

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Aboubekr Belkaid Tlemcen  
Faculté de Technologie  
Département de Génie Civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme  
de Master en Génie Civil  
Option : Infrastructure de base et géotechnique

**Thème :**

**DÉDOUBLEMENT DE LA ROUTE NATIONALE RN92 ENTRE SAIDA ET EL-HESSASNA SUR  
18 KM DU PK 91.000 AU PK 109.000  
ÉTUDE DU LOT N2 SUR 5Km DU PK 91+225.000 AU 96+225.000**

**Présenté en juin 2015 par :**

KERAI Mounir

LAHCENE Ilyas

**Devant le jury composé de :**

Mr : BEDJAOUI CH.

Président

Mr : CHERIF BENMOUSSA M Y.

Encadreur

Mr : BENAMAR A.

Examineur

Mr : GHENNANI B.

Examineur

Année universitaire : 2014/2015

# Remerciement

*Nous exprimons toute notre gratitude et sincère dévouement à notre Dieu ALLAH tout puissant qui nous a donné de la volonté et de la force pour élaborer ce travail.*

*Nous adressons nos vifs et chaleureux remerciements à notre encadreur Mr: cherif benmoussa. Y pour son soutien et son aide durant toute la période pour élaborer ce mémoire.*

*Nos remerciements aussi à, messieurs le président du jury Mr : ZADJAOUI A. et les membres de jury Mr GHENNANI. B et Mr: BENAMARA d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.*

*Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude. Sans omettre bien sûr de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.*

## *Dédicaces*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance... aussi, c'est tout simplement que je dédie cette thèse ... à **mes chers parents** aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive. Ames chers et adorables **frères et sœur**. À **mes chers petit s nièces**, puisse dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers. À **tout ma famille à tous mes amies**. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère. À toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous ceux que j'ai omis de citer.*

# Liste Des Tableaux

---

## **Chapitre 1 :**

Tableau 1. 1: Coefficient d'équivalence. [5] .....	6
Tableau 1. 2: Type d'environnement.[5] .....	6
Tableau 1. 3: Coefficient lié à l'environnement.[5] .....	7
Tableau 1. 4: Coefficient de réduction de capacité.[5] .....	7
Tableau 1. 5: Valeur de la capacité théorique.[5] .....	7
Tableau 1. 6: Récapitulatif des résultats du calcul dans le tableau suivant : .....	10

## **Chapitre 2 :**

Tableau 2. 1: Valeurs de $ft$ [5] .....	17
Tableau 2. 2: Rayons du tracé en plan [5] .....	20
Tableau 2. 3: Récapitulation des paramètres fondamentaux [5] .....	21

## **Chapitre 3 :**

Tableau 3. 1 : Valeur de la déclivité maximale [5] .....	31
Tableau 3. 2 : Rayons verticaux pour un angle saillant [5] .....	33
Tableau 3. 3 : Rayons verticaux pour un angle rentrant [5] .....	33

## **Chapitre 6 :**

Tableau 6. 1: Classification des trafics en France [11].....	59
Tableau 6. 2: Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd [12].....	60
Tableau 6. 3: L'portance de sol en fonction de l'indice de CBR [9].....	60
Tableau 6. 4: Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.[9] .....	61
Tableau 6. 5: La classe du trafic de poids lourd [10]. .....	62
Tableau 6. 6: Classement de sole en fonction de l'indice de CBR. [10] .....	63
Tableau 6. 7: Récapitulatif des résultats.....	64

## **Chapitre 8 :**

Tableau 8. 1: Variation de Gauss [23].....	77
Tableau 8. 2: Coefficient de ruissellement [23]. .....	78
Tableau 8. 3: Récapitulatif des résultats.....	86

## **Chapitre 9 :**

Tableau 9. 1: Modulation des lignes discontinues. [20] .....	89
Tableau 9. 2: Différents type de panneaux. [21] .....	92

# Liste Des Figures

---

Figure 1 : Situation de la Route National 92 [1].	2
---	---

## **Chapitre 2 :**

Figure 2. 1 : Les éléments du tracé en plan.[17]	11
Figure 2. 2 : Les éléments de clothoïde [17].	13
Figure 2. 3: Force centrifuge [16].	16
Figure 2. 4: Courbe en S [5]	19
Figure 2. 5: Courbe à sommet [5].	19
Figure 2. 6: Courbe en C [5].	19
Figure 2. 7 : Courbe en Ove [5].	20
Figure 2. 8: Choix des dévers associés [8]	21
Figure 2. 9: Les éléments de clothoïde pour les calculs[5].	22

## **Chapitre 3 :**

Figure 3. 1 : Élément géométriques du profil en long [15].	30
Figure 3. 2 : Schéma de la courbe du profil en long [5].	34
Figure 3. 3 : Courbe concave.[15]	36
Figure 3. 4 : Courbe convexe.[15]	38

## **Chapitre 4 :**

Figure 4. 1 : Éléments du profil en travers[20]	41
Figure 4. 2: Profil en travers type en remblai[ 20]	42
Figure 4. 3 : Profil en travers type mixte[20]	43
Figure 4. 4 : Profil en travers type déblai.[20]	43

## **Chapitre 5 :**

Figure 5. 1: Analyses granulométriques.[1]	46
Figure 5. 2: Limites d'Atterberg.[1]	47
Figure 5. 3 : Equivalent de sable.[1].	48
Figure 5. 4: Essai au bleu de méthylène.[1]	49
Figure 5. 5 : Essai Proctor.[1].	50
Figure 5. 6 : Essai C.B.R.[1]	51
Figure 5. 7 : Essai Los Angeles.[1]	52
Figure 5. 8 : Essai Los Angeles.[1]	53

## **Chapitre 6 :**

Figure 6. 1: Constitution des structures de chaussée.[13].	57
Figure 6. 2: Schéma récapitulatif Chaussée.[14]	58
Figure 6. 3: Récapitulatif des résultats de la méthode CBR.	64

# Liste Des Figures

---

## **Chapitre 7 :**

Figure 7. 1: Les types de carrefours [21].....	67
Figure 7. 2 : Le classement d'un carrefour.[20]. ....	67
Figure 7. 3: Terminologie d'un carrefour giratoire. [20].....	71
Figure 7. 4 : Carrefour giratoire (PK 2+925.00).[20].....	71
Figure 7. 5: Carrefour en Y.[20].....	72
Figure 7. 6 : Diagramme de visibilité –priorité à droite.[20] .....	72
Figure 7. 7 : Diagramme de visibilité - Cédez le passage ou signale de stop.[20] .....	73

## **Chapitre 8 :**

Figure 8. 1: Buses [22]. ....	79
Figure 8. 2: Dalots [22]. ....	79
Figure 8. 3 : Fossés [22]. ....	80

## **Chapitre 9 :**

Figure 9. 1: Types de modulation.[20].....	90
Figure 9. 2: Paramètre de l'implantation des luminaires.[20] .....	91

# SOMMAIRE

Pages

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b> .....	<b>1</b>
<b>PRESENTATION DE PROJET</b> .....	<b>2</b>
<b>CHAPITRE 1. ÉTUDE DE TRAFIC</b>	
1- INTRODUCTION .....	3
2- ANALYSE DU TRAFIC EXISTANT .....	3
2.1- La mesure de trafics .....	3
2.1.1- Les comptages .....	3
2.1.2- Les enquêtes origine destination .....	4
3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFIC .....	4
3.1-Trafic normale .....	4
3.2-Trafic dévié .....	4
3.3-Trafic induit .....	4
3.4-Trafic totale .....	4
4- CALCULE DE LA CAPACITE .....	5
4.1- Capacité de route .....	5
4.2- Projection future de trafic .....	5
4.5- Débit horaire admissible .....	7
4.6- Détermination du nombre de voies .....	8
5- APPLICATION AU PROJET .....	9
6 - CONCLUSION .....	10

## CHAPITRE 2 . TRACÉ EN PLAN

1- INTRODUCTION .....	11
2- RÉGLES A RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN .....	11
3- ELEMENTS DU TRACÉ EN PLAN .....	11
3.1- Alignement .....	12
3.2- Arc de cercle .....	12
3.3- Les raccordements progressifs (clothoïde) .....	13
4- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT .....	14
4.1- Condition de confort optique .....	14
4.2- Condition de confort dynamique .....	14

4.3- Condition de gauchissement .....	15
4.4 - Arc de cercle (les courbes) .....	16
5- COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :.....	19
6- SOLUTIONS POUR ÉVITER LES ACCIDENTS EN COURBE :.....	21
7- PARAMÈTRES FONDAMENTAUX .....	21
8- CALCUL D'AXE :.....	23
9- APPLICATION AU PROJET :.....	23

### CHAPITRE 3. PROFIL EN LONG

1- INTRODUCTION .....	29
2- MODERNISATION DU PROFIL EN LONG .....	29
3- TRACE DE LA LIGNE ROUGE (PROJET) .....	29
4- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG .....	29
5- LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG .....	30
6- COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG .....	31
7- DECLIVITES .....	31
7-1 Déclivité minimale .....	31
7-2 Déclivité maximale .....	31
8- RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG .....	31
8.1- Raccordements convexes (angle saillant).....	31
8.2- Raccordements concaves (angle rentrant) .....	33
9- DÉTERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG .....	34
10- CALCUL DE PROFIL EN LONG .....	37

### CHAPITRE 4. PROFIL EN TRAVERS

1- INTRODUCTION .....	40
2- MODERNISATION DU PROFIL EN TRAVERS .....	40
3- TYPES DE PROFIL EN TRAVERS .....	40
3-1 Le profil en travers type .....	40
3-2 Le profil en travers courant .....	40
4- LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS .....	41
5- APPLICATION AU PROJET .....	42

## CHAPITRE 5. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

1- INTRODUCTION .....	44
2- OBJECTIFS .....	44
3- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE .....	44
4- LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRES .....	44
4.1- Les Essais Physiques .....	45
4.2- Les Essais Mécaniques .....	50
5- CONCLUSION .....	55

## CHAPITRE 6 . DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

1- INTRODUCTION .....	56
2- LA CHAUSSÉE .....	56
2.1- Définition .....	56
2.2- Les différents types de chaussée .....	56
3- LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT .....	59
4- APPLICATION AU PROJET .....	63
5- CONCLUSION .....	65

## CHAPITRE 7 .AMÉNAGEMENT DES CARREFOURS

1- INTRODUCTION .....	66
2- LES TYPES DES CARREFOURS .....	66
2.1- carrefour a trois branches (en t).....	66
2.2- carrefour a trois branches (en y).....	66
2.3- carrefour a quatre branches (en croix).....	66
2.4- carrefour type giratoire ou carrefour giratoire .....	66
3- CLASSIFICATION DES CARREFOURS .....	67
4- AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU CARREFOUR GIRATOIRE .....	68
5- DONNEES UTILES A L'AMÉNAGEMENT D'UN CARREFOUR .....	68
6- PRINCIPES GENERAUX D'AMÉNAGEMENTS D'UN CARREFOUR ...	69
6.1- la visibilité.....	69
6.2- triangle de visibilité .....	69
6.3- données de base .....	69
6.4- les ilots .....	70
7- APPLICATION AU PROJET .....	71

## CHAPITRE 8 .ASSAINISSEMENT

1- INTRODUCTION .....	74
2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT .....	74
3- TYPES DES DÉGRADATIONS .....	74
4- TYPES DES CANALISATIONS .....	75
4.1-Fossés en pied du talus de déblai .....	75
4.2-Fossés en crête de déblai .....	75
4.3-Fossés en pied du talus de remblai .....	75
4.4-Descentes d'eau .....	75
5- LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION ROUTIÈRE .....	75
6- LES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES .....	76
7- DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS .....	76
8- APPLICATION AU PROJET .....	81
9- CONCLUSION .....	86

## CHAPITRE 9. SIGNALISATION

1- INTRODUCTION .....	87
2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE .....	87
3- PRINCIPES FONDAMENTAUX POUR UNE SIGNALISATION .....	87
4 - CATEGORIES DE SIGNALISATION .....	87
5 - TYPES DE SIGNALISATION .....	88
5.1- Signalisation verticale .....	88
5.2- Signalisation horizontale .....	89
6- LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION .....	91
7- APPLICATION AU PROJET .....	91
8- CONCLUSION .....	93

## **CHAPITRE 10. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT**

1- INTRODUCTION .....	94
2- CADRE JURIDIQUE .....	94
3- OBJECTIFS DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVERONNEMENT .....	94
4- IMPACTS SUR L'ENVERONNEMENT.....	94
4.1- Impact temporaire de la phase de construction .....	95
4.2- Impacts permanents .....	95
5- DÉVELOPPEMENT SOCIAL .....	96
6- DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE .....	97
7 -MÉTHODOLOGIE DU CHOIX DE TYPE DES PLANTES .....	97
8- CONCLUSION .....	97

<b>CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>98</b>
---------------------------------	-----------

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE :**

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre mode de transport, il est par conséquent, un élément essentiel et fondamental dans le processus de développement du pays.

Actuellement, en Algérie, le trafic routier a connu une évolution rapide, les routes existantes qui supportent ce trafic dont un pourcentage important du poids lourd, nécessitent des opérations de renforcement (réhabilitation, modernisation).

L'évolution démographique et la forte urbanisation ont engendré plusieurs mutations, ainsi des recherches et des études des tracés linéaires des routes et d'autoroutes ont été menées à travers le pays afin d'améliorer les infrastructures de transport.

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

Le travail consiste à faire l'étude du dédoublement de la Route National RN92 sur un linéaire de 05 Km Du PK 91+225.000 AU PK 96+225.000).

## 1-PRESENTATION DU PROJET :

Le projet concerne le dédoublement de la Route National RN92, prendre son départ à partir de localité de SAIDA (PK 91+000) et se termine à EL-HSASSNA (PK 109+000).

Le tronçon étudié prendre son origine au niveau de l'intersection route national 92 et route national 94 sortie EST et l'intersection route national 92 et chemin de willaya 16 SIDI DJELOUL sur 5km.

Le tracé consiste à maintenir au maximum la chaussée existante et procéder à son doublement.



Figure .1. Situation de la Route National RN 92 [1].

## 2-OBJECTIF DU PROJET :

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par un élargissement, et de procéder à son renforcement.

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

- Assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser les voyageurs.
- L'augmentation de la capacité de la route.
- L'amélioration du niveau de service de la route.
- Procéder à un renforcement pour la partie existante.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.

## 1-INTRODUCTION :

Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds).

Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules. Cette conception repose, sur une partie stratégique, planification sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers qui est nécessaires pour :

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

## 2-ANALYSE DU TRAFIC EXISTANT:

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

**2.1- La mesure de trafic :** Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

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

**2.1.1- Les comptages :** C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

### a- Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en commun, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A) [2].

### b- Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'un 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:[3]

**2.1.2-- Les enquêtes origine destination :**

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

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination.

**3-DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :****3.1-Trafic normale :**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.[4]

**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 différent moyen d'atteindre la même destination.[4]

**3.3-Trafic induit :**

C'est le trafic qui résulte de:[4]

- 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.
- D'une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

**3.4-Trafic totale :**

C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.[4]

**4- CALCULE DE LA CAPACITE :****4.1- Capacité de route :**

On définit la capacité de la route par le nombre maximum des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire, elle dépend :[5]

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

**4.2- Projection future de trafic :**

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :[5]

$$TMJA_h = TMJA_0 (1 + \tau)^n$$

Avec :

**TJMA<sub>h</sub>** : trafic journalier moyen à l'année h.

**TJMA<sub>0</sub>** : trafic journalier moyen à l'année 0.

**τ** : taux d'accroissement annuel (%).

**n** : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

**4.3- Calcul du trafic effectif :**

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

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (UVP). Le trafic effectif est donné par la relation suivante :[5]

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

Avec :

**T<sub>eff</sub>** : trafic effectif à l'année horizon en (UVP).

**z** : pourcentage de poids lourd.

**p** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

**Tableau 1.1 : Coefficient d'équivalence. [5]**

<b>Environnement</b> <b>Routes</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
<b>2 voies</b>	3	6	12
<b>3 voies</b>	2,5	5	10
<b>4 voies et plus</b>	2	4	8

Tableau 1.2 : Type d'environnement.[5]

Relief \ Sinuosité	Faible	Moyenne	Forte
Plat	<b>E1</b>	<b>E2</b>	
Vallonné	<b>E2</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
Montagneux		<b>E3</b>	<b>E3</b>

La sinuosité  $\delta$  d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur  $L_s$  sur le total de l'itinéraire.

$$\left[ \delta = ( \text{longueur sinueuse des sections dont } R_i < 200\text{m} ) / L_{\text{totale}} \right]$$

Les trois types d'environnement  $E_i$  distingués résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessus

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

#### ➤ Catégorie de la route

Les routes algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondantes aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés ; cependant la route de notre projet appartient à la catégorie C1.[5]

#### 4.4- Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une traction de trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :[5]

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

Avec :

**Q** : débite de pointe horaire (UVP).

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

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

**4.5- Débit horaire admissible :**

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :[5]

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

avec :

$K_1$  : coefficient lié à l'environnement.

$K_2$  : coefficient de réduction de capacité.

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

➤ Valeur de  $K_1$  :

**Tableau 1.3 : coefficient lié à l'environnement.[5]**

Environnement	E1	E2	E3
K1	<u>0,75</u>	0,85	0,90 à 0,95

➤ Valeur de  $K_2$  :

**Tableau 1.4 : coefficient de réduction de capacité.[5]**

Environnement	C1	C2	C3	C4
E1	<u>1,00</u>	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96

➤ Valeur de  $C_{th}$  :

**Tableau 1.5 : valeur de la capacité théorique.[5]**

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

**4.6- Détermination du nombre des voies :** Cas d'une Chaussée Bidirectionnelle : On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  et on prend le profil permettant d'avoir :[5]

$$Q_{adm} \geq Q$$

Cas d'une Chaussée Unidirectionnelle: Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :[5]

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

Avec :

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

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

## 5- APPLICATION AU PROJET :

**5.1- Les données du trafic :** D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par DTP (direction des travaux publics)

- TMJA 2014 = 15000 v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 2\%$
- La vitesse de base sur le tracé  $V_B = 100 \text{ Km/h}$
- Le pourcentage de poids lourds  $Z = 40\%$
- L'année de mise en service 2015
- La durée de vie estimée de 15 ans
- Catégorie C1
- L'environnement E1

**5.2- Calcul de TMJA à l'horizon :**

$$TMJA_h = TMJA_0 (1 + \tau)^n$$

Avec :

$TMJA_h$  : le trafic à l'année horizon l'année de mise en service (2015).

$TMJA_0$  : le trafic à l'année de référence(2014).

$$TMJA_{2015} = 15000(1 + 0,02)^1 = 15300 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } TMJA_{2015} = 15300 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année (2030) pour une durée de vie de 15 ans

$$TMJA_{2030} = 15300 \times (1 + 0,02)^{15} = 20592 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } TMJA_{2030} = 20592 \text{ v/j}$$

**5.3- Calcul de trafic effectif :**

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

Avec :

$z$  : pourcentage de poids lourd on a  $z = 40 \%$ .

$p$  : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement **E1** on a **P = 2**.

$$T_{\text{eff} 2015} = 15300 \times [(1 - 0.40) + 2 \times 0.40] = 21420 \text{ UVP}$$

$$\text{Donc : } T_{\text{eff} 2015} = 21420 \text{ UVP/j}$$

$$T_{\text{eff} 2030} = 20592 \times [(1 - 0.40) + 2 \times 0.40] = 28829 \text{ UVP}$$

$$\text{Donc : } T_{\text{eff} 2030} = 28829 \text{ UVP/j}$$

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

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

Avec :

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

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}}$$

$$Q = 0.12 \times 28829 = 3460 \text{ UVP/h}$$

$$\text{Donc : } Q = 3460 \text{ UVP/h}$$

**5.5- Débit horaire admissible :**

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

Avec :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Catégorie C1 } K_1 = 0,75 \\ \text{Environnement E1 } K_2 = 1 \\ C_{\text{th}} = 1800 \\ Q_{\text{adm}} = 0,75 \times 1 \times 1800 \end{array} \right\}$$

$$\text{Donc : } Q_{\text{adm}} = 1350 \text{ UVP/h.}$$

**5.6- Détermination du nombre des voies :**

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

avec :  $S = 2/3$   
 $n = (2/3) \times (3460/1350) = 1,71 \approx 2$

Donc :  $n = 2$  voies/sens

**5.7-Calcul de l'année de saturation de 1voies :**

$$T_{eff2015} = 21420 \text{ UVP/j}$$

$$Q_{2015} = 2570 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{adm} = 1350 \text{ UVP/h}$$

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 1350 = 5400 \text{ UVP/h}$$

Donc :  $Q_{saturation} = 5400 \text{ UVP/h}$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2015} \Rightarrow n = \frac{\ln(\frac{Q_{sat}}{Q})}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{5400}{2570})}{\ln(1+0.02)} = 38 \text{ ans}$$

Donc :  $n = 38$  ans

D'où notre route sera saturée 38 ans après la mise en service donc l'année de saturation est Année : 2053.

