesse (km/h)</i>	<i>V</i>	<i>80</i>
<i>Rayon horizontal minimal (m)</i>	<i>RHm (7%)</i>	<i>250</i>
<i>Rayon horizontal normal (m)</i>	<i>RHN (5%)</i>	<i>450</i>
<i>Rayon horizontal déversé (m)</i>	<i>RHd (2.5%)</i>	<i>1000</i>
<i>Rayon horizontal non déversé (m)</i>	<i>RHnd (-2.5%)</i>	<i>1400</i>

**Tableau II. 1: rayons du tracé en plan. [2]**

**e)- Sur largeur:**

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

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

$$S = \frac{L^2}{2R} \quad (\text{II.7})$$

$L$  : longueur du véhicule (valeur moyenne  $L = 10 \text{ m}$ )

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

### **II.3.3. Les Courbes De Raccordement :**

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

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

#### **II.3.3.1. Rôle Et Nécessité Des Courbes De Raccordement :**

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

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

#### **II.3.3.2. Types De Courbe De Raccordement :**

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

- ✓ Parabole cubique
- ✓ Lemniscate
- ✓ Clothoïde

##### **a)-Parabole cubique :**

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

##### **b) Lemniscate :**

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

c) *Clothoïde* :

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

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

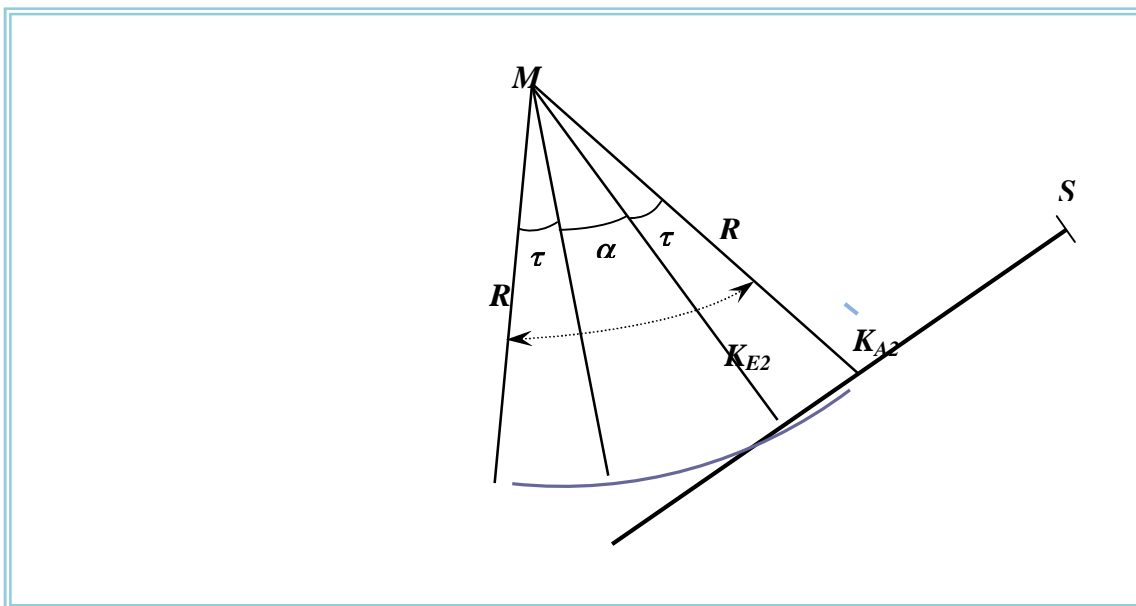
Parcourue à vitesse constante, la **Clothoïde** maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

c.1)- *Expression mathématique de la Clothoïde:*

Courbure **K** linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$K = C \cdot L \text{ avec } K = \frac{1}{R} \Rightarrow L \cdot R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C \cdot L$$

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

c.2) -*Eléments de la Clothoïde :*

*Figure II.1- l'élément de la clothoïde*

- ✓ A : Paramètre de la clothoïde
- ✓ M : Centre de cercle
- ✓ R : Rayon de cercle
- ✓ K<sub>A</sub> : Origine de la clothoïde
- ✓ K<sub>E</sub> : Extrémité de la clothoïde
- ✓ L : longueur de la branche de la clothoïde

- ✓  $\Delta R$ : Mesure de décalage entre l'élément droit et de l'arc du cercle (le ripage)
- ✓  $X_m$  : Abscisse du centre du cercle
- ✓  $\tau$  : Angle des tangentes
- ✓  $X$  : Abscisse de  $K_E$
- ✓  $Y$  : Origine de  $K_E$
- ✓  $T_K$  : tangente courte
- ✓  $T_L$  : tangente longue
- ✓  $S_L$  : Corde ( $K_A - K_E$ )
- ✓  $\sigma$  : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

#### II.4. LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

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

##### a) Condition de confort optique :

Cette condition permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à  $3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rads} \rightarrow L > R/9 \text{ soit } A > R/3$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

##### Règle générale (B40) :

- $R \leq 1500m$   $\Delta R = 1m$  (éventuellement  $0.5m$ )

$$L_{r1} = \sqrt{24R\Delta R}$$

- $1500 < R \leq 5000m$

$$L_{r1} = R/9$$

- $R > 5000m$   $\Delta R = 2.5 m$

$$L_{r1} = 7.75 \sqrt{R}$$

##### b) Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours  $\Delta t$  du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$\text{Avec : } L_{r2} = \frac{V_r^2}{18} \left( \frac{V_r^2}{127 \times R} - \Delta d \right) \quad (\text{II.8})$$

$V_r$ : vitesse de référence (*km/h*).

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

$\Delta d$  : variation de dévers.

**c) Condition de gauchissement :**

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de dévers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$L_{r3} \geq (l \cdot \Delta d \cdot V_r) / 50 \quad (II.9)$$

$L_{r3}$  : longueur de raccordement.

$l$  : distance axe de rotation –bord de chaussée.

$\Delta d$  : variation de dévers en %.

$V_r$ : vitesse de référence (*km/h*).

**NB** : La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie -chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à **2%**.

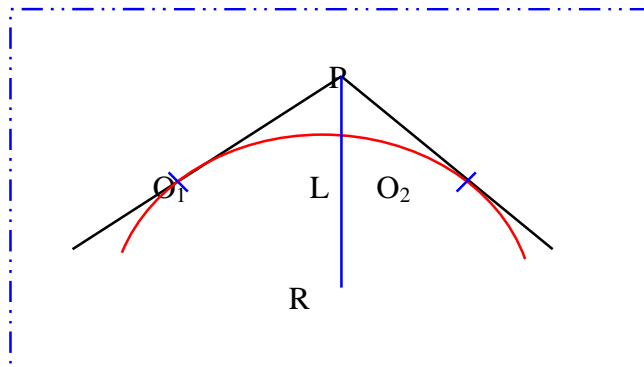
$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_B}{36} \quad (II.10)$$

**II.5. COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :**

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

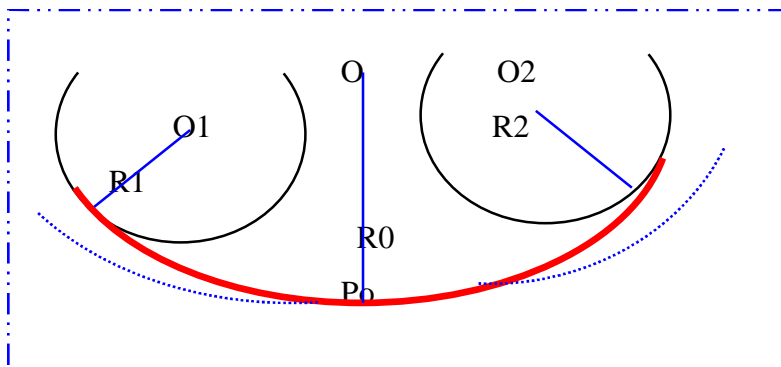
**a) Courbe à sommet :**

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



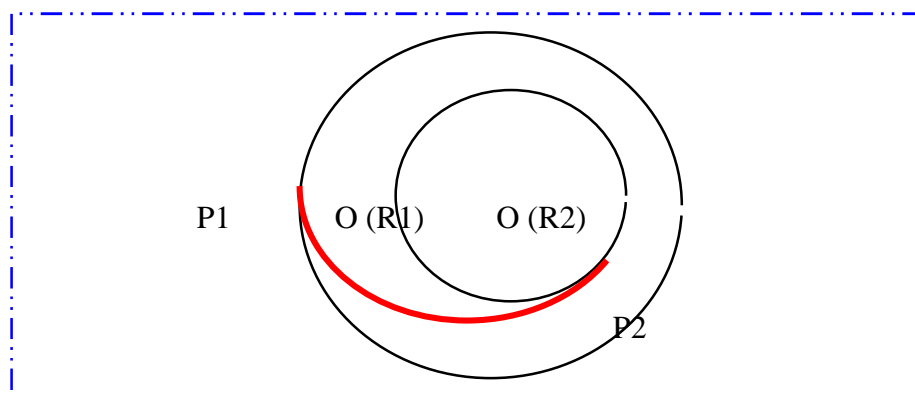
**b) Courbe en C :**

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



**c) Courbe en Ove:**

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



**II.6. NOTION DE DEVERS :**

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

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

**a) Devers en alignement :**

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

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

**b) Devers en courbe :**

En courbe permet de :

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

**c) Rayon de courbure**

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

**d) Calcul des devers :**

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

$$RHm < R < RHn \text{ on a: } \frac{d(R) - d(RHm)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}} = \frac{d(RHm) - d(RHn)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}} \quad (\text{II.11})$$

$$RHn < R < RHd \text{ on a: } \frac{d(R) - d(RHd)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d(RHn) - d(RHd)}{\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd}} \quad (\text{II.12})$$

Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont au devers minimal mais des rayons supérieur à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.



e) *Raccordement de devers* :

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

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des **Clothoïdes** :

- ✓ Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la **Clothoïde** jusqu'au début de l'arc de cercle.
- ✓ Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement en général à une distance  $D_{min}$ .

$$D_{min} = \frac{5}{36} \times v_r \Delta d \quad \text{Appelée longueur de gauchissement.}$$

- ✓ Pour les courbes en S, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- ✓ Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le devers peut unique et peut être conservé.

**II. 7. PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :**

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement **E<sub>2</sub>** et une catégorie **C<sub>2</sub>**, avec une vitesse de référence de **80km/h**, on définit les paramètres suivants :

<i>Paramètres</i>	<i>Symboles</i>	<i>Valeurs</i>
<i>Vitesse (km/h)</i>	<i>V</i>	<i>80</i>
<i>Longueur minimale (m)</i>	<i>L<sub>min</sub></i>	<i>111</i>
<i>Longueur maximale (m)</i>	<i>L<sub>max</sub></i>	<i>1333</i>
<i>Devers minimal (%)</i>	<i>D<sub>min</sub></i>	<i>2.5</i>
<i>Devers maximal (%)</i>	<i>D<sub>max</sub></i>	<i>7</i>
<i>Temps de perception réaction (s)</i>	<i>t<sub>1</sub></i>	<i>2</i>
<i>Frottement longitudinal</i>	<i>f<sub>L</sub></i>	<i>0.39</i>
<i>Frottement transversal</i>	<i>f<sub>t</sub></i>	<i>0.13</i>
<i>Distance de freinage (m)</i>	<i>d<sub>0</sub></i>	<i>65</i>
<i>Distance d'arrêt (m)</i>	<i>d<sub>1</sub></i>	<i>109</i>
<i>Distance de visibilité de dépassement minimale (m)</i>	<i>d<sub>m</sub></i>	<i>325</i>
<i>Distance de visibilité de dépassement normale (m)</i>	<i>d<sub>n</sub></i>	<i>500</i>
<i>Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)</i>	<i>dmd</i>	<i>200</i>

Tableau II.2: Paramètres fondamentaux [2]

**II. 8. CALCUL D'AXE :**

Dans un calcul d'axe, la grande partie est celle de la courbe de Clothilde (fig. III.1), cet élément géométrique particulier qui se définit par des formules mathématiques approchées.

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

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

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

**II.8.1. Exemple De Calcul D'axe Manuellement :****II.8.1.1. Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :****a)-Calcul du paramètre A :**

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

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

$$\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R \quad \text{D'où } 200 \leq A_{\min} \leq 600$$

$$R = 600\text{m} < 1500\text{m} \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \Delta R = 0.5$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 600 \times 0.5} = 84.85\text{m} \quad \text{Donc } L \geq 84.85\text{m}$$

**b.2)- Condition de confort dynamique et de gauchissement :**

$$L \geq \frac{5}{36} \Delta d V_B \quad \text{avec : } \Delta d = d + 2.5$$

$$V_r = 80\text{Km/h} \text{ et } R = 600\text{m} \Rightarrow d = 4,5\%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 4,5 + 2,5 = 7\%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \times 7 \times 80 = 77.77\text{m} \quad \text{Donc } L \geq 77.77\text{m}$$

De (1) et (2) on aura:  $L \geq 84,85 \text{ m}$ .

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 225\text{m}$$

*On prend:  $A = 225 \text{ m}$*

$$Lr(\text{réel}) = \frac{A^2}{R} = \frac{225^2}{600} = 84,38\text{m}$$

Donc :  $Lr(\text{réel}) = 84,38\text{m}$

*Vérification de la condition de l'aménagement :*

$$2\tau = \frac{200L}{\pi R} \leq \alpha$$

$$2\tau = \frac{200 \times 84,38}{\pi \times 600} = 8,953\text{Grad} \leq \alpha = 46\text{Grad} \quad (\text{Condition Vérifiée}).$$

**c) Les coordonnées du point final du raccordement progressif dans le repère local :**

$$\left\{ \begin{array}{l} x_p = Lr - \frac{Lr^5}{40A^4} + \frac{Lr^9}{3456A^8} = 84,34\text{m} \\ y_p = \frac{Lr^3}{6A^2} - \frac{Lr^7}{336A^6} + \frac{Lr^{11}}{32240A^{10}} = 1,98\text{m} \end{array} \right.$$

**d) Les coordonnées du cercle dans le repère local :**

$$\left\{ \begin{array}{l} X_m = x_p - R \sin \tau = 42,18\text{m} \\ Y_m = y_p + R \cos \tau = 600,50\text{m} \end{array} \right.$$

**e) La tangente du raccordement :**

$$T_m = X_m + Y_m * \text{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 269,09\text{m}$$

**f) Le ripage :**

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = 0,50\text{m}$$

**g) Le déplacement de la courbe par rapport au sommet (la flèche) :**

$$B = \frac{Y_m}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R = 41,14\text{m}$$

**h) La Détermination de la longueur totale du développement :**

$$D = 2Lr + \frac{R(\alpha - 2\tau)\pi}{200} = 517,77\text{m}$$

***II.9 CONCLUSION :***

Les conditions de raccordement progressives de tracé en plan sont vérifiées manuellement on se basant sur le calcul à l'aide du logiciel COVADIS.

**III. 1. DÉFINITION :**

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

**III. 2. RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG :**

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

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

**III.3. LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :**

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

- ✓ L'altitude du terrain naturel.
- ✓ L'altitude du projet.
- ✓ La déclivité du projet, etc....

**III. 4. COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG :**

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

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

**III.5. DÉCLIVITÉS :**

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

**III.5.1. Déclivité Minimum:**

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

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

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

**III. 5. 2. Déclivité Maximum:**

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

- ✓ la réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).

- ✓ l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

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

$V_R$ <b>Km/h</b>	40	60	80	100	120	140
<b>I max %</b>	8	7	6	5	4	4

**Tableau III-1 Déclivité maximale Selon le B40 [2]**

Pour notre cas la vitesse  $V_r=80$  Km/h donc la pente maximale  $I_{max}=6\%$ .

### III.6. RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long ; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types raccords :

#### III.6.1. Raccords Convexes (Angle Saillant) :

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

##### a) Condition de confort :

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

Limitation de l'accélération verticale :

$g/40$  pour catégorie **1-2**

$$V_r^2/R_v < g/40$$

Pour  $g=10m/s$

$$R_{v \min} = \begin{cases} 0,3 V_r^2 & \text{pour cat 1 - 2} \\ 0,23 V_r^2 & \text{pour cat 3 - 4 - 5} \end{cases}$$

Dans notre cas  $R_{v \min} = 0.3 V_r^2$  (III.1)

Avec :  $R_v$  : rayon vertical (m)

$V_r$  : vitesse de référence (Km/h).

**b) Condition de visibilité :**

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})} \quad (\text{III.2})$$

$D_1$  : distance d'arrêt (m).

$h_0$  : hauteur de l'œil (m).

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

Dans le cas d'une route bidirectionnelle:

$$h_0 = 1.1 \text{ m}, h_1 = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{On trouve : } R_v = 0.24 D_1^2 \quad (\text{III.3})$$

**III.6. 2. Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :****a) Le confort dynamique :**

En angle rentrant, le problème de visibilité ne se pose pas, mais il y a apparition d'une accélération importante (accélération centrifuge) qui influence sur le confort des véhicules.

On distingue deux types de rayon verticaux :

- ✓  $RVm$  : Rayon minimal absolu calculé pour une vitesse  $Vr$ .
- ✓  $RVn$  : Rayon minimal normal calculé pour une vitesse  $Vr + 20$ .

Pour assurer le confort dynamique des véhicules, on admet qu'une telle accélération est supportable si elle ne dépasse pas :

$$\left\{ \begin{array}{l} \bullet \frac{g}{40} \text{ (g : la pesanteur) pour les catégories 1,2} \\ \bullet \frac{g}{30} \text{ Pour les catégories 3,4 et 5} \end{array} \right.$$

$$\gamma_c \leq \frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30} \Leftrightarrow \frac{V^2}{Rv} \leq \frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30}$$

$$\Leftrightarrow R'v \geq \frac{V^2}{\left(\frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30}\right)}$$

Si on prend  $g=10 \text{ m/s}^2$  et  $Vr$  en (km/h)

$$R'v > 0.3 * V^2 \text{ Pour les catégories 1 et 2}$$

$$R'v > 0.25 * V^2 \text{ Pour les catégories 3,4 et 5}$$



**b)-La visibilité nocturne :**

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

Cette condition s'exprime par la relation :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)} \quad (\text{III.4})$$

Avec :  $R_v'$  : rayon minimum du cercle de raccordement.

$d_1$  : distance d'arrêt.

**d) Condition esthétique :**

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

$$R_{v_{\min}} = 100 \times \frac{50}{\Delta d (\%)} \quad (\text{III.5})$$

Avec :  $\Delta d$  : variation de dévers.

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

**III.7. CARACTÉRISTIQUES DES PROFIL EN LONG :****a) Angle saillant****1- Condition de confort :**

$$R_{V_{\min}} = 0,3.v_r^2 = 0,3.80^2 = 1920m$$

**2- condition de visibilité :**

on a :  $D_1 = 109m$  selon le B40

$$R_V = 0.24 D_1^2 = 0,24.109^2 = 2851,44m$$

**b) Angle rentrant****1- Le confort dynamique :**

$$R_{V_{\min}} = 0,3.v_r^2 = 0,3.80^2 = 1920m$$

**2-La visibilité nocturne**

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1,5 + 0,035d_1)} = \frac{109^2}{(1,5 + 0,035 \cdot 109)} = 2235,37m$$

Pour le cas de la **RN47**, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge, et sont donnés par le tableau suivants (*selon le B40*) :

Catégorie		C2
Environnement		<b>E<sub>2</sub></b>
Vitesses de référence (Km/h)		<b>80</b>
Rayon en angle saillant RV	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	R <sub>Vm1</sub> (minimal absolu) en m	<b>2500</b>
	R <sub>Vn1</sub> (minimal normal) en m	<b>6000</b>
Rayon en angle rentrant RV	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	R' <sub>Vm</sub> (minimal absolu) en m	<b>2400</b>
	R' <sub>Vn</sub> (minimal normal) en m	<b>3000</b>

**Tableau III-2** les paramètres géométriques [2]

**III.8. DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :**

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

- ✓ Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points **A, B, S**.
- ✓ Donnée le rayon **R**.

*Cas d'un rayon convexe :*

$$\begin{cases} X_A = 60,00 \text{ m} \\ Z_A = 1219,91 \text{ m} \end{cases} \quad B \quad \begin{cases} X_B = 213,90 \text{ m} \\ Z_B = 1217,50 \text{ m} \end{cases}$$

$$R = 1500m$$

Les pentes :  $p1 = 1,22\%$  ;  $p2 = -3,34\%$

$$L = 213,90 - 60,00 = 153,90m$$

$$ZA' = ZD + Lp2 ; \quad m = ZA' - ZA$$

$$ZA' = 1217,50 + (153,90 * 0,0334) = 1222,64 \text{ m}$$

$$ZB' = ZA + Lp1 ; \quad n = ZB - ZB'$$

$$ZB' = 1219,91 + (153,90 * 0,0122) = 1221,79m$$

$$m = ZA' - ZA = 1222,64 - 1219,91 = 2,73m$$

$$n = ZB - ZB' = 1217,50 - 1221,79 = 4,29m$$

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{n+m}$$

$$x = \frac{2,73 \cdot 153,90}{4,29 + 2,73} = 59,85m$$

$$XS = X + XA = 59,85 + 60,00$$

$$S \left\{ \begin{array}{l} ZS = P1 X + ZA = (0,0122 \cdot 59,85) + 1219,91 \end{array} \right.$$

$$S \left\{ \begin{array}{l} X_s = 119,85 m \\ Z_s = 1220,64 m \end{array} \right.$$

**Calcul de la tangente :**

$$T = \frac{R}{2}(P1 + P2) = \frac{1500}{2} \left( 2 + 0,0334 \right) = 34,20m$$

**a.3)- Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

$$C \left\{ \begin{array}{l} XC = XS - T = 119,85 - 34,20 = 85,65m \\ ZC = ZS - T p1 = 1220,64 - (34,20 \cdot 0,0122) = 1220,22m \end{array} \right.$$

$$D \left\{ \begin{array}{l} XD = Xs + T = 119,85 + 34,20 = 154,05m \\ ZD = Zs + T p2 = 1220,64 + (34,20 \cdot 0,0334) = 1219,50 m \end{array} \right.$$

**1. Projection horizontale de la longueur de raccordement :**

$$Lr = 2T = 2 \cdot 34,20 = 68,40 m$$

**2. Calcul de la flèche :**

$$f = \frac{T^2}{2R} = \frac{34,20^2}{2 \cdot 1500} = 0,39m$$

**3. Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T)**

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

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_j = XC + R \cdot p1 = 85,65 + (1500 \cdot 0,0122) = 103,95m \\ Z_j = ZC \pm \frac{(R \cdot P1)^2}{2R} = 1220,22 + \frac{(1500 \cdot 0,0122)^2}{2 \cdot 1500} = 1220,44 m \end{array} \right.$$

***III.9. CONCLUSION :***

Les conditions de raccordement paraboliques de profil en long sont vérifiées manuellement on se basant sur le calcul à l'aide du logiciel COVADIS.

