

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

Université Abou bekr 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-Travaux Publics

**Thème :**

**ETUDE TECHNIQUE D'UN TRONCON D'UNE ROUTE EVITEMENT DE  
LA VILLE SFISEF SUR 7 KM**

**Présenté par :**

MADOURI youcef

ZAROUALI abdelhafid

**Devant le jury composé de :**

P<sup>r</sup> : ALLAL .M.A

Président

M<sup>r</sup> : GHENNANI. B

Encadreur

M<sup>r</sup> : BENAMAR. A

Encadreur

M<sup>r</sup>: CHERIF BENMOUSSA M. Y

Examineur

M<sup>r</sup> : BEZZAR .A

Examineur

---

# Remerciement

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

Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à mes encadreurs **Mr. BENAMAR A** et **Mr .GHANANI B** pour la patiente et l'aide durant tout l'encadrement.

Merci aussi à tous les ingénieurs et les travailleurs de la direction de travaux public(DTP).**Mr. RABEGH BRAHIM** et **Mr. BELIA ZOHIR** et **Mr. NEGRACH ZOUAOUI**. Et les ingénieurs et les travailleurs de l'URBAT

Nous remercions tous nos enseignants durant toute notre formation et tout le personnel administratif de l'université, sans oublier les responsables de la bibliothèque qui nous ont beaucoup facilité notre recherche bibliographique.

Un grand merci qui s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Nos remerciements vont également à tous ceux et celles qui de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

---

## DEDICACES

Tous d'abord je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage et la volonté pour arriver à ce stade de fin d'étude.

Je dédie ce travail à :

- ✚ Mes très chers grands parents et mes parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère et ma grand mère qui ont été à mes côtés et m'ont soutenu durant toute ma vie, et mes deux père qui ont sacrifié toute leur vie afin de me voir devenir ce que je suis.
- ✚ Mes chères frères KOUIDER, RABAH, ZOUBIR et YACINE.
- ✚ Mon binôme YUCEF et ses parents qui ont aussi donné beaucoup de soutien.
- ✚ Les belles enfants CHAHINAZE, RIYADE et ABDEL SAMEDE.
- ✚ Toute mes amies : RIDA, HICHAME, AMINE, REDOUANE, HMIDA, AMAR, MOSTAPHA, KAMEL, HAWARI, ABDELLAH, AMINE, YUCEF, FARID, HADJAR, HANANE, FATIMA.MASTAPHA ...
- ✚ Toute la famille ZEROUALI ET MEZOUAGHI.
- ✚ Toute la promotion IBG-TP 2012.
- ✚ Tous ce qui m'aime et que j'aime.

ZEROUALI ABDELHAFIDH

## DEDICACES

*Tous d'abord je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage pour arriver à ce stade de fin d'étude.*

*Je dédie ce travail à :*

- *Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis.*
- *Mes chères frères : ABDERAZAK et GHOUTI et ABDERRAHIM mes chères sœurs : MERIEM et SARAH et ASMA et DOUNIA et FADIA et HANANE et HODA et AMIRA*
- *Les belles enfants ISHAK et tout MADOURI et GHIAT.*
- *Mon binôme ABDELHAFID.*
- *Mes amies : RIDA, HICHAME, AMINE, REDOUANE, HMIDA, YOUCEF, MOSTAPHA, GHIAT KHALED, ABDESSAMAD, SOUFIANE, AMINE, MEKRI, AZIR KASAM. CHOUAB. OUTMANE. SADIK. HAMZA*
- *TOUTE LA FAMAILE : MADOURI, GHIAT. CHAMLAL. TOUIL, CHANOUF, KADOUSI*
- *Toute la promotion : IBG-TP 2013.*
- *Tous ce qui m'aime et que j'aime.*

**MADOURI YOUCEF**

---

## Résumé

---

### Résumé

Ce-projet présente une étude détaillée sur un tronçon de route de 7 Km pour l'évitement de la ville de sfïsef sur la RN7.

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, évitement, géométrie, tracé routière, vitesse de référence, clothoïde, carrefour, chaussé, devers, environnement.

---

# Summary

---

## Summary

This draft presents a detailed study on a stretch of road 7 km for the avoidance of city sfisef on the N7.

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 avoidance, geometry, road layout, reference speed, clothoid, crossroad, floor, slopes and environment.

# Table des matières

---

INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b><u>CHAPITRE I : Présentation du projet et étude de trafic</u></b>	
I.1) PRESENTATION DE PROJET .....	2
I.1.1) But de l'étude .....	2
I.2) ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE.....	2
I.2.1) La dénivelée cumulée moyenne h/L .....	2
I.2.2) la sinuosité moyenne $\sigma=L_s /L$ .....	3
I.3) APPLICATION AU PROJET .....	4
I.3.1) Catégorie .....	4
I.3.2) La Dénivelée Cumulée moyenne .....	4
I.3.3) Sinuosité.....	5
I.3.4) Type d'environnement .....	5
I.4) Plan de situation de la route.....	5
I.5) ETUDE DE TRAFIC.....	6
I.6) L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS .....	6
I.6.1) La mesure des trafics .....	6
I.6.2) Les comptages.....	6
I.6.3) Les enquêtes origine destination .....	7
I.7) DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS .....	8
I.7.1) Trafic normale.....	8
I.7.2) Trafic dévie .....	8
I.7.3) Trafic induit .....	8
I.7.4) Trafic totale .....	8
I.8) CALCUL DE LA CAPACITE .....	8
I.8.1) Définition de la capacité .....	8
I.8.2) Projection future du trafic .....	8
I.8.3) Calcule de trafic effectif.....	9
I.8.4) Débit de pointe horaire normal .....	9
I.8.5) Débit horaire admissible .....	10
I.8.6) Détermination nombre des voies .....	10
I.9) APPLICATION AU PROJET .....	11
I.9.1) Les données de trafic .....	11
I.9.2) Projection future de trafic .....	11