**Tableau 1.6 : Récapitulatif des résultats du calcul dans le tableau suivant :**

TJMA <sub>2014</sub> (v/j)	TJMA <sub>2015</sub> (v/j)	TJMA <sub>2030</sub> (v/j)	T <sub>eff 2015</sub> (uvp/j)	T <sub>eff 2030</sub> (uvp/j)	Q <sub>2015</sub> (uvp/h)	Q <sub>2030</sub> (uvp/h)	n
15000	15300	20592	21420	28829	2570	2307	2

**6 - CONCLUSION :**

Le profil en travers retenu notre projet est défini comme suit : chaussée bidirectionnelle de 2 voies de 3,80 est des accotements de 2,5m et une terre plein centrale de 3m.

## 1- INTRODUCTION :

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement. [5]

## 2- RÉGLES A RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations : [5]

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

## 3- ELEMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession d'alignements, des liaisons (courbes de raccordement progressives) et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous : [17]

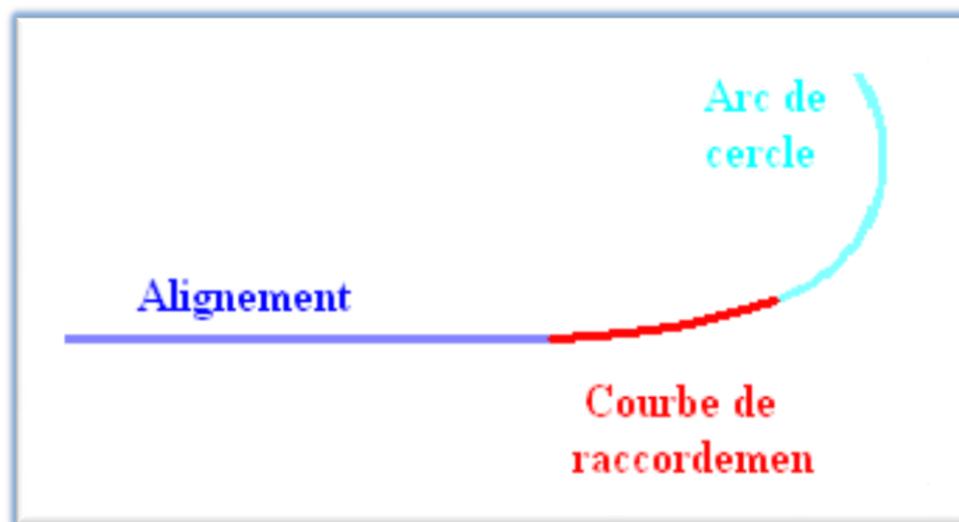


Figure 2. 1 : Les éléments du tracé en plan.[17]

### 3.1- Alignement :

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

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

Pour cela, on est amené à faire un tracé légèrement infléchi. On doit donc remplacer ces alignements droits trop longs par une succession d'alignements courts et de courbes. En fait, il est préférable d'avoir un pourcentage compris entre 20% et 60% en alignements droits, d'une section de route. [5]

#### 3.1.1- Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps  $t$  d'adaptation.

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

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

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

#### 3.1.2- Longueur maximale :

Pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale  $L_{\max}$  d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant **60 s** à la vitesse  $V$  (m/s).  
D'après B40 on a : [5]

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

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

La longueur des alignements dépend de :

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

### 3.2- Arc de cercle :

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

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

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre au-dessous du rayon minimum préconisé. [5]

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

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

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

#### 3.3.1-Expression de la clothoïde :

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)  $A^2 = LR$   
C'est -à- dire que pour le paramètre  $A$  choisi, le produit de la longueur  $L$  et du rayon  $R$  est constant.

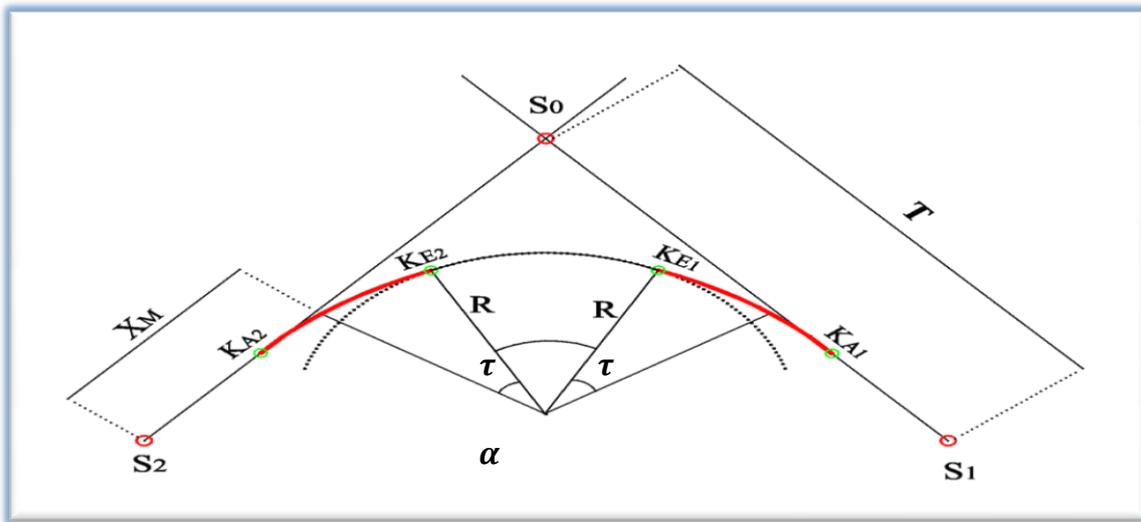


Figure 2. 2 : Les éléments de clothoïde [17].

#### 3.3.2 Les éléments de la clothoïde :

Les éléments principaux de la clothoïde sont les suivants :

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

#### 4- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

La longueur des raccords progressifs est une combinaison de plusieurs conditions de natures différentes : parmi ces conditions les trois principales sont : [5]

##### 4.1- Condition de confort optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur 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.

Règle générale (B40) :

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq \frac{1}{18} \text{ (rad)}$$

$$\tau = \frac{L}{2R}$$

$$\frac{L}{2R} \geq \frac{1}{18} \geq \frac{1}{18 \text{ rad}} \quad \text{et} \quad L \geq \frac{R}{9}$$

$$\text{Soit} \quad \frac{A^2}{2R^2} \geq \frac{1}{18} \quad \text{et} \quad A \geq \frac{R}{3}$$

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

Pour  $R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$  (éventuellement 0.5m) d'où

$$L = (24 R \Delta R)^{1/2}$$

Pour  $1500 < R < 5000 \text{ m}$   $\tau = 3^\circ$  c'est-à-dire  $L = R/9$

Pour  $R < 5000 \Rightarrow \Delta R$  limité à 2.5m soit  $L = 7.75(R)^{1/2}$

##### 4.2- Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

La variation de l'accélération transversale est :  $\left( \frac{V_B^2}{R - g \Delta d} \right)$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur.

$$K_g = \frac{1}{0.2 \times V_R}$$

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

Avec :  $V_B$  : vitesse de base (Km/h)

$R$  : rayon en mètre (m)

$\Delta d$  : la variation de divers ( $\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$ ) (%)

**4.3- Condition de gauchissement :**

La demi-chaussée extérieure au virage de **C.R** est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement aux véhicules dont le raccordement doit être assuré. Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que :  $\Delta p < 0.5/V_B$

$$L = l \times \Delta d \times V_B$$

Avec :

**L** : longueur de raccordement(m).

**l** : Largeur de la chaussée(m).

$\Delta d$  : variation de dévers(%).

**V<sub>B</sub>** : vitesse de base (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 demi-chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à 2%.

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

Avec : (L en m,  $\Delta d$  en % et V en Km/h)

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

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

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

**• Types de courbe de raccordement : [15]****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- 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.

- **Expression mathématique de la Clothoïde:**

Courbure **K** linéairement proportionnelle à la longueur curviligne. [5]

$$K = C \cdot L \quad \text{et} \quad K = \frac{1}{R} \quad \text{et} \quad L \times R = \frac{1}{C} \quad \ddot{\mathbf{i}} \quad \frac{1}{R} = C \cdot L$$

On pose:  $\frac{1}{C} = A^2$       **et**       $A^2 = L \times R$

#### 4.4 - Arc de cercle (les courbes) :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.
- Visibilité en courbe.

##### 4.4.1-La stabilité des véhicules :

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

« d » ne doit pas être trop grand, risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas.

« d » ne doit pas être trop faible pour assurer un écoulement des eaux ainsi pour chaque vitesse  $V_B$  on définit une série de couples (R, d).

Les rayons et leur devers doivent permettre à un véhicule roulant à la vitesse de référence  $V_r$  de ne pas dérapier. Les rayons en plan dépendent de facteurs : [16]

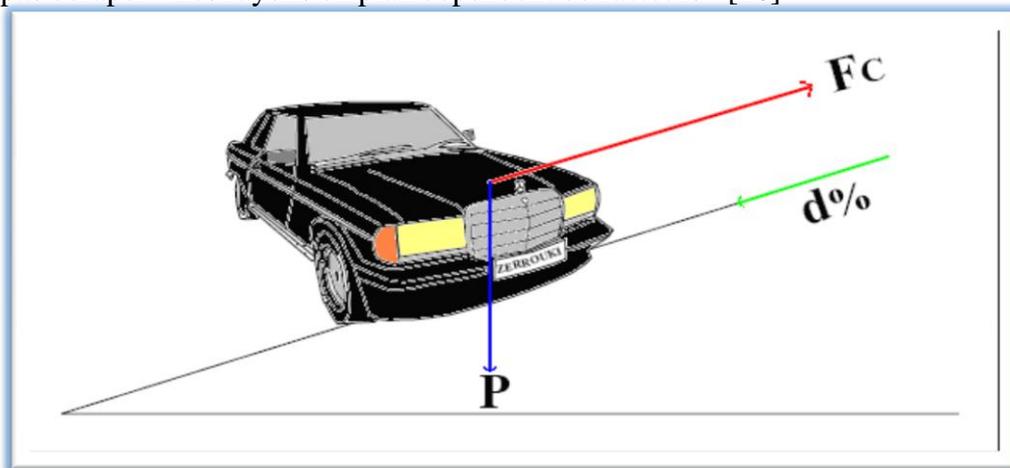


Figure 2.3: Force centrifuge [16]

- Force centrifuge **Fc**
- Poids du véhicule **P**
- Accélération de la pesanteur **g**

➤ Dévers  $d$ **a- Rayon horizontal minimal absolu ( $RH_{\min}$ ) :**

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal. [5]

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

Avec :

**$RH_{\min}$**  : C'est le rayon minimal absolu qui correspond aux divers max ( $d_{\max}$ ).

**$V_B$**  : vitesse de référence

**$ft$**  : coefficient de frottement transversal

**$d_{\max}$**  : dévers maximal

**b- Rayon minimal normal ( $RH_n$ ) :**

**$RH_n$**  : C'est le rayon minimal normal permettant aux véhicules dépassant  $V_B$  de 20 km/h de rouler en toute sécurité. [5]

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

**c- Rayon au dévers minimal ( $RH_d$ ) :**

**$RH_d$**  : 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 subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. [5]

Dévers associé  $d_{\min} = 2.5\%$ .

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

**d- Rayon minimal non déversé ( $RH_{nd}$ ):**

**$RH_{nd}$**  : Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est alors négatif pour l'un des sens de circulation. Le rayon qui permet cette disposition est le rayon non déversé ( $RH_{nd}$ ). [5]

Pour les Cat 1-2

$$RH_{nd} = \frac{V_B^2}{(127 \times 0.0035)}$$

Pour les Cat 3-4 et 5

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

Avec :  $f' = 0.07$  cat 3

$f' = 0.075$  cat 4-5

**Tableau 2.1 : Valeurs de  $ft$  [5]**

$V_r$ (km/h)	40	60	80	100	120
--------------	----	----	----	-----	-----

$ft$	0,25	0,16	0,13	0,11	0,10
------	------	------	------	------	------

#### 4.4.2- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon :

Lorsqu'un véhicule circule dans une courbe, il occupe une largeur plus grande que sur l'alignement droit ; compte tenu de l'empattement du véhicule, les roues arrière n'épousant pas exactement le tracé de celles de devant.

La valeur de la Sur largeur théorique **S** nécessaire pour une voie de circulation : [5]

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

Avec :

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

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

#### 4.4.3- La visibilité dans les tranchées en courbe :

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

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

#### 4.5- Sur-largeur dans les virages :

La sur-largeur dans les courbes devient nécessaire pour tous les virages de rayon inférieur à 250m. Elle a pour rôle de permettre l'insertion des véhicules longs dans la largeur d'une voie qui s'avère trop étroite par suite de l'augmentation du gabarit transversal du véhicule circulant selon une trajectoire courbe. Dans le cas d'une route fréquentée par des véhicules lourds la sur largeur est donnée par la formule : [5]

$$S = \frac{50}{R}$$

**S** et **R** sont exprimés en mètres, désignent respectivement la sur-largeur et le rayon de courbure. Elle s'applique à chacune des voies et pour des raisons d'aspect elle est introduite à l'intérieur du virage.

On donne généralement une sur-largeur :

- De 5 à 10 % pour les rayons de 200 mètres à 100 mètres avec un minimum de 1 mètre
- De 20% pour les rayons de 50 mètres
- De 40% pour les rayons encore plus petits.

## 5- COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

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

### 5.1- Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle. [5]

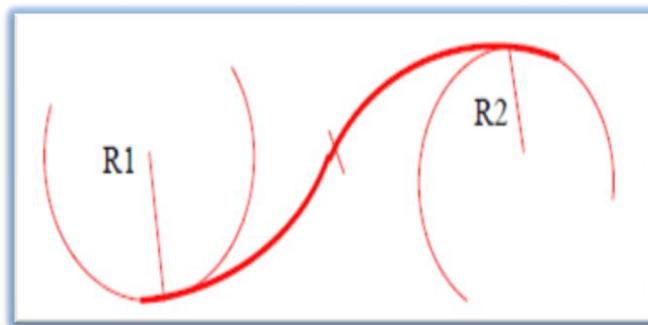


Figure 2.4 : Courbe en S [5]

### 5.2- Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements. [5]

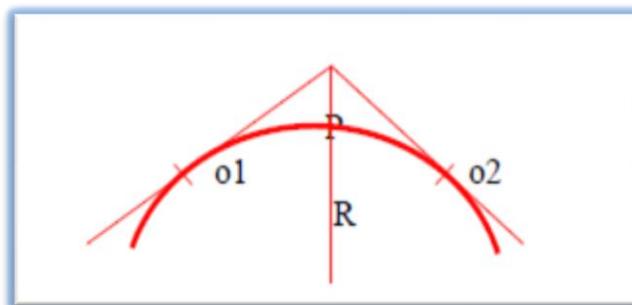


Figure 2.5 : Courbe à sommet [5]

### 5.3- 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. [5]

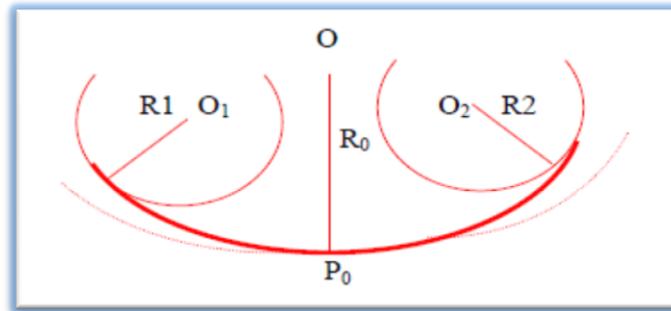


Figure 2.6: Courbe en C [5]

#### 5.4- Courbe en Ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est à l'intérieur de l'autre, sans lui être concentrique. [5]



Figure 2.7 : Courbe en Ove [5]

### 6-SOLUTIONS POUR ÉVITER LES ACCIDENTS EN COURBE :

- Soigner l'introduction du virage pour faciliter la perception des usagers.
- Maintenir de bonnes caractéristiques de surface et aménager des accotements assez larges pour permettre de rattraper une sortie de route.
- Éviter les virages trop serrés ( $R < 200$  m) et surtout proscrire les variations de rayon dans les courbes (pas plus de 10 % en tout état de cause).
- Un bon dévers est un facteur de sécurité.
- Si on évite les virages de faible rayon, il convient de le signaler par une série de balises.

### 7-PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie **C1**, dans un environnement **E1**, avec une vitesse de base  $V_B = 100$  km/h. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de normes d'aménagements routiers B40 :

Tableau 2.2 : Rayons du tracé en plan [5]

Paramètres	Symbole	Unité	Valeur
Vitesse de référence de	$V_B$	<b>km/h</b>	100

Rayon en plan	Horizontal minimal	RHm	<b>m</b>	450 (7%)
	Horizontal normal	RHn	<b>m</b>	650 (5%)
	Horizontal déversé	RHd	<b>m</b>	1600 (2,5%)
	Horizontal non déversé	RHnd	<b>m</b>	2200 (-2,5%)

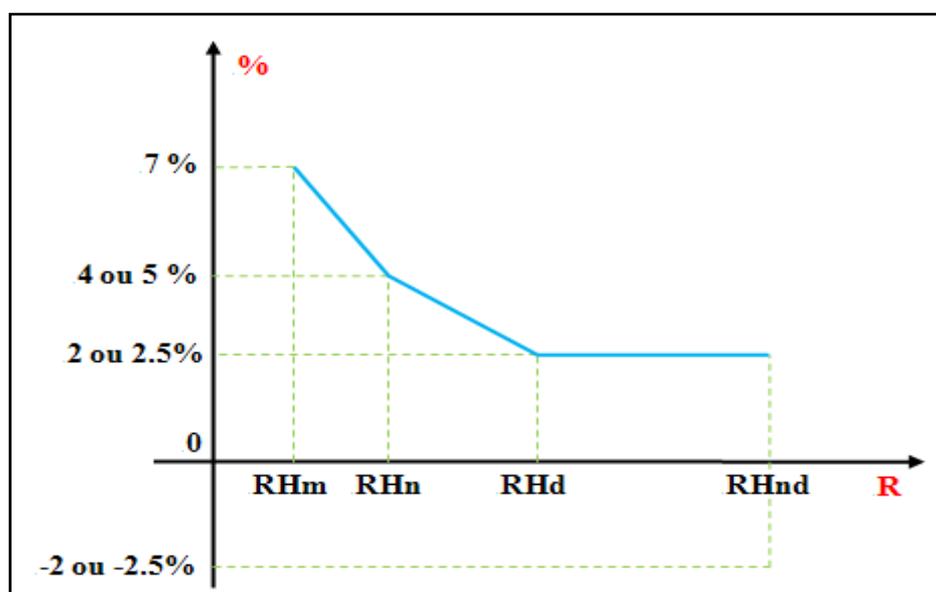


Figure 2.8 : Choix des dévers associés [8]

Tableau 2.3 : Récapitulation des paramètres fondamentaux [5]

Paramètres	Unité	Symboles	Valeurs
Vitesse de base	km/h	$V_B$	100
Longueur minimale	m	$L_{min}$	139
Longueur maximale	m	$L_{max}$	1667
Devers maximal	%	$d_{max}$	7
Devers minimal	%	$d_{min}$	2.5
Temps de perception-réaction	s	$t_1$	1,8
Frottement longitudinal	-	$f_L$	0,36

Frottement transversal	-	$f_t$	0,11
Distance de freinage	m	$d_0$	111
Distance d'arrêt	m	$d_1$	161
Distance de visibilité de dépassement minimale	m	$d_m$	425
Distance de visibilité de dépassement normale	m	$d_n$	625
Distance de visibilité de manœuvre de Dépassement	m	$d_{md}$	300

### 8- CALCUL D'AXE :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel 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 de gisements.
- Calcul de l'angle  $\gamma$  entre alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde SL.
- Calcul de l'angle polaire  $\sigma$ .
- Vérification de non chevauchement
- Calcul de l'arc de cercle
- Calcul des coordonnées des points singuliers
- calcul de kilométrage des points particuliers.