(Les résultats de calcul profil en long sont représentés en annexe)

**IV. 1. DÉFINITION :**

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

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

**IV. 2. Différent type de profils en travers :**

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

**IV. 2.1. Profil en travers type:**

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

**IV. 2.2. Profil en travers courants:**

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

**IV.3. LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFILS EN TRAVERS:**

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

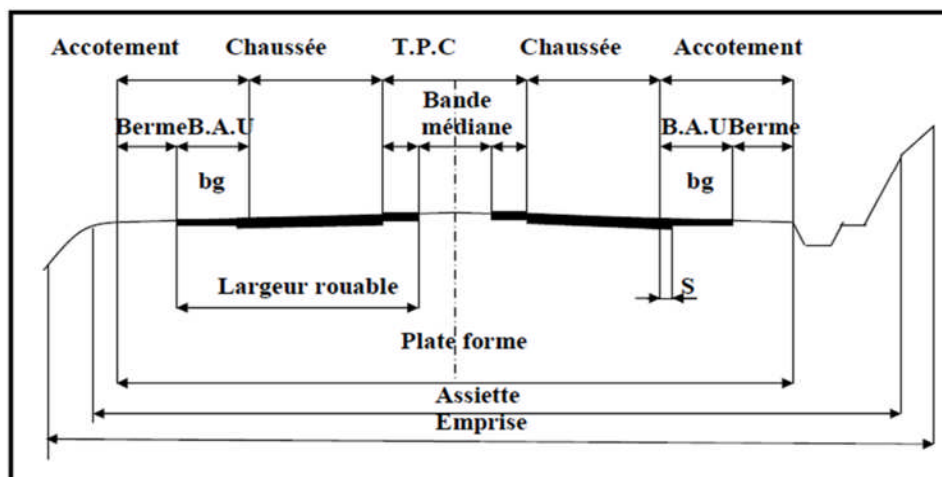


Figure VI-1 : Eléments constitutifs du profil en travers normal

**a) La chaussée:**

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

### ***b) La largeur rouable:***

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

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

### ***c) La plate-forme:***

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

### ***d) Assiette:***

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

### ***e) L'emprise:***

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....), elle coïncidant généralement avec le domaine public.

### ***f) Les accotements:***

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

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

Le T.P.C assure la séparation des deux sens de circulation, Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

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

### ***h) Le fossé:***

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

### ***i) Le talus:***

Le talus est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue. Cette inclinaison exprimé par une fraction (A/B) telle que :

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus

En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (3/2) pour les remblais et (1/1) pour les déblais.

**j) La largeur de la chaussée :**

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

La largeur de voie peut être réduite à 3m(exceptionnellement 2.50 m) sur les routes peu fréquentées

**k) Pente transversale :**

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

En courbe, la pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de  $1/R$ , cette variation de la pente transversale s'appelle : « le dévers »

Les dévers doivent rester constants tout au long de la partie circulaire des virages car  $1/R$  est constant.

**l) Point de rotation des dévers :**

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

**IV.4. Profil En Travers de la RN 47 :**

Après dédoublement la **RN47** est constituée de:

- ✓ Deux chaussées de deux voies de 8 m chacune.
- ✓ Un terre-plein central de 4 m.
- ✓ Un accotement de 2m à chaque côté droit de la chaussée.

**V.1. INTRODUCTION:**

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

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

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

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

**V.2. DEFINITION :**

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

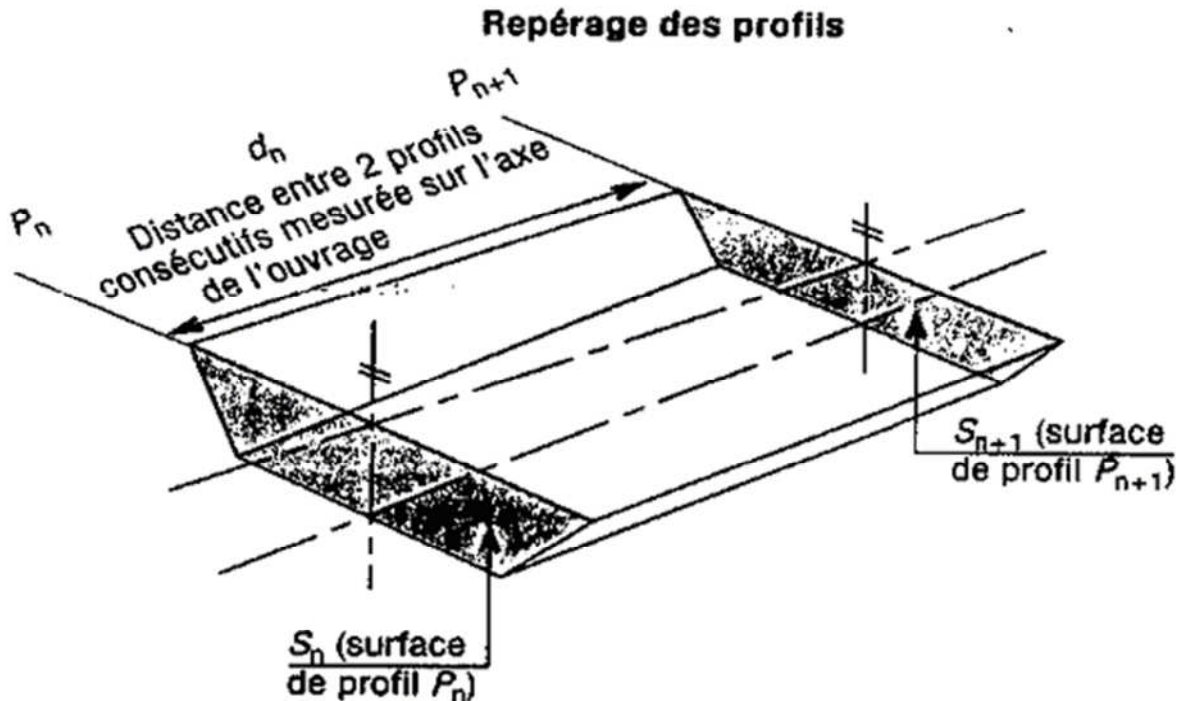
- ✓ les profils en long.
- ✓ les profils en travers.
- ✓ Les distances entre les profils.

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

**V.3. Méthode de calcul des cubatures :****a) méthodes des profils en travers :**

La figure ci-dessous définit les notations utilisées pour calculer le volume de terres situées entre deux profils en travers consécutifs, distants de **dn**.





**Figure V -1:** notations pour le calcul d'un volume de terres entre deux profils en travers consécutifs [2].

Les deux surfaces  $S_n$  et  $S_{n+1}$  sont supposées parallèles. Le volume  $V_{pn}$  est alors égal à :

$$V_{pn} = \frac{(S_n + S_{n+1})}{2} * d_n \quad (V.1)$$

Ou encore :

$$V_{pn} = S_n \frac{d_n}{2} + S_{n+1} * \frac{d_n}{2} \quad (V.2)$$

### **b) Méthodes des profils en long:**

Une route est définie par une succession de profils. Aussi, dans le cadre de calcul manuel ou non automatisé, il est souvent judicieux de présenter les calculs sous forme de tableau, ce qui permet d'obtenir rapidement les résultats.

Toutefois, dans ce cas, il est plus simple de relier les calculs de cubatures à chaque profil. Appliquons cette notion à l'exemple ci-dessous :

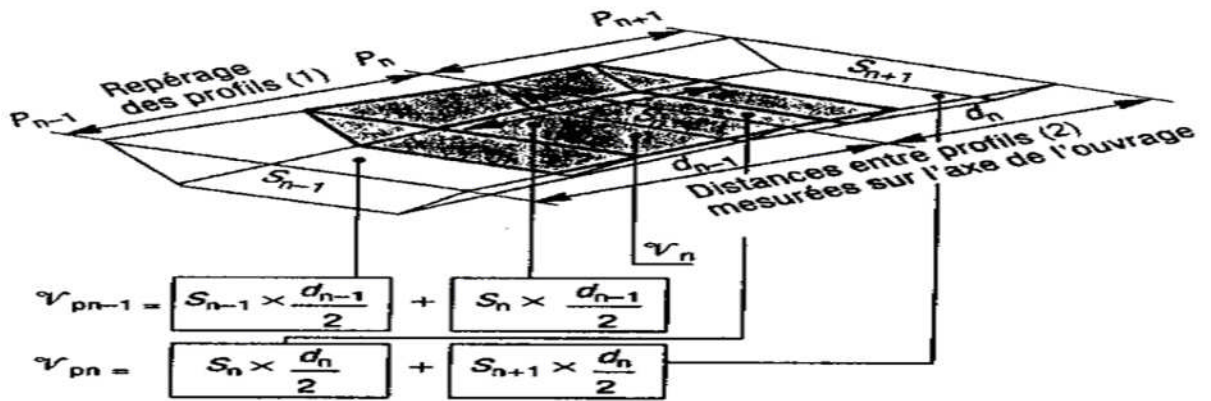


Figure V-2: Utilisation de la notion de distance d’application [2].

La distance est mesurée sur l’axe de l’ouvrage. Le volume  $V$  situé de part et d’autre du profil  $P_n$  peut s’écrire sous la forme :

$$V_n = S_n \frac{d_{n-1}}{2} + S_n \frac{d_n}{2} \tag{V.3}$$

D’où, par simplification on aura :

$$V_n = S_n \frac{(d_{n-1} + d_n)}{2} \tag{V.4}$$

$V_n$  : volume engendré par le profil.

$S_n$  : surface du profil.

$(d_{n-1} + d_n) / 2$  : Distance d’application.

**c) Méthode de la moyenne des aires :**

A l’aide du profil en long, on détermine le volume des terrassements à effectuer.

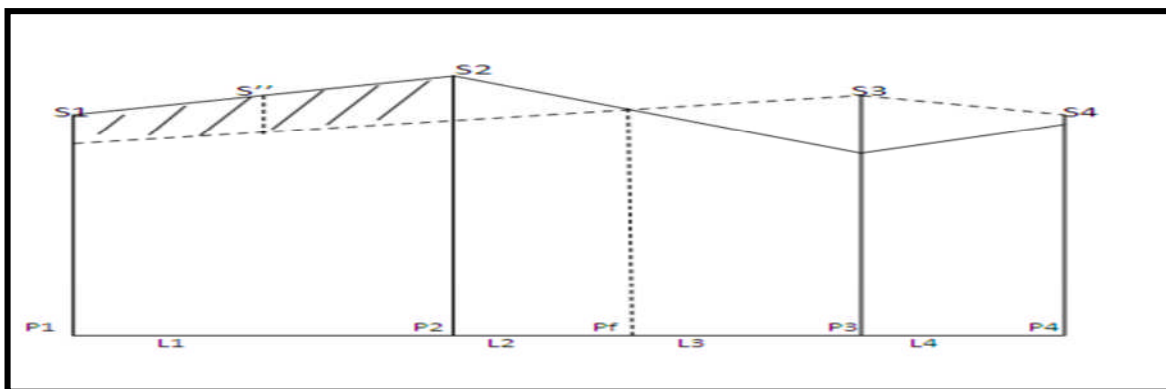


Figure V-3 : Méthode de la moyenne des aires [3].

A l'aide de la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs, on aura :

$$V1 = \frac{L1}{6}(s1 + s2 + s'') \quad (V.5)$$

Avec :

L1 : la distance comprise entre les deux profils P1 et P2

S1, S2, S'' : les surfaces en profil en travers

- S'' et (S1+S2)/2 sont très voisines, ce qui donne :

$$V1 = \frac{L1}{6} \left( s1 + s2 + 4 \frac{s1 + s2}{2} \right) = \frac{L1}{2} (s1 + s2)$$

Sur figure ci-dessus, les volumes seront :

- Entre P1 et P2 :

$$V1 = \frac{L1}{2} (s1 + s2)$$

- Entre P2 et Pf :

$$V2 = \frac{L2}{2} (s2 + 0)$$

- Entre Pf et P3 :

$$V3 = \frac{L3}{2} (0 + s3)$$

- Entre P3 et P4 :

$$V4 = \frac{L4}{2} (s3 + s4)$$

En additionnant membre à membre de ces expressions, on obtiendra le volume total des terrassements suivants :

$$V = \frac{L1}{2} s1 + \frac{L1 + L2}{2} s2 + \frac{L2 + L3}{2} 0 + \frac{L3 + L4}{2} s3 + \frac{L4}{2} s4$$

#### ***V.4. Calcul des cubatures de terrassement :***

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel ((**Piste5.05**)).

Pour le calcul automatique des cubatures par logiciel **Piste5.05**, les résultats sont en annexe.

**VI.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.

La reconnaissance géotechnique du sol support a été réalisée au moyen de puits creusés à l'aide d'une pelle mécanique. le nombre de puits ainsi réalisés est de trois (03) puits, et ça suite à la demande du bureau d'étude chargé de l'étude.

**VI.2 Caractéristiques géotechniques du sol support :**

Des essais en laboratoires ont été réalisés sur les trois échantillons prélevés des puits effectués au niveau du sol support, à raison d'un seul échantillon par puits, et cela pour une meilleure connaissance des caractéristiques intrinsèques du sol étudié.

**VI.2.1 Essais d'identification :****VI.2.1.1 Analyses granulométriques :**

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.

**▪Principe d'essai :**

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

**▪But de l'essai :**

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

**▪Domaine d'utilisation:**

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

**VI.2.1.2 Limites d'Atterberg :**

Cet essai permet de caractériser l'argilosité du sol, pour cela on utilise deux paramètres.

**➤ Limite de plasticité (Wp) :**

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

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

**➤ Limite de liquidité (WL) :**

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

$$W_L = \omega (N/25)^{0.121}$$

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

N: nombre de coups

L'indice de plasticité ( $I_p$ ),  $I_p = W_L - W_P$

➤ **Principe de l'essai :**

La détermination de  $W_L$  et  $W_P$  nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

➤ **But de l'essai :**

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

➤ **Domaine d'application:**

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

## VI.2.2 Essais mécaniques :

### VI.2.2.1 Essais Proctor:

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y a aussi l'énergie normale.

✓ **Principe de l'essai :**

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

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

✓ **But de l'essai :**

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

✓ **Domaine d'utilisation:**

Cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

**VI.2.2.2 Essai C.B.R (California Bearing Ratio):**

On s'intéresse actuellement au « CBR immédiat »,

✓ **Principe de l'essai :**

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

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

✓ **But de l'essai :**

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

✓ **Domaine d'utilisation:**

Cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau suivant, ainsi que dans les annexes :

Puit n° (pk)	Granulométrie passant à 80 $\mu$	Limites d'Atterberg		Proctor		CBR
		w <sub>l</sub> %	IP%	$\delta_d$	W <sub>opm</sub>	
01 (00+500)	22	38	14	1.83	14.10	10
02 (03+725)	21	20	3	2.03	08.60	10
03 (04+900)	31	37	12	1.87	13.30	10

**Tableau VI.1 :** Récapitulatif des résultats des différents Essais [4].

**VI.3 ETUDE DES EMPRUNTS :**

Vu le linéaire réduit du tracé et les complications dues à la présence de terrains privés aux abords de l'emprise, on s'est contenté d'une seule carrière déjà exploitée située au Pk 07+825.

Un seul échantillon a été prélevé de l'emprunt sus-cité pour vérifier les caractéristiques géotechniques du matériau. Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Carrière PK	Granulométrie passant à 80 $\mu$	Limites d'Atterberg		Proctor		CBR
		w <sub>l</sub> %	IP%	$\delta_d$	W <sub>opm</sub>	
07+825	32	30	10	2.02	10	45

**Tableau VI.2 :** Caractéristiques géotechnique du matériau [4].

#### **VI.4 Conclusion :**

Le tronçon pris en charge dans le projet se trouve dans la plaine EL.BAYADH donc la route est par conséquent construit sur un remblai dans un état solide.

## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

### **VII.1 INTRODUCTION :**

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent inexorablement, le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier .cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

### **VII.2 LACHAUSSÉE :**

#### **VII.2.1 Définition :**

##### **▪Au sens géométrique :**

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

##### **▪ Au sens structurel :**

C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges :

#### **VII.2.2 les Différentes Couches De Chaussée :**

##### **VII.2.2.1 Couche de surface :**

Cette couche en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure, elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison.

Rôle de couche de roulement :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni).

Rôle de couche de liaison.

Elle a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

##### **VII.2.2.2 Couche de base :**

C'est une couche intermédiaire, permet le passage progressif entre CR et CF, Elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.



## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

### VII.2.2.3 Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

La couche de base et couche de fondation forment le « corps de chaussée ».

### VII.2.2.4 Couche de forme :

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support:

- **Sur un sol rocheux :**

Elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

- **Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) :**

Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par

La couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

Eventuellement, une couche drainante ou anti-contaminant peut être intercalée entre

La couche de forme et la couche de fondation qui s'appelle « **sous-couche** ».Figure VII.1

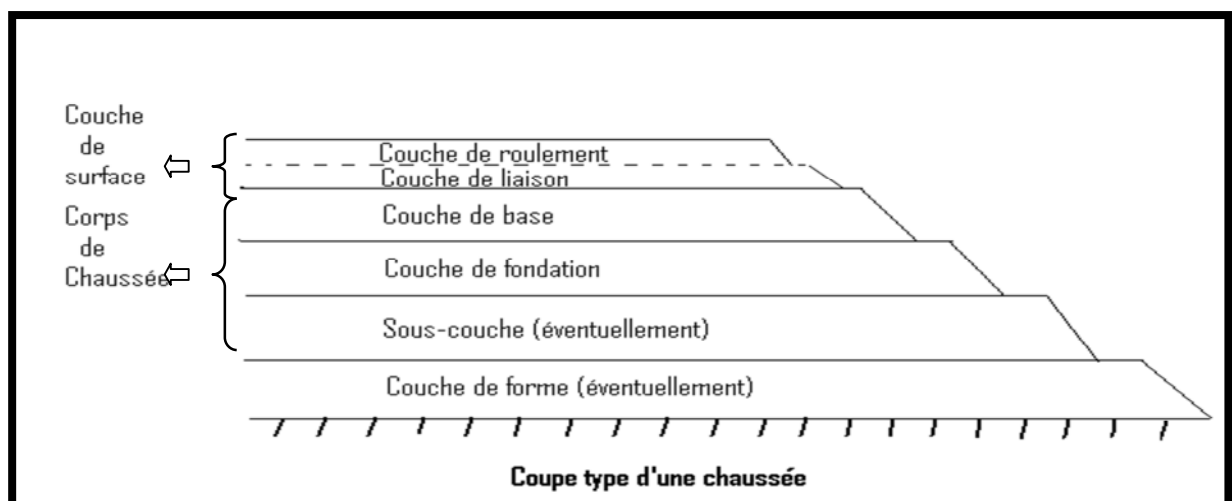


Figure VII.1 : Les différentes Couches De Chaussée [5].

### VII.2.3 Les Différents Types De Chaussée :

Il existe trois types de chaussée:

#### VII.2.3.1 Les chaussées souples :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la -traction, les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

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

**VII.2.3.2 les chaussées semi –rigides :** On distingue :

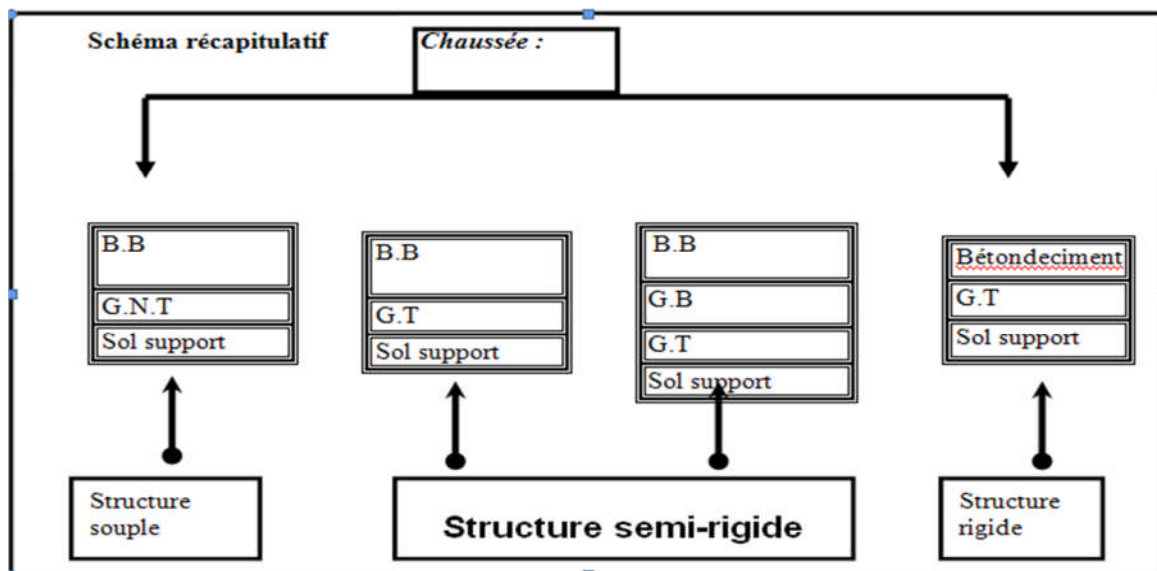
- Les chaussées comportant une couche de base (**et quelquefois une couche de fondation**) traitée au liant hydraulique (**ciment, laitier granulé...**)

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelquefois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé hydrocarboné sur la couche de base traitée dont l'épaisseur strictement minimale doit être de **15 cm**, Ce type de chaussée, actuellement n'existe pas en Algérie.

- Les chaussées comportant une couche de base et/ou une couche de fondation en sable gypseux, on les rencontre fréquemment dans les zones arides.

**VII.2.3.3 les chaussées rigides :**

Elles sont constituées d'une dalle de béton de ciment, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie(Figure VII.2).



**Figure VII.2 :** Les différents types de chaussée [6]

**BB :** béton bitumineux.

**GB :** grave bitume.

**GT :** grave traité.

**G.N.T :** grave non traité.

## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

### VII.3 LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

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

Pour cela on intéresse aux méthodes empiriques les plus utilisées.

#### VII.3.1 Les facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussées :

##### VII.3.1.1 Trafic :

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres :

- Le TJMA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

Trafic « **poids lourd** » comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes.

##### VII.3.1.2 Trafic à la mise en service :

Ce trafic compté sur la base du TJMA est estimé à partir du trafic PL par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route.