## Table des matières

---

I.9.3) Calcul du trafic effectif .....	11
I.9.4) Débit de pointe horaire normal .....	12
I.9.5) Débit admissible.....	12
I.9.6) LE nombre de voies .....	12
I.9.7) Calcul de l'année de saturation: .....	13
<b><u>CHAPITRE II : Les caractéristiques géométriques de la route</u></b>	
II.1) LES PARAMETRE DE BASE POUR LES ETUDES DE TRACE : .....	14
II.1.1) Vitesse de référence des véhicules légers « VVL » et des poids lourds « VPL » :.....	14
II.1.2) Paramètres cinématiques .....	15
II.1.3) Distance minimale de freinage .....	15
II.1.3) Distance d'arrêt .....	17
II.1.3.1) Temps de perception-réaction .....	17
II.1.3.2) Distance d'arrêt en alignement droit .....	18
II.1.3.3) Distance d'arrêt en courbe.....	19
II.1.3.4) Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre .....	20
II.1.3.4.1) Distance de visibilité de dépassement minimale « Ddmin ».....	20
II.1.3.4.2) Distance de visibilité de la manœuvre de dépassement .....	21
II.1.3.4.3) Distances de sécurité entre deux véhicules (Ds) .....	21
II.1.4) Application au projet.....	22
II.1.4.1) Distance de freinage .....	22
II.1.4.2) Distance d'arrêt en alignement droit .....	22
II.1.4.3) Distance d'arrêt en courbe.....	22
II.1.4.4) Distance de visibilité de dépassement .....	22
II.1.4.5) Distance de visibilité de manœuvre de dépassement« Dmd» .....	22
II.1.4.6) Distances de sécurité entre deux véhicules (Ds) .....	23
II.2) LE TRACE EN PLAN.....	24
II.2.1) Règles à respecter dans le tracé en plan .....	24
II.2.2) Eléments du tracé en plan.....	25
II.2.2.1) Alignement .....	25
II.2.2.2) Arc de cercle.....	25
II.2.2.3) Clothoïde .....	25
II.2.2.4) Rayon en plan.....	25
II.2.2.5) Rayon horizontal minimal absolu (RHmin) .....	27

## Table des matières

---

II.2.2.6) Rayon minimal normale (RHN).....	28
II.2.2.7) Rayon Au Dévers Minimal (RHd) .....	29
II.2.2.8) Rayon Non Déversé (RHnd) .....	29
II.2.3) Déversement en alignement et en courbe.....	29
II.2.3.1) Devers en alignement .....	29
II.2.3.2) Devers en courbe .....	29
II.2.4) Calcul des éléments d'un raccordement progressif.....	33
II.2.4.1) Condition optique.....	33
II.2.4.2) Condition de confort dynamique.....	33
III.2.4.3) Condition de gauchissement .....	33
II.2.4.4) Calcul de la tangente .....	34
II.2.4.5) Calcul de la bissectrice .....	34
II.2.4.6) La longueur totale de développement de la courbe.....	34
II.2.5) APPLICATION AU PROJET.....	35
II.2.5.1) Rayon minimal absolu Rhm.....	35
II.2.5.2) Rayon minimal normal Rhn .....	35
II.2.5.3) Rayon au dévers minimal Rhd .....	35
II.2.5.4) Rayon minimal non déversé Rhnd .....	35
II.3) LE PROFIL EN LONG.....	36
II.3.1) REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG : .....	36
II.3.2) LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :.....	36
II.3.3) Déclivité .....	37
II.3.3.1) Déclivité minimum.....	37
II.3.3.2) Déclivité maximum .....	37
II.3.4) Rayon des courbures de profil en long : .....	37
II.3.4.1) Rayon en angle saillant .....	37
II.3.4.1.1) Chaussées unidirectionnel .....	37
II.3.4.1.2) Chaussée bidirectionnel.....	39
II.3.5) Rayon en angle rentrant.....	40
II.3.5.1) Condition de confort.....	41
II.3.5.2) Condition de visibilité .....	42
II.3.6) APPLICATION AU PROJET.....	42
II.3.6.1) Rayon minimal absolu RVm1 .....	42

## Table des matières

---

II.3.6.2) Rayon minimal normal RVN1 .....	42
II.3.6.3) Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement RvD.....	43
II.3.6.4) Rayon minimal absolu RVm' .....	43
II.3.6.5) Rayon minimal normal RVN' .....	43
II.4) LE PROFIL EN TRAVERS .....	44
II.4.1) Les éléments du profil en travers .....	44
II.4.1.1) La chaussée .....	44
II.4.1.2) Les accotements .....	44
II.4.1.3) La plate-forme .....	44
II.4.1.4) L'assiette .....	44
II.4.1.5) L'emprise .....	44
II.4.1.6) Le talus .....	44
II.4.1.7) Le fossé .....	45
II.4.1.8) Le terre-plein central T.P.C :.....	45
II.4.1.8) La largeur roulable : .....	45
II.4.2) Profil en travers type .....	46
II.4.3) Les différentes formes de la chaussée en alignement.....	46
II.4.3.1) En alignement droit .....	46
II.4.3.2) En courbe.....	47
II.4.4) Transition du profil en toit jusqu'au profil à pente unique .....	48
II.4.4.1) Elévation du bord de la chaussée hauteur total « h » .....	48
II.4.4.2) Elévation partielle .....	48
II.4.4.3) Dévers partiel dn% .....	48