### 9-APPLICATION AU PROJET :

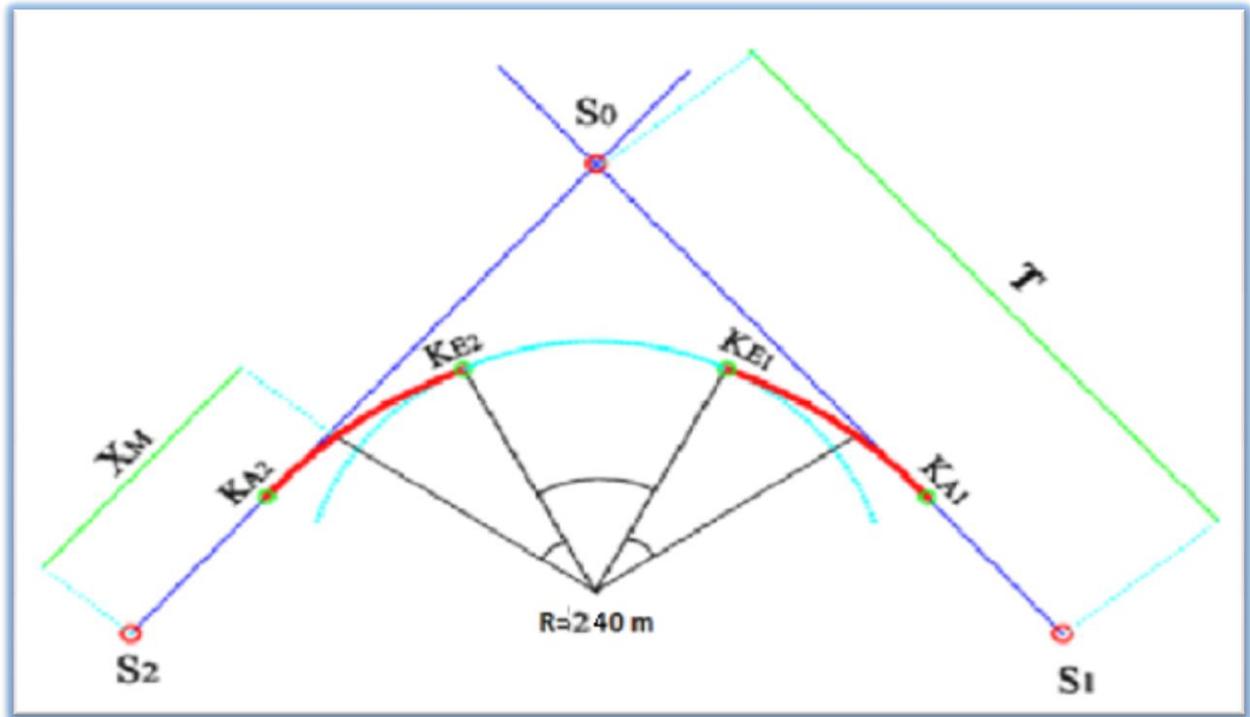


Figure 2.9 : Les éléments de clothoïde pour les calculs[5]

$$S_0 \begin{cases} X_0 = 4252.3876 \\ Y_0 = -259,0893 \end{cases} \quad S_1 \begin{cases} X_1 = 4331.05 \\ Y_1 = -247,6037 \end{cases} \quad S_2 \begin{cases} X_2 = 4184.0746 \\ Y_2 = -236,5684 \end{cases}$$

9.1-Détermination de A : Selon le règlement B40 on à :

$$R < R_{hnd}$$

$$R = 240 \text{ m} < 2200\text{m} \quad \longrightarrow \quad R/3 < A < R$$

$$\quad \quad \quad \longrightarrow \quad 240/3 < A < 240$$

$$\quad \quad \quad \longrightarrow \quad 80 < A < 240$$

9.2-Détermination de la valeur minimale de L (longueur de la clothoïde) :

➤ Condition optique :

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

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

$$L = \sqrt{24 \times 240 \times 0.5}$$

$$L = 53,67\text{m} \dots\dots\dots$$

1

➤ Condition de confort dynamique :

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

$\Delta d = d + 2,5\%$

$\Delta d = 7 + 2,5 = 9,5\%$

$L = (100^2 / 18) \times [(100^2 / 127 \times 240) - 0,095]$

$L = 129,49 \text{ m}$  ..... **2**

➤ **Condition de gauchissement :**

$$L \geq 1 \times \Delta d \times V / 50$$

$L \geq 7.6 \times 9.5 \times 100 / 50$

$L \geq 144,4 \text{ m}$  ..... **3**

De (1), (2) et (3) on aura:  $L = 144,4 \text{ m}$ .

$$A = \sqrt{R \times L}$$

Donc :  $A = 186,16$

**9.3-Calcul le paramètre (par) :**

$$\text{Par} = A^2 / R$$

$\text{Par} = (186,16)^2 / 240$

$\text{Par} = 144,40$

**9.4-calcul ripage  $\Delta R$  :**

$$\Delta R = L^2 / 24 \times R$$

$\Delta R = 0,5$

**9.5-calcul l'angle des tangentes  $\tau$  :**

$$\tau = [(par)^2 / 2R^2] \times 200 / \pi$$

$\tau = [(140,4)^2 / 2 (240)^2] \times 200 / 3,14$       *donc*       $\tau = 11,52 \text{ grade}$

**9.6-Calcul des gisements :**

$$\text{gis} = \text{arc tg} (\Delta X / \Delta Y)$$

Sauf des cas exceptionnels sont comme suite :

$(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y > 0)$		$\text{GIS} = \text{gis}$
$(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y < 0)$		$\text{GIS} = 200 + \text{gis}$ (avec $\text{gis} < 0$ )
$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y < 0)$		$\text{GIS} = 200 + \text{gis}$ (avec $\text{gis} > 0$ )
$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y > 0)$		$\text{GIS} = 400 + \text{gis}$ (avec $\text{gis} < 0$ ).

$$\begin{cases} \Delta X_1 = X_0 - X_1 = -78.66 \text{ m} \\ \Delta Y_1 = Y_0 - Y_1 = -11.4856 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_2 = X_2 - X_0 = -68.313 \text{ m} \\ \Delta Y_2 = Y_2 - Y_0 = 22.5209 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{gis 1} = \text{arctg} (-78,66 / -11,4856) \\ \text{gis 1} = 81,69 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{gis 2} = \text{arctg} (-68,313 / 22,5209) \\ \text{gis 2} = -71,754 \end{cases}$$

avec:

$$\text{GIS 1} = 200 + \text{gis 1}$$

$$\text{GIS 1} = 200 + 81.69$$

$$\text{GIS 1} = 281,69 \text{ grade}$$

avec:

$$\text{GIS 2} = 400 + \text{gis 2}$$

$$\text{GIS 2} = 400 - 71.754$$

$$\text{GIS 2} = 328,246 \text{ grade}$$

### 9.7-Calcul des distances :

$$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{(-78,66)^2 + (-11,4856)^2}$$

$$\overline{S_1 S_0} = 79,49 \text{ m}$$

$$\overline{S_2 S_0} = \sqrt{(\Delta X_2)^2 + (\Delta Y_2)^2} = \sqrt{(-68,313)^2 + (22,5209)^2}$$

$$\overline{S_2 S_0} = 71,93 \text{ m}$$

### 9.8-Calcul de l'angle $\gamma$ :

$$\gamma = |\text{GIS 1} - \text{GIS 2}|$$

$$\gamma = |281,69 - 328,246|$$

$$\gamma = 46,556 \text{ grade}$$

**9.9-Vérification de non chevauchement :**

$$\tau = 11,52 \text{ grade.}$$

$$\gamma/2 = 46,556/2 = 23,278 \text{ grade.}$$

$\gamma/2 > \tau$   pas de chevauchement.

**9.10-Calcul de l'abscisse du centre du cercle :**

$$X_m = \frac{p \cdot r^2}{2 \times R} = L / 2$$

$$X_m = 72,20 \text{ m}$$

**9.11-Abscisse de KE :**

$$X = L * \left( 1 - \frac{L^2}{40 \times R^2} \right)$$

$$X = 144,4 * \left( 1 - \frac{144,4^2}{40 \times 240^2} \right)$$

$$X = 143,09 \text{ m}$$

**9.12-Origine de KE :**

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

$$Y = \frac{144,4^2}{6 \times 240}$$

$$Y = 14,48 \text{ m}$$

**9.13-Calcul de la tangente :**

$$T = XM + (R + \Delta r) \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$T = 43,44 + (240 + 0,5) \operatorname{tg}\left(\frac{46,556}{2}\right)$$

$$T = 146,71 \text{ m}$$

#### 9.14-Calcul des Coordonnées SL :

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

$$SL = \sqrt{143,09^2 + 14,48^2}$$

$$SL = 143,82 \text{ m}$$

#### 9.15-Calcul de $\sigma$ :

$$\sigma = \operatorname{arc} \operatorname{tg}\left(\frac{Y}{X}\right)$$

$$\sigma = \operatorname{arc} \operatorname{tg}(y/x)$$

$$\sigma = 5,778 \text{ grade}$$

#### 9.16-Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau$$

$$\alpha = 46,556 - 2 \times 11,52$$

$$\alpha = 23,516 \text{ grade}$$

$$\widehat{Ke1Ke2} = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200}$$

$$\widehat{Ke1Ke2} = \frac{240 \times 3,14 \times 23,516}{200}$$

$$\widehat{Ke1Ke2} = 88,61 \text{ m}$$

**9.17-Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - (\overline{S1S0} - T) \cos (300 - GIS1) \\ X_{KA1} = 4331,05 - (79,49 - 146,71) \cos (300 - 281,69) \end{cases}$$

$$X_{KA1} = 4267,233 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KA1} = Y_{S1} - (\overline{S1S0} - T) \sin (300 - GIS1) \\ Y_{KA1} = -247,6037 - (79,49 - 146,71) \sin (300 - 281,69) \end{cases}$$

$$Y_{KA1} = -226,486 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S0} - T \cos (300 - GIS2) \\ X_{KA2} = 4252,3876 - 146,71 \cos (300 - 328,246) \end{cases}$$

$$X_{KA2} = 4123,147 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KA2} = Y_{S0} - T \sin (300 - GIS2) \\ Y_{KA2} = -259,0893 - 146,71 \sin (300 - 328,246) \end{cases}$$

$$Y_{KA2} = 328,521 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - SL \cos (300 + \sigma - GIS1) \\ X_{KE1} = 4267,233 - 143,82 \cos (300 + 5,778 - 281,69) \end{cases}$$

$$X_{KE1} = 4135,94 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KE1} = Y_{KA1} - SL \sin (300 + \sigma - GIS1) \\ Y_{KE1} = -266,486 - 143,82 \sin (300 + 5,778 - 281,69) \end{cases}$$

$$Y_{KE1} = 207,787 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + SL \sin (GIS2 + \sigma - 200) \\ X_{KE2} = 4123,147 + 143,82 \sin (328,246 + 5,778 - 200) \end{cases}$$

$$X_{KE2} = 4226,561 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL \cos (GIS2 + \sigma - 200) \\ Y_{KE2} = 4123,147 + 143,82 \cos (328,246 + 5,778 - 200) \end{cases}$$

$$Y_{KE2} = 4223,1 \text{ m.}$$



### 1- INTRODUCTION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une échelle (n'est pas une projection horizontal). Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Afin d'éviter des terrassements importants une correction de la ligne rouge sera exécutée tout en respectant les conditions technique d'aménagements des routes. [5]

### 2- MODERNISATION DU PROFIL EN LONG :

La route a l'état actuel comporte des déclivités moyennes localisées dans la majeure partie du tracé. La modernisation du profil en long comportera, donc à adopter des déclivités régulières et à éliminer les éventuels sommets de côtes.

### 3- TRACE DE LA LIGNE ROUGE (PROJET) :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la stabilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il a lieu :

- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'adapter le terrain pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- De rechercher un équilibre entre le volume des déblais et le volume des remblais.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur de grandes distances.
- D'éviter les hauteurs excessives des remblais.

### 4- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG :

Le coût d'une construction routière varie en fonction de son profil en long, les coûts d'exploitation des véhicules empruntant la route et le nombre d'accident, à cet effet quelques règles pratiques régissant ceux-ci doivent être suivies : [5]

- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente de profil en long.
- 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.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.

- 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 de certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de 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.

### 5- LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccords paraboliques caractérisés par leur rayon. [5]

#### • Les types de rayons :

- Les rayons en angles rentrants (concaves).
- Les rayons en angle saillant (convexes).

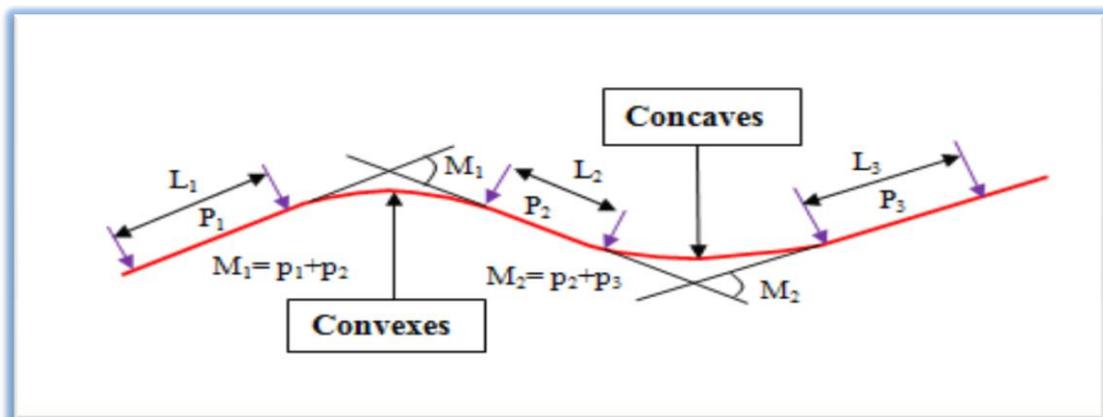


Figure 3.1 : Élément géométriques du profil en long [15]

### 6- COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

Il est 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'échanges) afin :

- D'assurer de bonnes conditions générales de visibilité.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs... etc.).
- De prévoir, de loin, l'évolution du tracé.

**7- DECLIVITES :**

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées. [5]  
Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence des deux déclivités.

- Raccordement pente- rampe ( $m < 0$ ): arc concave.
- Raccordement rampe- pente ( $m > 0$ ): arc convexe.

**7-1 Déclivité minimale :**

- Il est recommandé d'éviter les pentes inférieures à 1%, et surtout à 0,5% et ceci dans le but d'éviter la stagnation des eaux.
- Dans les longues sections en déblais on prend  $I_{min} = 0,5\%$  pour que les ouvrages de canalisation ne soient pas profonds. [5]

**7-2 Déclivité maximale :**

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.).

**Tableau 3.1 : valeur de la déclivité maximale [5]**

VB (Km/h)	40	60	80	100	120	140
$I_{max}$ (%)	8	7	6	5	4	4

Pour notre cas la vitesse  $V_B = 100$  Km/h donc la pente maximale  $I_{max} = 5\%$ . Sur les sections spécifiques les pentes dépendront des vitesses tolérées et des conditions de terrain.

**8- RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :**

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante. Et on distingue deux types de raccordements : [5]

**8.1- Raccordements convexes (angle saillant) :**

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition : [5]

- condition de confort.
- condition de visibilité.

**8.1.1-Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à : [5]

$$\frac{g}{40} \longrightarrow \text{(Cat 1-2)}$$

$$\frac{g}{30} \longrightarrow \text{(Cat 3-4-5)}$$

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

$$\text{Pour (Cat 1-2)} \quad R_v \geq 0,3 V^2$$

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

avec :

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

$V_B$  : vitesse de référence (km/h).

**8.1.2-Condition de visibilité :**

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante. Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante : [5]

$$R_v \geq \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

Avec :

$d_1$  : distance d'arrêt (m).

$h_0$  : hauteur de l'œil (m).

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

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base, l'environnement et la catégorie de la route, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base  $V_B = 100$  Km/h, la catégorie **C1** et pour l'environnement **E1** on à :

Tableau 3.2 : Rayons verticaux pour un angle saillant [5]

Catégorie		C1
Environnement		E1
Vitesses de base (Km/h)		100
Déclivité maximale $I_{\max}$ (%)		5%
<b>Rayon</b>	<b>symbole</b>	<b>Valeur</b>
Min-absolu	$R_{vm}$	6000
Min- normal	$R_{vn}$	12000
Dépassement	$R_{vd}$	20000

Remarque : [18]

- Utiliser si possible, des rayons supérieurs aux valeurs minimales normales.
- Éviter les successions de raccordements circulaires.
- Mettre le P.L de préférence en léger remblai.

### 8.2- Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation : [5]

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1,5 + 0,035 d_1)}$$

Tableau 3.3 : Rayons verticaux pour un angle rentrant [5]

Catégorie		C1
Environnement		E1
Vitesses de base (Km/h)		100
Déclivité maximale $I_{\max}$ (%)		5%
<b>Rayon</b>	<b>symbole</b>	<b>Valeur</b>
Min-absolu	$R_{vm}$	3000
Min- normal	$R_{vn}$	4200
Dépassement	$R_{vd}$	20000

### 9-DÉTERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle : [9]

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

À l'équation de la parabole :

$$X^2 - 2 RY = 0 \Rightarrow Y = \frac{X^2}{2 R}$$

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

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

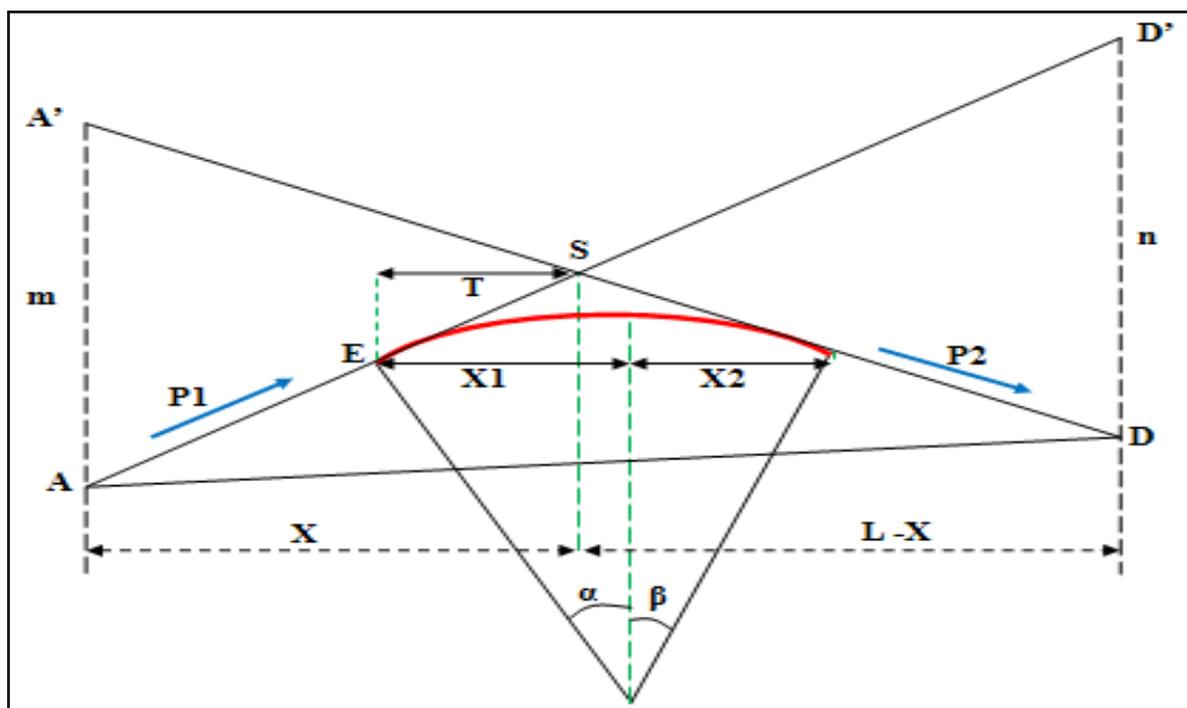


Figure 3.2 : Schéma de la courbe du profil en long [5]

#### 9-1 Calcul des éléments de profil en long :

##### 9.1.1-Détermination de la position du point de rencontre (s) :

On a :

$$Z_{D'} = Z_A + L \times P_2 \quad ; \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{A'} = Z_D + L \times P_1 \quad ; \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc : [9]

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

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

### 9.1.2-Calcul de la tangente:

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.