On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel de PL  $\geq 5t$ . (Tableau VII.1) :

Classe de trafic	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>1</sub>		T <sub>0</sub>		
			T <sub>3</sub> <sup>-</sup>	T <sub>3</sub> <sup>+</sup>	T <sub>2</sub> <sup>-</sup>	T <sub>2</sub> <sup>+</sup>	T <sub>1</sub> <sup>-</sup>	T <sub>1</sub> <sup>+</sup>	T <sub>0</sub> <sup>-</sup>	T <sub>0</sub> <sup>+</sup>	
MJA (PL/J)	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000

**Tableau VII.1** : Classification de trafic [6].

##### VII.3.1.3 Trafic cumulé équivalent (NE) :

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic PL cumulé sur la durée de service retenue, il est donné par la relation suivante :

$$NE = N \times CAM. \quad (VII.1)$$

## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

L'essieu de référence en vigueur en Algérie est l'essieu de 13 Tonnes.

N : est le nombre cumulé de PL pour la période de calcul de P années,

$$N = 365 \times MJA \times C.$$

C : étant le facteur de cumul sur la période de calcul, tel que

$$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau.$$

P : durée de vie.

$\tau$  : Taux de croissance de trafic.

CAM : c'est le coefficient d'agressivité moyenne de PL par rapport à l'essieu de référence (Tableau VII.2).

$$NE = 365 \times MJA \times CAM \times [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Classe de trafic	T5	T4	T3-	T3+	Au delà
CAM	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8 si $e < 20$ cm 1.0 si $e \geq 20$ cm

**Tableau VII.2:** Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd [6].

### VII.3.1.4 Le climat et l'environnement :

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

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

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

### VII.3.1.5 Le sol support :

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de l'indice CBR (Tableau VII.3).

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

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

Portance	0	1	2	3	4
CBR	<3	3 à 6	6 à 10	10 à 20	>20

**Tableau VII.3:** variation de portance avec CBR [7].

## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

### VII.3.1.6 Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL.

### VII.4 LES METHODES EMPIRIQUES:

#### VII.4.1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

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

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{p}) (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad (\text{VII.2})$$

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

N: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

$$N = T_H \cdot \%PL \quad (\text{VII.3})$$

T<sub>H</sub>: trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m \quad (\text{VII.4})$$

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

m : année de prévision

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

c<sub>1</sub> × e<sub>1</sub>: couche de roulement.

c<sub>2</sub> × e<sub>2</sub>: couche de base.

c<sub>3</sub> × e<sub>3</sub>: couche de fondation.

Où: c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub> : coefficients d'équivalence.

e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub> : épaisseurs réelles des couches.

## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

Le tableau (VII.4) ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse - <b>T.V.O</b>	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.80 à 0.9

**Tableau VII.4:**Coefficient d'équivalence [7]

### VII.4.2 Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA » :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA ».Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (**GNT, SL, GC, SB**).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de **200** à **1500Véh/J**.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la **20<sup>ème</sup>** année **Tj**.
- Les caractéristiques de sol (**Sj**).

#### VII.4.2.1 Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (**TPLi**) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant (Tableau VII.5) :

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T <sub>0</sub>	$<3.5 \cdot 10^5$
T <sub>1</sub>	$3.5 \cdot 10^5 < T < 7.3 \cdot 10^5$
T <sub>2</sub>	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T <sub>3</sub>	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T <sub>4</sub>	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T <sub>5</sub>	$T > 4 \cdot 10^7$

**Tableau VII.5 :** La classe du trafic poids lourd [8].

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_c = T_{PL} \left[ 1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365 \quad (\text{VII.5})$$

**T<sub>PL</sub>** : trafic poids lourds à l'année de mise en service

**n** : durée de vie.

### VII.4.2.2 Détermination de la classe du sol :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants (Tableau VII.6):

CLASSE	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
Indice C.B.R	>40	25-40	10-25	05-10	<05

**Tableau VII.6 :** Classe de sol en fonction CBR [7].

### VII.4.3 Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTTTP »:

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont: trafic, sol support, Environnement et zone climatique.

# Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

## VII.4.3.1 Trafic :

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

### i. Le réseau principal noté RP :

Il se compose de route reliant :

- Les chefs lieux de wilaya tes.
- Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers.
- Les principales important zone industrielles agglomérations et.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

RP1 ( $T > 1500V/J$ )  $\Rightarrow$  RN, Autoroute, CW.

RP2 ( $T < 1500V/J$ )  $\Rightarrow$  RN, CW,....

Le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de 18.400Km.

### ii. Le réseau secondaire RS :

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire total de 7.900 Km.

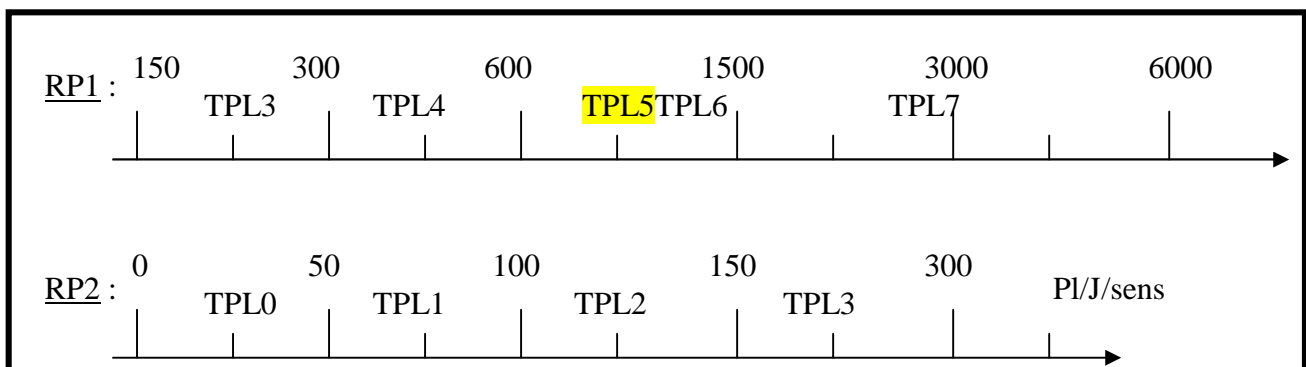
## VII.4.3.2 Répartition transversale du trafic :

On adoptera les valeurs suivantes :

- Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50 % du trafic PL.
- Chaussée bidirectionnelles à 3 voies : 50 % du trafic PL.

## VII.4.3.3 Détermination de la classe de trafic TPLi :

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL/J/sens à l'année de mise en service (Tableau VII.7).





## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

**Tableau VII.7 :** Classe de trafic [7]

### VII.4.3.4 Détermination des classes de portance de sols :

Le tableau VII.6 regroupe les classes des sols par ordre croissant de  $S_4$  à  $S_0$  :

#### a. Détermination des classes de portance de sols support :

Pour les sols sensibles à l'eau :

La portance du sol support est déterminée par :

- L'essai CBR imbibé à 4 jours pour les zones climatiques I et II.
- L'essai CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV.

Pour les sols insensibles à l'eau :

Sols grossiers contenant plus de **25 %** d'éléments >20mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions ( $W_{nat} \geq W_{opm}$ ).

L'essai de plaque  $\Rightarrow$  le module de sol  $EV_2$  la déflexion  $\Rightarrow dc$  (déformation).

$$\text{Les deux sont reliés par la relation empirique : } \underset{\substack{\downarrow \\ \text{MPA}}}{EV_2} \times \underset{\substack{\downarrow \\ \text{1/100mm}}}{dc} = 10340$$

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation:  $E \text{ (MPA)} = 5 \cdot \text{CBR}$  (Tableau VII.8).

CLASSE	$S_3$	$S_2$	$S_1$	$S_0$
E (MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

**Tableau VII.8 :** Classe portance de sol en fonction de la flexion [7].

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé ( $S_i$ ) et la classe du sol support visée ( $S_j$ ) (Tableau VII.9).

Classe portance du sol terrassé ( $S_i$ )	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée ( $S_j$ )
$<S_4$	Matériau non traité	50cm (en 2c)	$S_3$
$S_4$	Matériau non traité	35cm	$S_3$
$S_4$	Matériau non traité	60cm (en 2c)	$S_2$
$S_3$	Matériau non traité	40cm (en 2c)	$S_2$
$S_3$	Matériau non traité	70cm (en 2c)	$S_2$

**Tableau VII.9 :** Classe de sol en fonction de portance de sol [7].

## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

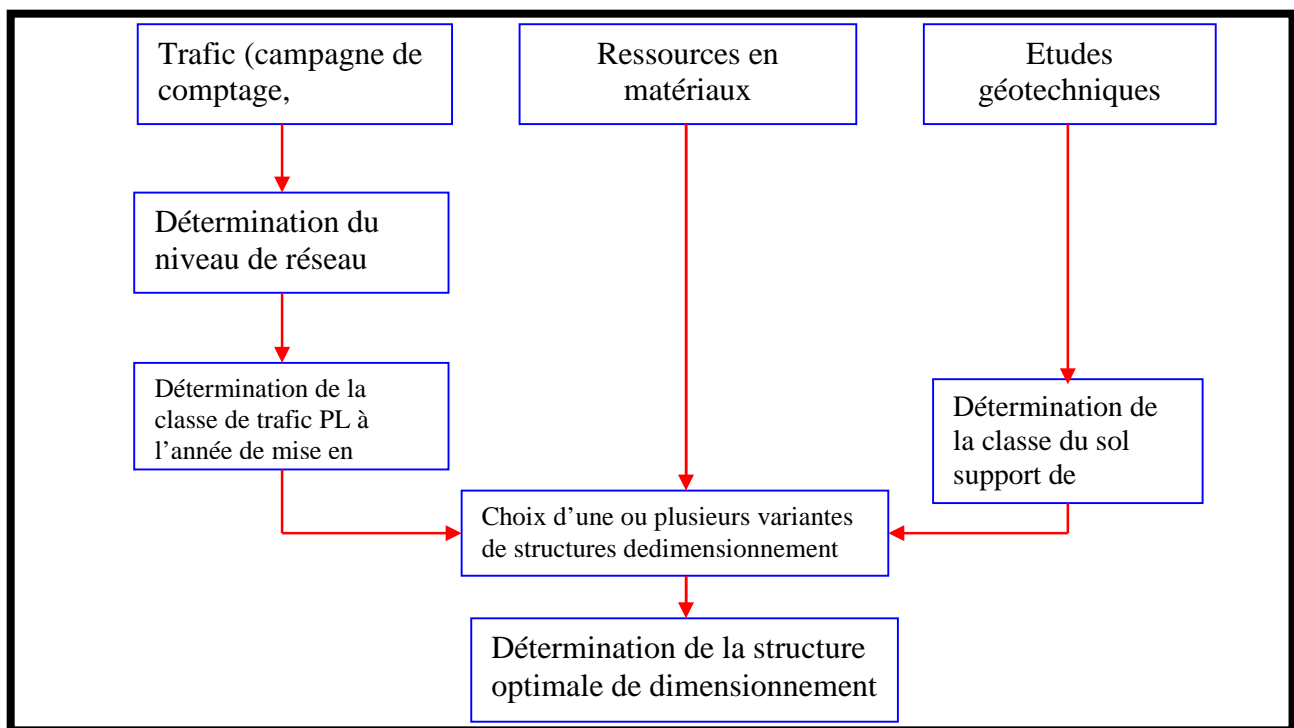
### c.4 Les zones climatiques :

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant (Tableau VII.10):

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

**Tableau VII.10** : Les zones climatiques de l'Algérie [7]

Le schéma suivant montre la démarche suivant du catalogue :



**Figure VII.3** : schéma montre la démarche du catalogue [9].

### VII.5 APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser trois méthodes qui sont: La méthode dite **CBR** et la méthode du catalogue des chaussées neuves « **CTTP** » et Méthode de catalogue des structures «**SETRA** ».

## VII.5.1 Méthode CBR :

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

TJMA<sub>2010</sub> = 7200 V/J (année de mise de service)

% PL = 28% ;      τ = 4%

I<sub>CBR</sub> = 10 (classe de sole s<sub>2</sub>).

$$N_{PL 2010} = TJMA_{2010} \times \% PL \\ = 7200 \times 0.28 = 2016$$

$$N_{PL 2030} = (2016/2) \times (1 + 0.04)^{20} = 2209 \text{ PL/J/sens}$$

$$e_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log(\frac{2209}{10}))}{10 + 5}$$

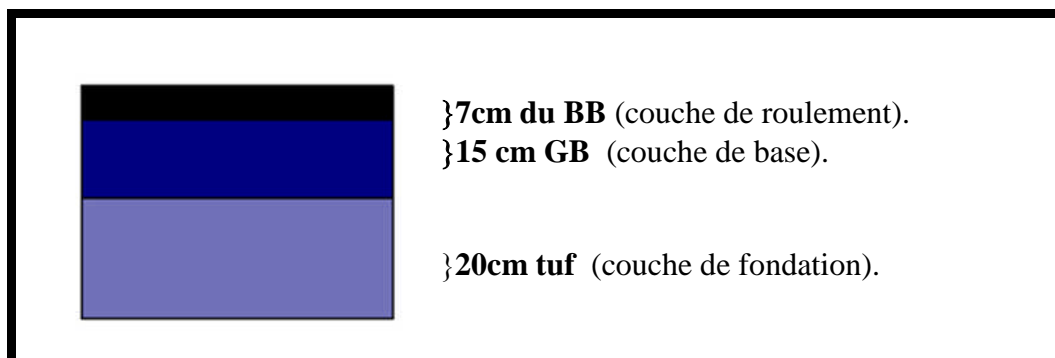
$$e_{eq} = 40 \text{ cm}$$

$$e_{eq} = e_1 a_1 + e_2 a_2 + e_3 a_3$$

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Épaisseur Equivalente (cm)
BB	07	2	14
GNT	15	1	15
tuf	20	0.6	12
TOTAL	42		41

**Tableau VII.11** : Récapitulatif des résultats

Notre structure comporte : 7cmBB + 15cmGNT + 20cmtuf.

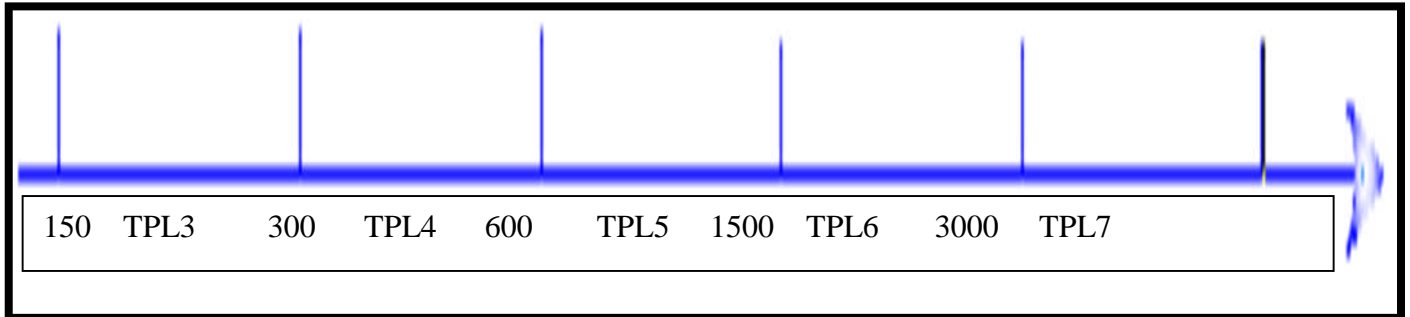


# Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

## VII. 5.2 Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTTTP »:

Détermination de la classe de trafic TPLi :

$$TJMA_{2010} = 7200 \text{ v/j.} \Rightarrow T_{PL} = \frac{7200 \times 0.28}{2} = 1008 \text{ PL/J/sens.}$$



PL/jour/sens

**Figure VII .4 :** Classe TPL<sub>i</sub> pour RP1

Pour RP1 :  $600 < 1008 < 1500 \Rightarrow \text{TPL5}$

▪ Classe de sol support :  $E = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 10 = 50 \text{ MPA}$

Selon le Fascicule 1 Tableau VII.8 notre sol est classé en S<sub>3</sub>

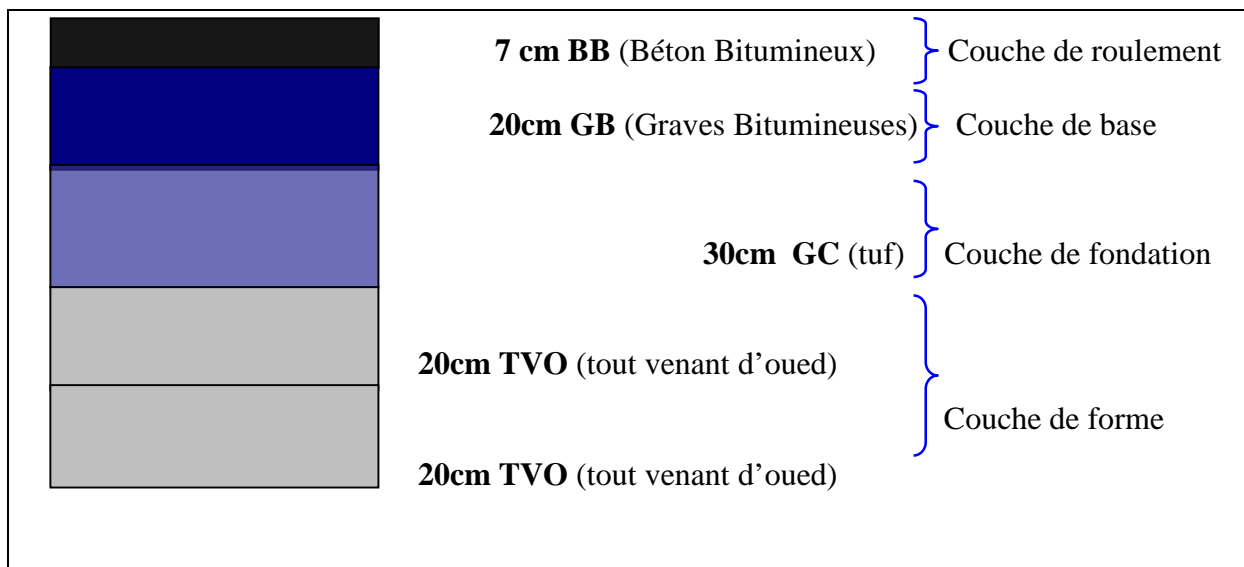
D'autre part Selon le Tableau VII.6 notre sol est classé en S<sub>2</sub>

### VII. 5.2.1 La zone climatique :

Le projet est à la wilaya d'El Bayadh (la zone climatique III)

Par conséquent d'après les fiches structures pour le RP1 on obtient la structure suivante :

Notre structure comporte : 7cm BB + 20cm GB + 30cm tuf + 40cm TVO (en deux couches).



## Chapitre VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

### VII.5.3 Méthode De Catalogue Des Structures « SETRA » :

Le calcul du trafic poids lourds à l'année de mise en service:

$$T_{JMA_{2010}} = 7200v/j \Rightarrow T_{PL_{2010}} = \frac{7200 \times 0.28}{2} = 1008 \text{ PL/J/sens.}$$

$$T_{PL_{2030}} = 1008 \times (1 + 0.04)^{20} = 2208 \text{ PL/j/sens.}$$

$$T_c = T_{PL} \left[ 1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365 \Rightarrow T_c = 2208 \left[ 1 + \frac{(1 + 0.04)^{20+1} - 1}{0.04} \right] 365$$

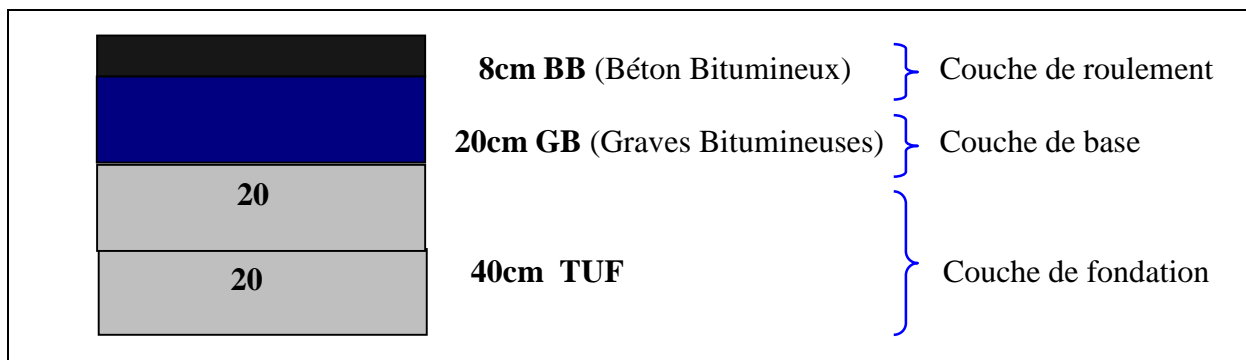
$$T_c = 2.657.10^{07} \text{ PL/J/sens.}$$

Selon les Tableau VII. 5, notre trafic est classé en T<sub>4</sub>.

Selon les Tableau VII. 6, notre sol est classé en S<sub>3</sub>

Par conséquent d'après le règlement B60-61 on obtient la structure suivante

Notre structure comporte : 8BB + 20GB + 40tuf



### VII. 6 Conclusion :

Après avoir déterminé l'épaisseur de notre chaussée, et vue les différents résultats nous constatons qu'il n'y a pas une grande différence entre les trois méthodes, nous avons opté pour les épaisseurs obtenues à travers la méthode CBR, pour des raisons économiques.

**VIII.1 INTRODUCTION:**

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines,

C'est à dire :

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

**VIII.2 Réseaux longitudinaux :****VIII.2.1 Réseaux de pied de talus de déblai :**

En ce qui concerne les eaux superficielles, ce réseau récupère les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et du talus, il est constitué d'un fossé peu profond, bétonné et aux formes de trapézoïdale pour améliorer la sécurité du talus.

Dans le cas où les eaux de ruissellement sont collectées à différents niveaux sur le talus (en crête ou sur les risbermes), le réseau comprend aussi des ouvrages de raccordement: descentes d'eau à cunette ou à collecteur.

**VIII.2.2 Réseau de crête de talus de remblai :**

Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur .le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente des talus, il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence ou de l'état de végétation.

En principe, on prévoit un tel réseau dès que la hauteur du talus dépasse 2m dans les régions ou les pluies ont une forte intensité, ou 4m dans les autre cas.

**VIII.2.3 Réseau de pied de talus de remblai :**

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes:

- Canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à exutoire lorsque les débits sont trop importants pour être évacués librement sans dommages ou préjudices pour les riverains.
- Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruissellement sur le terrain naturel vers le remblai.
-

Dans les deux cas, et pour les consécutions d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus .pour des remblais de faible hauteur, sans glissière, il est recommandé d'adoucir le profil du fossé pour améliorer le comportement d'un véhicule qui quitterait la plate-forme. Dans certain cas la pente du talus peut également être adoucie pour améliorer la sécurité.

#### **VII.2.4 Réseau de crête de talus de déblai:**

Ce réseau ne se justifie que si le terrain naturel constitue, par sa pente et son étendue, un bassin versant dont l'apport d'eau risque de provoquer l'érosion du talus. Mal réalisé ou peu entretenus, ces ouvrages peuvent en effet compromettre la stabilité des talus.