# Table des matières

---

## **CHAPITRE III : Dimensionnement du corps de chaussée**

III.1) DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE .....	50
III.1.1) DEFFINITION DE LA CHAUSSE.....	50
III.1.2) DURE DE VIE D'UNE CHAUSSEE.....	50
III.1.3) LES SOLICITATIONS .....	50
III.1.3.1) Les effets du trafic .....	50
III.1.3.2) Les effets du climat sont traduits par .....	51
III.1.4) LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE .....	51
III.1.4.1) Chaussée souple .....	51
III.1.4.1.1) La couche de surface.....	52
III.1.4.1.1.1) La couche de roulement .....	52
III.1.4.1.1.2) La couche de liaison.....	52
III.1.4.1.2) Le corps de chaussée.....	52
III.1.4.1.2.1) La couche de base .....	52
III.1.4.1.2.2) La couche de fondation .....	52
III.1.4.1.3) La sous couche .....	53
III.1.4.2) Chaussée rigide .....	53
III.1.4.2.1) La couche de surface.....	53
III.1.4.2.2) La couche de fondation .....	53
III.1.5) DIFFERENTS METHODES DE DIMENSIONNEMENT.....	54
III.1.5.1) Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):.....	54
III.1.5.2) Method A.A.S.H.O: (American Association of States Highway Officials) .....	55
III.1.5.3) Méthode L.C.P.C (Laboratoire central des ponts et chaussées).....	55
III.1.5.4) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	56
III.1.6) APPLICATION AUX PROJET .....	56
III.2) LES CUBATURES .....	58
III.2.1) Méthodes de calcul des cubatures .....	58
III.2.1.1) Calcul d'un volume entre deux profils en travers consécutifs .....	58
III.2.1.2) Calcul du volume affecté à un profil notion de distance d'application .....	59
III.2.1.3) Méthode de la moyenne des aires .....	60
III.2.2) Calcul des cubatures des terrassements .....	62

# Table des matières

---

## **CHAPITRE IV : Aménagement de carrefour**

IV.1) DEFINITION: .....	63
IV.2) PRINCIPES GENERAUX DE CONCEPTION .....	63
IV.2.1) Visibilité .....	63
IV.2.2) Vitesse.....	63
IV.2.3) Sécurité .....	63
IV.2.4) Simplicité.....	63
IV.2.5) Sélectivités .....	63
IV.2.6) signalisation .....	64
IV.3) Détermination des caractéristique géométrique au carrefour .....	64
3.1) Triangle de visibilité .....	64
IV.3.2) La vitesse d'approche .....	65
IV.3.3) LES ILOTS .....	66
IV.3.4) TYPES DES CARREFOURS .....	66
IV.3.4.1) Carrefours Dénivelés (Echangeurs .....	66
IV.3.4.2) Carrefours Plans.....	66
IV.3.4.2.1) Carrefours plans ordinaires .....	66
IV.3.4.2.1.1) Carrefours en (T) .....	66
IV.3.4.2.1.2) Carrefour en (y) .....	67
IV.3.4.2.1.3) Carrefour en croix (x) .....	67
IV.3.4.2.2) Carrefours à sens giratoire .....	68
IV.3.5) APPLICATION AUX PROJET .....	68
IV.3.5.1) Carrefour giratoire du début de projet : Pk=0+0.00(m).....	68
IV.3.5.2) Carrefour en T vers ferme : Pk=00+286 (m).....	69
IV.3.5.3) Carrefour giratoire vers M'CID, Pk=02+070 (m):.....	69
IV.3.5.4) Carrefour giratoire vers F'KANNE(MASCARA) ,Pk=03+938 (m) .....	69
IV.3.5.5) Carrefour giratoire de Fin de Projet.....	69

## **CHAPITRE V : Equipement**

V.1) ASSAINISSEMENT : .....	70
V.1.1) OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT .....	70
V.1.2) Assainissement de la chaussée : .....	70
V.1.2.1)Fosse de pied du talus de déblai : .....	70
V.1.2.2) Fosse de crte de déblai: .....	70

## Table des matières

---

V.1.2.3) Fosse de pied du talus de remblai: .....	70
V.1.2.4) Drain : .....	71
V.1.2.5) Descentes d'eau : .....	71
V.1.3) QUELQUES DEFINITIONS .....	71
V.1.3.2) Collecteur principal (canalisation) .....	71
V.1.3.3) Chambre de visite (cheminée).....	71
V.1.3.4) Sacs .....	71
V.1.4) LES OUVRAGES DES ECOULEMENTS DES EAUX.....	71
1.1.4.1) Passages submersibles .....	72
V.1.4.2) Fossés .....	72
V.1.4.3) Les dalot .....	72
V.1.4.4) Dimension et protection de la buse .....	72
V.1.5) ESTIMATION DE DEBIT .....	73
V.1.5.1) La méthode rationnelle.....	73
V.1.5.2) Méthode de Turraza .....	73
V.1.5.3) Temps de concentration .....	74
V.1.6) Dimensionnement des fossés.....	74
V.1.6.1) Calcul de la surface mouillée .....	75
V.1.6.2) Calcul du périmètre mouille.....	75
V.1.6.3) Calcul le rayon hydraulique .....	75
V.1.7) APPLICATION AU PROJET .....	75
V.2) LA SIGNALISATION ROUTIERE : .....	80
V.2.1) ROLE DE LA SIGNALISATION:.....	80
V.2.2) Principes de la signalisation routière .....	81
V.2.2.1) Principe de valorisation.....	81
V.2.2.2) Principe de concentration.....	81
V.2.2.3) Principe de visibilité .....	81
V.2.3) TYPE DE SIGNALISATION:.....	81

### **CHAPITRE VI : Impact sur environnement**

VI.1) INTRODUCTION : .....	87
VI.2) CADRE JURIDIQUE .....	87
VI.3) OBJECTIFS .....	87
VI.4) IMPACT SUR L'AGRICULTURE .....	87

## Table des matières

---

VI.4.2) Les remèdes .....	87
VI.5) L'IMPACT SUR LA NATURE .....	88
IV.5.1) La faune .....	88
VI.5.2) La flore.....	88
VI.5.3) L'eau : .....	88
VI.6) L'IMPACT SUR LES HABITANTS .....	89
VI.6.1) La destruction .....	89
VI.6.2) Le bruit.....	89
VI.7) Infrastructure et paysage .....	90
VI.7.1) Les études d'urbanisme .....	90
VI.8) PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX DU PROJET	90
VI.9) CONCLUSION.....	91
Conclusion générale.....	92