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

$$E \begin{cases} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T \times P_1 \end{cases} \quad F \begin{cases} X_F = X_S - T \\ Z_F = Z_S - T \times P_2 \end{cases}$$

### 9.1.3-Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

### 9.1.4-Calcul de la flèche :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

### 9.1.5-Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \begin{cases} H_x = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_B + Xp_1 - \frac{X^2}{2R} \end{cases}$$

### 9.2.1-Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

$$J \begin{cases} X_J = X_E - R \times P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \times P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{cases}$$

$$\text{Avec: } \begin{cases} X_1 = R \times P_1 \\ X_2 = R \times P_2 \end{cases}$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne du projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J ver A et D. [9]

### 9.2.1-Raccordement des dévers :

Le raccordement des dévers dans une rampe d'échangeur se fera de la manière suivante :

- Dans la partie droite de la rampe le dévers est égal à 2,5%.
- Dans la partie circulaire le dévers est constant et prend la valeur de 6%.
- Entre l'alignement droit et la courbe circulaire (sur la clothoïde), le dévers est variable.

## 10- CALCUL DE PROFIL EN LONG :

### 10. 1- Cas d'un rayon concave :

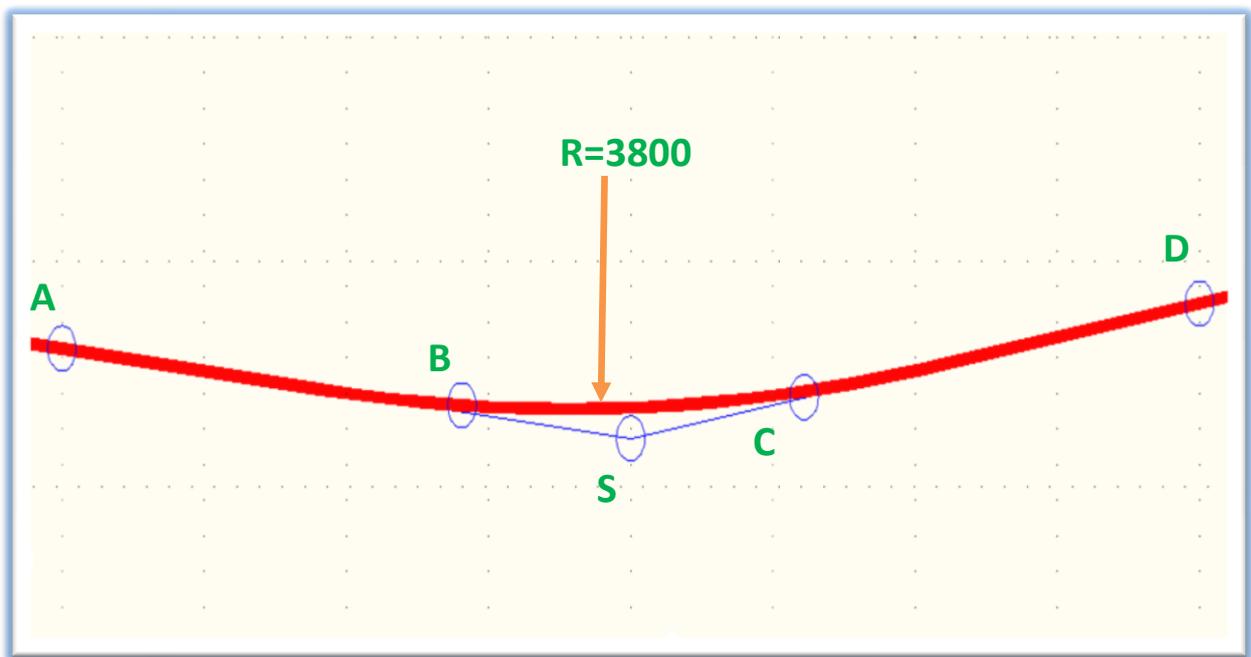


Figure 3.3: Courbe concave.[15]

$$A \begin{cases} AK_0 = 724200 \text{ m} \\ Z_A = 10060 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_0 = 805180 \text{ m} \\ Z_S = 7700 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_0 = 895900 \text{ m} \\ Z_D = 7810 \text{ m} \end{cases}$$

## ➤ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta z_1}{\Delta ak_1} \times 100$$

$$P_1 = \frac{7700 - 10060}{805180 - 724200} \times 100$$

$$P_1 = -2.9\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta z_2}{\Delta pk_2} \times 100$$

$$P_2 = \frac{7810 - 7700}{895900 - 805180} \times 100$$

$$P_2 = 0,12 \%$$

## ➤ Calcul des tangentes :

$$T = \frac{r}{2} |P_2 - P_1|$$

$$T = \frac{3800}{2} \times |0.0012 + 0.029|$$

$$T = 57,38 \text{ m}$$

## ➤ Calcul des flèches :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

$$H = \frac{57,38^2}{2 \times 3800}$$

$$H = 0,43 \text{ m}$$

## ➤ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} ak_b = Ak_s - t = 747,8 \text{ m} \\ Z_b = Z_s - t \times |P_1| = 89,40 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} AK_C = AK_S + T = 862,56 \text{ m} \\ Z_C = Z_s + t \times |P_2| = 83,88 \text{ m} \end{cases}$$

## 10.2. Cas d'un rayon convexe:

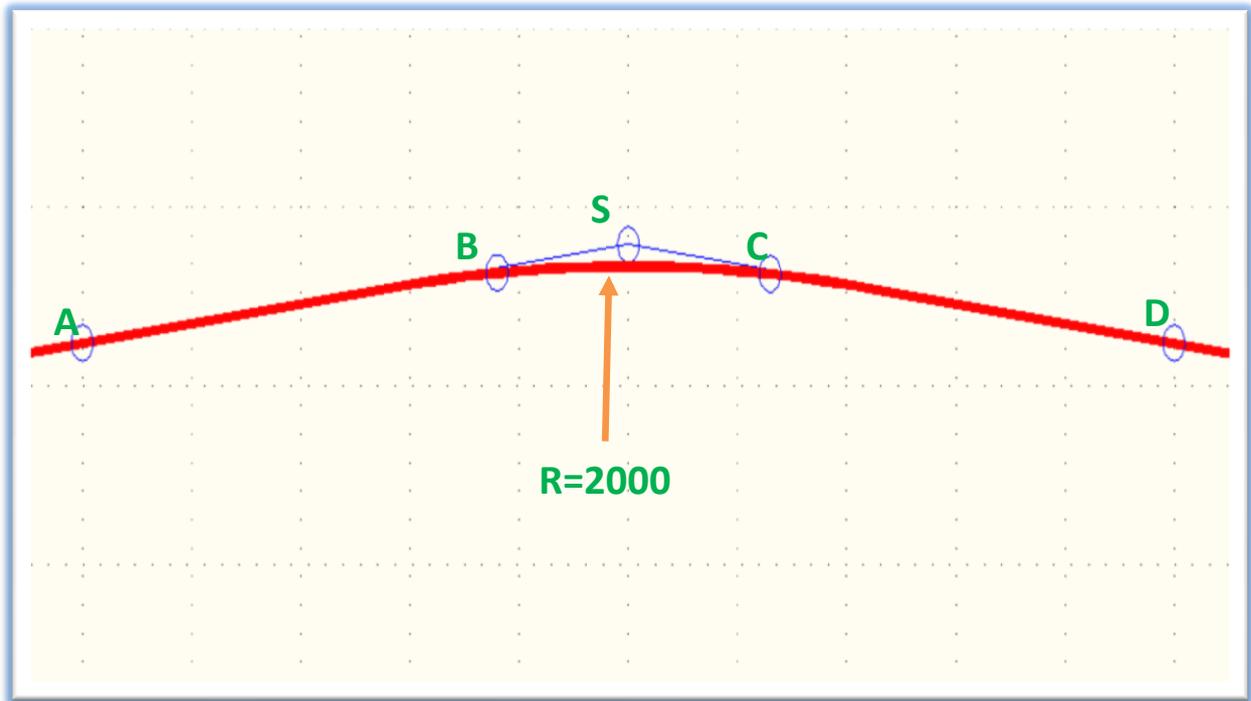


Figure 3.4: Courbe convexe.[15]

$$A \begin{cases} AK_1 = 225000 \text{ m} \\ Z_A = 13110 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_1 = 401600 \text{ m} \\ Z_S = 17760 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_1 = 499500 \text{ m} \\ Z_D = 13980 \text{ m} \end{cases}$$

➤ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta ak_1} \times 100$$

$$P_1 = \frac{17760 - 13110}{401600 - 225000} \times 100$$

$$P_1 = 2.63 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta pk_2} \times 100$$

$$P_2 = \frac{13980 - 17760}{499500 - 401600} \times 100$$

$$P_2 = -3.86 \%$$

## ➤ Calcul des tangentes :

$$T = \frac{r}{2} |P_2 - P_1|$$

$$T = \frac{2000}{2} \times |-0.0263 - 0.0386|$$

$$T = 64.9 \text{ m}$$

## ➤ Calcul des flèches :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

$$H = \frac{64.9^2}{2 \times 2000}$$

$$H = 1,05 \text{ m}$$

## ➤ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} ak_b = AK_s - t = 336,6 \text{ m} \\ Z_b = Z_s - t \times |P_1| = 175,8 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} Ak_c = Ak_s + T = 466.6 \text{ m} \\ Z_c = Z_s - t \times |P_2| = 175,1 \text{ m} \end{cases}$$

## 1- INTRODUCTION :

Le profil en travers est le levé perpendiculaire à l'axe de la route sur un plan vertical. La plate-forme des routes comprend : les chaussées, les accotements latéraux et éventuellement un terre-plein central.

Le profil en travers doit être tel qu'il puisse assurer à tout moment l'écoulement du trafic actuel et prévisible dans de bonnes conditions de sécurité et de confort, et ainsi l'évacuation rapide des eaux de pluie.

## 2- MODERNISATION DU PROFIL EN TRAVERS :

La route existante présente un profil en travers caractérisé par une chaussée de largeur variable. En effet La sortie sur site nous a permis, en premier de relever que la largeur de la chaussée existante n'est pas fixe le long de tracé (varie entre 4m et 6m), en second lieu de constater une insuffisance des accotements et leur absences au niveau de certaines sections de la route

La modernisation du profil en travers du tronçon nécessite des solutions délicates d'élargissement du profil en travers actuel, mais le coté d'élargissement est variable le long de l'itinéraire, il est en fonction des contraintes rencontrés aux bords de la plate-forme.

## 3- TYPES DE PROFIL EN TRAVERS :

On distingue deux types de profils :

- profil en travers type
- profil en travers courant.

### 3-1 Le profil en travers type :

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

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

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

### 3-2 Le profil en travers courant :

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

## 4- LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS :

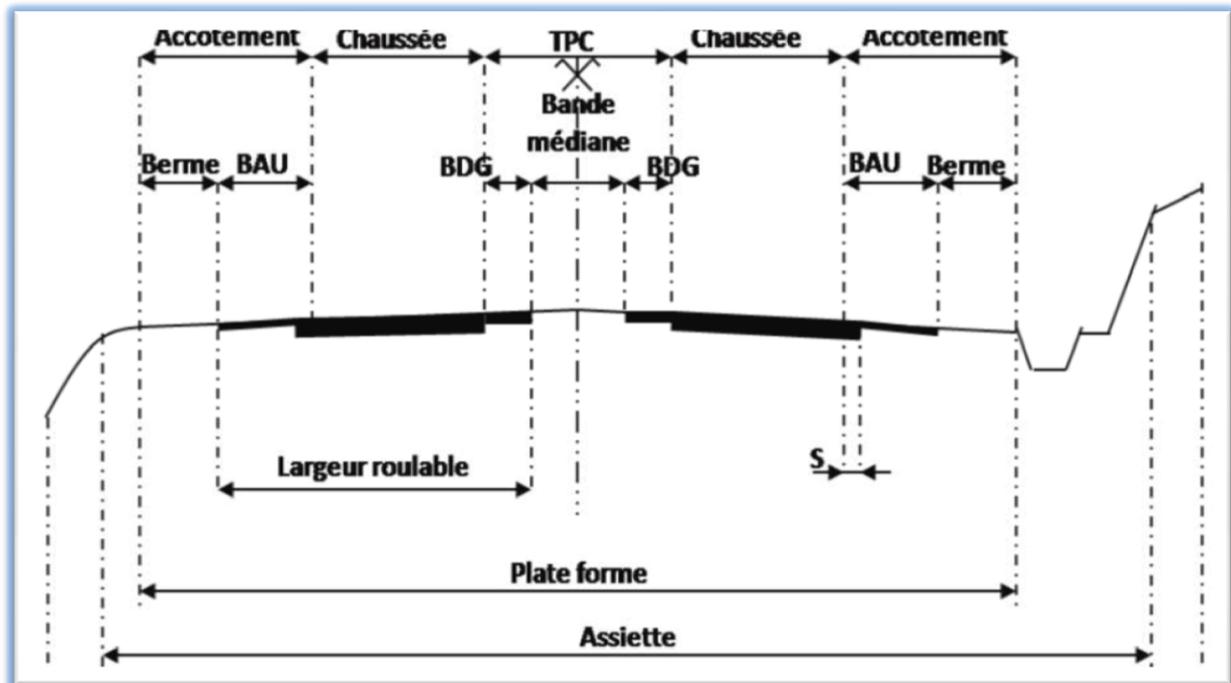


Figure 4.1 : Éléments du profil en travers[20]

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants : [5]

- **La chaussée** : Surface de la route aménagée pour la circulation des véhicules. Au sens structural c'est l'ensemble des couches de matériaux qui supportent le passage des véhicules.- Elle comprend les sur-largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.
- **La plate forme** : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- **L'assiette** : Champ du terrain occupée par la chaussée, elle comprend les accotements les fossés et l'encombrement total des ouvrages.
- **L'emprise** : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- **Les accotements** : Zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Les accotements sont « dérasés » s'ils sont au même niveau que la chaussée. Ils sont « surélevés » dans le cas contraire.
- **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.

- **B.D.G** : Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.
- **Berme** : Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.
- **B.A.U** : Partie de l'accotement, contigu à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut sur la sur largeur structurelle de la chaussée.
- **Banquette** : Parapet de terre établi le long d'une route.
- **Caniveau** : Bordure extérieure de la chaussée aménagée pour l'écoulement de l'eau.

### 5- APPLICATION AU PROJET :

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

- Chaussée :  $3,8 \times 2 = 7.60$  m.
- Accotement :  $2,50 \times 2 = 5$  m.
- terre plein centrale : 3 m
- Plate forme : 23,2 m.

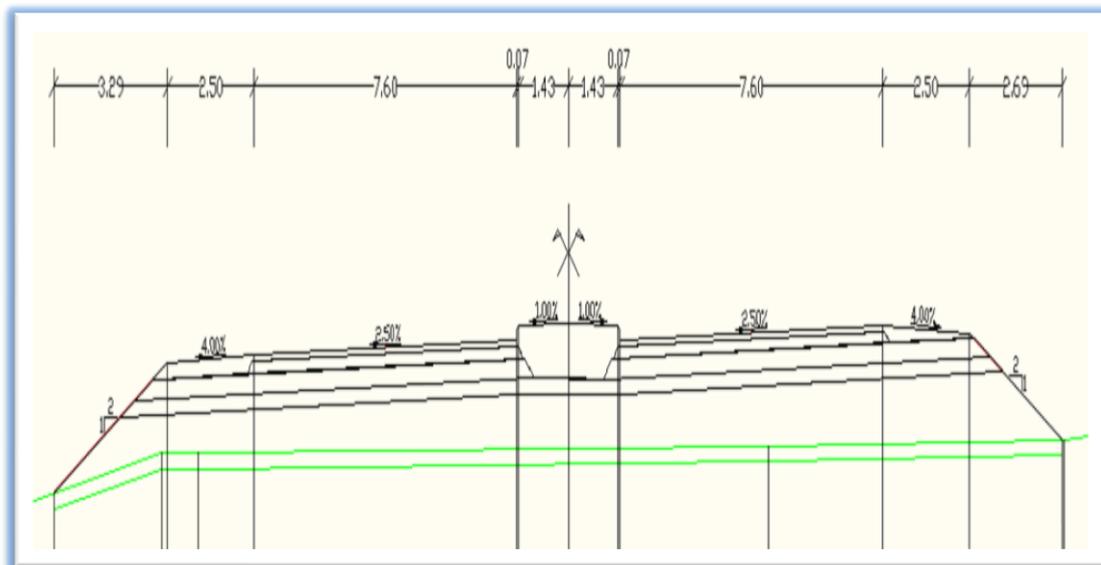


Figure 4.2 : profil en travers type en remblai[ 20]

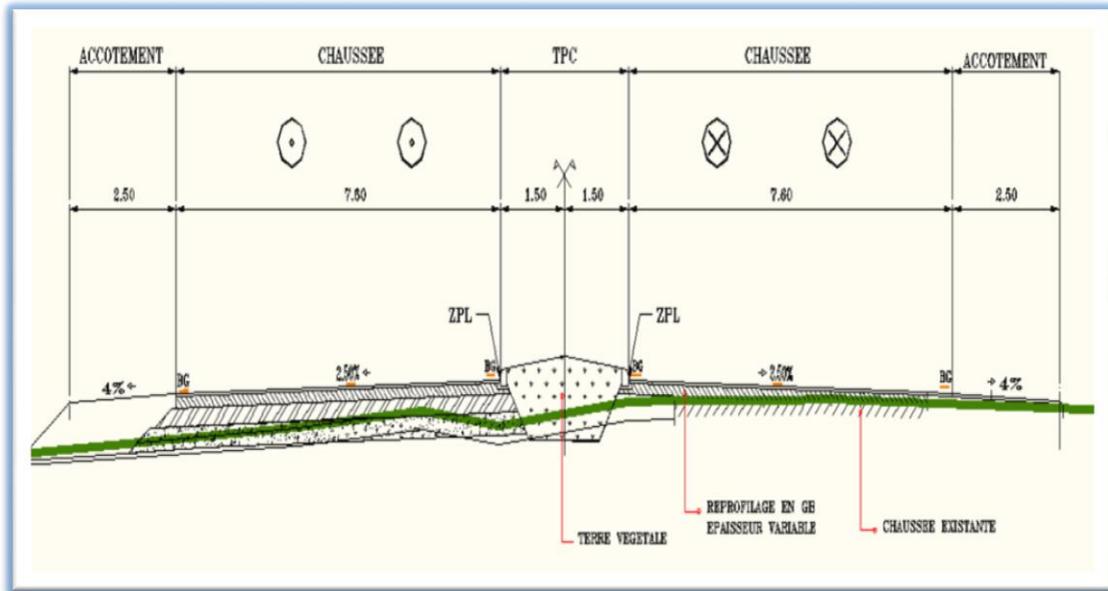


Figure 4.3 : profil en travers type mixte[20]

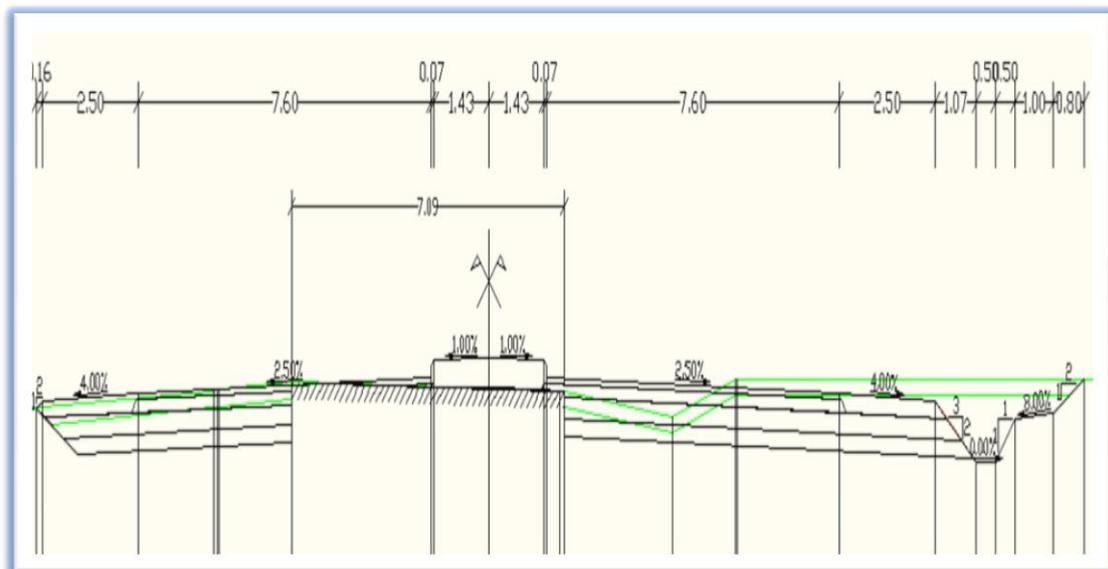


Figure 4.4: profil en travers type déblai.[20]

## 1- INTRODUCTION :

La géotechnique a pour but d'analyser les caractéristiques mécaniques et physiques du sol support. Pour l'élaboration et l'exécution d'un projet il est nécessaire d'avoir une connaissance des terrains traversés. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'information indispensable, car elle permet :

- En phase d'étude, de bien définir le projet (dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux).
- En phase d'exécution : elle permet de réaliser les travaux avec minimum de risques possibles (choix des moyens et des matériaux adaptés à la nature des sols).