Leur réalisation doit donc rester exceptionnelle. Ce réseau doit être constitué d'un ouvrage entièrement revêtu, afin d'éviter les infiltrations dans le talus, et être implanté en léger retrait (1 à 2 m) par rapport à la crête du talus.

### ***VIII.3 DÉFINITION DES TERMES HYDRAULIQUES :***

#### **VIII.3.1 Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

#### **VIII.3.2 Collection principale:**

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

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

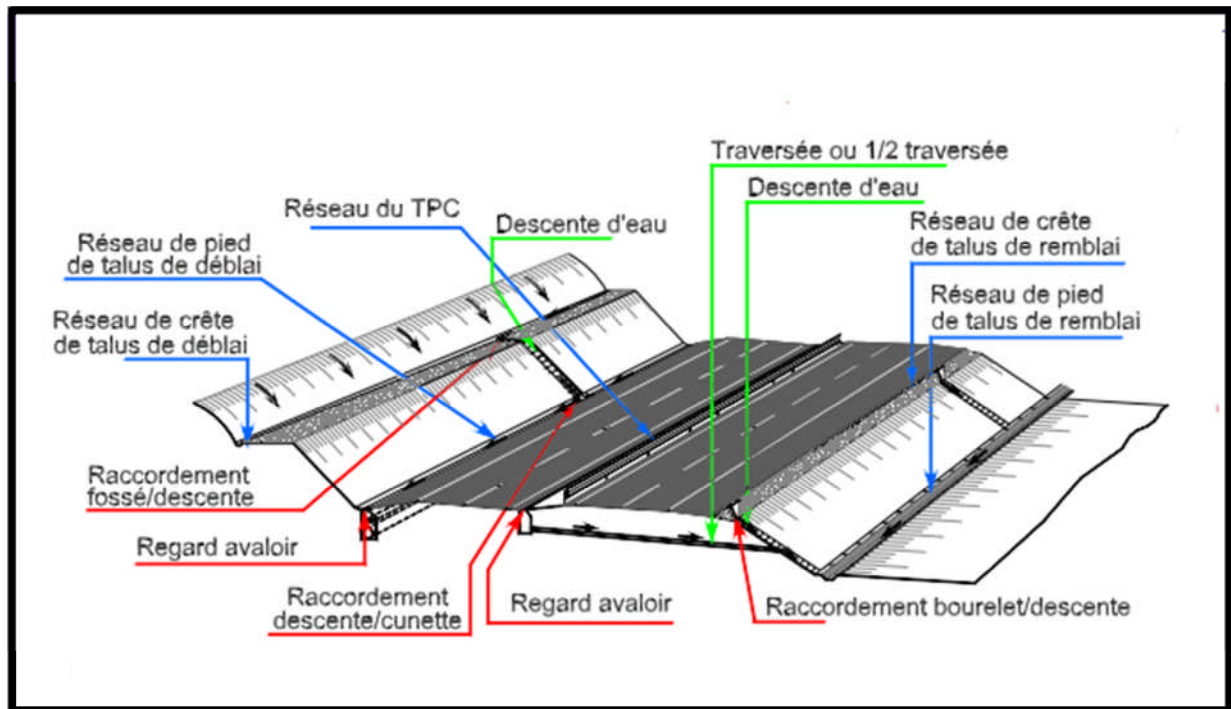
#### **VIII.3.3 Chambre de visite:**

Ouvrages placés sur les canalisations pour permettre le contrôle et le nettoyage.

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser **80 à 100m**.

Eléments constitutifs d'un réseau d'assainissement routier (Figure VIII.1).



**Figure VIII.1 :** Assainissement de la plate forme [10]

#### **VIII.4 DONNEES PLUVIOMETRIQUES:**

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

- Pluie moyenne journalière  $P_j = 40.30\text{mm}$ .
- L'exposant climatique  $b = 0.3$ .
- Le coefficient de variation climatique  $C_v = 0.40$ .

#### **VIII.5 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DU PROJET :**

##### **VIII.5.1 Calcul de débit :**

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

$$Q_a = K.C.I.A \quad (\text{VIII.1})$$

$Q_a$  : débit d'apport du bassin versant.

$C$  : coefficient de ruissellement. (Tableau VIII.1)

$I$  : intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration en mm/h.

$K$  : coefficient qui permet de convertir (les mm/h en l/s). avec  $k=2.778$

$A$  : superficie de la surface drainée (bassin versant).



**VIII.5.2 Coefficient de ruissellement C :**

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants :

La couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain (Tableau VIII.1).

Type de chaussée	C	Valeur e prise
Chaussée revêtue et enrobé	08,0 à 0,95	0,95
Accotement 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

**Tableau VIII.1:** Valeur de coefficient de ruissellement [10].

**VIII.5.3 Calcul de précipitation :**

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

$$P_j(\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times \text{Exp} \left( u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right) \quad (\text{VIII.2})$$

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, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence (Tableau VIII.2).

Fréquence	50	20	10	2	1
Période de retour	2	5	10	50	100
Variable de gausse	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

**Tableau VIII.2:** Variable de gausse [10].

**VIII.5.4 Calcul de la fréquence d'averse (l'intensité):**

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \left( \frac{T_c}{24} \right)^b \quad (\text{VIII.3})$$

Pj : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

Pt : pluie journalière maximale annuelle.

tc : Temps de concentration (heure).

**VIII.5.5 Temps de concentration:**

La durée  $t$  de l'averse qui produit le débit maximum  $Q$  étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, GIANDOTHI, comme suit :

- La formule de VENTURA :

$$\text{Lorsqu}'A < 5 \text{ Km}^2 \quad T_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

- La formule de PASSINI :

$$\text{Lorsque } 5\text{Km}^2 \leq A \leq 25\text{Km}^2 \quad T_c = 0,128 \cdot \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}}$$

- La formule de GIODOTTI :

$$\text{Lorsque } 25\text{Km}^2 \leq A \leq 200\text{Km}^2 \quad T_c = \frac{4\sqrt{A}}{0,8} + \frac{1,5L}{\sqrt{H}}$$

Avec :

$T_c$  : Temps de concentration (heure).

$A$  : Superficie du bassin versant (km).

$L$  : Longueur de bassin versant (km).

$P$  : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

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

**VIII.5.6 L'intensité de l'averse :**

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I \left(\frac{t}{24}\right)^B \quad (\text{VIII.4})$$

$$B = b - 1 = 0,32 - 1 = -0,68$$

$$I = \frac{P^j}{24}$$

**VIII.5.7 Calcul de débit de saturation ( $Q_s$ ) :**

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANNING STRICKLER.

$$Q_s = V \times S \quad (\text{VIII.5})$$

$$V = K_{st} \times \sqrt{I} \times R_h^{2/3} \quad (\text{VIII.6})$$

$K_{st}$  : coefficient de rugosité (Tableau VIII.3).

$I$  : pente longitudinale de l'ouvrage.

$R_h$  : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).

$S$  : surface mouillée (m).

Matériaux de construction des buses	Coefficient de rugosité kst
En terre	30
En métal	40
En maçonnerie	50
En béton ordinaire	70
En béton préfabriqué	80

**Tableau VIII.3:** Coefficient de rugosité [10].

### VIII.6 APPLICATION AU PROJET :

#### VIII.6.1 Calcul de précipitation :

$$P_j(\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2+1}} \times \exp\left(u\sqrt{\ln(C_v^2+1)}\right)$$

Pendant 10 ans :                      on à     $\begin{cases} u = 1,28 \\ C_v = 0,40 \\ P_j = 40,30 \end{cases} \Rightarrow P_j(10\%) = 61,26\text{mm.}$

Pendant 50 ans :                      on à     $\begin{cases} u = 2,05 \\ C_v = 0,40 \\ P_j = 40,30 \end{cases} \Rightarrow P_j(2\%) = 82,42\text{mm.}$

Pendant 100 ans :                      on à     $\begin{cases} u = 2,327 \\ C_v = 0,40 \\ P_j = 40,30 \end{cases} \Rightarrow P_j(1\%) = 91,70\text{mm.}$

#### VIII.6.2 Fréquence d'averse :

Pour une durée de ( $t=15\text{mn}=0.25\text{h}$ ), on la détermine par la formule :

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

Avec :                       $t=0,25\text{h}$     ,     $b=0,32$ .

$$P_t(10\%) = P_j(10\%) \left(\frac{t}{24}\right)^b = 61,26 \left(\frac{0,25}{24}\right)^{0,32} = 14,21\text{mm.}$$

$$P_t(2\%) = P_j(2\%) \left(\frac{t}{24}\right)^b = 82,42 \left(\frac{0,25}{24}\right)^{0,32} = 19,12\text{mm.}$$

$$P_t(1\%) = P_j(1\%) \left(\frac{t}{24}\right)^b = 91,70 \left(\frac{0,25}{24}\right)^{0,32} = 21,28\text{mm.}$$

**VIII.6.3 Calcul de l'intensité de l'averse :**

L'intensité de l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^{b-1}$$

Avec :  $I(\%) = \frac{P_j(\%)}{t}$      $t = 24h$ .

Pour  $P_j (10\%) = 61,26mm$      $\Rightarrow I = \frac{61,26}{24} = 2,55 \text{ mm/h}$ .

Pour  $P_j (2\%) = 82,42mm$      $\Rightarrow I = \frac{82,42}{24} = 3,43 \text{ mm/h}$ .

Pour  $P_j (1\%) = 91,70mm$      $\Rightarrow I = \frac{91,70}{24} = 3,82 \text{ mm/h}$ .

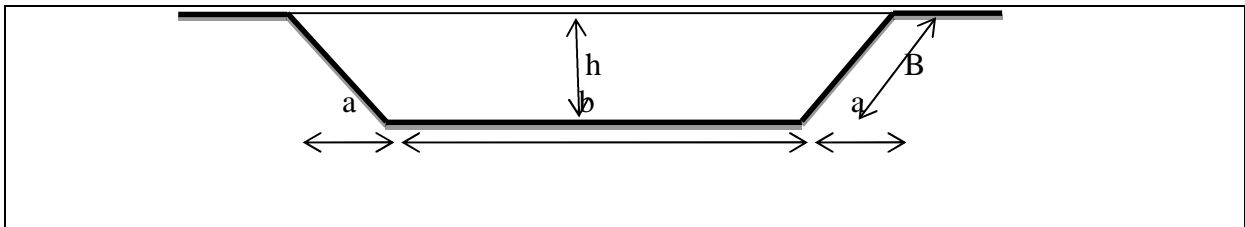
La pluie de fréquence pour le calcul du dimensionnement des ouvrages hydraulique correspond à une durée de pluie 15min = 25 heures. ( $T_c = 25h$ ).

Donc : l'intensité de l'averse est :

$$I_t = I \left(\frac{0,25}{24}\right)^{b-1} = 2,55 \times \left(\frac{0,25}{24}\right)^{0,32-1} = 56,81 \text{ mm/h}$$

**VIII.7 DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :**

Les fossés sont placés à l'extérieur de la plateforme, dans les sections déblais. Les fossés récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l'accotement, et de talus. Pour le projet on propose des fossés de forme trapézoïdale de paroi en béton (Figure VIII.2).



**Figure VIII.2:** Coupe transversal de fossé [10].

**VIII.7.1 Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = b \times h + 2 \left(\frac{1}{2} \times h \times a\right) \Rightarrow S_m = h \times (b + a) \quad (\text{VIII.7})$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{h}{a} = \frac{1}{a} = \frac{1}{1,5} \Rightarrow a = n \times h$$

$$S_m = h \times (b + (n \times h))$$

**VIII.7.2 Calcul du périmètre mouille :**

$$P_m = b + 2B \quad \text{avec} \quad B = h\sqrt{n^2 + 1} \quad \text{(VIII.8)}$$

$$\text{Donc : } P_m = b + 2h\sqrt{n^2 + 1}$$

**VIII.7.3 Calcul le rayon hydraulique R:**

$$R = \left( \frac{S_m}{P_m} \right) = \frac{h.(b+(n \times h))}{b+2h\sqrt{n^2+1}} \quad \text{(VIII.9)}$$

La base de fossé est fixée **b=50cm**, la pente du talus est aussi fixée :  $1/n=1/1,5$

$$Q_a = Q_s = K_{st}. (I^{1/2}).h. (b + n. h) \times \left[ \frac{h.(b+(n \times h))}{b+2h\sqrt{n^2+1}} \right]^{2/3} \quad \text{(VIII.10)}$$

**VIII.7.4 Application :**

Le débit rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus est pris pour un cas défavorable. On considère la présence de ces trois éléments pour une section de 100m le talus est pris pour une largeur défavorable de **10 m**.

$$Q_a = Q_s + Q_A + Q_t \quad \text{avec} \quad \begin{cases} Q_s = K. C_c. A_c. I : \text{débit apporté par la chaussée.} \\ Q_A = K. C_A. A_A. I : \text{débit apporté par l'accotement.} \\ Q_t = K. C_t. A_t. I : \text{débit apporté par le talus.} \end{cases}$$

**VIII.7.5 Calcul de surface :**

$$\text{Surface de la chaussée } A_c = 7 \times 100 \times 10^{-4} = 0,07 \text{ha}$$

$$\text{Surface de l'accotement } A_A = 2 \times 100 \times 10^{-4} = 0,02 \text{ha}$$

$$\text{Surface de talus } A_t = 10 \times 100 \times 10^{-4} = 0,1 \text{ha}$$

$$A = A_c + A_A + A_t = 0,185 \text{ha}$$

**VIII.7.6 Calcul de debit:**

Type de chaussée	Longueur (m)	Coefficient de ruissellement
Chaussée enrobé	7	0,95
Accotement	2	0,35
talus	10	0,25

**Tableau VIII.4 :** Coefficient de ruissellement [10]

$$Q_c = 2,778 \times 0,95 \times 56,81 \times 0,07 = 10,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 2,778 \times 0,35 \times 56,81 \times 0,02 = 1,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 2,778 \times 0,25 \times 56,81 \times 0,185 = 7,30 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où  $Q_A = Q_c + Q_A + Q_t = 18,9 \text{ m}^3/\text{s}$

On à:

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

Après un calcul itératif on a trouvé  $h = 0.40 \text{ m}$

La plupart des sections de route nécessitent l'implantation de fossés bétonnés de type trapézoïdale de dimensions les résultats sont joindre dans le tableau suivant :

Profondeur	0,5
Largeur	0,5
Pente de la paroi de fossé	1/1,5

**Tableau VIII.5 :** dimensionnement de fosse

**VIII.7.7 Pente de pose des ouvrages :**

Le choix de la pente de pose de l'ouvrage est conditionnée par la limitation de la vitesse de l'écoulement des eaux, la pente maximale de pose de l'ouvrage est celle qui correspond à une vitesse maximale de 4m/s selon le document SETRA(1984) et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuse et la formation de dépôts (pierres, terre,...etc) qui peuvent conduire à l'obscuration des ouvrages, et pour assurer aussi l'auto-curage.

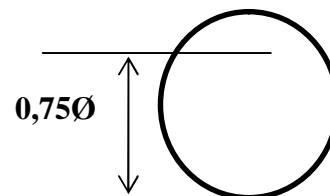
**VIII.8 DIMENSIONNEMENTS DES BUSES :**

Pour les buses la section et le périmètre mouillé sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,75 \varnothing \text{ si } \varnothing \leq 1\text{m.}$$

$$H_r = 0,80 \varnothing \text{ si } \varnothing \geq 1\text{m} .$$

Avec :  $\varnothing$  : diamètre de la buse



Le dimensionnement des buses s'effectue avec la même formule (MANNING STIRCKLER).

$$Q_s = K_{st} \times \sqrt{I} \times R_h^{2/3} \times S$$

$Q_s$ : débit de maximum ( $m^3/s$ ).

$K_{st}$ : coefficient de rugosité de canalisation.

$I$ : pente de canalisation (m/m).

$R_h$ : rayon hydraulique ( $R_h = S_m / P_m$ ).

$S_m$ : section transversale de l'écoulement.

$$S_m = S_t - (S_1 + S_2)$$

Avec:

$$S_t = \pi \cdot R^2 \text{ (section totale de buse).}$$

$$S_1 = \alpha \frac{R^2}{2} \text{ ou } \alpha = 2 \arccos \frac{R/2}{R} \Rightarrow \alpha = 2 \cdot \arccos \frac{1}{2}$$

$$\text{d'où } \alpha = \frac{2\pi}{3} \times R^2 \Rightarrow S_1 = \frac{\pi}{3} \times R^2$$

$$S_2 = \frac{\frac{R}{2} \times \sqrt{R^2 - \left(\frac{R}{2}\right)^2}}{2} \text{ (surface de triangle } = \frac{\sqrt{3}}{8} \times R^2).$$

$$\text{Donc : } S_m = \pi R^2 - \frac{\pi}{3} R^2 + \frac{\sqrt{3}}{8} \times R^2$$

$$S_m = 2,31 R^2$$

$$P_m = P_t - P_{arc}$$

$$P_m = 2\pi R - \alpha R$$

$$P_m = 2\pi R - \left(\frac{2\pi}{3}\right) R \Rightarrow P_m = \frac{4}{3} \pi R$$

$$R_H = \frac{S_m}{P_m} \Rightarrow R_H = 0,551 R \approx \frac{R}{2}$$

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

Le temps de construction pour les bassins versant inférieur à  $5 \text{ km}^2$

$$I_t = 56,81 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = K \cdot C_A \cdot I_t \cdot A_A = 0,2778 \times 0,2 \times 56,81 \times 0,185 = 0,58 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_{st} = 80, \quad I = 8\%$$

On a :  $Q_s = 80 \times (0,551R)^{2/3} (\sqrt{0,08A}) \times 2,31R^2 = 0,58 \Rightarrow R = 0,214m$ .

Le débit est assuré pour un diamètre  $\varnothing = 2R = 300mm$ .

Mais on prend un diamètre de  $\varnothing_{buse} = 800mm$  pour l'accès et les travaux de curage des buses

Résultats obtenus par le calcul des buses sont représentés au tableau (Tableau VIII.6) :

OUVRAGE N°	PK	LONGUE UR	DIAMET RE	observation
1	PK 125.00 AU PK 150.00	24.00 M	800	1 BUSE
2	PK 1775.00	30.00 M	1000	1 BUSE
3	PK 3050.00	26.80M	800	3 BUSE
4	PK 4200.00 AU PK 4225.00	26.00M	800	2 BUSE
5	PK 4775.00	26.00M	1000	2 BUSE
6	PK 4875.00	26.00M	1000	2 BUSE
7	PK 5925.00 AU PK 5950.00	24.00M	800	3 BUSE
8	PK 6750.00	24.00M	800	1 BUSE
9	PK 7200.00	24.00M	1000	1 BUSE
10	PK 8100.00	30.00M	800	1 BUSE
11	PK 8450.00 AU PK 8475.00	24.00M	800	1 BUSE
12	PK 8700.00 AU PK 8725.00	23.00M	800	1 BUSE
13	PK 8775.00 AU PK 8800.00	23.00M	800	1 BUSE
14	PK 9100.00 AU PK 9125.00	23.00M	800	1 BUSE
15	PK 9225.00 AU PK 9250.00	24.00M	800	1 BUSE
16	PK 9338.00	20	800	1BUSE

**Tableau VIII.6 :** dimensionnement des buses

### VIII.9 CONCLUSION :

Les ouvrages d'écoulement longitudinaux des eaux de ruissellement sont constitués de fossés trapézoïdaux en béton ou en terre de 0.5m de large et 0.5m de profondeur dans les zones de déblai. Dans les zones en remblai la réalisation de fossés se fera uniquement lorsque la pente du terrain naturel converge vers les pieds des talus

En plus des pentes transversales et longitudinales permettant l'évacuation des eaux, il a été prévu des ouvrages buses.



**IX. 1. INTRODUCTION**

Un carrefour est le point de rencontre de deux ou plusieurs voies. Le bon fonctionnement d'un réseau des voiries, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

On distingue plusieurs types de carrefour selon le nombre de branches :

- ✓ Les carrefours en croix.
- ✓ Les carrefours en T.
- ✓ Les carrefours en Y.
- ✓ Les carrefours en giratoire.

Dans un projet d'aménagement de carrefour, la première étape est le choix de carrefour à retenir, la deuxième étant la conception même de la géométrie du carrefour.

**IX.2.LES TYPES DE CARREFOURS :****IX.2.1. Carrefour à trois branches (en T) :**

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

**IX.2.2. Carrefour à trois branches (en Y):**

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique

(S'éloignant de la normale de plus 20°).

**IX.2 .3. Carrefour à quatre branches (en croix) :**

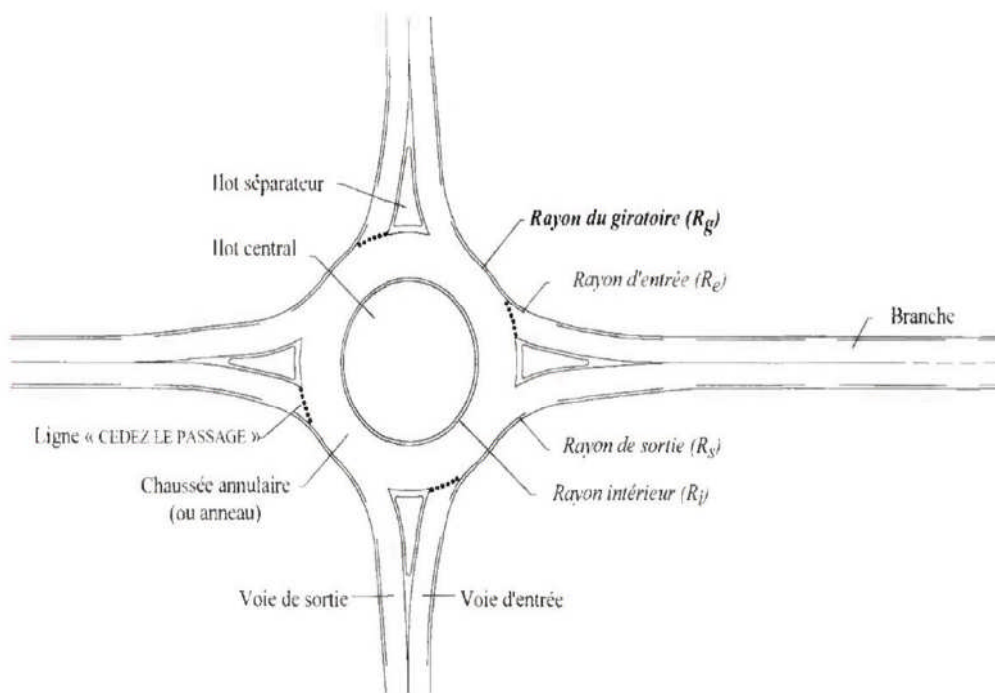
Il s'agit d'un carrefour à quatre branches dont deux branches sont à peu près dans le prolongement des deux autres branches et pour lequel l'angle de ces prolongements est de 75° ou davantage tout en restant inférieur à 105°.