# Liste des tableaux

---

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne [2].	3
Tableau I.2 : Classification de la sinuosité moyenne	4
Tableau I.3 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité	4
Tableau I.4 : Coefficient D'équivalence	9
Tableau I.5 : Valeur de K1	10
Tableau I.6 : Valeur de K2	10
Tableau I.7 : Valeur de la capacité théorique	10
Tableau I.8: Les calculs sont représentés dans le tableau suivant.	13
Tableau II.1 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40.	15
Tableau II.2 : coefficient de frottement longitudinal f en fonction de la vitesse (B40)	17
Tableau II.3 : variations des distances de freinage, d'arrêt en alignement droit (d1) et en courbe (d3) B40.	20
Tableau II.4 : variations des « Ddmin » en fonction de la vitesse	20
Tableau II.5 : selon B40 les valeurs de « Dmd » en mètre en fonction De la vitesse	21
Tableau II.6 : valeur de distance de sécurité (m) en fonction de la vitesse (km/h)	21
Tableau II.7 : les différentes valeurs des distances calculées et donné par le B40	23
Tableau II.8 : coefficient de frottement en fonction de Vr et Cat	27
Tableau II.9 : Les valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E	28
Tableau II.10 : Les valeurs de $f''$ en fonction de Cat	29
Tableau II.11 : Le devers de notre projet	30
Tableau II.12 : Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.	37
Tableau II.14 : Valeurs des différents rayons calculées et selon B40 en profile en long.	45
Tableau III.1 : Coefficient d'équivalence en fonction de matériaux utilisés.	56
Tableau IV.1 : La vitesse d'approche à vide V0. [2].	66

## Liste des figures

---

### Liste des figures

Fig. I.1 : La dénivelée cumulée moyenne h/L.....	3
Fig. I.2 : sinuosité.....	4
Fig I.3 : plan de situation de la route RN 07 .....	6
Fig. II.1 : Distance de freinage.....	16
Fig. II.2 : temps de perception-réaction. ....	17
Fig. II.3 : Obstacle Immobilé. ....	18
Fig. II.4 : Obstacle mobile.....	19
Fig. II.5: tracé en plan d'une route .....	24
Fig. II.6 : Rayon En Plan.....	26
Fig. II.7 : Rayon En Plan (inclinaison i). ....	26
Fig. II.8 : Expression Mathématique De La Clothoïde .....	31
Fig II.9 : Courbe en S .....	33
Fig II.10 : Courbe à sommet.....	33
Fig II.11 : Courbe en C.....	33
Fig II.12 : Courbe en ove .....	34
Fig. II.13 : visibilité sur chaussée unidirectionnelle.....	39
Fig. II.14 : visibilité sur chaussée bidirectionnelle.....	40
Fig. II.15 : rayon assurant le confort dynamique .....	42
Fig. II.17 : Les Eléments Du Profil En Travers .....	47
Fig. II.18 : Profil en travers type .....	48
Fig. II.19: profil en travers en alignement droit. ....	49
Fig. II.20: déversement de la chaussée.....	51
Fig. III.1 : chaussée souple. [12].....	52
Fig. III.2 : chaussée rigide.....	54
Fig. III .3 : Le corp de la chaussée.....	59
Fig. III .5 : Notations pour le calcul d'un volume de terres entre deux profils en travers consécutifs.....	60
Fig. III.6 : Utilisation de la notion de distance d'application.....	61
Fig. III.7 : Calcul par la moyenne des aire.....	61

## Liste des figures

---

Fig.IV.1 : Triangle de visibilité. [2] .....	66
Fig.IV.2 : Carrefour en T.....	68
Fig.IV.3 : Carrefour en Y.....	68
Fig. IV.4 : Carrefour.....	69
Fig. V.1 : Dimension de dalot.....	73
Fig. V.2 : Dimension Et Protection De La Buse.....	73
Fig. V.3 : Dimensionnement Des Fossés.....	74
Fig. V.4 : Ecoulement à surface libre.....	78
Fig. V.5 : photo fossé+ exutoire et ouvrage buse.....	80
Fig. V.6 : Lignes longitudinales et transversale.....	84
Fig. V.7 : Flèche de signalisation.....	86

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

Le développement durable est un enjeu important qui doit être considéré pour toutes les activités humaines actuelles et futures. Il consiste à fournir à tous les êtres humains et à leurs sociétés les moyens de vivre et de se développer sans épuiser les ressources de notre Planète et sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs besoins. [1]

L'histoire de la route est indubitablement attachée au développement de l'humanité et des civilisations. Il est important de noter que l'histoire nous apporte ensuite la confirmation que de nombreuses civilisations aux visées expansionnistes ont appuyé leur développement sur une maîtrise de la communication en général et des infrastructures routières en particulier.

De tout temps, les constructeurs cherchaient à réaliser des chaussées résistantes alors que la répétition des passages de véhicules ne puisse pas endommager trop rapidement. Jusqu'à la fin du XIXe siècle le choix du tracer va dans le sens de :

- a) La recherche du plus court chemin possible.
- b) La limitation des rampes (traction animal).

L'apparition du véhicule automobile et sa rapide perfectionnement, ont introduit dans la technique routière, les préoccupations relatives à la vitesse, à savoir :

- 1) La recherche d'un uni de plus en plus parfait.
- 2) Les caractéristiques géométriques nouvelles (adapter à la circulation rapide).

La route doit être construite avec beaucoup de soin et de rigueur, de façon à équilibrer entre la bonne conception, la sécurité et le confort des usagers d'une part et les aspects économiques d'autre part. [2]

C'est pour cela on a choisit notre projet qui s'intitule à l'étude d'un tronçon de 7Km pour l'évitement de la ville de sfisef sur RN7.

Notre travaille est structuré comme suite :

Chapitre I : Présentation du projet et étude de trafic.

Chapitre II : les caractéristique géométriques de la route (Tracé en plan ; Profil en long ; Profil en travers).

Chapitre III : Dimensionnement de corps de chaussée.

Chapitre IV : Etude de carrefour.

Chapitre V : Equipement.

Chapitre VI : L'impact sur l'environnement.

# CHAPITRE I

**Présentation du projet et  
étude de trafic**

## I.1) PRESENTATION DE PROJET :

Les routes nationales RN7 et RN17 supportent un trafic routier très important, ce qui justifier l'évitement des centres urbains qui posent beaucoup de problèmes de circulation, dans notre projet **un évitement de Sfisef** est essentiel.

### I.1.1) But de l'étude :

Le but de l'étude du projet est de trouver une solution technique afin d'éviter le passage par le centre urbain **Sfisef**, de déterminer les paramètres géométriques du tracé en plan, du profil en long, de déterminer les profils en travers et le corps de chaussée, ainsi qu'aménager un carrefour.