## 2- OBJECTIFS :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en: [9]

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

## 3- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement [9]:

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

## 4- LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRES :

Les essais réalisés en laboratoire sont: [9]

### Les essais physiques:

- Détermination de la teneur en carbonate  $\text{CaCO}_3$ .
- Equivalent de sable ES.
- Limites d'Atterberg.
- Poids spécifique du sol.
- Analyse granulométrique.
- Limite de retrait  $W_r$ .

### Les essais mécaniques:

- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Essai Micro Deval.

**4.1- les essais physiques:****4.1.1-Masse volumique et teneur en eau :**

- **Teneur en eau:** Exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit:

$$\omega = W_w/W_s$$

- **Masse volumique:** ( $\gamma$ ) est la masse d'un volume unité de sol:

$$\gamma = W / V$$

On calcule aussi la masse volumique sèche:

$$\gamma_d = W_s / V$$

- **Principe de l'essai:**

On utilise le principe de la poussée d'Archimède. En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

- **But de l'essai:**

Le but de cet essai est de déterminer expérimentalement au laboratoire, certaines caractéristiques physique des sols.

- **Domaine d'utilisation:** Cet essai utilisé pour classer les différents types de sols.

**4.1.2-Analyses granulométriques :**

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique est 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 passoire 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 [17].



Figure 5. 1: Analyses granulométriques.[1]

#### 4.1.3-Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (Wp), caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique. Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.  
Limite de liquidité (WL), caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide:

$$WL = w (N/25)^{0,121}$$

Avec :

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

N: nombre de coups.

L'indice de plasticité (IP):

$$IP = WL - WP$$

➤ **Principe de l'essai:**

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

➤ **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).



Figure 5. 2: Limites d'Atterberg.[1]

#### 4.1.4-Equivalent de sable :

Lorsque les sols contiennent très peu de particules fines, les limites D'ATTERBERG ne sont pas mesurables, pour décaler la présence en quantité plus ou moins importante de limon et d'argile, on réalise un essai appelé équivalent de sable.

➤ **Principe de l'essai:**

L'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm; il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).

➤ **But de l'essai:**

Cet essai permet de mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. Et surtout utilisé par les matériaux routiers et les sables à béton. Car il permet de séparer les sables et graviers des particules fines comme les limons et argiles.

Cet essai révèle très intéressant au laboratoire et sur chantier grâce à sa simplicité, sa rusticité, son faible coût et sa rapidité.

➤ **Domaine d'application:**

Cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants:

- Classification des sols.
- Etude des sables et sols fins peu plastique.
- Choix et contrôle des soles utilisable en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sables à béton.
- Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.

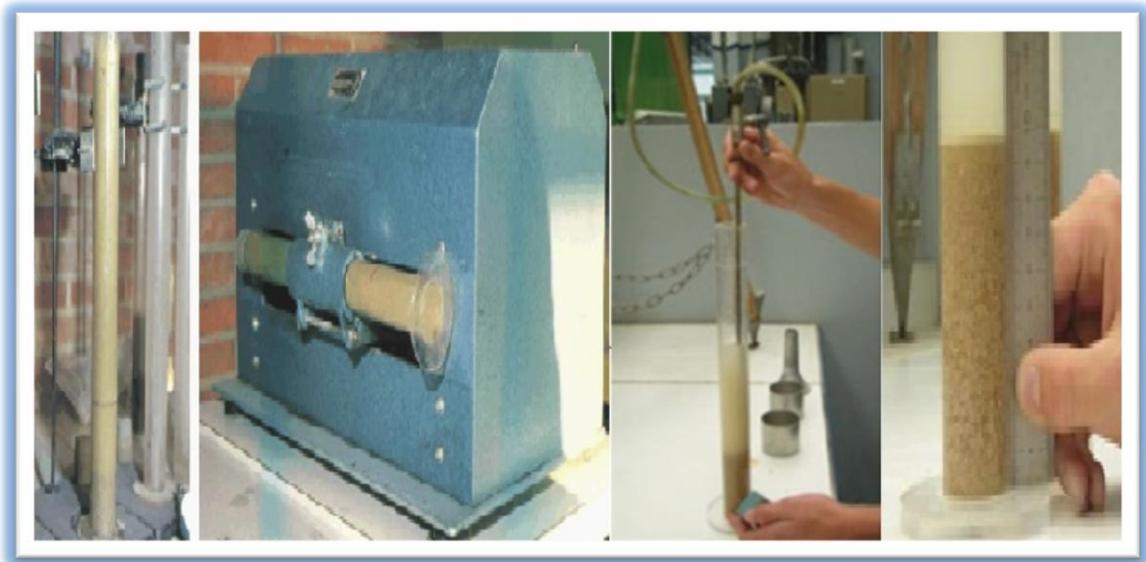


Figure 5. 3: Equivalent de sable.[1]

#### 4.1.5-Essai au bleu de méthylène :

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 100gramme de sol s'appelle Valeur Au Bleu du sol et est notée VBs, la VBs reflète globalement:

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol (0/d) avec  $d \leq 10\text{mm}$  et à ajouter à cette suspension des doses successives de 5 ml d'une solution de bleu de méthylène jusqu' à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, l'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

La valeur VBs est alors calculée à l'aide de la relation:

$$VB_s = VB_s \left( \frac{0}{d} \right) * C \frac{0}{100C} \left( \frac{0}{d} \right)$$

Étant le pourcentage de la fraction 0/d du sol étudié .

##### ➤ But de l'essai :

Evaluer la richesse en argile d'un sol en mesurant sa capacité d'adsorption de molécules de bleu de méthylène.

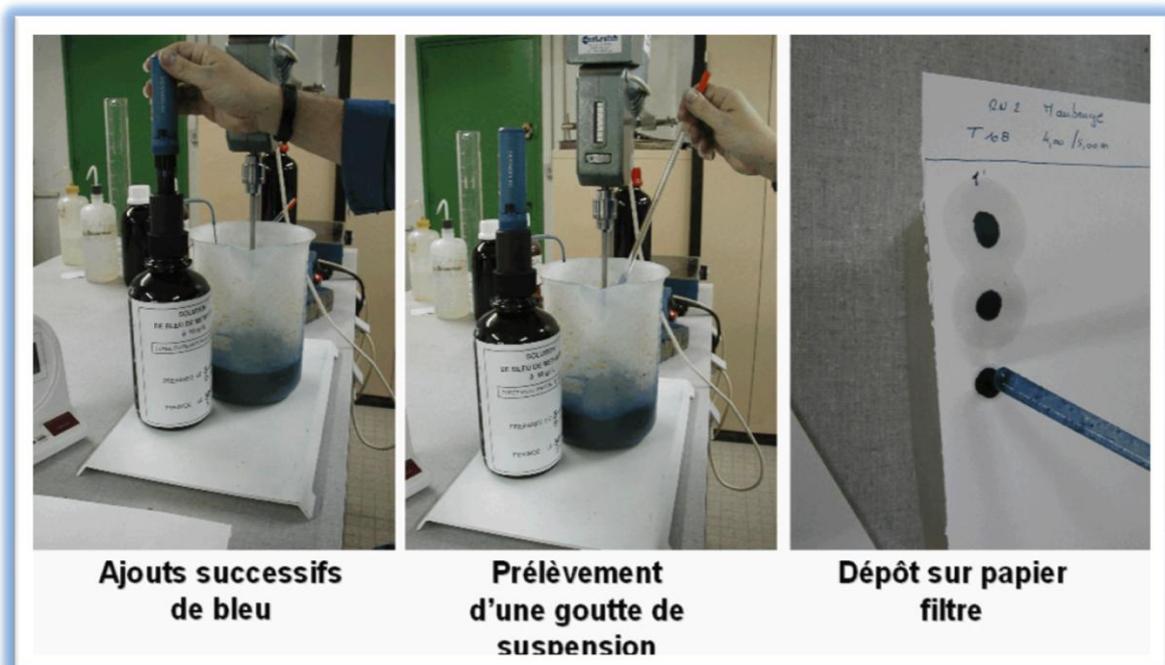


Figure 5. 4: Essai au bleu de méthylène.[1]

## 4.2-Les Essais mécaniques :

### 4.2.1-Essai Proctor :

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il ya 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 compacter 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 passants 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:

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



Figure 5. 5: Essai Proctor.[1]

#### 4.2.2-Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

On réalise en général trois essais : CBR standard, CBR immédiat, CBR imbibé.

On s'intéresse actuellement au CBR imbibé.

➤ **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 passer 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 correspondante, 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 [9].



Figure 5. 6 : Essai C.B.R.[1]

### 4.2.3-Essai Los Angeles :

L'essai los Angeles est un essai très fiable est de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau.

➤ **Principe de l'essai:**

L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine Los Angles.

➤ **But de l'essai:** L'essai a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par choc et la résistance obtenue par frottement des granulats.

➤ **Domaine d'application:**

L'essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de roulement).



Figure 5. 7 : Essai Los Angeles.[1]

#### 4.2.4-Essai Micro Deval :

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide). On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée.

➤ **Principe de l'essai:**

L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm (Tamis de 1,6 mm) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.

➤ **But de l'essai:**

L'essai Micro-Deval humide permet de mesurer la résistance à l'usure des matériaux dans des conditions bien définies. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

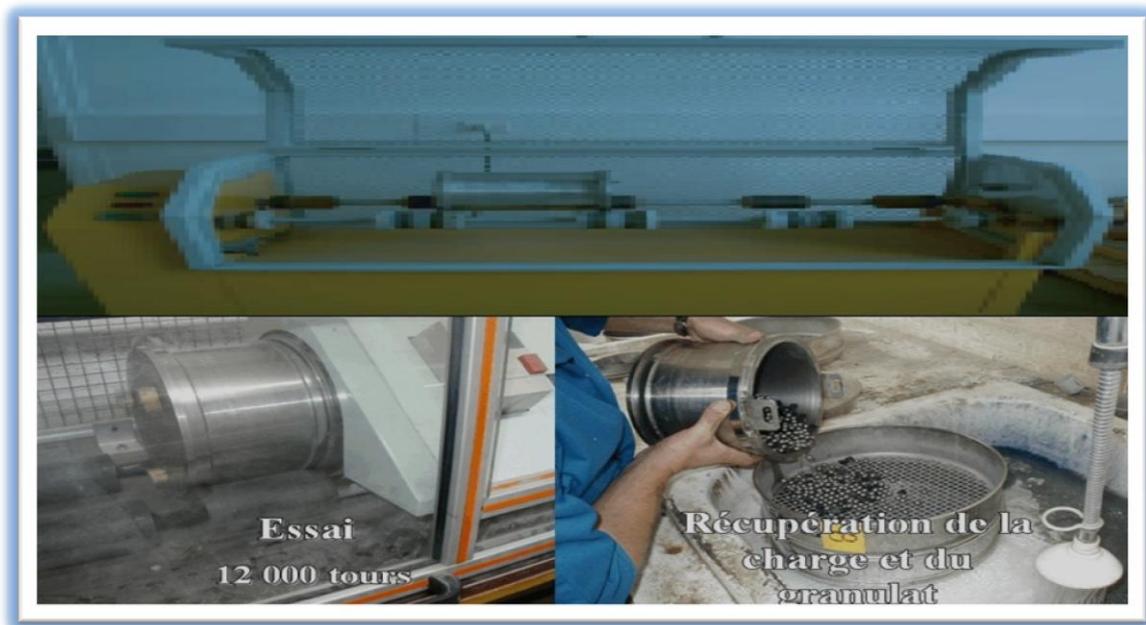


Figure 5. 8: Essai Micro Deval.

**5- CONCLUSION :**

Tous les acteurs d'un projet sont concernés par les études géotechniques, d'où leur importance. Les entreprises qui réalisent les ouvrages sont directement confrontées aux conditions géotechniques réelles du site et doivent obligatoirement s'y adapter.

Le maître d'ouvrage par exemple, instigateur et destinataire final du projet, se doit de connaître le site sur lequel doit s'implanter l'ouvrage afin d'en maîtriser les conditions de construction et d'exploitation. Le maître d'œuvre, chargé de la réalisation du projet, doit en identifier les risques et prendre les dispositions appropriées pour les maîtriser. Quant aux bureaux d'études techniques chargés de finaliser les projets, ils doivent en maîtriser l'interface avec les terrains d'assise (dimensionnements et maîtrise des coûts / aléas). Les contrôleurs techniques, doivent s'assurer que les choix techniques mis en œuvre permettent de garantir la pérennité de l'ouvrage, notamment vis à vis de l'adaptation au site, et la sécurité des travaux.

## 1- INTRODUCTION :

La qualité des chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées. La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans des conditions de confort et de sécurité voulues.

## 2- LA CHAUSSÉE :

### 2.1- Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet à la suite, la chaussée est appelée « comme nous avons vu », à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature
- En reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière. Au sens structurel la chaussée est définie comme un ensemble de couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

### 2.2- Les différents types de chaussée :

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

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

#### 2.2.1- Chaussée souple :

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

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini. En principe une chaussée peut avoir en ordre les 04 couches suivantes :

##### a- Couche de roulement (surface) :

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

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

**b- Couche de base :**

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic aussi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et répartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

**c- Couche de fondation :**

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

**d- Couche de forme :**

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm

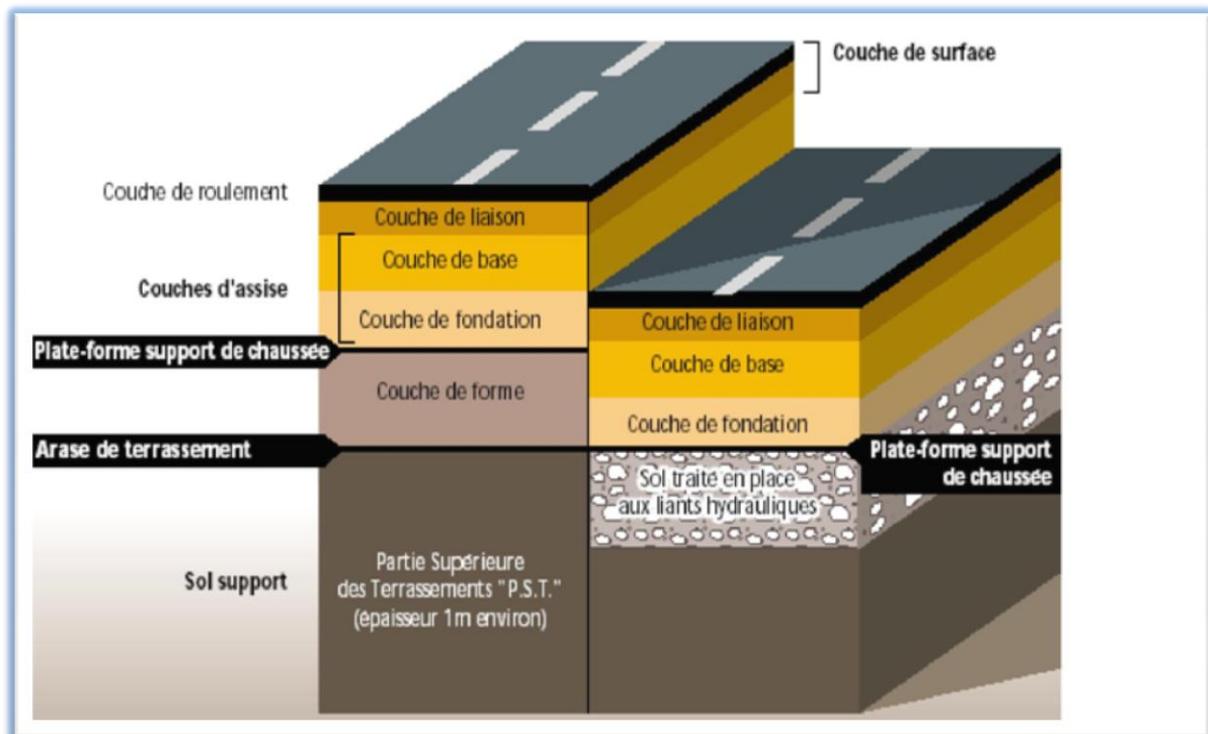


Figure 6.1 : Constitution des structures de chaussée.[13]

### 2.2.2- Chaussée semi –rigide :

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...). La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

### 2.2.3- Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

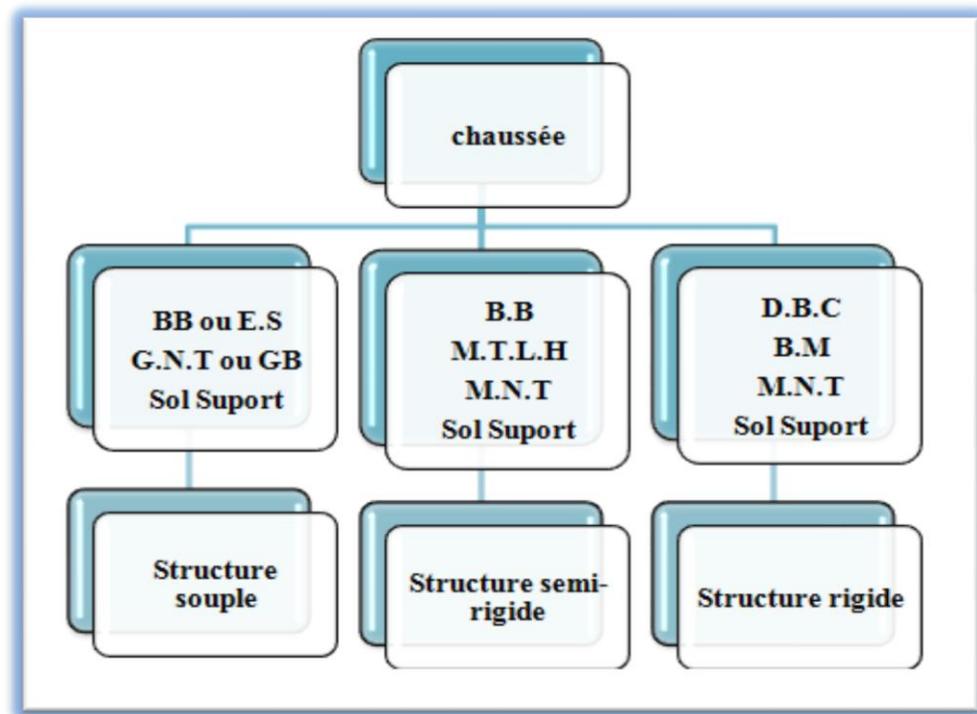


Figure 6.2 : Schéma récapitulatif Chaussée[14]

**BB** : Béton bitumineux.

**GB** : Grave bitume.

**ES** : Enduit superficiel.

**M.T.L.H** : Matériaux traités aux liants hydrauliques.

**G.N.T** : Grave non trait.

**D.B.C** : Dalle en béton de ciment.

**B.M** : Béton maigre.

### 3- LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles de méthodes: [10].

- 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 s'intéresse aux méthodes empiriques les plus utilisées.

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

##### 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.

##### a- 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 > 5t.

**Tableau 6. 1 : Classification des trafics en France [11].**

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

##### b- Trafic cumulé équivalent (T<sub>e</sub>) :

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 [11]:

$$NE = N \times CAM$$

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, telle que:

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

Avec:

P: durée de vie.

$\tau$ : Taux de croissance de trafic.

CAM: est le coefficient d'agressivité moyenne de PL par rapport à l'essieu de référence.

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

**Tableau 6. 2 : Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd [12].**

Classe de trafic	T5	T4	T3 <sup>-</sup>	T3 <sup>+</sup>	Au-delà
CAM	0,4	0,5	0,7	0,8	0.8 si e <sub>20</sub> <cm
					1.0 si e >20cm

### 3.1.2. Le climat et l'environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations. L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

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

### 3.1.3. Le sol support :

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de L'indice CBR. Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support. Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95 % de la densité à l'O.P.M.

**Tableau 6. 3 :L'portance de sol en fonction de l'indice de CBR [9].**

portance	1	2	3	4
CBR	<3	3à6	6à10	10à20

### 3.1.4. Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL [13].

### 3.2- Les méthodes empiriques :

#### 3.2.1- 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 [4].

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.  $e=100+(\sqrt{p})(75+50\log N10)ICBR+5$

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

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

$$N = T_h \cdot \%PL$$

TH: trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_h = \frac{T_0}{2}(1+\tau)m$$

Avec:

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.