**IX.2.4. Carrefour à sens giratoire:**

Dans ce présent chapitre, on va plus traiter l'aménagement et la conception géométrique des carrefours à sens giratoire, dits carrefours giratoires vu qu'on en a trois.

Le carrefour giratoire est le carrefour plan qui offre le meilleur niveau de sécurité.

Toutefois, cette performance peut être dégradée si certaines précautions ne sont pas prises tant au niveau de la conception générale : (le choix de la dimension et de la position du giratoire, le soin apporté aux conditions de perception et de visibilité, le tracé des différentes branches, le dessin des différents éléments qui constituent l'aménagement,... etc.), et la réalisation des détails (l'aménagement de l'îlot central, le choix et le positionnement de la signalisation, ...etc.).



**Figure IX.1 :** les éléments d'un carrefour à sens giratoire. [11]

**R<sub>g</sub>** : rayon du giratoire.

**R<sub>e</sub>** : rayon d'entrée.

**R<sub>s</sub>** : rayon de sortie.

**R<sub>i</sub>** : rayon intérieur.

### **IX.3. PRINCIPES D'AMENAGEMENT :**

Les phases de conception générale et de conception géométrique des carrefours giratoires doivent prendre en compte les principes fondamentaux suivants :

- ✓ le respect de la compatibilité avec le type de route, et les comportements que ce type induit
- ✓ l'intégration à la logique de l'itinéraire (homogénéité des aménagements, contribution au rythme et au sectionnement de l'axe).
- ✓ la visibilité de l'aménagement, en favorisant une reconnaissance facile, rapide et non ambiguë du fonctionnement du carrefour abordé.
- ✓ l'optimisation des conditions de sécurité pour tous les flux de trafic, y compris les courants secondaires.
- ✓ le respect d'un niveau élevé de fluidité des flux prioritaires.
- ✓ la prise en compte des usagers particuliers (piétons, cycles, transports en commun, transports exceptionnels, ...etc.).

Au-delà de ces principes applicables à tous les types de carrefours, l'aménagement d'un giratoire appelle les recommandations particulières suivantes :

- ✓ Préférer un aménagement simple, de faible étendue, de forme circulaire, sans bretelles superflues, ...
- ✓ Exclure tout obstacle agressif des trajectoires susceptibles d'être suivies par des véhicules quittant accidentellement la chaussée.
- ✓ Donner à l'usager une bonne perception d'approche du carrefour.
- ✓ Introduire une certaine contrainte de trajectoire au niveau de l'entrée et de la traversée du carrefour, de façon à éviter des vitesses trop élevées à l'entrée et dans la traversée du carrefour, incompatibles avec la sécurité et les règles de priorité.
- ✓ Vérifier que la capacité de l'aménagement est suffisante pour écouler les trafics en présence.
- ✓ Eviter de surdimensionner les composants de l'aménagement.
- ✓ Ne pas hésiter à dimensionner faiblement l'îlot central en cas de contrainte d'emprise ou de topographie : même lorsque le rayon interne de l'îlot central est réduit à quelques mètres, la sécurité n'est pas dégradée.

### ***IX.3.1. Conditions d'implantation :***

#### ***a) Perception et visibilité :***

La géométrie du giratoire doit être visible. Après avoir identifié la présence d'un giratoire, l'usager doit reconnaître rapidement les différents éléments qui le constituent : l'îlot central, l'îlot séparateur de l'entrée, les bordures extérieures, la chaussée annulaire, les autres voies d'entrée et les branches de sortie.

Certains points de la conception du giratoire, ne favorisant pas la perception ou la lisibilité, sont à éviter, ou à exclure :

#### ***A éviter :***

- ✓ Une position du carrefour en courbe ou sortie de courbe de rayon inférieur au rayon non déversé.
- ✓ Excentration des axes des branches par rapport à l'îlot central, une excentration à droite étant à exclure.
- ✓ Une position du carrefour dans une courbe convexe du profil en long de l'une des routes lorsque cette configuration ne peut être évitée une position en point haut s'avère souvent préférable, et il convient d'être particulièrement vigilant aux conditions de visibilité en approche.
- ✓ L'absence de volume de l'îlot central.
- ✓ La présence d'une voie directe de tourne à droite.

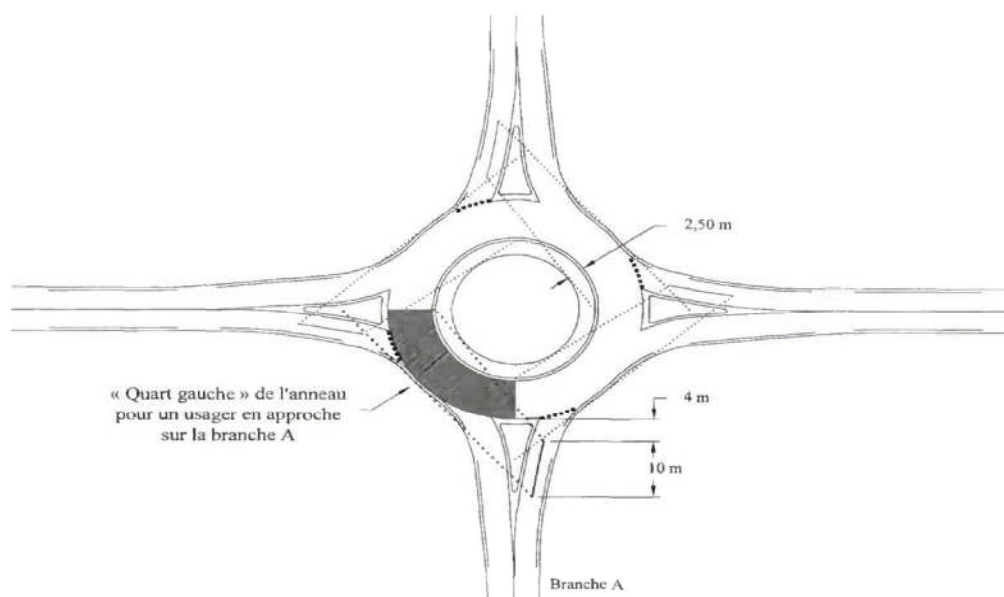
- ✓ L'absence d'éclairage du giratoire lorsque le carrefour se situe à proximité immédiate d'une zone éclairée mais il n'est généralement pas nécessaire d'éclairer les carrefours giratoires en rase campagne.
- ✓ Une configuration des approches en « courbe et contre-courbe ».
- ✓ Un alignement d'arbres sur une branche à proximité du giratoire donnant l'illusion de continuité de l'itinéraire.
- ✓ Un îlot central de forme non circulaire.
- ✓ Une largeur d'anneau irrégulière.
- ✓ Un dévers de la chaussée annulaire orienté vers l'intérieur du giratoire.

**b) VISIBILITE :**

Les conducteurs qui abordent un carrefour giratoire doivent apercevoir les véhicules prioritaires suffisamment tôt pour leur céder le passage et éventuellement s'arrêter. Un grand triangle de visibilité n'est toutefois pas nécessaire, la vision complète sur le quart gauche de l'anneau à 15 m (environ) de l'entrée, s'avère suffisante.

En outre, il est important que l'îlot central ne comporte pas d'obstacle à la vue (plantation haute).

D'une manière générale, il est souhaitable de ménager des triangles de visibilité de caractéristiques similaires sur toutes les branches d'un même giratoire (afin d'induire des comportements homogènes).



**Figure IX.2 :** les conditions géométriques d'implantation du carrefour. [11]

**IX.4. CONFIGURATION GEOMETRIQUE GENERALE :****a) Nombre de branches :**

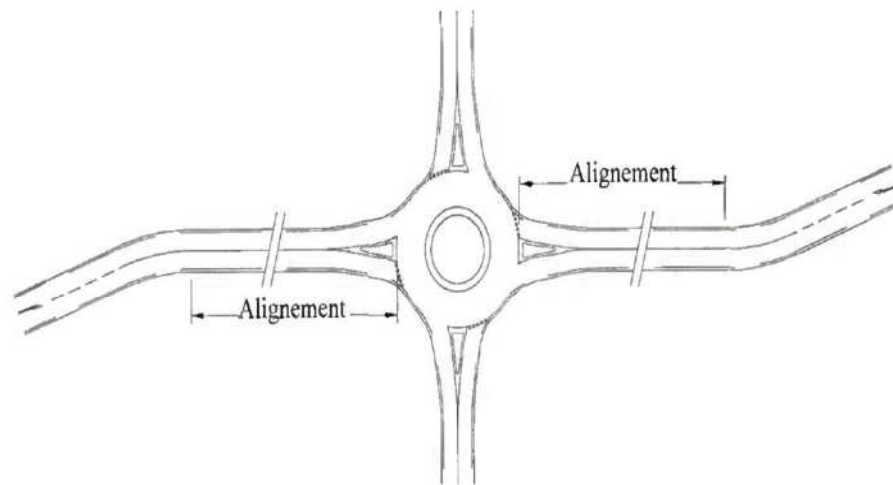
En rase campagne, un carrefour giratoire peut avoir de trois à six branches. Par ailleurs, il est toujours préférable d'ajouter une branche au giratoire plutôt que de maintenir ou de créer un carrefour secondaire à proximité.

**b) Répartition des branches :**

Une répartition régulière des branches autour de l'anneau est préférable, une bonne distribution est susceptible d'améliorer sensiblement la visibilité de l'aménagement.

**c) Disposition des branches :**

La position de l'îlot central est optimale lorsque tous les axes des branches passent par le centre du giratoire. Comme il n'est pas toujours possible d'obtenir cette configuration, on centre en priorité l'îlot sur l'axe principal, puis autant que possible sur l'axe des voies secondaires. S'il est toujours souhaitable que les axes des voies secondaires passent par le centre de l'îlot, on peut admettre une légère excentration à gauche. Mais, il faut toujours éviter que la direction de la voie secondaire induise une entrée trop tangentielle.



**Figure IX.3 :** Alignement radial des branches [11].

**IX.5. DIMENSIONS GENERALES :**

Les caractéristiques des îlots d'entrées, la largeur et le rayon des entrées et sorties doivent être en cohérence avec le rayon de l'îlot central, de façon à ne pas permettre des trajectoires d'entrée et de traversée trop directes, et à assurer les possibilités de giration des véhicules.

**a) Sur une route à une seule chaussée :**

- ✓ Un rayon extérieur d'anneau ( $R_g$ ) compris entre **15** et **25** m est généralement conseillé, un rayon ( $R_g$ ) supérieur ou égal à 15 m offre des conditions de giration suffisantes aux poids

lourds, même aux plus contraignants à cet égard (tracteur routier avec semi-remorque), à l'exception de certains transports exceptionnels.

- ✓ cependant, sur des voiries secondaires dont le trafic lourd est négligeable, un rayon (Rg) compris entre **12** et **15** m est envisageable.
- ✓ un rayon extérieur d'anneau (Rg) inférieur à **12** m est toujours déconseillé en raison des difficultés de franchissement que rencontrent alors les poids lourds.
- ✓ sur les routes d'une certaine importance lorsque les contraintes du projet le permettent, une valeur de **20** m environ est à rechercher pour le surcroît de confort qu'elle offre aux poids lourds.
- ✓ un nombre élevé de branches (> 4) peut éventuellement conduire à prévoir des rayons de **20** à **25** m, rarement plus, tout en considérant que certaines branches mineures nécessitent peu d'espace.

**b) Sur une route à deux chaussées :**

Un rayon (Rg) de 25 m (guère plus) est généralement à conseiller.

Dans tous les cas, la largeur de la chaussée annulaire ne peut être inférieure à 6m.

**IX.6. ILOT CENTRAL :**

**a) Forme :**

L'îlot central doit être circulaire ; dans le cas contraire (formes ovales ou autres formes constituées d'arcs de cercles et d'éléments de raccordement), le niveau de sécurité est souvent fortement dégradé.

**b) Dimensions :**

Il n'y a pas de valeur maximale recommandable pour le rayon de l'îlot central, mais le prévoir trop grand est inutile ; cela n'améliore pas le fonctionnement du carrefour (gain de capacité faible ou nul) et a souvent des effets négatifs (augmentation des vitesses pratiquées sur l'anneau, coûts accrus...). Au contraire, des rayons modérés sont à favoriser.

Cependant, un îlot central d'une dizaine de mètres de rayon interne est généralement souhaitable en présence d'un trafic de semi-remorques significatif (cas général sur les routes principales de rase campagne), de façon à assurer un certain confort pour les mouvements de ces véhicules.

**c) Traitement paysager :**

D'une façon générale, le traitement paysager doit mettre en évidence le giratoire par rapport au « paysage routier » et à l'environnement immédiat. L'aménagement paysager de l'îlot central peut favoriser une perception lointaine du carrefour, fermer la perspective pour l'utilisateur arrivant sur

l'anneau, éventuellement contribuer à l'agrément du paysage routier, souligner la transition en entrée d'agglomération, ... etc.

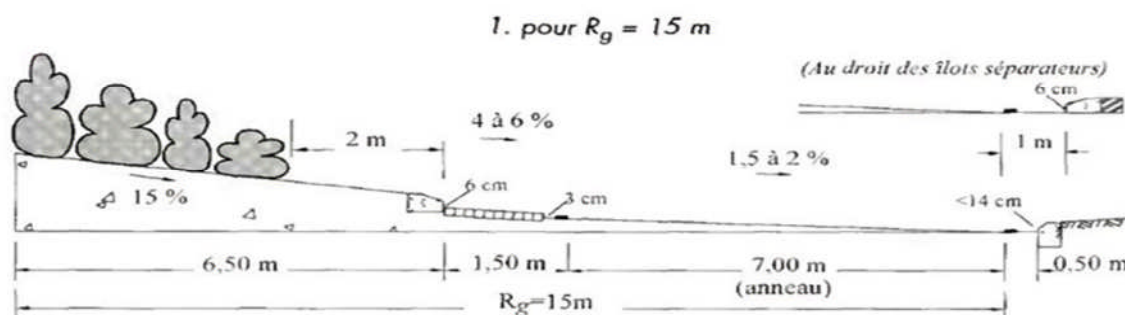


Figure IX.4 : la géométrie d'un îlot central [2].

### IX.7. CHAUSSEE ANNULAIRE :

#### a) Fonctionnement :

La chaussée annulaire ne doit pas être considérée comme une chaussée unidirectionnelle à 2 ou 3 voies séparées par un marquage qui en assurerait l'affectation, mais comme une voie unique, assez large pour permettre la giration aisée des poids lourds notamment.

#### b) Largeur de l'anneau :

La largeur de l'anneau dépend du rayon R de la largeur et du nombre des voies de l'entrée la plus large. Cette largeur doit être uniforme (aucune sur largeur de la chaussée entre 2 branches n'est acceptable). Elle est supérieure de 20% à la voie d'entrée la plus large, avec un minimum de 6m ; 7m constitue la largeur normale. Une valeur de 8m se justifie pour les giratoires les plus petits fréquentés par des véhicules de type semi-remorques. Dans le cas d'entrées à 2 voies, la largeur de l'anneau ne doit pas dépasser 9 m, même dans le cas d'entrée à deux voies, la valeur courante étant de 8,50 m.

#### c) Dévers de la chaussée :

La chaussée annulaire doit présenter un dévers uniforme de 1,5 à 2,5%. Sa pente est dirigée vers l'extérieur du carrefour pour trois raisons principales : améliorer la perception de la chaussée annulaire, éviter la rupture de pentes sur les voies d'entrée et de sortie (facteur d'inconfort, voire d'instabilité pour certains véhicules), faciliter la gestion de l'écoulement des eaux de surface.

Ces dispositions ne s'appliquent pas au cas particulier d'un giratoire implanté sur une route de forte déclivité— situation par ailleurs à éviter. Toutefois, en aucun point de l'anneau, la pente transversale ne doit excéder 3%.

**IX.8. ENTREES :**

Sur chaque branche, la voie d'entrée doit être séparée matériellement de la voie de sortie par un îlot séparateur en saillie. Un simple marquage ne suffit pas (sauf éventuellement pour délimiter les voies des branches très secondaires).

Les largeurs d'entrée ( $\ell_e$ ) (mesurées entre marquages) recommandables sont :

- a) pour les entrées à 1 voie :  $\ell_e = 4 \text{ m}$  (minimum 2,20 m pour les entrées très secondaires).
- b) pour les entrées à 2 voies :  $\ell_e = 7 \text{ m}$  (6 m si le trafic de poids lourds est très faible).

Les rayons d'entrée ( $R_e$ ) doivent toujours être inférieurs ou égaux au rayon extérieur du giratoire ( $R_g$ ). Ils sont normalement compris entre **10** et **15** m (suivant la configuration des branches autour de l'anneau).

**IX.9. SORTIES :**

Les sorties sont toujours aménagées à une seule voie, sauf dans les deux cas suivants :

- ✓ le trafic sortant ( $Q_s$ ) est supérieur à **1 200 uvp/h**.
- ✓ le trafic sortant ( $Q_s$ ) est supérieur à **900 uvp/h**, et à 3 fois le trafic tournant ( $Q_t$ ).

La largeur des sorties ( $\ell_s$ ) est de **4** m pour une voie (selon la valeur de  $R_g$ ), elle est rapidement ramenée à la largeur de la demi-chaussée en section courante, en pratique au niveau du raccordement avec l'alignement droit.

Pour les sorties à 2 voies, la largeur/j est normalement de **7** m. Lorsque la chaussée comporte en section courante une seule voie par sens de circulation, le rabattement de deux à une voie s'effectue dans l'alignement droit, suivant les modalités habituelles, avec une vitesse conventionnelle de **60 km/h**.

Le rayon de sortie ( $R_s$ ) doit être supérieur au rayon intérieur du giratoire ( $R_i$ ), avec un minimum de **15 m** et un maximum de **30 m**. Certaines dispositions particulières des branches peuvent justifier des rayons de sortie plus grands. Par ailleurs, il faut éviter de placer une contre-courbe de rayon inférieur au rayon de sortie ( $R_s$ ) juste après une sortie, pour des raisons de sécurité et de fluidité.



	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes (m)			
			$Rg = 12$	$Rg = 15$	$Rg = 20$	$Rg = 25$
Rayon du giratoire	<b><i>Rg</i></b>	$12m \leq Rg \leq 25m$	12	15	20	25
Largeur de l'anneau	<b><i>la</i></b>	$6m \leq la \leq 9m$	7	7	7	8
Sur largeur franchissable	<b><i>slf</i></b>	$1.5 \text{ si } Rg \leq 9m$	1.5	1.5	–	–
Rayon intérieur	<b><i>Ri</i></b>	$Rg - la - slf$	3.5	6.5	13	18
Rayon d'entrée	<b><i>Re</i></b>	$10m \leq Re \leq 30m > Ri$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	<b><i>le</i></b>	$le=4m$	4	4	4	4
Rayon de sortie	<b><i>Rs</i></b>	$15m \leq Rs \leq 30m > Ri$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	<b><i>ls</i></b>	$4m \leq ls \leq 5m$	4	4	4.5	5
Rayon de raccordement	<b><i>Rr</i></b>	$Rr$	48	60	80	100

**Tableau IX-1** : Paramètres techniques des entrées et des sorties [2].

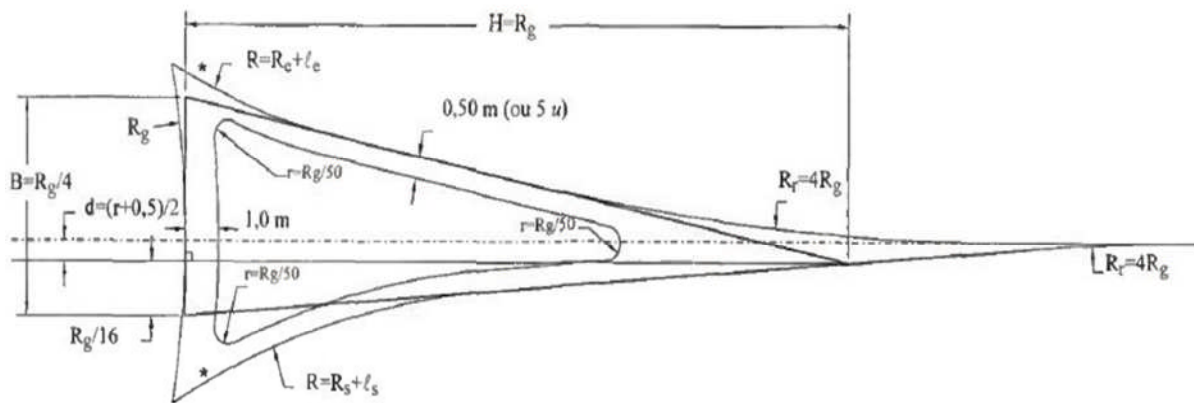
### ***IX.10. ILOTS SEPARATEURS :***

#### ***a) fonctions principales :***

Les îlots séparateurs remplissent 4 fonctions principales :

- ✓ favoriser la perception du carrefour en situation d'approche, servir de refuge aux piétons, leur permettant de traverser en deux temps.
- ✓ éviter des collisions entre les deux sens de circulation des branches (surtout lorsque les rayons de sortie sont faibles), en séparant les courants entrants et sortants.
- ✓ favoriser la capacité, en permettant aux conducteurs en attente devant la ligne d'effet du cedez le passage de discriminer plus tôt les véhicules sortants et ceux auxquels ils devront céder la priorité.
- ✓ permettre l'implantation de la signalisation de direction, limiter le risque de « prise à contresens » de l'anneau.

**b) principes généraux de construction des îlots séparateurs:**



**Figure IX.5 :** la géométrie d'un îlot séparateur [2].

L'îlot séparateur a généralement une forme triangulaire évasée à la base, son dessin est réalisé à partir d'un triangle dit de construction.

La position du triangle de construction d'un îlot type s'obtient à partir de l'axe de la branche (qui donne la direction portant la hauteur du triangle) et du bord de la chaussée annulaire (qui donne le pied de cette hauteur). Pour un rayon de giratoire ( $R_g$ ) supérieur à 15 m, le triangle de construction est légèrement décalé vers la gauche, de manière à faire passer l'axe de la chaussée par le centre du nez de l'îlot.

Lorsque cela est possible, la hauteur [ $H$ ] du triangle est supérieure à 15 m. En pratique, on peut donner au triangle de construction une hauteur égale au rayon du giratoire. Une largeur d'îlot ( $li$ ) de 4 m est suffisante pour les giratoires de petites dimensions. Le minimum admissible pour la largeur de l'îlot séparateur est de 2 m. En pratique, on peut donner au triangle de construction une base égale au quart du rayon du giratoire.