Dans ce projet, nous étudierons un tronçon de la route **d'évitement de Sfisef** développé sur un tracé de 7 km.

## I.2) ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE :

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

- ❖ La dénivelée cumulée moyenne  $h/L$
- ❖ La sinuosité moyenne  $Ls/L$ . [4]

### I.2.1) La dénivelée cumulée moyenne $h/L$ :

La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire, et la dénivelée cumulée totale.

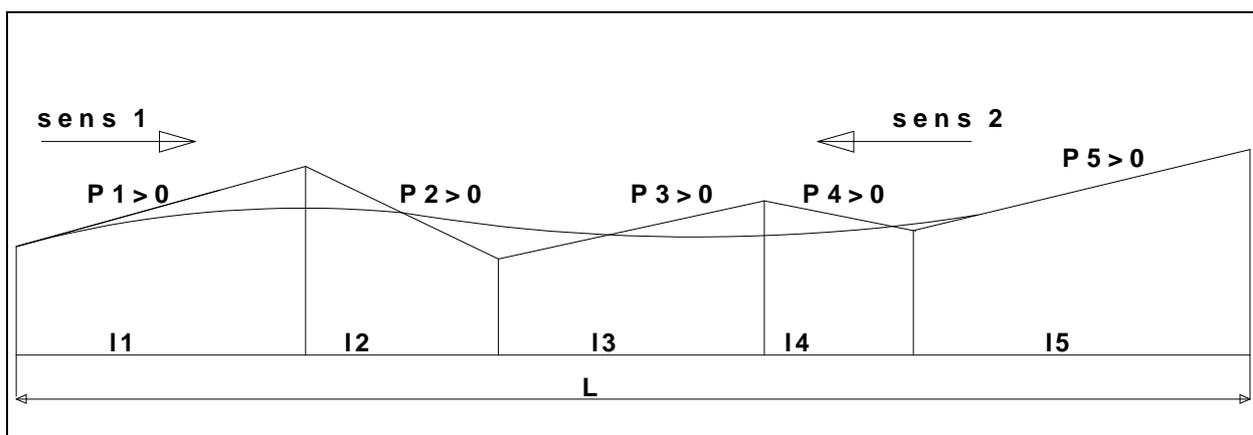


Figure I.1 : La dénivelée cumulée moyenne  $h/L$ .

$h_1 =$  dénivelée cumulée sens 1 :  $h_1 = \sum_{P_i > 0} P_i * l_i \dots \text{Eq I.1.1}$

$P_i > 0$

et :  $h = h_1 + h_2 \dots \text{Eq I.1.3.}$

$h_2 =$  dénivelée cumulée sens 2 :  $h_2 = - \sum_{P_i < 0} p_i * l_i \dots \text{Eq I.1.2.}$

$P_i < 0$

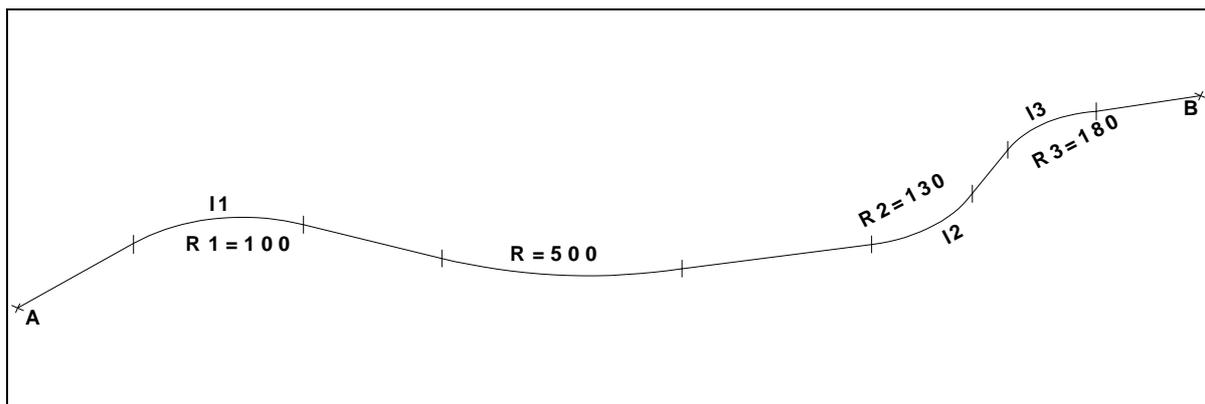
Le rapport de la dénivelée cumulée totale  $h$  à la longueur de l'itinéraire permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

**Tableau I.1** : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne [2].

N° de code	classification	La dénivelée cumulée moyenne $h/L$
1	Terrain plat	$h/L \leq 1,5\%$
2	<b>Terrain vallonné</b>	<b><math>1.5\% &lt; h/L \leq 4\%</math></b>
3	Terrain montagneux	$4\% < h/L$

### I.2.2) la sinuosité moyenne $\sigma = L_s / L$ :

La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport entre la longueur sinueuse  $L_s$  est la longueur totale de l'itinéraire, la longueur sinueuse  $L_s$  est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m. [2]



**Figure I.2** : sinuosité

$\sigma = \frac{L_s}{L_{AB}} \dots \text{Eq I.1.4.}$  Avec :  $L_s = \sum L_{R \leq 200} \dots \text{Eq I.1.5}$

$L_s$  : la longueur sinueuse.

$L_R$  : longueur de rayon  $\leq 200$ .

$L_{AB}$  :  $L$  (longueurs totales de l'itinéraire).