**Tableau 6. 4 :Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.[9]**

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment grave laitier	1,50
Grave bitume	1,20 à 1,70
Grave concassée ou gravier	1,00
Grave roulée grave sableuse -T.V.O	0,75
Sable ciment	1,00 à 1,20
Sable	0,50
Tuf	0,80 0,90

### 3.2.2- 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 1500 PL/J/sens. Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation [10].

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

- Trafic cumulé de poids lourd à la 15ème année  $T_j$ .
- Les caractéristiques du sol ( $S_j$ ).

#### a-Détermination de la classe de trafic:

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

**Tableau 6.5 : La classe du trafic de poids lourd [10].**

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 15 ans
$T_1$	$T < 7,3 \cdot 10^5$
$T_2$	$7,3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
$T_3$	$2 \cdot 10^6 < T < 7,3 \cdot 10^6$
$T_4$	$7,3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
$T_5$	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

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

Avec :

$T_{PL}$  : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n : durée de vie.

#### b-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 6.6 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR. [10]

Classe de sol (Si)	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

#### 4- APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on utilise les méthodes:

- La méthode dite CBR.

##### 4.1- Méthode « CBR » :

On a :  $I_{CBR} = 8$  ce sol appartient dans (S3).

Pour passer au sol d'une bonne portance on ajoute une couche de forme de **40cm** du matériau non traité.

$$e = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

Avec :

P : charge par roue P = 6,5 t (essieu 13 t).

Log : logarithme décimal.

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

$$N = T_{2035} \times \%PI$$

Avec : %PL=40%,  $\tau = 2\%$ ,  $I_{CBR} = 8$

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + 0,04)^m = \frac{15300}{2} (1 + 0,04)^{15} \Rightarrow T_H = 13778 \text{ V/J/sens}$$

$$N = 13778 \times 0,40 \Rightarrow N = 5511 \text{ pl/j/sens}$$

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6}, 5)(75 + 50 \log \frac{5511}{10})}{8 + 5} = 49,3 \text{ cm}$$

Donc :  $E_{eq} = 50 \text{ cm}$

On a :  $E_{eq} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$

Pour déterminer la structure définitive on fixe les épaisseurs  $e_1$ ,  $e_2$  et on calcule l'épaisseur  $e_3$  :

$e_1 = 8 \text{ cm}$  en béton bitumineux (BB)  $C_1 = 2,0$

$e_2 = 12 \text{ cm}$  en grave bitume (GB)  $C_2 = 1,2$

$e_3 =$  épaisseur en grave concassé (GC)  $C_3 = 1$

$E_{eq} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$

$$e_3 = \frac{E_{eq} - (c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2)}{c_3}$$

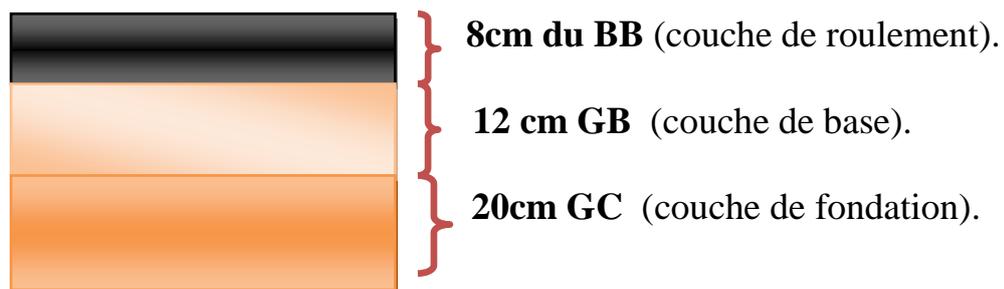
$$e_3 = \frac{50 - (8 \times 2 + 12 \times 1,2)}{1} = 19,6 \text{ cm}$$

Donc :  $e_3 = 20 \text{ cm}$

**Tableau 6.7 : Récapitulatif des résultats.**

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Epaisseur équivalente (cm)
BB	8	2	16
GB	12	1,2	14,4
GC	20	1	20
TOTAL	40		50,4

Notre structure comporte : **8BB + 12GB + 20GC**



**Figure 6.3 : Récapitulatif des résultats de la méthode CBR.**

**5- CONCLUSION :**

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

A savoir : **8BB+12GB+20GC** avec une couche de forme de 40cm.

## 1-INTRODUCTION :

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échange et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables. L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

## 2-LES TYPES DE CARREFOURS :

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

### 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.

### 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°).

### 2.3- carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées(ou quasi).

### 2.4-carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncés par une signalisation spécifique.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

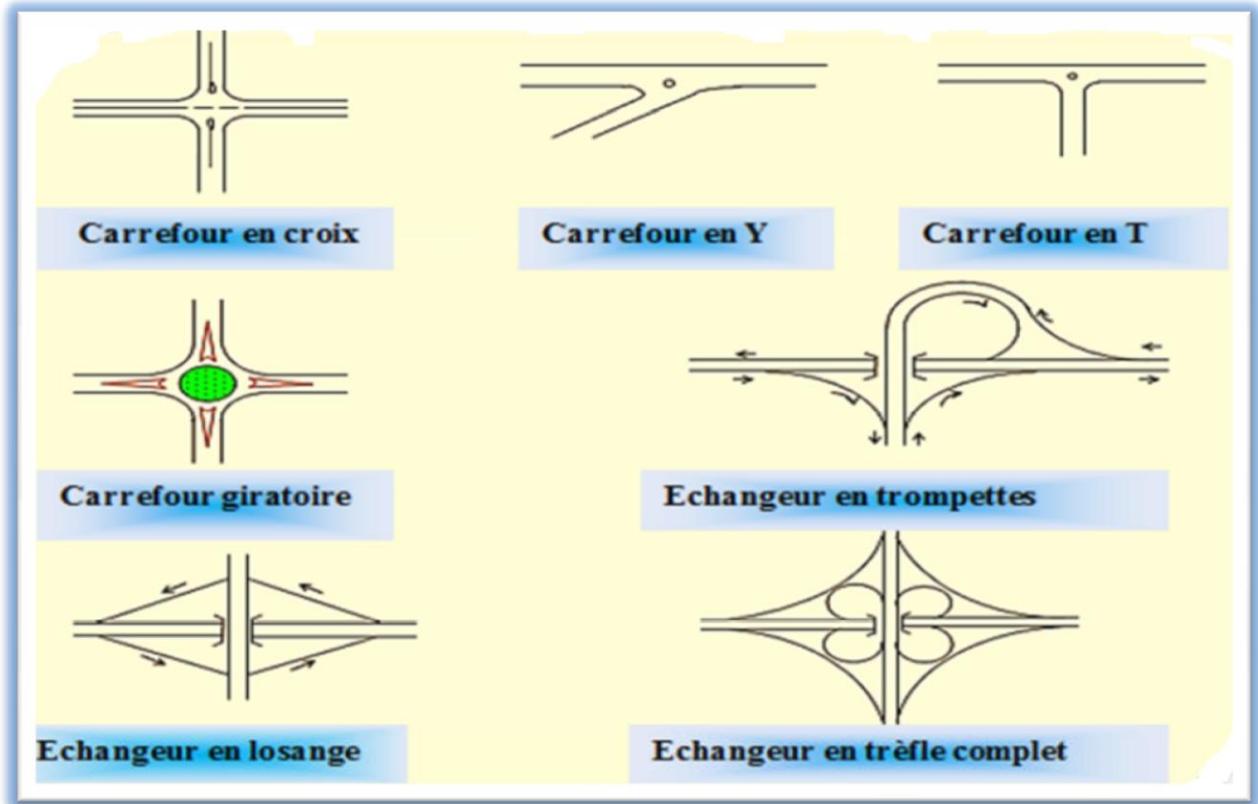


Figure 7. 1: Les types de carrefours [21]

**3-CLASSIFICATION DES CARREFOURS :**

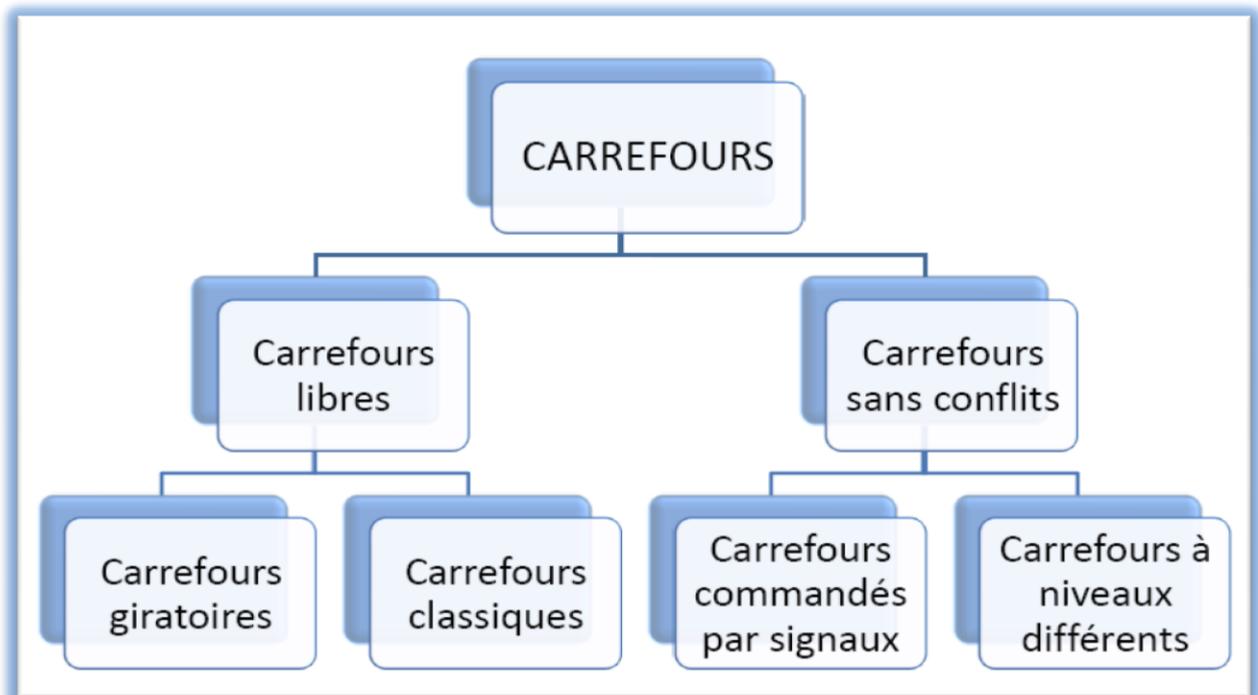


Figure 7.2 Le classement d'un carrefour.[20].

## **4-LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DU CARREFOUR GIRATOIRE :**

### **4.1-LES AVANTAGES :**

- L'adaptation au trafic est automatique, par la priorité donnée aux véhicules déjà insérés.
- La vitesse est limitée par l'infrastructure, et la sécurité routière est donc améliorée.
- Il n'y a pas besoin de feux, donc pas besoin d'électrifier le carrefour, ce qui est intéressant en zone très rurale.
- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise de l'espace.
- Diminution des nuisances.
- Faciliter l'insertion d'un grand nombre de branches.
- Economie de régulation et d'exploitation. [20]

### **4.2-LES INCONVENIENTS :**

- Consommation d'emprise importante.
- Entretien de l'îlot central.
- Transport public non prioritaire.
- Absence de prise en charge correct des piétons.
- Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité). [20]

## **5-DONNEES UTILES A L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :**

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre de données essentielles concernant : [11]

- La valeur du débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements, tournant leur évolution prévisible dans le futur.
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Le respect de l'homogénéité de tracé.
- La surface neutralisée par l'aménagement.
- La condition topographique.

## 6-PRINCIPES GÉNÉRAUX D'AMENAGEMENTS D'UN CARREFOUR :

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de  $90 \pm 20$  à fin d'obtenir de meilleures conditions de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

### 6.1-LA VISIBILITE :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide. En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir : [11]

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).

### 6.2-TRIANGLE DE VISIBILITE :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets : [11]

- Le point de conflit.
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

### 6.3- DONNEES DE BASE :

- La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide ( $V_0$ ) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.
- D'après le B40 : En catégorie **1** et environnement **3**, et  $V_B = 80\text{Km/h}$ .  $a = 2,5\text{m}$  (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt).

**6.4- LES ILOTS :**

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, ou aussi de limiter les voies de circulation.

**6.4.1-Ilot séparateur :**

Les éléments principaux de dimensionnement sont : [5]

- Décalage entre la tête d'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.
- Rayon en tête d'îlot séparateur : 0,5m à 1m.
- Longueur de l'îlot : 15m à 30m.

**6.4.2-Ilot directionnel :**

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées Et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1 m. [5]

**6.4.3- Les couloirs d'entrée et de sortie :**

Longueur de couloirs { Entrée 4m (accotement dérasé 1,5m).  
Sortie 5m (accotement dérasé 0,5m).

**6.5-SIGNALISATION DU CARREFOUR :**

La signalisation du carrefour est composée de quatre éléments complémentaires : [5]

- La signalisation de priorité : On trouve le panneau de route prioritaire Sur la route principale.
- Les panneaux de prescription : On trouve les panneaux de priorité de passage, Céder passage et Stop sur la route secondaire.
- Le marquage au sol et les plots.
- La signalisation de direction.

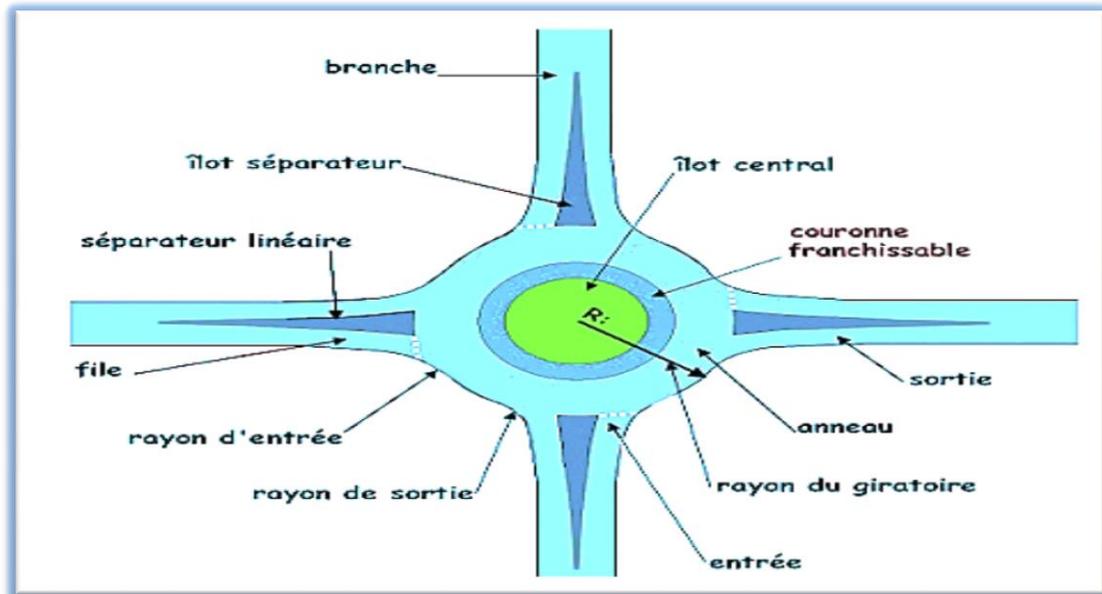


Figure 7.3: Terminologie d'un carrefour giratoire. [20]

## 7-APPLICATION AU PROJET :

- **Données de base :**
- La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide ( $V_0$ ) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.



Figure 7.4: Carrefour giratoire (PK 2+925.00).[20]

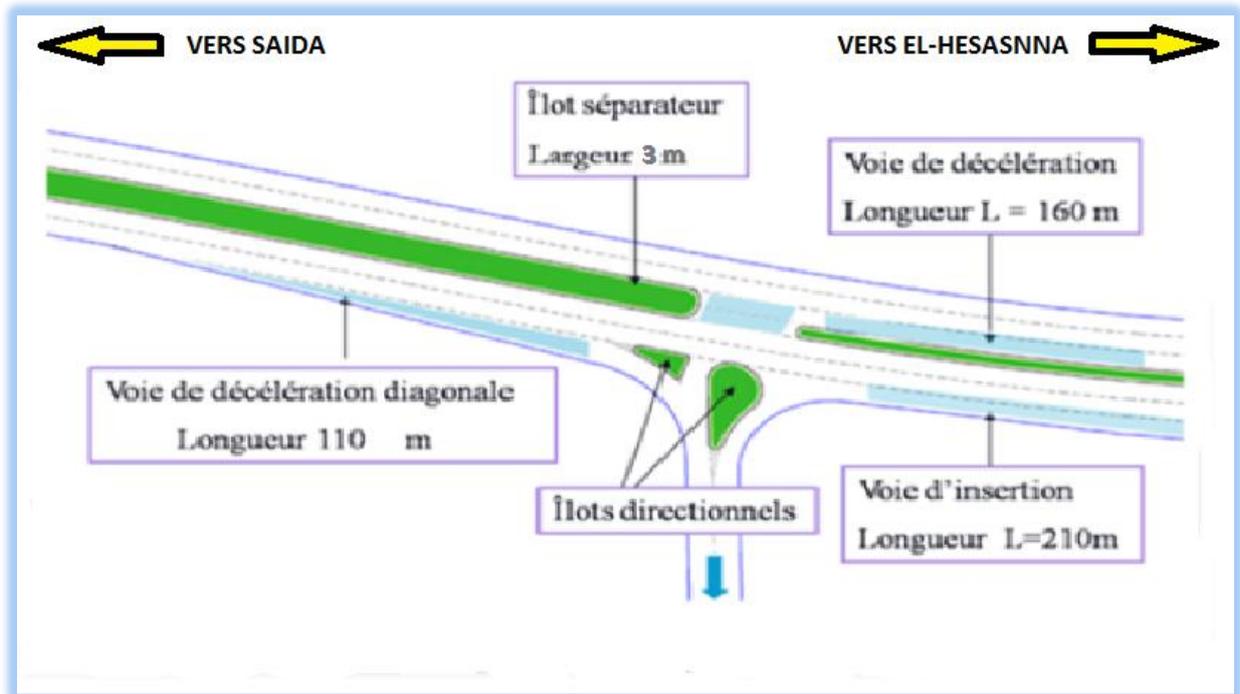


Figure 7.5: Carrefour en Y.[20]

D'après le B40 : En catégorie **1** et environnement **1**, et  $V_B = 100 \text{ Km/h}$ ,  $a = 2,5\text{m}$  (distance entre l'œil du conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt).