Ces recommandations ne s'appliquent pas aux branches très secondaires, pour lesquelles il est souhaitable d'adopter des dimensions beaucoup plus réduites, voire de supprimer tout îlot :

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes (m)			
			<15	=15	=20	=25
Rayon giratoire	$R_g$		<15	=15	=20	=25
Hauteur du triangle de constructio	$H$	$H = R_g$	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	$B$	$B = R_g/4$	3 à 3.75	3.75	5.00	6.25
Départ de l'îlot sur l'axe	$d$	$d = \frac{(0.5 + \frac{R_g}{50})}{2}$ ou 0	0	0.40	0.45	0.50
Rayon de raccordement des bordu	$r$	$r = R_g/50$	0.25	0.30	0.40	0.50

**Tableau IX-2 :** paramètres techniques d'îlot séparateur [2]

*IX.11. Application au projet :*

$Rg = 15m$

$Re = 15m$

$Rs = 20m$

$Ri = 6,5m$

$\ell a = 7m$

$\ell e = 4m$

$\ell s = 4m$

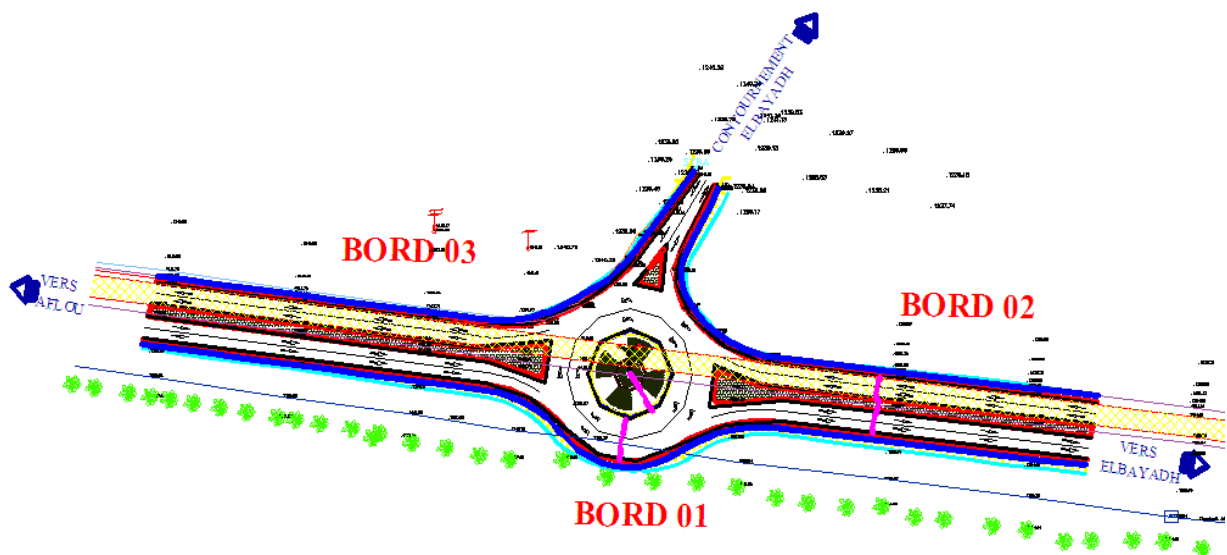
$H = 15m$

$B = 3,75m$

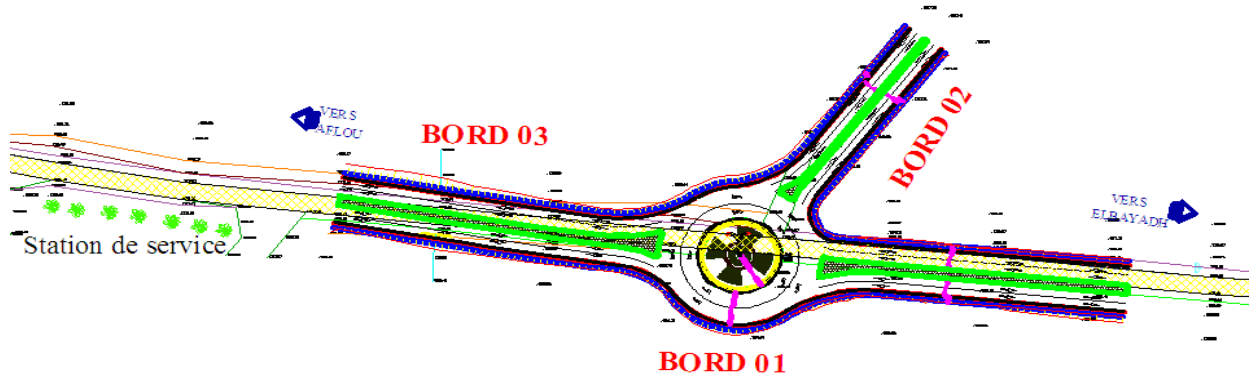
$d = 0.40m$

$r = 0.30m$

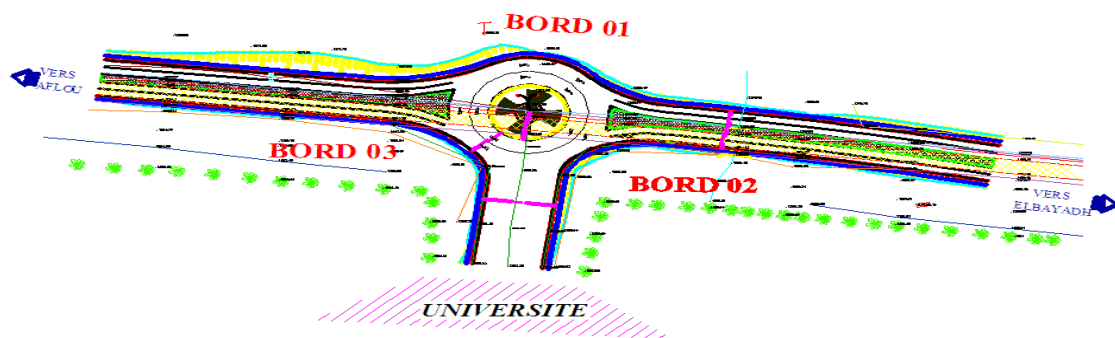
*1- Carrefour Contournement :*



## 2- Carrefour pos 22 :



## 3- Carrefour université :

**IX.11 CONCLUSION :**

L'objectif de l'aménagement du carrefour dans un projet permet de garantir la sécurité et la commodité qui spécifie l'endroit de l'intersection reliant les deux pôles la ville EL-BAYADH et centre universitaire.

D'une autre part l'aménagement a un but d'esthétique dans ce dédoublement pour obtenir une circulation uniforme.

**X.1 INTRODUCTION :**

Un ouvrage d'art permet le franchissement d'un oued ou un site très accidenté il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur autoroute pour le rétablissement des voies des communications.

Un ouvrage d'art est constitué d'un tablier reposant sur deux culées avec ou sans appuis intermédiaires (les piles).

Dans ce cas Le pont représente un élément principal de ce tronçon routier qui doit être prédimensionné de telle façon à assurer l'écoulement de la circulation dans tout les sens avec le maximum de rapidité et de sécurité.

**X.2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE :**

Cet ouvrage d'art est composé par deux tabliers en béton armé identiques.

**X.2.1 Profil en long :**

Le pont est constitué par une travée de longueur de 12.50 m chacune, ces tabliers reposent sur deux culées, avec 6 piles intermédiaires sur une longueur total de 102 m.

**X.2.2 Description de l'ouvrage :**

L'ouvrage en question est un pont à voute situé dans le tronçon routier de la route nationale RN47, il se trouve au (PK 0+250) il comporte les caractéristiques suivantes :

- Gabarit: en Algérie il est réglementé que le passage sur une autoroute doit respecter un gabarit de 5.25 m.
- Largeur rouable :  $L_r = 7\text{m}$  (pour chaque tablier).
- Nombre de voies :  $2 \times 2$  voies.
- TPC = 2 m, Trottoir = 2m.
- Longueur totale (portée) :  $L = 12.5\text{m}$  (un portée).

**X.3 CHOIX DU TYPE DE L'OUVRAGE :**

Ce but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui imposent le type d'ouvrage (béton armé, béton précontrainte, mixte).

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- La nature du sol.
- Position possible des appuis.

Afin de trouver la solution au type d'ouvrage le plus adéquat ; on procède à une comparaison entre tous les types d'ouvrage (variantes) qui peuvent être envisagés et cela en représentant toutes les caractéristiques des variantes.

Pour chaque type d'ouvrage énuméré, on portera sur le domaine d'utilisation, de l'ouverture de son tablier ainsi que son épaisseur.

Plusieurs solutions sont envisagées, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne répondent pas aux conditions imposées.

On a plusieurs propositions :

### **X.3.1 Les ponts à poutre en béton armé :**

Pour ce type, le tablier est constitué de poutres longitudinales, de longueur pouvant aller jusqu'à 20m.

### **X.3.2 Les ponts en dalles en béton armé :**

Le pont en dalle est préférable pour les portées allongées de 15 à 20m.

### **X.3.3 Les ponts à poutre en béton précontraint :**

Les ponts à poutres en béton précontraint utilisés pour le franchissement des portées intermédiaires de l'ordre de 25m.

## **X.4 PROFIL EN TRAVERS SOUS L'OUVRAGE D'ART :**

La route qui passe sous l'ouvrage d'art a des bandes d'arrêts en section Courante, elles sont en générale maintenues sous l'ouvrage sans réduction de Largeur.

Pour l'ouvrage d'art, il est conseillé de prévoir une sur largeur des deux cotés de la Route, cette sur largeur est donnée par le tableau ci-dessous en fonction de la Vitesse de référence sur l'itinéraire considéré (Tableau VIII.1).

<b>Vr. (km/h)</b>	120	100	80	60	40
<b>Sur largeur (m)</b>	0.75	0.75	0.5	0.5	0.5

**Tableau X.1 :** Sur largeur en fonction de la vitesse [2].

## **X.5 CONCLUSION :**

Après avoir examiné le type d'ouvrages possibles, nous avons choisis de prendre la variante qui est pont en dalle en béton armé, pour tous les avantages économique et la facilité de constructions et d'entretiens.

**SIGNALISATION****XI.1.1. INTRODUCTION :**

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

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale

**XI.1.2. L'OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE :**

La signalisation routière a pour objet :

- ✓ De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.
- ✓ De rappeler certaine prescription du code de la route.
- ✓ De donner des informations relatives à l'usage de la route.

**XI.1.3 - CATÉGORIES DE SIGNALISATION :**

On distingue :

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

**XI.1.4. RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :**

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

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière.
- ✓ Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

**XI.1.5. TYPES DE SIGNALISATION :****XI.1.5. 1. Signalisation Verticale :**

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

- ✓ Signalisation avancée
- ✓ Signalisation de position.
- ✓ Signalisation de direction.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

**a)- Signaux de danger :**

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

**b)- Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

**c)- Signaux à simple indication :**

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

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

**d)- Signaux de position des dangers :**

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



**XI.1.5.2. Signalisation Horizontale:**

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

**a)- Marquage longitudinal :**

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

**Lignes discontinue :** les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- ✓ lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- ✓ lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ✓ ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

**Modulation des lignes discontinues :** elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

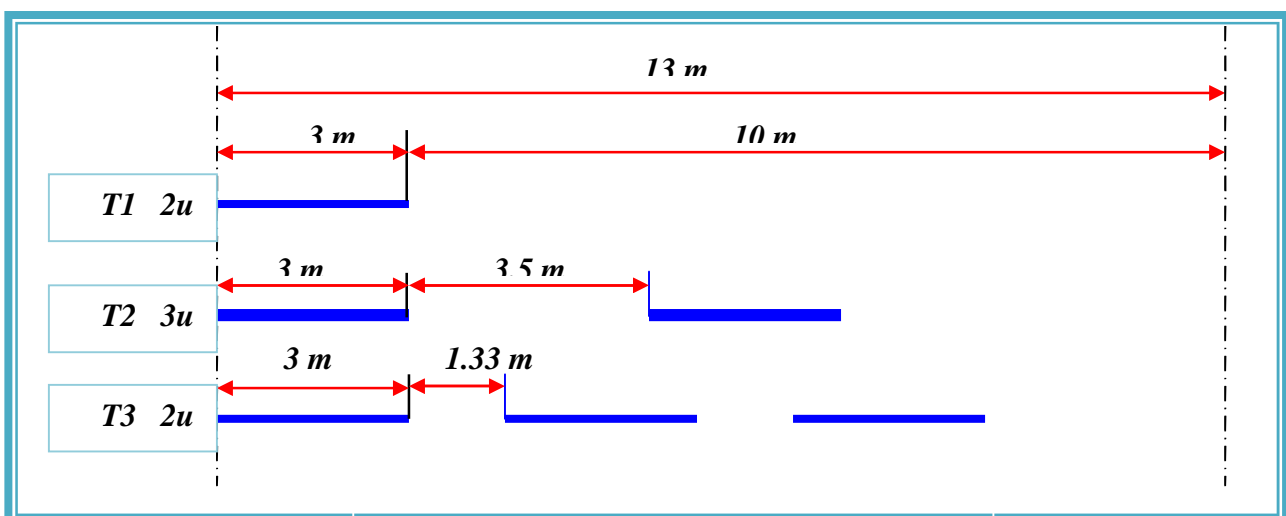


Figure XI.1 - Types de modulation [12]

<i>Rapport Plein/Vide</i>	<i>Intervalle entre deux traits successifs (m)</i>	<i>Longueur du trait (m)</i>	<i>Type de modulation</i>
$\approx 1/3$	<b>10</b>	<b>3</b>	<b><math>T_1</math></b>
	<b>5</b>	<b>1.5</b>	<b><math>T'_1</math></b>
$\approx 1$	<b>3.5</b>	<b>6</b>	<b><math>T_2</math></b>
	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b><math>T'_2</math></b>
$\approx 3$	<b>1.33</b>	<b>3</b>	<b><math>T_3</math></b>
	<b>6</b>	<b>20</b>	<b><math>T'_3</math></b>

Tableau XI.1 - Caractéristiques des lignes discontinues

**b)- Marquage transversal :**

**Lignes transversales continues :** éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient marquer un temps d'arrêt.

**Lignes transversales discontinues :** éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

**c)-Autre marquage :**

**Flèche de rabattement :** une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

**Flèches de sélection :** flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

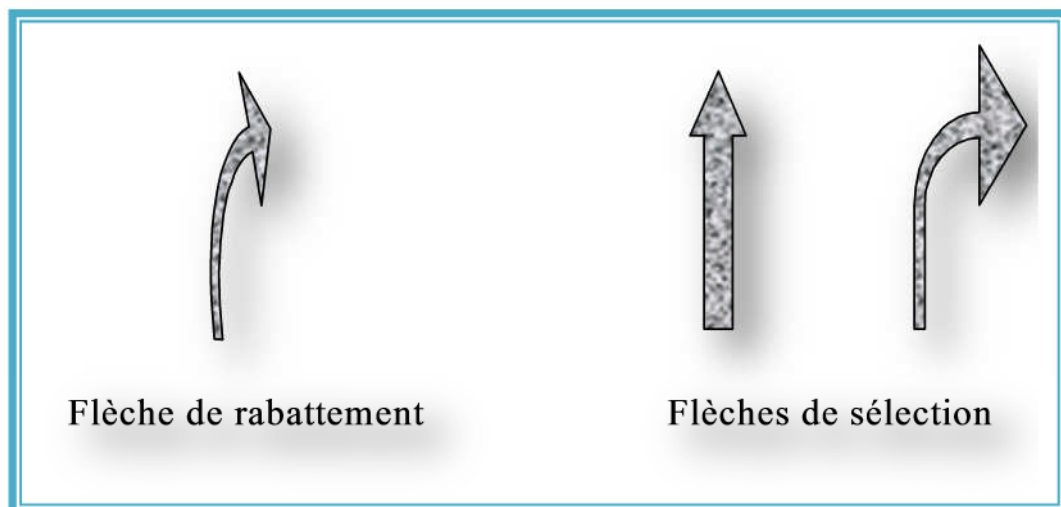


Figure XI .2- Flèche de signalisation [12]

***XI.1.6. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MARQUAGES :***

- ✓ Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- ✓ La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
  - ➔ U = 7.5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
  - ➔ U = 6cm sur les routes et voies urbaines.
  - ➔ U = 5cm pour les autres routes.

***XI.1.7. APPLICATION AU PROJET :***

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

- ✓ Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- ✓ Panneaux de signalisation d'interdiction et de priorité (type AB).
- ✓ Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- ✓ Panneaux de direction (type D).
- ✓ Panneaux de pré signalisation (type G1).
- ✓ Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- ✓ Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).



A1a



A1b



A3b



AB 3a



AB6



AB25



D 5



E52 a

**ECLAIRAGE****XI.2.1. INTRODUCTION :**

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est -à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir, les carrefours.....etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir, des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

- ✓ **Classe A** : éclairage général d'une route ou autoroute.
- ✓ **Classe B** : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- ✓ **Classe C** : éclairage des voies dessertes.
- ✓ **Classe D** : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

**XI.2.2. ÉCLAIRAGE D'UN POINT SINGULIER :**

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

- ✓ A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- ✓ A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- ✓ A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- ✓ A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

**XI.2.3. PARAMÈTRE DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :**

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

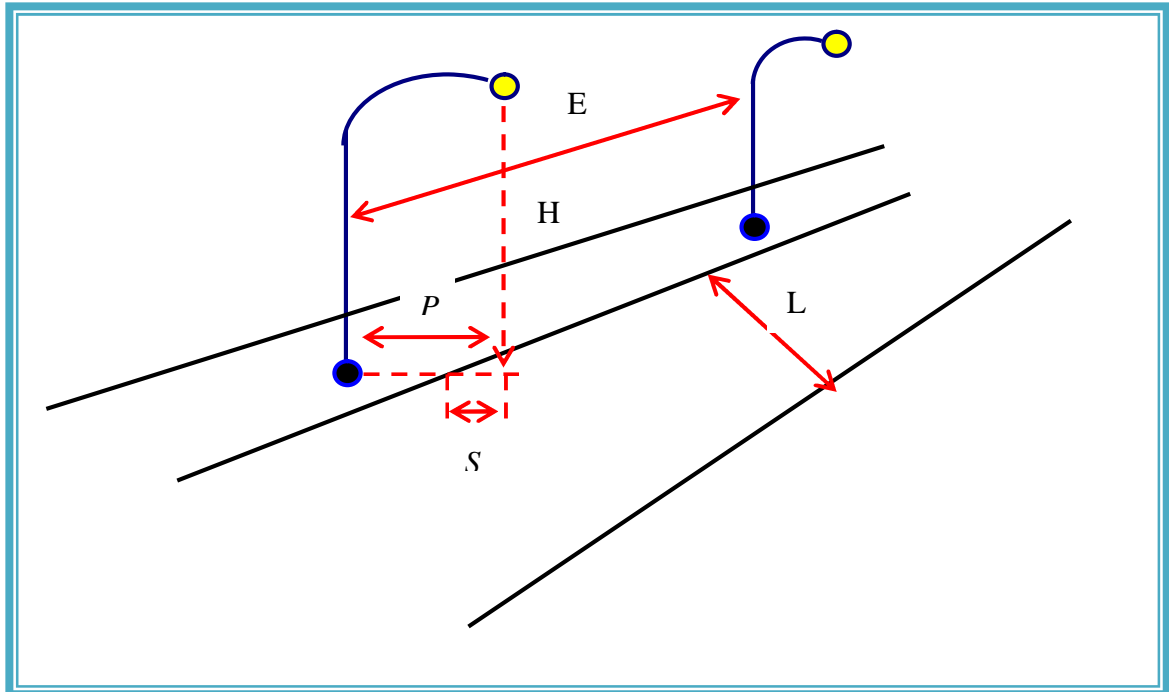


Figure XI.3- Paramètres de l'implantation des luminaires [12]

**XI.2.4. ECLAIRAGE DE LA VOIE (LE LONG DE LA ROUTE) :**

Pour l'éclairage de la voie (le long de la route) des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie espacés de 20 m l'un par rapport à l'autre.

**XI.2.5 ECLAIRAGE DES CARREFOURS GIRATOIRE :**

- Puisque l'îlot central est important pour le giratoire en place :
- 3 luminaires (A), installés sur des mats droits d'une hauteur de 12 m.
- 3 luminaires (B), installés sur des mats droits d'une hauteur de 10 m.

Ensemble de 3 appareils d'éclairage (C), installés sur des mats droits d'une hauteur de 15 m.

**XI.2.6 ECLAIRAGE DE PASSAGE SOUTERRAIN :**

- Pour notre cas, passage souterrain moyen :
- Un circuit unique d'éclairage.
- De jour comme de nuit, éclairage par tubes fluorescents sur toute la longueur du souterrain.

***XI.3 CONCLUSION :***

La signalisation routière acquiert une grande importance dans un notre projet suivant tous le long de l'itinéraire qui rend la circulation plus faciles sûre aux usagers.

L'éclairage serve a garantir aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible car la situation de projet.

## ***CONCLUSION GÉNÉRALE***

### ***CONCLUSION GÉNÉRALE***

Dans un étude j'ai essayé de respecter toute les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement, et nous avons suivi le tracé de la route existante avec modification des points noir.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de formation afin de pouvoir diminuer la congestion que subit la RN47.

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

Il était pour nous une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de PISTE (version 5.05) l'AUTOCAD et COVADIS.



## **BIBLIOGRAPHIE :**

[2]. B40. Normes techniques d'aménagement des routes en Algérie : ministre des travaux publics, 1977.

[5]. SETRA. Guide technique, Conception et dimensionnement des structures de chaussées, Paris : Bagnaux, 1977.

[9]. SETRA. Manuel de conception de chaussées neuves à faible trafic, Paris : Bagnaux, 1981.

[8]. Dimensionnement des chaussées G Joeffory, R, Sautery, édition 1991.

[7]. SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme, guide technique Fascicule 1et2, édition 1994.

[6]. CTT. Catalogue des structures types de chaussées neuves Paris : ministres de L'équipement Des transports et du logement édition 1998.

[10]. SETRA. Guide technique assainissement routier, distribution et collecte des eaux : François, Brière, 2<sup>ème</sup> édition 2000.

[3]. SETRA. les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison, Paris : Bagnaux, 2000.

[11]. SETRA. Guide technique signalisation temporaire Paris : ministres de L'équipement Des transports et du logement édition 2000.

[4]. Laboratoire des travaux publics du ouest(LTPO) Antenne El-B AYADH 2009.

[12]. Dessin AutoCAD.

- Aide Mémoire
- Les cours de route et pont de 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> année.
- Source internet :

[1] [http: www .Google earth .com](http://www.Google.earth.com).