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

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

L'association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d'environnement et ceci selon le tableau ci –dessous :

**Tableau I.3** : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité [2].

Sinuosité \ Relief	Faible	Moyenne	Fort
Plat	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	<del> </del>
vallonné	<b>E<sub>2</sub></b>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Montagneux	<del> </del>	E <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>

### I.3) APPLICATION AU PROJET :

**I.3.1) Catégorie :** Catégorie (02), puisque notre projet relie deux centres d'industrie de Transformation, relie **SIDI BEL ABBES à MASCARA.**

#### I.3.2) La Dénivelée Cumulée moyenne :

Le tracé de **Sfisef** que nous avons effectué donne :

$$h_1 = \sum_{p_i > 0} P_i l_i \quad \text{et} \quad h_2 = - \sum_{p_i < 0} P_i l_i$$

$$h = h_1 + h_2 \rightarrow h = 87.87 + 135.46$$

$$\rightarrow h = 223.33 \text{ m}$$

$$\frac{h}{L} = \frac{223.33}{6822.38} \approx 0.033 = 3.30 \%$$

C'est à dire entre 1.5% et 4% donc selon B40 → **Terrain est vallonné.**

### I.3.3) Sinuosité :

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

$$\sigma = \frac{L_s}{L} = \frac{0}{6822.38} = 0 < 0.1 \Rightarrow \text{La Sinuosité Faible}$$

### I.3.4) Type d'environnement :

Puisqu' on a trouvé que le terrain est vallonné et la sinuosité faible, ce qui donne d'après le tableau I.3, le type d'environnement **E2**.

### I.4) Plan de situation de la route :



Figure I.3 : plan de situation de la route RN 07

## I.5) ETUDE DE TRAFIC :

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

Cette conception repose, sur une partie stratégie, 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.

## I.6) L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :

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

### I.6.1) La mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

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

### I.6.2) 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) [26].

#### b- Les comptages automatiques

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

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

**Le comptage temporaire:** s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

**L'inconvénient de cette méthode:** est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds [7].

### **I.6.3) Les enquêtes origine destination :**

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

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

Il existe plusieurs types d'enquêtes:

#### **a- Les enquêtes papillons ou distributions de cartes**

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

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

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

#### **b- Relevé des plaques minéralogiques**

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre chiffres ou lettres), La comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux [26].

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

Les inconvénients sont:

- ❖ le manque d'exhaustivité (on ne peut identifier la totalité des véhicules).
- ❖ les erreurs de lecture fréquentes qui faussent partiellement les résultats.
- ❖ un dépouillement fastidieux.

#### **c- Interview des conducteurs**

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

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relevé directement telles que le type de véhicule [7].

#### **d- Les enquêteurs à domicile - enquête ménage**

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de

nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération[26].

## **I.7) DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :**

### **I.7.1) Trafic normale :**

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

### **I.7.2) Trafic dévie :**

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.

### **I.7.3) Trafic induit :**

C'est le trafic qui résulte de:

- ❖ Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- ❖ 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.

### **I.7.4) Trafic totale :**

C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie [10].

## **I.8) CALCUL DE LA CAPACITE :**

### **I.8.1) Définition de la capacité :**

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

La capacité dépend :

- ❖ Des conditions de trafic.
- ❖ Des conditions météorologiques.
- ❖ De type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- ❖ Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).
- ❖ Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies) [7].

### **I.8.2) Projection future du trafic :**

La formule qui donne le trafic moyen journalier annuel à l'année horizon est [26]:

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

Avec:

$TMJA_h$  : le trafic à l'année horizon.

$TMJA_o$ : le trafic à l'année de référence.

n: nombre d'année.

$\tau$ : taux d'accroissement du trafic (%).

### I.8.3) CALCULE DE 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:

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

Avec:

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

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

**Tableau I.4 :** Coefficient D'équivalence [2].

routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

### I.8.4) DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL

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

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

Avec:

Q: débit de pointe horaire.

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

$T_{\text{eff}}$ : trafic effectif.

**I.8.5) Débit horaire admissible :**

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

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

**Tableau I.5 : Valeur de K1 [2].**

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

**Tableau I.6 : Valeur de K2 [2].**

Environnement	1	2	3	4
E1	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96

**Tableau I.7 : Valeur de la capacité théorique [2].**

	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

**I.8.6) Détermination nombre des voies :**

- ❖ Cas d'une chaussée bidirectionnelle : on compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  et on adopte le profil auquel correspond la valeur de  $Q_{adm}$  la plus proche à  $Q$ .

$$Q_{adm} \geq Q$$

- ❖ Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport [26].

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

Avec:

$Q_{adm}$ : débit admissible par voie

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

## I.9) APPLICATION AU PROJET

### I.9.1) LES DONNEES DE TRAFIC :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par la DTP qui sont les suivants [5] :

- ❖ Le trafic à l'année 2009  $TJMA_{2009} = 7000$  v/j
- ❖ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4\%$
- ❖ La vitesse de base sur le tracé  $V_b = 100$  km/h (suivants le tableau II.1)
- ❖ Le pourcentage de poids lourds  $Z = 26\%$
- ❖ L'année de mise en service sera en 2013
- ❖ La durée de vie estimée de 20 ans
- ❖ Catégorie C2
- ❖ L'environnement E2

### I.9.2) PROJECTION FUTURE DE TRAFIC :

L'année de mise en service (2013).

$$TMJA_h = TJMA_{2013} (1 + \tau)^n$$

Avec :

TMJA<sub>h</sub> : trafic à l'horizon (année de mise en service 2013)

TMJA<sub>o</sub> : trafic à l'année zéro (origine 2013)

$$TMJA_{2013} = 7000 (1 + 0.04)^4 = 8189 \text{ v/j}$$

Donc:  $TMJA_{2013} = 8189$  v/j

Trafic à l'année (2033) pour une durée de vie de 20 Ans.

$$TMJA_{2033} = 8189 \times (1 + 0.04)^{20} = 17943 \text{ v/j}$$

Donc:  $TMJA_{2033} = 17943$  v/j

### I.9.3) CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF :

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

Avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E2 on a  $P=6$ .

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 26%.

$$T_{eff} = 17943 \times [(1 - 0.26) + 6 \times 0.26] = 41269 \text{ uvp/j}$$

Donc:  $T_{eff} = 41269$  uvp/j

**I.9.4) DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL :**

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

1/n: coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12 (n=8heurs).