7.1-Triangle de visibilité :

7.1.1-Priorité à droite :

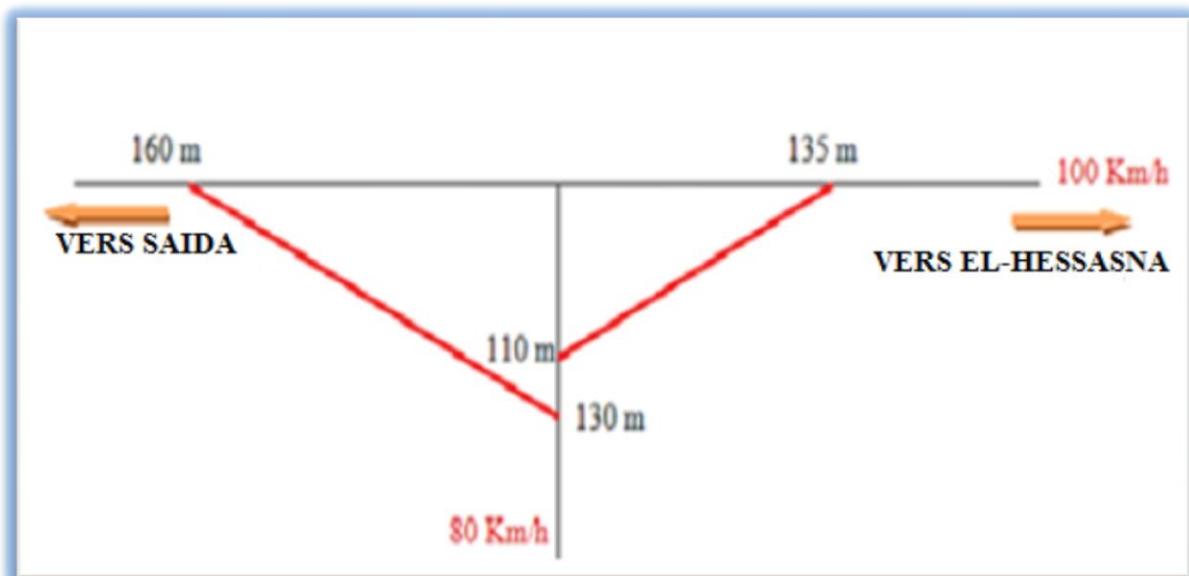


Figure 7.6: Diagramme de visibilité –priorité à droite.[20]

## 7.1.2- Cédez le passage ou signale de stop :

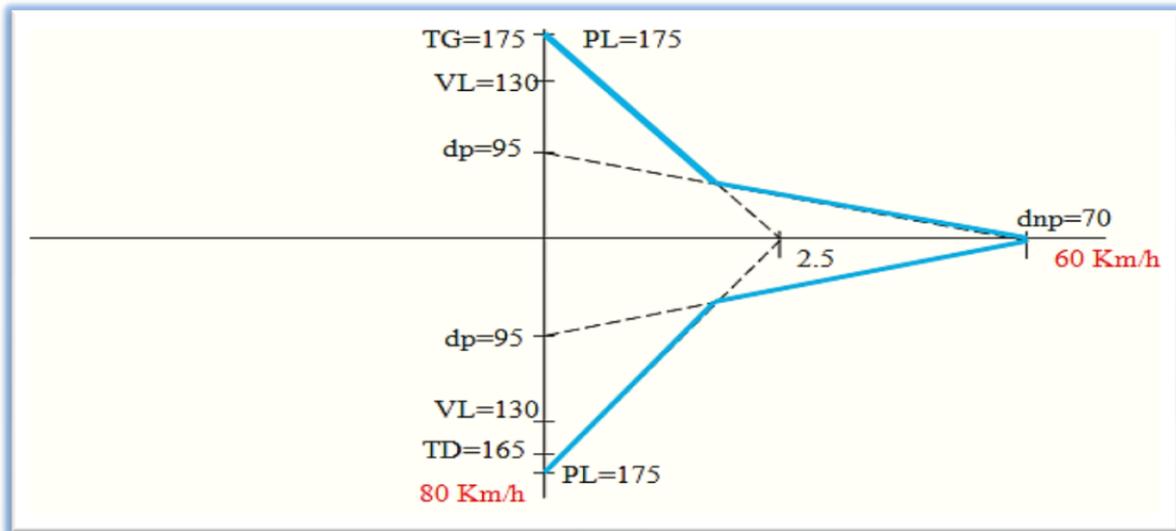


Figure 7.7: Diagramme de visibilité - Cédez le passage ou signale de stop.[20]

## 1- INTRODUCTION :

Tout ouvrage routier comporte un réseau d'assainissement dont le rôle est de récupérer et d'évacuer toutes les eaux de ruissellements. L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Les différents ouvrages utilisés peuvent être regroupés en :

- Réseaux longitudinaux (pieds de talus de déblai, crêtes de remblai, etc.).
- Liaisons transversales (descentes d'eau traversées sous chaussée).
- Les regards et ouvrages de raccordement.

## 2-OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants:[22]

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

## 3- TYPES DES DÉGRADATIONS :

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de graves dégâts à cause de mauvais drainage et entretien. Ces dégradations présentent sous forme de : [21]

### Pour les chaussées :

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

### Pour le talus :

- Affouillements du pied de talus.
- Glissement.
- Érosion.

#### 4- TYPES DES CANALISATIONS :

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés «canalisations », son réseau est partagé en deux catégories : [21]

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur).

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût [23].

##### 4.1-Fossés en pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

##### 4.2-Fossés en crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penché vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

##### 4.3-Fossés en pied du talus de remblai :

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau .

##### 4.4-Descentes d'eau :

Dans les sections route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m .

#### 5-LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION ROUTIÈRE :

Pour les projets où le risque de pollution est élevé, il est préférable de séparer les hydrocarbures de l'eau afin de pouvoir rejeter une eau saine. C'est le rôle joué entre autres par les séparateurs à hydrocarbures qui peuvent être utilisés dans le cadre de l'assainissement routier.

## 6-LES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES :

La région de SAIDA est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

Les pluies sont importantes en automne et en hiver, elles tombent d'octobre à mai avec un maximum Novembre et un autre en Février.

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

- Pluie moyenne journalière  $P_j = 55\text{mm}$ .
- L exposant climatique  $b = 0,36$ .
- Le coefficient de variation climatique  $C_v = 0,37$ .

## 7-DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS :

Le dimensionnement de différents types d'ouvrages d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le début de saturation de chaque type d'ouvrage.

**7.1-Estimation de débit d'apport  $Q_a$  :**Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle [23]:

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

$K$  : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s) ;  $K = 2,778$ .

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

$C$  : coefficient de ruissellement.

$A$  : aire du bassin versant ( $\text{m}^2$ ).

**7.2-Détermination de l'intensité de la pluie  $I_t$  :**

$$I_t = I \times \left( \frac{t_c}{24} \right)^\beta$$

Et:  $\beta = b - 1$

Avec:

$I$  : Intensité de la pluie (mm/h).

$t_c$  : temps de concentration (h).

- **L'intensité horaire  $I$ :**

$$I = \left( \frac{P_j}{24} \right)$$

Avec:

$P(t)$  : Hauteur de la pluie de durée  $t_c$  (mm).

➤ **Temps de concentration  $t_c$ :**

- Si  $A < 5 \text{ km}^2$ , selon VENTURA:

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

- Si  $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$ , selon GIANDOTTI:

$$t_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}}$$

- Si  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ , selon PASSINI:

$$t_c = \frac{(4 \times \sqrt{A}) + (1,5 \times L)}{(0,8 \sqrt{H})}$$

Avec:

- A : Superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

P : Pente moyenne du bassin versant .

L : Longueur de bassin versant (km).

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

➤ **Pluie journalière maximale annuelle  $P_j$ :**

Pluie journalière maximale annuelle  $P_j$  est donné par la formule de GALTON.

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

Avec:

$P_{j\text{moy}}$  : pluie moyenne journalier.

$C_v$  : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant [23]:

**Tableau 8. 1 : Variation de Gauss [23].**

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

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

### 7.3-Coefficient de ruissellement :

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

**Tableau 8. 2: Coefficient de ruissellement [23].**

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement ou sol légèrement perméable	0,15 à 0,40	0,40
Talus	0,10 à 0,30	0,30
Terrain naturel	0,05 à 0,20	0,20

### 7.4-Début de saturation:

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler [23]:

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \quad \text{avec : } R_H = S/p.$$

Avec:

S : section mouillée.

$K_{ST}$  : coefficient de STRICKLER.

$K_{ST} = 70$  pour les dalots.

$K_{ST} = 80$  pour les buses.

$R_H$ : rayon hydraulique (m)

J: la pente moyenne de l'ouvrage.

### 7.5-Dimensionnement Des Buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que  $Q_a$  soit inférieur à  $Q_s$ . Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition [22].

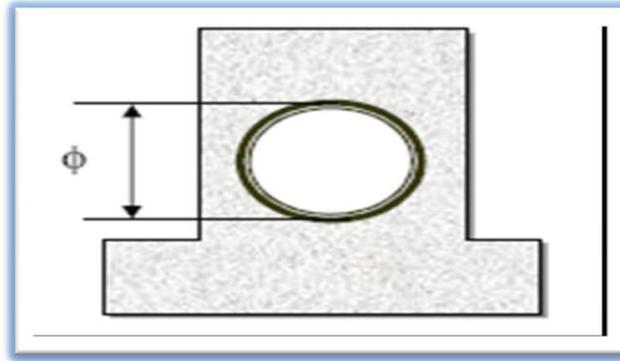


Figure 8.1 : Buses [22].

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

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

$S_m$ : section mouillée,  $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$

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

$K_{st} = 80$  pour les buses en béton.

$J$ : la pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$Q_s = 80 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times J^{1/2}$$

$Q_s = Q_a$  On trouve:

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_s}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

Une fois le rayon  $R$  est déterminé on prend le diamètre de la buse  $\phi = 2R$ .

**7.6-Dimensionnement Des Dalots :**

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot. On fixe la hauteur tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture  $L$  nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à  $\rho = 0,8h$  [22].

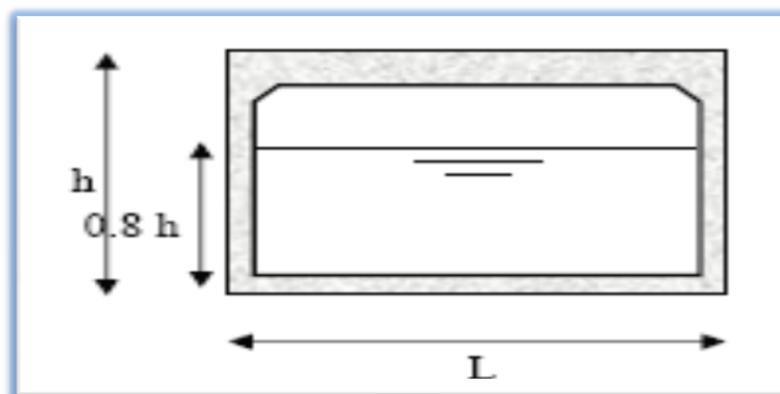


Figure 8.2 : Dalots [22].

On à:

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = (2 \times 0,8 \times h) + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0,8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé : } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L}$$

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

$$Q_s = (0,8 \times h \times L) \times K_{ST} \times \left[ \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

Avec:

$$K_{st} = 70 \text{ (dalot en béton).}$$

J : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_s = Q_a$$

$$Q_a = (0,8 \times h \times L) \times 70 \times \left[ \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

### 7.7-Dimensionnement Des Fossés :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support. Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous. On fixe la base de la fosse à ( $b = 50 \text{ cm}$ ) et la pente du talus à ( $p=1/n = 1/1.5$ ) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h [22].

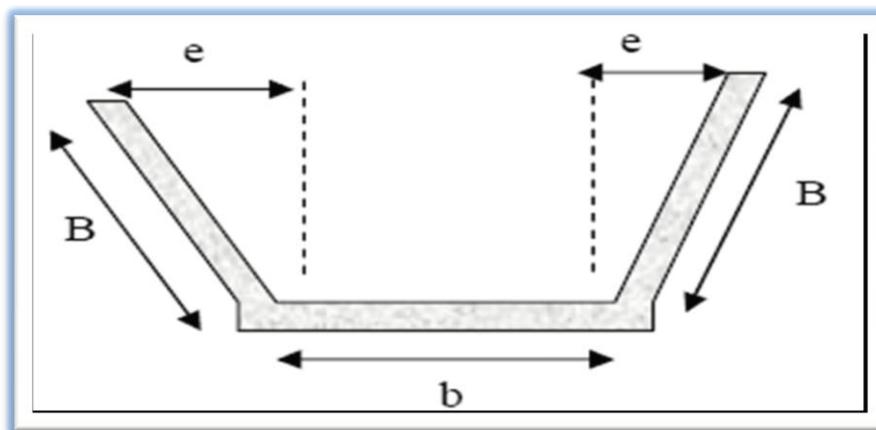


Figure 8.3 : Fossés [22].

➤ **Calcul de la surface mouillée:**

$$S_m = (b \times h) + 2 \times \left( \frac{e \times h}{2} \right)$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où } e = n \times h$$

$$S_m = (b \times h) + (n \times h^2) = h \times [b + (n \times h)]$$

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

➤ **Calcul du périmètre mouillé:**

$$P_m = b + 2B$$

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

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

➤ **Calcul le rayon hydraulique:**

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

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant:

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

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

**8-APPLICATION AU PROJET :**

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- Pluie moyenne journalière  $P_j = 55 \text{ mm}$ .
- Exposant climatique  $b = 0,36$ .
- Le coefficient de variation climatique  $C_v = 0,37$ .

**8.1-Calcul hydraulique :****8.1.1-Calcul de la pluie journalière maximale annuelle  $P_j$  :**

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

**Pendant 10ans:**

$u = 1,28$ ,  $C_v = 0,37$ ,  $P_{jmoy} = 55\text{mm}$ .

$$P_j(10\%) = \left[ \frac{55}{\sqrt{0,37^2 + 1}} \right] \times \left[ e^{\left( 1,28 \times \sqrt{\ln(0,37^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(10\%) = 81,587 \text{ mm}$$

**Pendant 50ans:**

$u = 2,05$ ,  $C_v = 0,37$ ,  $P_{jmoy} = 55\text{mm}$ .

$$P_j(2\%) = \left[ \frac{55}{\sqrt{0,37^2 + 1}} \right] \times \left[ e^{\left( 2,05 \times \sqrt{\ln(0,37^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(2\%) = 107,50\text{mm}$$

➤ **L'intensité horaire I :**

$$I = \left( \frac{P_j}{24} \right)$$

Pour:  $P_j(10\%) = 81,587\text{mm}$ .

$$I(10\%) = \left( \frac{81,587}{24} \right) = 4,00 \text{ mm/h}$$

Pour:  $P_j(2\%) = 107,50\text{mm}$ .

$$I(2\%) = \left( \frac{107,50}{24} \right) = 4,48 \text{ mm/h}$$

**8.1.2-Calcul de la surface du bassin versant :**

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et l'accotement et le talus.

$$A_C = 7,6 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,076 \text{ ha (Surface de chaussée)}.$$

$$A_A = 2,5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,025 \text{ ha (Surface d'accotement)}.$$

$$A_T = 4 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,04 \text{ ha (Surface de talus)}.$$

$$A_{\text{total}} = A_C + A_A + A_T = 0,076 + 0,025 + 0,04 = 0,141 \text{ ha}.$$

**8.2-Dimensionnement des buses :**

➤ **Calcul des débits d'apport:**

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

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

$C = 0,95$ ,  $P = 2,5 \%$ ,  $I(10\%) = 4,00 \text{ mm/h}$ ,  $A = 0,076 \text{ ha}$ .

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,076}{2,5}} \Rightarrow t_c = 0,022 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,00 \times \left(\frac{0,021}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 351,76 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,95 \times 351,76 \times 0,076$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0,071 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$C = 0,4$ ,  $p = 4 \%$ ,  $I(10\%) = 4,00 \text{ mm/h}$ ,  $A = 0,025 \text{ ha}$ .

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,025}{4}} \Rightarrow t_c = 0,01 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,00 \times \left(\frac{0,01}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 582,633 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,4 \times 582,63 \times 0,025$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = 0,016 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Le débit apporté par le talus :**

$C = 0,3$ ,  $p = 100\%$ ,  $I(10\%) = 4,00 \text{ mm/h}$ ,  $A = 0,04 \text{ ha}$ .

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,04}{100}} \Rightarrow t_c = 0,00254 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,00 \times \left(\frac{0,00254}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 1400,56 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 1400,56 \times 0,04$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = 0,0466 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0,066 + 0,012 + 0,0466$$

$$\Rightarrow Q_a = 0,544 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Calcul de débit de saturation ( $Q_s$ ):**

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

$$J = 2,5\%, K_{ST} = 80, R_h = \frac{R}{2}, S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow 80 \times (R/2)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0,025)^{1/2} = 0,544 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}} = \frac{2^{5/3} \times 0,544}{80 \times \pi \times \sqrt{0,025}} \Rightarrow R^{8/3} = 0,0435$$

$$\emptyset = 2R = 618 \text{ mm}$$

On propose:  $\emptyset = 1000 \text{ mm}$  ; pour l'accès et les travaux de curage des buses.

### 8.3-Dimensionnement des dalots :

➤ **Calcul des débits d'apport:**

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

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

$C = 0,95$  ,  $P = 2,5\%$  ,  $I(2\%) = 4,48 \text{ mm/h}$  ,  $A = 0,076 \text{ ha}$ .

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,076}{2,5}} \Rightarrow t_c = 0,0221 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,48 \times \left(\frac{0,0221}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 392,827 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,95 \times 392,827 \times 0,07$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0,0725 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Le débit apporté par l'accotement.**

$C = 0,4$  ,  $p = 4\%$  ,  $I(2\%) = 4,48 \text{ mm/h}$  ,  $A = 0,025 \text{ ha}$ .

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,025}{4}} \Rightarrow t_c = 0,010 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,48 \times \left(\frac{0,010}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 650,874 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,4 \times 650,874 \times 0,025$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = 0,018 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Le débit apporté par le talus.**

$C = 0,3$  ,  $p = 100\%$  ,  $I (2\%) = 4,48 \text{ mm/h}$  ,  $A = 0,04 \text{ ha}$ .

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,04}{100}} \Rightarrow t_c = 0,00254 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,48 \times \left(\frac{0,00254}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 1568,62 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 1568,62 \times 0,04 \Rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = 0,052 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0,0744 + 0,0139 + 0,052 \Rightarrow Q_a = 0,140 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Calcul de débit de saturation ( $Q_s$ ):**

$$Q_a = Q_s$$

$K_{ST} = 70$  ,  $L = 2 \text{ m}$  ,  $J = 2,5\%$

$$Q_s = (0,8 \times h \times L) \times K_{ST} \times \left[ \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

En prend  $h = 2 \text{ m}$  (on a gardé la hauteur du dalot existant)

$$Q_{s1} = (0,8 \times 2 \times 2) \times 70 \times \left[ \frac{0,8 \times 2 \times 2}{1,6 \times 2 + 2} \right]^{2/3} \times 0,025^{1/2} = 0,2562 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{s1} > Q_s$  Donc  $h$  est vérifié.

Donc un dalot de dimensions :  $L = 2 \text{ m}$  et  $H = 2 \text{ m}$ .

#### 8.4-Dimensionnement des fossés :

A partir des résultats obtenus précédemment:

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

$J = 2\%$  ,  $K_{ST} = 30$  ,  $b = 0,5 \text{ m}$

$$0,140 = 30 \times h \times [0,5 + (1,5 \times h)] \times \left[ \frac{h \times [0,5 + (1,5 \times h)]}{0,5 + 2 h \times \sqrt{1 + 1,5^2}} \right]^{2/3} \times 0,02^{1/2}$$

D'après le calcul itératif on trouve  $h = 0,48 \text{ m}$ .

Dimensions retenues du fossé sont :  $b = h = 50 \text{ cm}$ .

Tableau 8. 3: Récapitulatif des résultats.

N°	PK	OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT	REMARQUE
OV 1	0+250.00	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 2	0+525.00	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 3	0+820.00	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 4	1+010.00	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 5	1+785.29	Cadre 0.60 x 0.50	Elargissement à droite
OV 6	2+850.00	Cadre 0.60 x 0.50	Elargissement à droite
OV 8	2+925.00	Cadre 0.65 x 0.60	Elargissement à gauche
OV 9	3+288.98	Buse phi 600	Elargissement à gauche
OV 10	3+875.00	Cadre 0.65 x 0.70	Elargissement à gauche
OV 11	4+361.49	Cadre 0.50 x 3.00	Elargissement à gauche
OV 12	4+579.90	Cadres 2.80 x 3.00	Elargissement à gauche

### 9-CONCLUSION :

Le diamètre de calcul sur la partie élargissement sera comparé au diamètre et dimensions des ouvrages existants.

- Le diamètre calculé est inférieur au diamètre existant, nous prolongerons l'ouvrage avec le diamètre de l'existant (opération curage du réseau en été).
- Le diamètre calculé est supérieur à l'existant, nous projetant de réaliser un ouvrage neuf sur toute la largeur (démolition de l'ancien).

## 1- INTRODUCTION :

La signalisation routière peut être utile pour garantir la sécurité de la circulation et assurer la fluidité du trafic. Il arrive cependant qu'elle n'atteigne pas le but recherché, voire qu'elle induise les usagers de la route en erreur, car parfois des signaux routiers ne sont pas aperçus par les usagers ou compliquent l'attention que ceux-ci doivent porter à la circulation.

## 2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet : [19]

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

## 3- PRINCIPES FONDAMENTAUX POUR UNE SIGNALISATION EFFICACE :

Pour être efficace, la signalisation routière doit : [19]

- Être uniforme et homogène.
- Attirer l'attention.
- Être parfaitement visible et lisible à distance.
- Être facile à comprendre.

## 4 -CATEGORIES DE SIGNALISATION :

Lorsqu'on considère les types de dispositifs utilisés par la signalisation, on distingue : [20]

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisages.
- La signalisation par bornages.
- La signalisation par dispositifs de fermeture (barrières).
- La signalisation permanente.
- La signalisation temporaire.
- La signalisation dynamique.