# ANNEXES

## VOLUMES CHAUSSEE

N° P	appli	BB			GB			GNT		
		Surface	Volume	V.cumul	Surface	Volume	V.cumul	Surface	Volume	V.cumul
1	2.439	0.64	1.56096	1.56096	0.8	1.9512	1.9512	1.36	3.31704	3.31704
2	11.031	0.64	7.05984	8.6208	0.8	8.8248	10.776	1.36	15.00216	18.3192
3	29.331	0.64	18.77184	27.39264	0.8	23.4648	34.2408	1.36	39.89016	58.20936
4	8.27	0.64	5.2928	32.68544	0.8	6.616	40.8568	1.36	11.2472	69.45656
5	31.689	0.64	20.28096	52.9664	0.8	25.3512	66.208	1.36	43.09704	112.5536
6	39.642	0.64	25.37088	78.33728	0.8	31.7136	97.9216	1.36	53.91312	166.46672
7	17.827	0.64	11.40928	89.74656	0.8	14.2616	112.1832	1.36	24.24472	190.71144
8	22.458	0.64	14.37312	104.11968	0.8	17.9664	130.1496	1.36	30.54288	221.25432
9	40.055	0.64	25.6352	129.75488	0.8	32.044	162.1936	1.36	54.4748	275.72912
10	26.524	0.64	16.97536	146.73024	0.8	21.2192	183.4128	1.36	36.07264	311.80176
11	13.194	0.64	8.44416	155.1744	0.8	10.5552	193.968	1.36	17.94384	329.7456
12	39.823	0.64	25.48672	180.66112	0.8	31.8584	225.8264	1.36	54.15928	383.90488
13	39.46	0.64	25.2544	205.91552	0.8	31.568	257.3944	1.36	53.6656	437.57048
14	38.499	0.64	24.63936	230.55488	0.8	30.7992	288.1936	1.36	52.35864	489.92912
15	38.331	0.64	24.53184	255.08672	0.8	30.6648	318.8584	1.36	52.13016	542.05928
16	36.604	0.64	23.42656	278.51328	0.8	29.2832	348.1416	1.36	49.78144	591.84072
17	36.629	0.64	23.44256	301.95584	0.8	29.3032	377.4448	1.36	49.81544	641.65616
18	36.956	0.64	23.65184	325.60768	0.8	29.5648	407.0096	1.36	50.26016	691.91632
19	37.503	0.64	24.00192	349.6096	0.8	30.0024	437.012	1.36	51.00408	742.9204
20	37.769	0.64	24.17216	373.78176	0.8	30.2152	467.2272	1.36	51.36584	794.28624
21	32.829	0.64	21.01056	394.79232	0.8	26.2632	493.4904	1.36	44.64744	838.93368
22	45.46	0.64	29.0944	423.88672	0.8	36.368	529.8584	1.36	61.8256	900.75928
23	38.116	0.64	24.39424	448.28096	0.8	30.4928	560.3512	1.36	51.83776	952.59704
24	37.933	0.64	24.27712	472.55808	0.8	30.3464	590.6976	1.36	51.58888	1004.18592
25	1.992	0.64	1.27488	473.83296	0.8	1.5936	592.2912	1.36	2.70912	1006.89504
26	18.502	0.64	11.84128	485.67424	0.8	14.8016	607.0928	1.36	25.16272	1032.05776
27	21.427	0.64	13.71328	499.38752	0.8	17.1416	624.2344	1.36	29.14072	1061.19848
28	11.398	0.64	7.29472	506.68224	0.8	9.1184	633.3528	1.36	15.50128	1076.69976
29	25.838	0.64	16.53632	523.21856	0.8	20.6704	654.0232	1.36	35.13968	1111.83944
30	40.367	0.64	25.83488	549.05344	0.8	32.2936	686.3168	1.36	54.89912	1166.73856
31	52.248	0.64	33.43872	582.49216	0.8	41.7984	728.1152	1.36	71.05728	1237.79584
32	32.93	0.64	21.0752	603.56736	0.8	26.344	754.4592	1.36	44.7848	1282.58064
33	43.135	0.64	27.6064	631.17376	0.8	34.508	788.9672	1.36	58.6636	1341.24424
34	0.653	0.64	0.41792	631.59168	0.8	0.5224	789.4896	1.36	0.88808	1342.13232
35	40.346	0.64	25.82144	657.41312	0.8	32.2768	821.7664	1.36	54.87056	1397.00288
36	42.291	0.64	27.06624	684.47936	0.8	33.8328	855.5992	1.36	57.51576	1454.51864
37	42.348	0.64	27.10272	711.58208	0.8	33.8784	889.4776	1.36	57.59328	1512.11192
38	39.136	0.64	25.04704	736.62912	0.8	31.3088	920.7864	1.36	53.22496	1565.33688

# ANNEXES

39	31.731	0.64	20.30784	756.93696	0.8	25.3848	946.1712	1.36	43.15416	1608.49104
40	7.118	0.64	4.55552	761.49248	0.8	5.6944	951.8656	1.36	9.68048	1618.17152
41	44.455	0.64	28.4512	789.94368	0.8	35.564	987.4296	1.36	60.4588	1678.63032
42	44.248	0.64	28.31872	818.2624	0.8	35.3984	1022.828	1.36	60.17728	1738.8076
43	29.16	0.64	18.6624	836.9248	0.8	23.328	1046.156	1.36	39.6576	1778.4652
44	11.614	0.64	7.43296	844.35776	0.8	9.2912	1055.4472	1.36	15.79504	1794.26024
45	38.313	0.64	24.52032	868.87808	0.8	30.6504	1086.0976	1.36	52.10568	1846.36592
46	1.417	0.64	0.90688	869.78496	0.8	1.1336	1087.2312	1.36	1.92712	1848.29304
47	35.243	0.64	22.55552	892.34048	0.8	28.1944	1115.4256	1.36	47.93048	1896.22352
48	1.457	0.64	0.93248	893.27296	0.8	1.1656	1116.5912	1.36	1.98152	1898.20504
49	21.104	0.64	13.50656	906.77952	0.8	16.8832	1133.4744	1.36	28.70144	1926.90648
50	49.247	0.64	31.51808	938.2976	0.8	39.3976	1172.872	1.36	66.97592	1993.8824
51	34.224	0.64	21.90336	960.20096	0.8	27.3792	1200.2512	1.36	46.54464	2040.42704
52	15.577	0.64	9.96928	970.17024	0.8	12.4616	1212.7128	1.36	21.18472	2061.61176
53	30.311	0.64	19.39904	989.56928	0.8	24.2488	1236.9616	1.36	41.22296	2102.83472
54	40.791	0.64	26.10624	1015.67552	0.8	32.6328	1269.5944	1.36	55.47576	2158.31048
55	46.158	0.64	29.54112	1045.21664	0.8	36.9264	1306.5208	1.36	62.77488	2221.08536
56	37.192	0.64	23.80288	1069.01952	0.8	29.7536	1336.2744	1.36	50.58112	2271.66648
57	43.362	0.64	27.75168	1096.7712	0.8	34.6896	1370.964	1.36	58.97232	2330.6388
58	13.116	0.64	8.39424	1105.16544	0.8	10.4928	1381.4568	1.36	17.83776	2348.47656
59	43.705	0.64	27.9712	1133.13664	0.8	34.964	1416.4208	1.36	59.4388	2407.91536
60	59.188	0.64	37.88032	1171.01696	0.8	47.3504	1463.7712	1.36	80.49568	2488.41104
61	47.015	0.64	30.0896	1201.10656	0.8	37.612	1501.3832	1.36	63.9404	2552.35144
62	47.698	0.64	30.52672	1231.63328	0.8	38.1584	1539.5416	1.36	64.86928	2617.22072
63	49.363	0.64	31.59232	1263.2256	0.8	39.4904	1579.032	1.36	67.13368	2684.3544
64	47.625	0.64	30.48	1293.7056	0.8	38.1	1617.132	1.36	64.77	2749.1244
65	48.552	0.64	31.07328	1324.77888	0.8	38.8416	1655.9736	1.36	66.03072	2815.15512
66	35.587	0.64	22.77568	1347.55456	0.8	28.4696	1684.4432	1.36	48.39832	2863.55344
67	1.207	0.64	0.77248	1348.32704	0.8	0.9656	1685.4088	1.36	1.64152	2865.19496
68	50.275	0.64	32.176	1380.50304	0.8	40.22	1725.6288	1.36	68.374	2933.56896
69	57.741	0.64	36.95424	1417.45728	0.8	46.1928	1771.8216	1.36	78.52776	3012.09672
70	64.478	0.64	41.26592	1458.7232	0.8	51.5824	1823.404	1.36	87.69008	3099.7868
71	52.074	0.64	33.32736	1492.05056	0.8	41.6592	1865.0632	1.36	70.82064	3170.60744
72	48.453	0.64	31.00992	1523.06048	0.8	38.7624	1903.8256	1.36	65.89608	3236.50352
73	5.438	0.64	3.48032	1526.5408	0.8	4.3504	1908.176	1.36	7.39568	3243.8992
74	59.158	0.64	37.86112	1564.40192	0.8	47.3264	1955.5024	1.36	80.45488	3324.35408
75	49.757	0.64	31.84448	1596.2464	0.8	39.8056	1995.308	1.36	67.66952	3392.0236
76	58.224	0.64	37.26336	1633.50976	0.8	46.5792	2041.8872	1.36	79.18464	3471.20824
77	2	0.64	1.28	1634.78976	0.8	1.6	2043.4872	1.36	2.72	3473.92824
78	16.636	0.64	10.64704	1645.4368	0.8	13.3088	2056.796	1.36	22.62496	3496.5532
79	36.917	0.64	23.62688	1669.06368	0.8	29.5336	2086.3296	1.36	50.20712	3546.76032
80	21.991	0.64	14.07424	1683.13792	0.8	17.5928	2103.9224	1.36	29.90776	3576.66808
81	35.778	0.64	22.89792	1706.03584	0.8	28.6224	2132.5448	1.36	48.65808	3625.32616
82	45.422	0.64	29.07008	1735.10592	0.8	36.3376	2168.8824	1.36	61.77392	3687.10008

# ANNEXES

83	51.017	0.64	32.65088	1767.7568	0.8	40.8136	2209.696	1.36	69.38312	3756.4832
84	40.891	0.64	26.17024	1793.92704	0.8	32.7128	2242.4088	1.36	55.61176	3812.09496
85	46.309	0.64	29.63776	1823.5648	0.8	37.0472	2279.456	1.36	62.98024	3875.0752
86	43.632	0.64	27.92448	1851.48928	0.8	34.9056	2314.3616	1.36	59.33952	3934.41472
87	53.249	0.64	34.07936	1885.56864	0.8	42.5992	2356.9608	1.36	72.41864	4006.83336
88	8.113	0.64	5.19232	1890.76096	0.8	6.4904	2363.4512	1.36	11.03368	4017.86704
89	8.09	0.64	5.1776	1895.93856	0.8	6.472	2369.9232	1.36	11.0024	4028.86944
90	25.091	0.64	16.05824	1911.9968	0.8	20.0728	2389.996	1.36	34.12376	4062.9932
91	50.05	0.64	32.032	1944.0288	0.8	40.04	2430.036	1.36	68.068	4131.0612
92	47.618	0.64	30.47552	1974.50432	0.8	38.0944	2468.1304	1.36	64.76048	4195.82168
93	37.855	0.64	24.2272	1998.73152	0.8	30.284	2498.4144	1.36	51.4828	4247.30448
94	25.145	0.64	16.0928	2014.82432	0.8	20.116	2518.5304	1.36	34.1972	4281.50168
95	47.175	0.64	30.192	2045.01632	0.8	37.74	2556.2704	1.36	64.158	4345.65968
96	39.959	0.64	25.57376	2070.59008	0.8	31.9672	2588.2376	1.36	54.34424	4400.00392
97	45.203	0.64	28.92992	2099.52	0.8	36.1624	2624.4	1.36	61.47608	4461.48
98	44.74	0.64	28.6336	2128.1536	0.8	35.792	2660.192	1.36	60.8464	4522.3264
99	49.506	0.64	31.68384	2159.83744	0.8	39.6048	2699.7968	1.36	67.32816	4589.65456
100	7.833	0.64	5.01312	2164.85056	0.8	6.2664	2706.0632	1.36	10.65288	4600.30744
101	38.29	0.64	24.5056	2189.35616	0.8	30.632	2736.6952	1.36	52.0744	4652.38184
102	45.984	0.64	29.42976	2218.78592	0.8	36.7872	2773.4824	1.36	62.53824	4714.92008
103	45.295	0.64	28.9888	2247.77472	0.8	36.236	2809.7184	1.36	61.6012	4776.52128
104	7.425	0.64	4.752	2252.52672	0.8	5.94	2815.6584	1.36	10.098	4786.61928
105	33.722	0.64	21.58208	2274.1088	0.8	26.9776	2842.636	1.36	45.86192	4832.4812
106	42.61	0.64	27.2704	2301.3792	0.8	34.088	2876.724	1.36	57.9496	4890.4308
107	22.282	0.64	14.26048	2315.63968	0.8	17.8256	2894.5496	1.36	30.30352	4920.73432
108	43.579	0.64	27.89056	2343.53024	0.8	34.8632	2929.4128	1.36	59.26744	4980.00176
109	0.848	0.64	0.54272	2344.07296	0.8	0.6784	2930.0912	1.36	1.15328	4981.15504
110	34.262	0.64	21.92768	2366.00064	0.8	27.4096	2957.5008	1.36	46.59632	5027.75136
111	52.369	0.64	33.51616	2399.5168	0.8	41.8952	2999.396	1.36	71.22184	5098.9732
112	41.009	0.64	26.24576	2425.76256	0.8	32.8072	3032.2032	1.36	55.77224	5154.74544
113	45.739	0.64	29.27296	2455.03552	0.8	36.5912	3068.7944	1.36	62.20504	5216.95048
114	41.661	0.64	26.66304	2481.69856	0.8	33.3288	3102.1232	1.36	56.65896	5273.60944
115	45.435	0.64	29.0784	2510.77696	0.8	36.348	3138.4712	1.36	61.7916	5335.40104
116	45.979	0.64	29.42656	2540.20352	0.8	36.7832	3175.2544	1.36	62.53144	5397.93248
117	5.896	0.64	3.77344	2543.97696	0.8	4.7168	3179.9712	1.36	8.01856	5405.95104
118	37.304	0.64	23.87456	2567.85152	0.8	29.8432	3209.8144	1.36	50.73344	5456.68448
119	18.62	0.64	11.9168	2579.76832	0.8	14.896	3224.7104	1.36	25.3232	5482.00768
120	22.423	0.64	14.35072	2594.11904	0.8	17.9384	3242.6488	1.36	30.49528	5512.50296
121	41.189	0.64	26.36096	2620.48	0.8	32.9512	3275.6	1.36	56.01704	5568.52
122	39.216	0.64	25.09824	2645.57824	0.8	31.3728	3306.9728	1.36	53.33376	5621.85376
123	7.647	0.64	4.89408	2650.47232	0.8	6.1176	3313.0904	1.36	10.39992	5632.25368
124	22.775	0.64	14.576	2665.04832	0.8	18.22	3331.3104	1.36	30.974	5663.22768
125	41.094	0.64	26.30016	2691.34848	0.8	32.8752	3364.1856	1.36	55.88784	5719.11552
126	51.929	0.64	33.23456	2724.58304	0.8	41.5432	3405.7288	1.36	70.62344	5789.73896

# ANNEXES

127	54.064	0.64	34.60096	2759.184	0.8	43.2512	3448.98	1.36	73.52704	5863.266
128	52.413	0.64	33.54432	2792.72832	0.8	41.9304	3490.9104	1.36	71.28168	5934.54768
129	47.972	0.64	30.70208	2823.4304	0.8	38.3776	3529.288	1.36	65.24192	5999.7896
130	49.102	0.64	31.42528	2854.85568	0.8	39.2816	3568.5696	1.36	66.77872	6066.56832
131	51.58	0.64	33.0112	2887.86688	0.8	41.264	3609.8336	1.36	70.1488	6136.71712
132	46.928	0.64	30.03392	2917.9008	0.8	37.5424	3647.376	1.36	63.82208	6200.5392
133	9.928	0.64	6.35392	2924.25472	0.8	7.9424	3655.3184	1.36	13.50208	6214.04128
134	4.415	0.64	2.8256	2927.08032	0.8	3.532	3658.8504	1.36	6.0044	6220.04568
135	31.271	0.64	20.01344	2947.09376	0.8	25.0168	3683.8672	1.36	42.52856	6262.57424
136	0.068	0.64	0.04352	2947.13728	0.8	0.0544	3683.9216	1.36	0.09248	6262.66672
137	43.537	0.64	27.86368	2975.00096	0.8	34.8296	3718.7512	1.36	59.21032	6321.87704
138	52.847	0.64	33.82208	3008.82304	0.8	42.2776	3761.0288	1.36	71.87192	6393.74896
139	48.643	0.64	31.13152	3039.95456	0.8	38.9144	3799.9432	1.36	66.15448	6459.90344
140	58.839	0.64	37.65696	3077.61152	0.8	47.0712	3847.0144	1.36	80.02104	6539.92448
141	42.015	0.64	26.8896	3104.50112	0.8	33.612	3880.6264	1.36	57.1404	6597.06488
142	51.714	0.64	33.09696	3137.59808	0.8	41.3712	3921.9976	1.36	70.33104	6667.39592
143	45.392	0.64	29.05088	3166.64896	0.8	36.3136	3958.3112	1.36	61.73312	6729.12904
144	43.308	0.64	27.71712	3194.36608	0.8	34.6464	3992.9576	1.36	58.89888	6788.02792
145	10.305	0.64	6.5952	3200.96128	0.8	8.244	4001.2016	1.36	14.0148	6802.04272
146	43.771	0.64	28.01344	3228.97472	0.8	35.0168	4036.2184	1.36	59.52856	6861.57128
147	43.737	0.64	27.99168	3256.9664	0.8	34.9896	4071.208	1.36	59.48232	6921.0536
148	48.755	0.64	31.2032	3288.1696	0.8	39.004	4110.212	1.36	66.3068	6987.3604
149	2.614	0.64	1.67296	3289.84256	0.8	2.0912	4112.3032	1.36	3.55504	6990.91544
150	56.578	0.64	36.20992	3326.05248	0.8	45.2624	4157.5656	1.36	76.94608	7067.86152
151	43.533	0.64	27.86112	3353.9136	0.8	34.8264	4192.392	1.36	59.20488	7127.0664
152	46.758	0.64	29.92512	3383.83872	0.8	37.4064	4229.7984	1.36	63.59088	7190.65728
153	0.451	0.64	0.28864	3384.12736	0.8	0.3608	4230.1592	1.36	0.61336	7191.27064
154	44.846	0.64	28.70144	3412.8288	0.8	35.8768	4266.036	1.36	60.99056	7252.2612
155	43.088	0.64	27.57632	3440.40512	0.8	34.4704	4300.5064	1.36	58.59968	7310.86088
156	34.73	0.64	22.2272	3462.63232	0.8	27.784	4328.2904	1.36	47.2328	7358.09368
157	46.486	0.64	29.75104	3492.38336	0.8	37.1888	4365.4792	1.36	63.22096	7421.31464
158	43.674	0.64	27.95136	3520.33472	0.8	34.9392	4400.4184	1.36	59.39664	7480.71128
159	48.257	0.64	30.88448	3551.2192	0.8	38.6056	4439.024	1.36	65.62952	7546.3408
160	43.793	0.64	28.02752	3579.24672	0.8	35.0344	4474.0584	1.36	59.55848	7605.89928
161	45.198	0.64	28.92672	3608.17344	0.8	36.1584	4510.2168	1.36	61.46928	7667.36856
162	38.662	0.64	24.74368	3632.91712	0.8	30.9296	4541.1464	1.36	52.58032	7719.94888
163	46.632	0.64	29.84448	3662.7616	0.8	37.3056	4578.452	1.36	63.41952	7783.3684
164	44.302	0.64	28.35328	3691.11488	0.8	35.4416	4613.8936	1.36	60.25072	7843.61912
165	47.124	0.64	30.15936	3721.27424	0.8	37.6992	4651.5928	1.36	64.08864	7907.70776
166	45.172	0.64	28.91008	3750.18432	0.8	36.1376	4687.7304	1.36	61.43392	7969.14168
167	49.375	0.64	31.6	3781.78432	0.8	39.5	4727.2304	1.36	67.15	8036.29168
168	45.158	0.64	28.90112	3810.68544	0.8	36.1264	4763.3568	1.36	61.41488	8097.70656
169	6.927	0.64	4.43328	3815.11872	0.8	5.5416	4768.8984	1.36	9.42072	8107.12728
170	27.939	0.64	17.88096	3832.99968	0.8	22.3512	4791.2496	1.36	37.99704	8145.12432