➤ **Année de mise en service**

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}2013}$$

$$Q = 0.12 \times 7000 = 840 \text{ uvp/h}$$

➤ **Année horizon**

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}2033}$$

$$Q = 0.12 \times 41269 = 4952 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Donc: } Q = 4952 \text{ uvp/h}$$

**Calculons tout d'abord la capacité admissible.**

$$Q \leq Q_{\text{adm}} = K1.K2.C_{\text{th}}$$

$$\Rightarrow C_{\text{th}} = Q / (K1.K2). \quad Q: \text{ de l'année de mise en service.}$$

$$\text{Avec : } K1 * K2 = 0.8415$$

$$C_{\text{th}} \geq 840 / (0.85 \times 0.99)$$

$$C_{\text{th}} \geq 1996 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Donc : } C_{\text{th}} \geq 1996 \text{ UVP/h}$$

Pour notre cas on a obtenu la capacité théorique :  $1500 < C_{\text{th}} = 1996 \text{ UVP/h} < 2000$

**I.9.5) DEBIT ADMISSIBLE :**

Le débit que supporte une section donnée:

$$Q_{\text{adm}} = K1.K2. C_{\text{th}}$$

Avec:

K1: coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour E2.

K2: coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement (E2) et catégorie (C2).

$C_{\text{th}}$ : capacité théorique.

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

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

**I.9.6) LE NOMBRE DE VOIES :**

$$N = S \times \left(\frac{Q}{Q_{\text{adm}}}\right)$$

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

$$N = (2/3) \times (4952/1683) = 1.96 \approx 2$$

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

**I.9.7) CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION:**

$$T_{\text{eff}2013} = [(1-0.26) + 6 \times 0.26] \times 8189$$

$$\text{Donc: } T_{\text{eff}2013} = 18835 \text{ uvp/j}$$

$$Q = 0,12 \times 18835 = 2260 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Donc: } Q = 2260 \text{ uvp/h}$$

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

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1683 = 6732 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Donc : } Q_{\text{saturation}} = 6732 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2013} \Rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{\text{sat}}}{Q}\right)}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{6732}{2260}\right)}{\ln(1+0.04)} = 28 \text{ ans}$$

Donc : n = 28 ans

D'où notre route sera saturée 28 ans après la mise en service, donc l'année de saturation est l'année : 2041.

**Tableau I.8:** Les calculs sont représentés dans le tableau suivant.

TJMA <sub>2013</sub> (v/j)	TJMA <sub>2033</sub> (v/j)	Teff <sub>2033</sub> (uvp/j)	Q <sub>2033</sub> (uvp/h)	N
8189	17943	41269	4952	2

# CHAPITRE II

**Les caractéristiques  
géométriques de la route**

## II.1) LES PARAMETRE DE BASE POUR LES ETUDES DE TRACE :

En dehors de la demande du trafic à satisfaire et de l'évolution des caractéristiques géométriques, il est nécessaire de connaître les vitesses pratiquées sur un tracé projeté car ces dernières constituent le facteur déterminant.

### II.1.1) Vitesse de référence des véhicules légers « VvL » et des poids lourds « VpL » :

La vitesse de référence des véhicules légers « VvL » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces points particulières. Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale permet de garantir l'homogénéité.

La vitesse de référence des poids lourds « VpL » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques limites des rampes, le choix de la vitesse de référence dépend :

- ❖ Type de route.
- ❖ Importance et genre de trafic.
- ❖ Topographie.
- ❖ Condition économiques d'exécution et d'exploitation.

#### Remarque :

- ❖  $V_{vL}$  = vitesse de référence des véhicules légers.
- ❖  $V_{pL}$  = vitesse de référence des poids lourds.

**Tableau II.1** : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40.

Environnement Catégorie		E.1	<b>E.2</b>	E.3
		Caté.1	V <sub>VL</sub>	120
V <sub>PL</sub>	40		35	30
<b>Caté.2</b>	V <sub>VL</sub>	120	<b>100</b>	80
	V <sub>PL</sub>	40	<b>35</b>	30
Caté.3	V <sub>VL</sub>	120	100	80
	V <sub>PL</sub>	35	30	25
Caté.4	V <sub>VL</sub>	100	80	60
	V <sub>PL</sub>	30	25	20
Caté.5	V <sub>VL</sub>	80	60	40
	V <sub>PL</sub>	/	/	/

**II.1.2) Paramètres cinématiques :**

On doit donner à un conducteur en cas de freinage d'urgence une distance de visibilité suffisante qui lui permettra de freiner sans qu'il ait un risque de danger.

**II.1.3) Distance minimale de freinage :**

La distance minimale de freinage « Dmf » est le paramètre fondamental pour déterminer les distances de visibilité dans les virages en plan et dans les courbes verticales du profil en long.

$$\frac{1}{2}mv^2 = p \cdot f \cdot d_0 \Rightarrow d_0 = \frac{v^2}{2gf} = \frac{v^2}{254f}$$

Si V en km/h... Eq II.1.1 (B40)

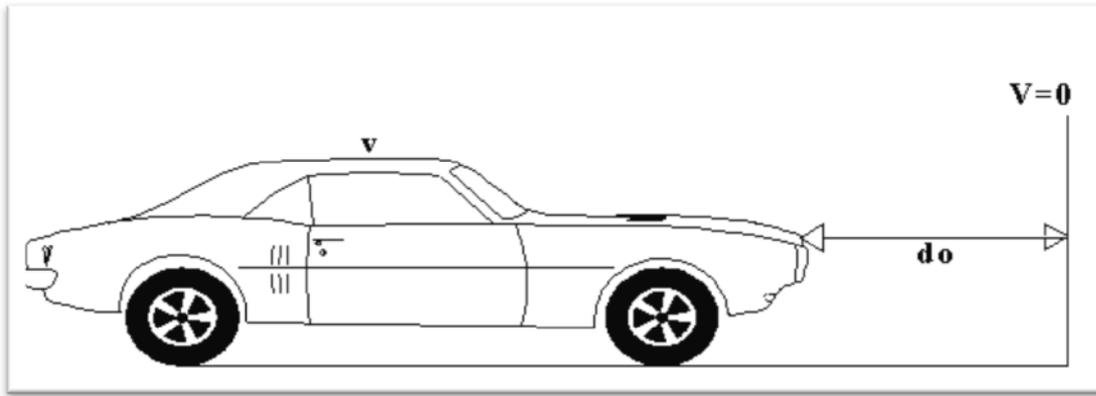


Fig. II.1 : Distance de freinage.