**5 -TYPES DE SIGNALISATION :** On distingue deux types de signalisation :[20]

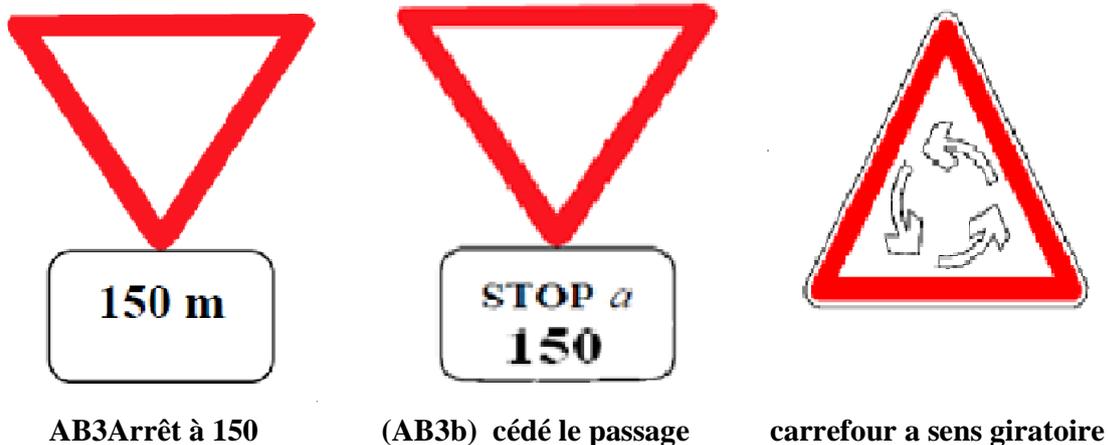
- **Signalisation verticale.**
- **Signalisation horizontale.**

**5.1-SIGNALISATION VERTICALE :**

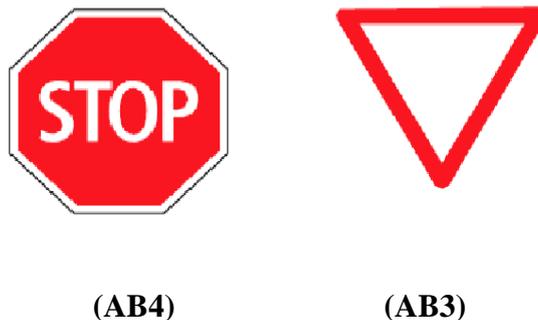
Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

**5.1.1-Signalisation avancée :**

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection. Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

**5.1.2-Signalisation de position :**

Le signal de type B1 cédez le passage et B2 « arrêt obligatoire » est placé à l'intersection elle même.



### 5.1.3- Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

## 5.2- SIGNALISATION HORIZONTALE :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

### 5.2.1- Marques longitudinales :

#### a- Lignes continues :

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

#### b-Lignes discontinues :

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

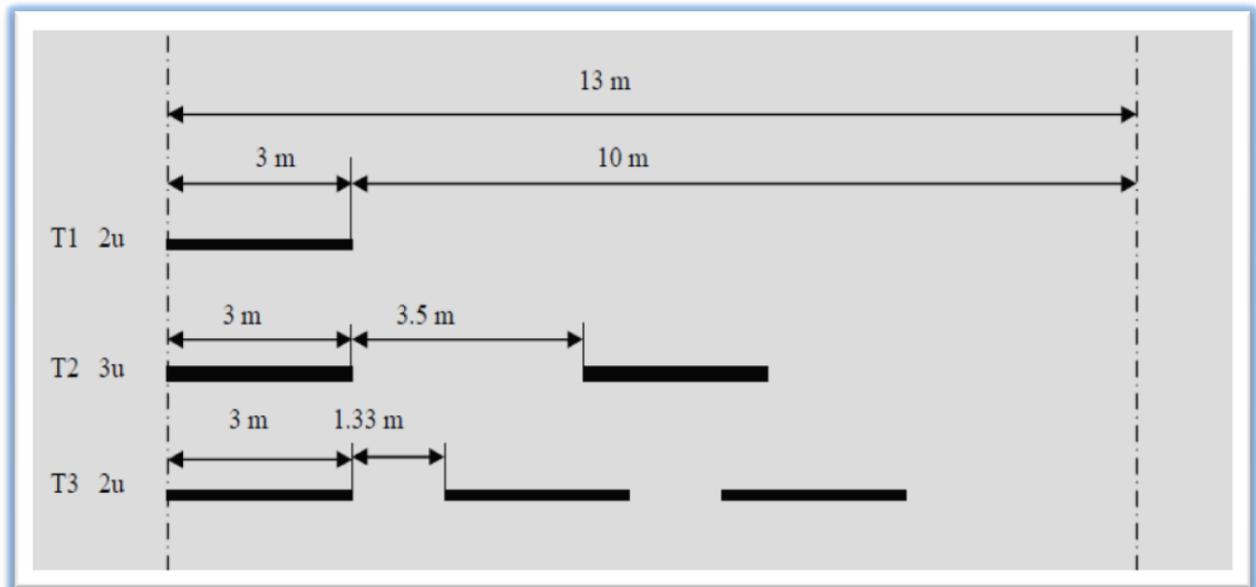
- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement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

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

**Tableau 9. 1: Modulation des lignes discontinues. [20]**

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T <sub>1</sub>	3,00	10,00	~ 1/3
T <sub>2</sub>	3,00	3,5	~1
T <sub>3</sub>	3,00	1,33	~3

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :



**Figure 9. 1 : Types de modulation.[20]**

Avec : **T1 2U** : ligne axial ou délimitation de voie.  
**T2 3U** : ligne de rive.  
**T3 2U** : ligne de délimitation des voies de décélération, d'accélération ou d'entrecroisement.

### 5.2.2- Marques transversales :

#### a- Ligne continue (STOP) :

Eventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

#### b-Lignes discontinue :

Eventuellement tracées à la limite où les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

### 5.2.3- Autres signalisation :

#### a- Les flèches de rabattement :

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

#### b- Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

**c-Largeur des lignes :**

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

- U = 7,5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- U = 6 cm sur les routes et voies urbaines
- U = 5 cm sur les autres routes.

**6-LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION :**

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.
- Eviter la publicité irrégulière.

**7- APPLICATION AU PROJET : Eclairage de la voie (le long de la route) :**

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route (la voie express).

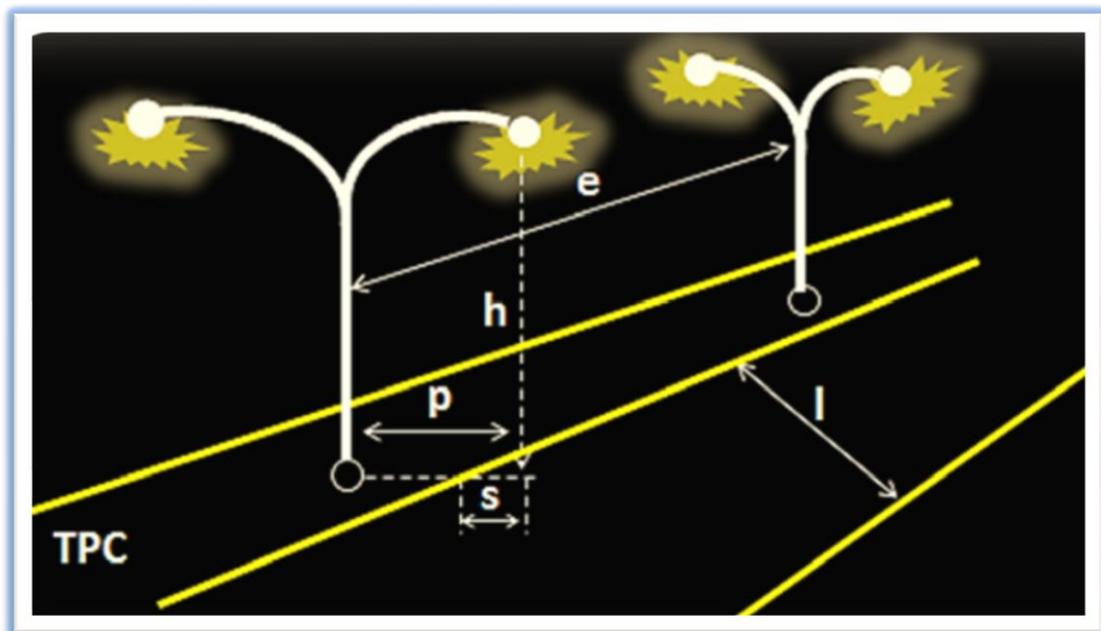


Figure 9.2: Paramètre de l'implantation des luminaires.[20]

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- **Signalisation horizontale :**
  - Marquage de la chaussée en ligne continue.
  - Ligne continue de largeur de 15cm.
  - Marquage de la chaussée en ligne discontinue.
  
- **Signalisation verticale :**
  - Signaux d’avertissement de danger type A.
  - Panneaux de signalisation routière.
  - Signaux divers.
  - Signaux de direction.

**Tableau 9. 2: Différents type de panneaux. [21]**

Nom des panneaux	Schéma
Panneau (A1a) d’annonce de virage dangereux à droite A1a	
Panneau A1b d’annonce de virage dangereux à gauche A1b	
Panneau d’interdiction de dépassement B3	 B3
Panneau céder le passage à l’intersection AB3a+M9c	 AB3a + M9c
Panneau arrêt obligatoire a l’intersection AB4	
Panneau indique la vitesse max à ne pas dépassé	

Panneau d'intersection avec une route AB2	
Panneau passage d'animaux domestiques	
panneau sens giratoire obligatoire B21f	
Panneau de direction obligatoire a la prochaine intersection tout droite ou a gauche B21d1	
Panneau obligation de tourner a droite avant le panneau B21.1	
Panneau de direction D1	
Panneau indication du caractère prioritaire d'une route AB6	
Panneau fin du caractère prioritaire d'une route AB7	

## 8-CONCLUSION :

La signalisation joue un rôle très important dans la sécurité routière c'est pour ça qu'elle doit être bien positionner et bien visible.

## 1- INTRODUCTION :

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

## 2- CADRE JURIDIQUE :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, doit être comprendre :

- une analyse détaillée du projet.
- une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

## 3-OBJECTIFS DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVERONNEMENT :

Les objectifs de la présente étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

- Assurer l'intégration des contraintes et opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure.
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

## 4-IMPACTS SUR L'ENVERONNEMENT:

L'identification des impacts, se fait pour les deux phases : la réalisation et l'exploitation de l'infrastructure nouvelle.[6]

- La phase réalisation qui induit des impacts temporaires.
- La phase exploitation qui induit des impacts permanents.

#### **4.1- Impact temporaire de la phase de construction :**

##### **4.1.1- Impact lié à l'installation du chantier :**

Ces impacts concernent essentiellement les emplacements de chantier et les zones d'extractions des matériaux. Parmi les impacts temporaires induits par la réalisation de l'infrastructure, l'emplacement des chantiers. L'installation de tels sites sont prévus au périphérique des zones urbaines où à l'intérieur des zones industrielles.

Le choix de l'emplacement du chantier nécessite une attention particulière.

Il doit également tenir compte de sa réutilisation future. De manière générale, le site devra être situé de telle sorte qu'il permettra l'accès aisé :

- Aux routes principales
- Aux sites de construction
- Aux infrastructures existantes
- A l'extérieur des zones connues de recharge des nappes phréatiques.

Ces échanges entre site de chantier et route principale peuvent générer des difficultés. Elles se présentent comme suit :

- Un ralentissement du trafic existant dû à la vitesse limitée du trafic lié à la construction.
- La possibilité d'endommagement de la route dû à un trafic lourd important et la modification des conditions de surface de la route occasionné par la boue, les gravillons, les flaques d'huiles et autres matières.
- Le nombre croissant de mouvement de rotation effectué par le trafic lourd lié à la construction se dirigeant vers la route principale.

##### **4.1.2- Impacts des zones d'emprunt de matériau :**

L'existence de carrières d'extraction et de traitement des matières premières réduit considérablement les dommages potentiels causés à l'environnement. Le mode opératoire pour les extractions devra être établi de manière à être le moins perturbant du paysage sur les plans de modification des écoulements, de la défiguration du paysage.

#### **4.2- Impacts permanents :**

##### **4.2.1- Impact sur l'agriculture :**

La richesse naturelle de cette région ne se compose pas seulement de la disponibilité phréatique, la fertilité des terres mais aussi sa localisation d'échange entre les deux grandes villes : Saida, El-Hsessana.

##### **4.2.2- Impact sur le paysage :**

Les deux composants qui marqueront le paysage sont:

- Les déblais et les remblais du passage de l'infrastructure.
- Les ouvrages prévus.

#### 4.2.3- Impact sur les ressources en eau :

Les polluants qu'ils soient solides, liquide, soluble ou insoluble, sont à potentiel de pollution sérieux notamment:

- Dans les zones situées a proximité de l'emprise.
- Aux points de captage, à proximité immédiate de l'infrastructure, qui sont utilisées de fois comme sources d'eau potable.

#### 4.2.4- Pollution de l'air et nuisances sonores :

- **Pollution de l'air :**

L'installation de la nouvelle infrastructure absorbera un trafic important de l'actuelle artère (Route National RN92) et augmentera la pollution de l'air dans les zones traversées. Les émissions engendrées par le trafic se composent de :

- Emission de gaz (CO, NOX).
- Particules DE plomb et de zinc.

- **Nuisances sonores:**

Les habitations riveraines de l'infrastructure sont affectées par les nuisances sonores engendrées par le trafic. Cette gêne entraîne des effets indésirables sur la sante humaine qui peuvent apparaître à long terme, comme la baisse du pouvoir auditif et des perturbations psychologiques.

#### 4.2.5- Impact sur le milieu humain :

- **Impact sur le tissu urbain**

L'extension urbaine future influencée par la nouvelle infrastructure envahira à court terme les terres agricoles traversées. Le projet fera accentuer la tendance de cet envahissement et motivera l'installation de petite Industrie et le commerce aux abords. Ces activités engendreront des congestions.

### 5- DÉVELOPPEMENT SOCIAL :

L'étude sociale a pour but d'évaluer l'opportunité de l'aménagement d'une infrastructure de transport entre Saida et El-Hessasna en tenant compte des dynamiques existantes, de l'offre de transport et de son évolution, ainsi que des impacts positifs et négatif du projet sur le plan social. Il a ainsi pour objectifs de décrire le contexte actuel et de mettre en évidence les enjeux de développement liés à l'aménagement en 2X2 voies de la Route National RN92 entre Saida et El-Hessasna [7]

## **6-DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE :**

Le développement économique désigne l'évolution positive dans les changements structurels d'une zone géographique ou d'une population : démographique, technique, industriel, sanitaires, culturel, social..... de tels changements engendrant l'enrichissement de la population et l'amélioration des conditions de vie. C'est la raison pour la quelle le développement économique est associé au progrès [8]

## **7 -MÉTHODOLOGIE DU CHOIX DE TYPE DES PLANTES :**

La méthodologie suivie afin de pouvoir porter un choix sur un type donné de plante se résume comme suit :

- La connaissance préalable des caractéristiques pédoclimatiques de la région.
- Choix des espèces végétales disponibles localement.
- Les implantations doivent préserver la visibilité.

A cause de l'absence de normes propres à ce contexte, les distances entre plantes sont définies du point de vue de l'intégration esthétique dans le paysage.

## **8- CONCLUSION :**

Le but de notre étude est de minimiser l'impact négatif sur l'environnement de la zone, tout en privilégiant un contrôle continu sur cet impact durant les années à venir ou le flux des véhicules sera plus important donc plus polluant. Par ailleurs il est préconisé la réalisation de dalots pour permettre la libre circulation des agriculteurs et des bestiaux des deux cotés de la route, Car une route fiable génère une activité socio-économique plus intense donc des effets plus importants sur la route.

### CONCLUSION GÉNÉRALE :

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et cela en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs pas seulement des autoroutes mais aussi des routes nationales, et qui répondent à la demande en matière de transport.

Sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic, ce programme vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en aménageant et en réalisant divers projets importants à savoir dans le domaine des travaux publics.

Un de ces projets d'aménagement, est la mise en 2 x 2 voies de la route nationale qui relie 2 grands ports, qui est elle-même considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de notre économie.

Pour cette étude nous avons respecté toutes les normes routières qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et nous avons pris en considération, le confort et la sécurité des usagers ainsi bien, que l'économie et l'environnement. Ce projet de route nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant les cinq années de formation, à l'école mais aussi de mieux appréhender notre avenir dans le monde professionnel.

Il nous a aussi offert une grande occasion pour connaître le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier. Son élaboration a nécessité une maîtrise de plusieurs logiciels informatique.

## Résumé :

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier des routes. Ce projet présente une étude détaillée d'un élargissement de la route nationale N92 (SAIDA – EL-HESSASNA) sur un tronçon de 05 Km.

Cette étude se compose de trois parties :

- La première partie : Présentation du projet et étude de trafic.
- La deuxième partie : Géométrie de la route (Tracé en plan ; Profil en long ; Profil en travers).
- La dernière partie : dimensionnement de la route et l'impact sur l'environnement.

### Mots clés :

Trafic, L'assainissement, Tracé Routière, Vitesse de référence, Carrefour, Chaussé, Devers.

## Summary:

Our final project study is within the field of transport infrastructure, and particularly roads. This project presents a detailed study of a broadening of the national road RN92 (SAIDA - EL-HESSASNA) on a 05 km stretch.

This study consists of three parts:

- The first part: Presentation of the project and traffic study.
- The second part: Road geometry (Horizontal alignment, Vertical alignment, Cross section).
- The last part: of the road design and the impact on the environment.

### Keywords:

Traffic, Sanitation, Road layout, Reference speed, Crossroad, Floor, Slopes.

## ملخص :

دراستنا النهائية للمشروع هي في مجال البنية التحتية للنقل، ويعرض هذا المشروع دراسة مفصلة لتوسيع ، لا سيما الطريق الوطني رقم 92 على امتداد 05 كلم الرابط بين (سعيدة - الحساسنة) تنقسم هذه الدراسة إلى ثلاثة مراحل :

- المرحلة الأولى : وصف عام للمشروع بالإضافة إلى حساب حجم المرور عبر الطريق
- المرحلة الثانية : تتضمن التصميم الهندسي للطريق التمثل في مختلف المخططات
- المرحلة الثالثة : التحجيم من الطريق وتأثيرها على البيئة

### الكلمات المفتاحية:

حركة المرور، الصرف الصحي، المحاذاة الطريق، السرعة التصميمية، مفترق طرق، الأرضية، المنحدرات.

- [1] : <http://map.google.com/map>. consulté le 08/02/2015.
- [2] : Michel, Faure. Route les cours de L'ENTPE. tome1. Lyon: ELEAS, 1997. Pp35-221p258.
- [3] : Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1969.pp 15-199 p285.
- [4] : Djelti, Abdelkader Zakaria ; Hattou, Mohammed. Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54.mémoire d'ingénieur. Tlemcen : juillet 2009.pp 12-80 p86.
- [5] : B40.Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977
- [6] : J ,Hartlén ;A.M,Fällman.Principles for risk assensment of secondary materials in civil engineering work. Naturvardsverket,1999.
- [7] : R,Besnainou. Les évolutions des attentes sociales présenté à Amenager pour demain ;de l'utilité à l'acceptabilité d'une infrastructure. Paris :Ecole Nationale des Ponts et chaussées ENPC,16 mars1999.
- [8] : M,Faucon. Développement durable. Lyon : 1997.
- [9] : LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2éme édition. Paris: Bagneux, juillet 2000. p 102.
- [10] : Joeffroy .G , Sauterey. G, Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. p244.
- [11] : LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris : Bagneux, 1977.
- [12] : Costet .J , Sanglerat .G, Cours pratique de mécanique des sols.4ème trimestre: Dunod, 1983, p 442.
- [13] : LCPC. Compactage des enrobés hydrocarbonés à chaud ; Guide technique. Paris: Bagneux, 2003.p77.
- [14] : LCPC ; SETRA. Guide technique ; Conception et dimensionnement des structures de chaussées. Paris : Bagneux, décembre 1994.p250.
- [15] : LCPC.SETRA. Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes, Guide technique. Paris : Bagneux, 2006.
- [16] : Roger, Coquand. *Route circulation tracé et construction*. Livre1. Paris: eyrolles, 1985.pp 19-40 p291.

- 
- [17] : LCPC.SETRA. Directive pour la réalisation des assises de chaussées en sables traités aux liants hydrauliques. Paris : Bagneux, 1985.
  - [18] : Alain, FRERET. Guide pratique pour la conception géométrique des routes et autoroutes.1981.126p.
  - [19] : Instruction interministérielle sur la signalisation routière.arrêt du 7 juin 1977 relatif a la signalisation des routes et autoroutes : journal officiel du 13 août 1977. P40.
  - [20] : Cours de circulation de master 2 génies civil. 2015.
  - [21] : Code de la route SECA- Code rousseau B.P.93-85103.
  - [22] : LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, (SETRA – 2006). p188.
  - [23] : François .G,Brière. Distribution et collecte des eaux. 2émeédition :Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399.
  - [24] : Rapport d'étude géotechnique technique de la Route National 92 . Oran: laboratoire des travaux publics de l'ouest, août 2012.pp 4 -35 p38.