# ANNEXES

171	45.63	0.64	29.2032	3862.20288	0.8	36.504	4827.7536	1.36	62.0568	8207.18112
172	43.843	0.64	28.05952	3890.2624	0.8	35.0744	4862.828	1.36	59.62648	8266.8076
173	60.904	0.64	38.97856	3929.24096	0.8	48.7232	4911.5512	1.36	82.82944	8349.63704
174	49.112	0.64	31.43168	3960.67264	0.8	39.2896	4950.8408	1.36	66.79232	8416.42936
175	35.068	0.64	22.44352	3983.11616	0.8	28.0544	4978.8952	1.36	47.69248	8464.12184
176	36.294	0.64	23.22816	4006.34432	0.8	29.0352	5007.9304	1.36	49.35984	8513.48168
177	43.189	0.64	27.64096	4033.98528	0.8	34.5512	5042.4816	1.36	58.73704	8572.21872
178	26.644	0.64	17.05216	4051.03744	0.8	21.3152	5063.7968	1.36	36.23584	8608.45456
179	7.442	0.64	4.76288	4055.80032	0.8	5.9536	5069.7504	1.36	10.12112	8618.57568
180	25.815	0.64	16.5216	4072.32192	0.8	20.652	5090.4024	1.36	35.1084	8653.68408
181	34.382	0.64	22.00448	4094.3264	0.8	27.5056	5117.908	1.36	46.75952	8700.4436
182	35.724	0.64	22.86336	4117.18976	0.8	28.5792	5146.4872	1.36	48.58464	8749.02824
183	35.253	0.64	22.56192	4139.75168	0.8	28.2024	5174.6896	1.36	47.94408	8796.97232
184	31.418	0.64	20.10752	4159.8592	0.8	25.1344	5199.824	1.36	42.72848	8839.7008
185	37.083	0.64	23.73312	4183.59232	0.8	29.6664	5229.4904	1.36	50.43288	8890.13368
186	50.376	0.64	32.24064	4215.83296	0.8	40.3008	5269.7912	1.36	68.51136	8958.64504
187	6.362	0.64	4.07168	4219.90464	0.8	5.0896	5274.8808	1.36	8.65232	8967.29736
188	34.541	0.64	22.10624	4242.01088	0.8	27.6328	5302.5136	1.36	46.97576	9014.27312
189	27.386	0.64	17.52704	4259.53792	0.8	21.9088	5324.4224	1.36	37.24496	9051.51808
190	25.789	0.64	16.50496	4276.04288	0.8	20.6312	5345.0536	1.36	35.07304	9086.59112
191	25.234	0.64	16.14976	4292.19264	0.8	20.1872	5365.2408	1.36	34.31824	9120.90936
192	27.766	0.64	17.77024	4309.96288	0.8	22.2128	5387.4536	1.36	37.76176	9158.67112
193	36.123	0.64	23.11872	4333.0816	0.8	28.8984	5416.352	1.36	49.12728	9207.7984
194	66.506	0.64	42.56384	4375.64544	0.8	53.2048	5469.5568	1.36	90.44816	9298.24656
195	41.819	0.64	26.76416	4402.4096	0.8	33.4552	5503.012	1.36	56.87384	9355.1204
196	47.173	0.64	30.19072	4432.60032	0.8	37.7384	5540.7504	1.36	64.15528	9419.27568
197	18.856	0.64	12.06784	4444.66816	0.8	15.0848	5555.8352	1.36	25.64416	9444.91984
198	22.063	0.64	14.12032	4458.78848	0.8	17.6504	5573.4856	1.36	30.00568	9474.92552
199	39.819	0.64	25.48416	4484.27264	0.8	31.8552	5605.3408	1.36	54.15384	9529.07936
200	41.525	0.64	26.576	4510.84864	0.8	33.22	5638.5608	1.36	56.474	9585.55336
201	22.693	0.64	14.52352	4525.37216	0.8	18.1544	5656.7152	1.36	30.86248	9616.41584
202	27.783	0.64	17.78112	4543.15328	0.8	22.2264	5678.9416	1.36	37.78488	9654.20072
203	48.677	0.64	31.15328	4574.30656	0.8	38.9416	5717.8832	1.36	66.20072	9720.40144
204	36.869	0.64	23.59616	4597.90272	0.8	29.4952	5747.3784	1.36	50.14184	9770.54328
205	17.439	0.64	11.16096	4609.06368	0.8	13.9512	5761.3296	1.36	23.71704	9794.26032
206	10.875	0.64	6.96	4616.02368	0.8	8.7	5770.0296	1.36	14.79	9809.05032
207	33.799	0.64	21.63136	4637.65504	0.8	27.0392	5797.0688	1.36	45.96664	9855.01696
208	64.938	0.64	41.56032	4679.21536	0.8	51.9504	5849.0192	1.36	88.31568	9943.33264
209	48.785	0.64	31.2224	4710.43776	0.8	39.028	5888.0472	1.36	66.3476	10009.6802
210	52.246	0.64	33.43744	4743.8752	0.8	41.7968	5929.844	1.36	71.05456	10080.7348
211	53.493	0.64	34.23552	4778.11072	0.8	42.7944	5972.6384	1.36	72.75048	10153.4853
212	44.702	0.64	28.60928	4806.72	0.8	35.7616	6008.4	1.36	60.79472	10214.28
213	44.977	0.64	28.78528	4835.50528	0.8	35.9816	6044.3816	1.36	61.16872	10275.4487
214	50.589	0.64	32.37696	4867.88224	0.8	40.4712	6084.8528	1.36	68.80104	10344.2498

## ANNEXES

215	49.706	0.64	31.81184	4899.69408	0.8	39.7648	6124.6176	1.36	67.60016	10411.8499
216	9.677	0.64	6.19328	4905.88736	0.8	7.7416	6132.3592	1.36	13.16072	10425.0106
217	19.254	0.64	12.32256	4918.20992	0.8	15.4032	6147.7624	1.36	26.18544	10451.1961
218	18.66	0.64	11.9424	4930.15232	0.8	14.928	6162.6904	1.36	25.3776	10476.5737
219	55.412	0.64	35.46368	4965.616	0.8	44.3296	6207.02	1.36	75.36032	10551.934
220	9.772	0.64	6.25408	4971.87008	0.8	7.8176	6214.8376	1.36	13.28992	10565.2239
221	30.646	0.64	19.61344	4991.48352	0.8	24.5168	6239.3544	1.36	41.67856	10606.9025
222	1.977	0.64	1.26528	4992.7488	0.8	1.5816	6240.936	1.36	2.68872	10609.5912
223	31.759	0.64	20.32576	5013.07456	0.8	25.4072	6266.3432	1.36	43.19224	10652.7834
224	45.678	0.64	29.23392	5042.30848	0.8	36.5424	6302.8856	1.36	62.12208	10714.9055
225	43.761	0.64	28.00704	5070.31552	0.8	35.0088	6337.8944	1.36	59.51496	10774.4205
226	20.942	0.64	13.40288	5083.7184	0.8	16.7536	6354.648	1.36	28.48112	10802.9016
227	31.651	0.64	20.25664	5103.97504	0.8	25.3208	6379.9688	1.36	43.04536	10845.947
228	1.79	0.64	1.1456	5105.12064	0.8	1.432	6381.4008	1.36	2.4344	10848.3814
229	45.237	0.64	28.95168	5134.07232	0.8	36.1896	6417.5904	1.36	61.52232	10909.9037
230	41.397	0.64	26.49408	5160.5664	0.8	33.1176	6450.708	1.36	56.29992	10966.2036
231	8.765	0.64	5.6096	5166.176	0.8	7.012	6457.72	1.36	11.9204	10978.124
232	18.681	0.64	11.95584	5178.13184	0.8	14.9448	6472.6648	1.36	25.40616	11003.5302
233	16.775	0.64	10.736	5188.86784	0.8	13.42	6486.0848	1.36	22.814	11026.3442

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	SURFACE
1	0	6.1	3.5	32
2	2.439	53.5	16.3	173.5
3	13.47	490.3	28.1	579.5
4	42.801	211.3	44.8	315
5	51.071	145.4	69.3	329.5
6	82.76	204.7	75.6	542.5
7	122.402	140.5	8.1	457.5
8	140.229	75.2	27	336.5
9	162.687	122.2	7.1	488.5
10	202.742	169.8	596.6	544.5
11	229.266	98.1	151.7	317
12	242.46	225.1	15.7	375
13	282.283	142.1	132	646.5
14	321.743	86.1	248.3	822
15	360.242	42.2	385.9	988.5
16	398.573	0	1167.3	1109
17	435.177	415.9	66.2	923.5
18	471.806	430.8	0	980
19	508.762	1456.1	36	1139.5
20	546.265	2210.8	0	1113.5
21	584.034	1279.3	0	974
22	616.863	550.3	239	1093.5
23	662.323	248.2	305.7	886
24	700.439	353	0.8	708
25	738.372	328.9	1.1	372.5
26	740.364	183.7	0.5	195
27	758.866	404.4	4.7	408
28	780.293	262.1	0.2	323.5
29	791.691	195.4	3.5	362
30	817.529	225.6	6.4	632.5
31	857.896	180.1	86.1	882.5
32	910.144	587.9	7.2	877
33	943.074	649.9	37.9	762.5
34	986.209	242	95.2	450
35	986.862	218.1	92.8	417.5
36	1027.208	18.7	502.9	820
37	1069.499	82.1	442.2	855
38	1111.847	97	168.2	673.5



## ANNEXE

<b>39</b>	1150.983	67.6	250	626
<b>40</b>	1182.714	36.2	309.7	370
<b>41</b>	1189.832	46.4	304.2	427.5
<b>42</b>	1234.287	95.4	271	820
<b>43</b>	1278.535	231.6	29.1	715
<b>44</b>	1307.695	192	33.3	436.5
<b>45</b>	1319.309	317	50.3	579.5
<b>46</b>	1357.622	327.3	152.5	430
<b>47</b>	1359.039	322.3	143.4	397.5
<b>48</b>	1394.282	358	119.1	394
<b>49</b>	1395.739	218.5	72.4	241.5
<b>50</b>	1416.843	635.4	185.1	744.5
<b>51</b>	1466.09	504.2	196	817.5
<b>52</b>	1500.314	215.9	126.1	485
<b>53</b>	1515.891	364.7	83	417.5
<b>54</b>	1546.202	228.1	173.3	653.5
<b>55</b>	1586.993	118.7	305.6	802.5
<b>56</b>	1633.151	94.5	159.5	688
<b>57</b>	1670.343	84.5	218.8	707
<b>58</b>	1713.705	59.1	139.7	519.5
<b>59</b>	1726.821	60.5	115.2	494.5
<b>60</b>	1770.526	224.7	99	978.5
<b>61</b>	1829.714	643.7	27	1029.5
<b>62</b>	1876.729	752.2	0	934.5
<b>63</b>	1924.427	786.5	3.8	944
<b>64</b>	1973.79	633.2	2	923
<b>65</b>	2021.415	528.2	1.4	904.5
<b>66</b>	2069.967	299.2	1.6	763
<b>67</b>	2105.554	77.4	16	325.5
<b>68</b>	2106.761	110.7	22.6	452.5
<b>69</b>	2157.036	142.2	138.7	926.5
<b>70</b>	2214.777	406.6	100.3	1060
<b>71</b>	2279.255	503.2	12.5	1053
<b>72</b>	2331.329	627.1	0	975.5
<b>73</b>	2379.782	464.2	0	540.5
<b>74</b>	2385.22	436.1	0	647.5
<b>75</b>	2444.378	937.3	0	1070.5
<b>76</b>	2494.135	897.7	0	1046.5
<b>77</b>	2552.359	355.8	0	496.5
<b>78</b>	2554.359	109	0	154.5
<b>79</b>	2570.995	282.9	0	448.5
<b>80</b>	2607.912	328.2	0	486.5
<b>81</b>	2629.903	291.4	0	515.5
<b>82</b>	2665.681	500.8	0.6	767.5

## ANNEXE

<b>83</b>	2711.103	262.2	67.4	948
<b>84</b>	2762.12	183.6	41.1	829
<b>85</b>	2803.011	88.5	279.4	720
<b>86</b>	2849.32	127.7	130.6	770
<b>87</b>	2892.952	132.6	312.9	971
<b>88</b>	2946.201	126	95.4	522
<b>89</b>	2954.314	35.7	22.3	138.5
<b>90</b>	2962.404	75	37	285.5
<b>91</b>	2987.495	185.3	21	650
<b>92</b>	3037.545	723.5	13.9	944
<b>93</b>	3085.163	1378.3	0	951
<b>94</b>	3123.018	1542.9	0	799
<b>95</b>	3148.163	2530.9	0	986
<b>96</b>	3195.338	2360.7	0	1058.5
<b>97</b>	3235.297	1034.1	0	881.5
<b>98</b>	3280.5	360.6	0	852.5
<b>99</b>	3325.24	178.9	165.9	825
<b>100</b>	3374.746	65.1	131.4	534.5
<b>101</b>	3382.579	57	75.2	446
<b>102</b>	3420.869	272.2	98.2	806.5
<b>103</b>	3466.853	107	160.3	775
<b>104</b>	3512.148	82.3	186.1	565.5
<b>105</b>	3519.573	47.9	172.4	434
<b>106</b>	3553.295	13.6	933.3	886
<b>107</b>	3595.905	77.3	197.8	548.5
<b>108</b>	3618.187	733.5	26.6	702
<b>109</b>	3661.766	308.7	79.4	423.5
<b>110</b>	3662.614	237.9	67.2	333
<b>111</b>	3696.876	184.7	361.7	884.5
<b>112</b>	3749.245	126.1	1566.1	1196
<b>113</b>	3790.254	57	2620.9	1141.5
<b>114</b>	3835.993	77.3	771.2	883.5
<b>115</b>	3877.654	83.9	506.8	812
<b>116</b>	3923.089	68.2	432.3	845
<b>117</b>	3969.068	498.7	25.6	613
<b>118</b>	3974.964	389.8	21.8	503
<b>119</b>	4012.268	883.9	4.2	721.5
<b>120</b>	4030.888	546.8	6	478.5
<b>121</b>	4053.311	640.8	31.6	702
<b>122</b>	4094.5	331.2	136.3	808.5
<b>123</b>	4133.716	51.1	129.2	423
<b>124</b>	4141.363	37.7	44.2	279
<b>125</b>	4164.138	249.5	13.8	578.5
<b>126</b>	4205.232	251.4	52.7	795.5

## ANNEXE

<b>127</b>	4257.161	181.9	37.5	921
<b>128</b>	4311.225	370.6	2.6	970
<b>129</b>	4363.638	286.1	6.7	883.5
<b>130</b>	4411.61	110.5	203.3	879
<b>131</b>	4460.712	102.4	503.1	1015.5
<b>132</b>	4512.292	125	154.5	810
<b>133</b>	4559.22	76.1	157	528
<b>134</b>	4569.148	18.6	44.8	134
<b>135</b>	4573.563	45.6	117.1	334
<b>136</b>	4604.834	41.4	131.7	299
<b>136</b>	4604.834	0.1	0.2	0.5
<b>137</b>	4604.906	89.3	121	417
<b>138</b>	4648.443	177.4	216.1	901
<b>139</b>	4701.29	182.5	73.7	858.5
<b>140</b>	4749.933	253.6	66.2	916
<b>141</b>	4808.772	295.4	31.8	839.5
<b>142</b>	4850.787	249.1	27.6	797
<b>143</b>	4902.501	312.5	45.9	819
<b>144</b>	4947.893	208.1	5.8	773.5
<b>145</b>	4991.201	97.4	127.8	490.5
<b>146</b>	5001.506	91.9	174.6	497
<b>147</b>	5045.277	290.9	347	890
<b>148</b>	5089.014	217.6	298.5	930.5
<b>149</b>	5137.769	102.4	182.8	491.5
<b>150</b>	5140.383	117.4	218.9	565
<b>151</b>	5196.961	241.7	108	847
<b>152</b>	5240.494	842.1	0.9	871.5
<b>153</b>	5287.252	124.6	73.1	462
<b>154</b>	5287.703	117.9	71.2	442.5
<b>155</b>	5332.549	88.8	366.9	876.5
<b>156</b>	5375.637	1619.1	63.6	843
<b>157</b>	5410.367	651.7	37.6	892
<b>158</b>	5456.853	410.4	61.9	1083
<b>159</b>	5500.527	766.2	23.9	1182.5
<b>160</b>	5548.784	668	2.3	1161.5
<b>161</b>	5592.577	1458.1	0	1304
<b>162</b>	5637.775	553.1	3.9	1114.5
<b>163</b>	5676.437	781.4	0	1142
<b>164</b>	5723.069	355.8	132.5	888
<b>165</b>	5767.371	281.8	96.5	906.5
<b>166</b>	5814.495	470.2	112.1	968.5
<b>167</b>	5859.667	384.1	45.8	881
<b>168</b>	5909.042	357.8	21.3	1013
<b>169</b>	5954.2	491.6	20	539.5

## ANNEXE

<b>170</b>	5961.127	369.7	15.1	369
<b>171</b>	5989.066	1057.7	36.8	769.5
<b>172</b>	6034.696	1105.1	21.4	982
<b>173</b>	6078.539	641.6	66.6	1040
<b>174</b>	6139.443	1266.8	0	1283
<b>175</b>	6188.555	326	738.9	1220.5
<b>176</b>	6223.623	963.6	465.2	1171.5
<b>177</b>	6259.917	75.2	587.2	1190
<b>178</b>	6303.106	114.3	110.9	924.5
<b>179</b>	6329.75	45.7	86.8	444
<b>180</b>	6337.192	39.8	115.7	462
<b>181</b>	6363.007	58	234.5	791.5
<b>182</b>	6397.389	98	138.6	927.5
<b>183</b>	6433.113	920.2	0	941
<b>184</b>	6468.366	1196.6	0	914
<b>185</b>	6499.784	838.5	0	901
<b>186</b>	6536.867	219.5	63.5	1135
<b>187</b>	6587.243	0.6	3498.6	1095
<b>188</b>	6593.605	0.4	3043.8	829.5
<b>189</b>	6628.147	1.1	2731.8	1155.5
<b>190</b>	6655.532	0.4	4947.5	1130.5
<b>191</b>	6681.321	0.4	3468.2	979.5
<b>192</b>	6706.555	0.5	2744.4	980
<b>193</b>	6734.321	0.7	4164.6	1266.5
<b>194</b>	6770.444	0.7	6143.3	2085
<b>195</b>	6836.95	7.8	3650.4	1746
<b>196</b>	6878.769	104.9	738.4	1176
<b>197</b>	6925.942	1.7	2422.4	987
<b>198</b>	6944.798	8.1	1500.1	595
<b>199</b>	6966.861	1.9	2496.6	889
<b>200</b>	7006.68	2	2822	1139
<b>201</b>	7048.205	18.6	1185.7	790
<b>202</b>	7070.898	76.6	240.7	490
<b>203</b>	7098.681	183.6	135.2	726.5
<b>204</b>	7147.358	586.7	0	792.5
<b>205</b>	7184.227	462.7	17.7	509
<b>206</b>	7201.666	249.9	14.3	267
<b>207</b>	7212.541	241	26.4	418.5
<b>208</b>	7246.34	1038.9	75.3	1029
<b>209</b>	7311.278	993	178	1203
<b>210</b>	7360.063	622.9	95.5	1006
<b>211</b>	7412.309	454.1	103.2	1028
<b>212</b>	7465.802	458.9	65	959
<b>213</b>	7510.504	476.5	22.5	804.5

## ANNEXE

<b>214</b>	7555.481	412.3	45.8	841.5
<b>215</b>	7606.07	619.7	11.9	902
<b>216</b>	7655.776	318.2	34.4	562.5
<b>217</b>	7665.453	167.3	15.2	275.5
<b>218</b>	7684.707	234.1	14.7	340.5
<b>219</b>	7703.367	456.9	28.2	672
<b>220</b>	7758.779	660.9	31.9	646.5
<b>221</b>	7768.551	384.5	21	398
<b>222</b>	7799.197	233.4	20.6	306.5
<b>223</b>	7801.174	236.9	21.3	317
<b>224</b>	7832.933	585.7	12.4	743.5
<b>225</b>	7878.611	619.4	15.4	868.5
<b>226</b>	7922.372	155.4	53.9	602.5
<b>227</b>	7943.314	134.9	14.1	448
<b>228</b>	7974.965	92.7	22.6	332
<b>229</b>	7976.755	96.9	61.1	456
<b>230</b>	8021.992	8.4	471.9	781
<b>231</b>	8063.389	10	46.7	230
<b>232</b>	8072.154	1.8	25.9	108.5
<b>233</b>	8090.835	0	35.9	105
<b>234</b>	8107.61	0	27	41

## الملخص :

هذا المشروع عبارة عن دراسة ازدواجية الطريق الوطني رقم 47 الرابط بين ولاية البيض و ولاية الأغواط على طول 8 كلم, هذه الدراسة تتألف من ثلاثة مراحل :

**المرحلة الأولى:** وصف عام للمشروع مع تقديم تبرير لتهيئة و توسيع الطريق.

**المرحلة الثانية:** اختيار موقع الطريق المقترح مع حساب المسقط العلوي و المقطع الطولي.

**المرحلة الثالثة:** رسم المسقط العلوي و المقطع الطولي وكذا المقاطع العرضية ومن بعد حساب حجم التربة وحساب أبعاد الطريق.

## الكلمات الرئيسية:

الازدواجية, حجم المرور, المحاذاة الطريق, المنحنيات الرئيسية, المنحنيات الدائرية, السرعة المرجعية.

## RÉSUMÉ :

Ce projet présente une étude d'un dédoublement de la route nationale 47 entre la wilaya El-Bayadh et la wilaya Laghouat Sur 8 km cette étude se compose de trois parties :

**La première:** La description générale du projet et justification l'utilité de l'aménagement suivant le long de l'itinéraire.

**La deuxième :** a été basé sur le choix de tracé avec la variante valable pour le calcul d'axe en plan, en long et profil en travers.

**La dernière :** faire le dessin du tracé en plan, en long et profil en travers, ensuite le calcul des cubatures et Procéder à un dimensionnement des corps de chaussées neufs, étudier l'assainissement.

### Mot clés :

Dédoublement, trafic, tracé routier, clothoide, devers, vitesse de base

## ABSTRACT:

This project present's study of unfolding of trunk RN 47 between El-Bayadh and Laghouat by 8km , study is composed of three parts:

**The first:** the general description of project with justification usefulness for fitting out following the long l'tinerary.

**The second:** the choices of trace with alternatives one was devoted calculate of axis the alignment includes, profile longitudinally and the profile transversely.

**The last:** make drawing of the alignment includes understands profile longitudinally a profile transversally flows the calculation of cubature, the dimensioning road and sanitization.

**Key words:** Duplication, traffic, road alignment , clothoide,devers,low speed.

## **: الملخص**

هذا المشروع عبارة عن دراسة ازدواجية الطريق الوطني رقم 47 الرابط بين ولاية البيض و ولاية الأغواط على طول 8 كلم, هذه الدراسة تتألف من ثلاثة مراحل :

**المرحلة الأولى:** وصف عام للمشروع مع تقديم تبرير لتهيئة و توسيع الطريق.

**المرحلة الثانية:** اختيار موقع الطريق المقترح مع حساب المسقط العلوي و المقطع الطولي.

**المرحلة الثالثة:** رسم المسقط العلوي و المقطع الطولي وكذا المقاطع العرضية ومن بعد حساب حجم التربة وحساب أبعاد الطريق.

### **الكلمات الرئيسية:**

الازدواجية, حجم المرور, المحاذاة الطريق, المنحنيات الرئيسة, المنحنيات الدائرية, السرعة المرجعية.

## **RÉSUMÉ :**

Ce projet présente une étude d'un dédoublement de la route nationale 47 entre la wilaya **El-Bayadh** et la wilaya **Laghouat** Sur 8 km cette étude se compose de trois parties :

**La première:** La description générale du projet et justification l'utilité de l'aménagement suivant le long de l'itinéraire.

**La deuxième** : a été basé sur le choix de tracé avec la variante valable pour le calcul d'axe en plan, en long et profil en travers.

**La dernière** : faire le dessin du tracé en plan, en long et profil en travers, ensuite le calcul des cubatures et Procéder à un dimensionnement des corps de chaussées neufs, étudier l'assainissement.

### **Mot clés :**

Dédoublement, trafic, tracé routier, clothoïde, devers, vitesse de base



## **ABSTRACT:**

This project presents a study of the unfolding of trunk RN 47 between **El-Bayadh** and **Laghouat** by 8km, the study is composed of three parts:

**The first:** the general description of the project with justification of its usefulness for fitting out following the long itinerary.

**The second:** the choices of trace with alternatives one was devoted to calculate of axis the alignment includes, profile longitudinally and the profile transversely.

**The last:** make drawing of the alignment includes understanding profile longitudinally a profile transversally flows the calculation of cubature, the dimensioning road and sanitization.

**Key words:** Duplication, traffic, road alignment, clothoid, devers, low speed.