➤ dans le cas général, la route est déclinée c'est-à-dire elle est en rampe ou en pente.

Dans ce cas, la formule de  $d_0$  sera :

$$d_0 = \frac{V^2}{254(f \pm i)} \quad \dots \text{Eq II.1. 2}$$

f: coefficient de frottement longitudinal.

i : déclivité de la route en %.

v : vitesse (km/h).

❖ En palier ( $i=0$ ) on aura



$$d_0 = \frac{V^2}{254 * f} \quad \dots \text{Eq II.1. 3}$$

❖ En rampe (montée)



$$d_0 = \frac{V^2}{254 * (f + i)} \quad \dots \text{Eq. II.1. 4}$$

❖ En pente (descente) :



$$d_0 = \frac{V^2}{254 * (f - i)} \quad \dots \text{Eq II.1. 5}$$

Le coefficient de frottement longitudinal  $f$  varie avec l'état des pneus et l'état de la chaussée comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

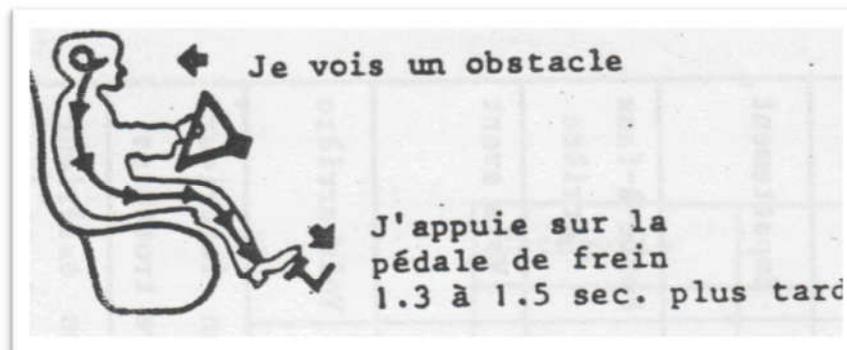
**Tableau II.2** : coefficient de frottement longitudinal  $f$  en fonction de la vitesse (B40).

Vitesse (km/h)	40	60	80	100	120
Catégorie 1.2	0.45	0.42	0.39	<b>0.36</b>	0.33
Catégorie 3.4.5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36

**II.1.3) Distance d'arrêt :****II.1.3.1) Temps de perception-réaction :**

Avant le freinage à l'apparition d'un obstacle, il s'écoule un certain temps  $t_p$  pendant lequel le conducteur :

- ❖ Perçoit l'existence de l'obstacle c'est à dire, il prend conscience de cette apparition, et de la nécessité de freiner au maximum.
- ❖ Réagit en actionnant ses freins (porte ses pieds sur la pédale de frein).

**Fig. II.2** : temps de perception-réaction.

Ce temps  $t_p$  est appelé le temps de perception-réaction. La norme divise ce temps en deux parties :

- Le temps physiologique moyen c'est-à-dire le temps au cours duquel l'œil transmet les informations au cerveau et à son tour donne l'ordre d'agir qui est de 1.5 à 1.3s.
- Le temps mort mécanique c'est-à-dire celui qui permet l'entrée en action des freins qui est de 0,5 s.

On aura en fin de compte un temps de perception-réaction égale à :

$$\left\{ \begin{array}{ll} t_p = 1.8s & \text{si } V \geq 100 \text{ km/h.} \\ t_p = 2s & \text{si } V < 100 \text{ km/h.} \end{array} \right.$$

### II.1.3.2) Distance d'arrêt en alignement droit :

La distance de visibilité d'arrêt est la distance nécessaire à l'arrêt d'un véhicule à l'approche d'un obstacle éventuel. Cette distance est la somme de deux distances.

#### ❖ Obstacle immobile :

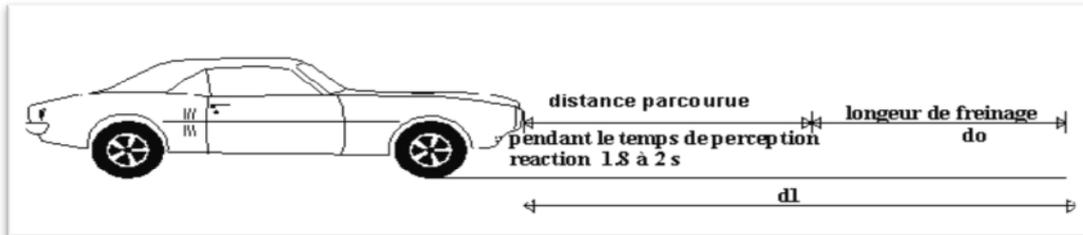


Fig. II.3 : Obstacle Immobile.

La distance d'arrêt  $d_1$  est égale à la somme de :

- ❖ La distance de freinage  $d_0$  déterminée précédemment.
- ❖ La distance parcourue pendant le temps de perception-réaction

$$d_1 = d_0 + \frac{v}{3.6} * t_p \quad \dots \text{Eq II.1.6}$$

Avec :

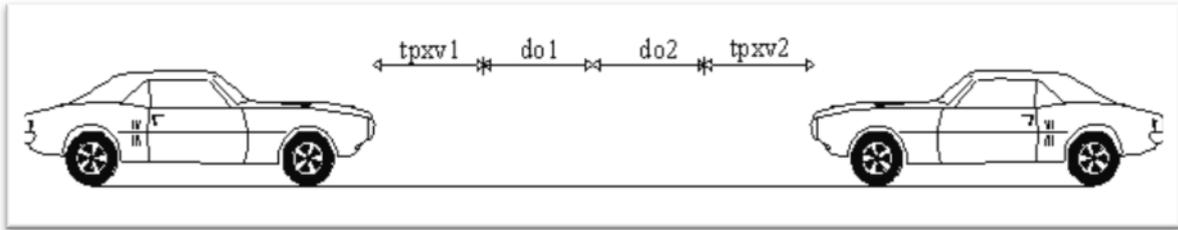
$t_p$  : temps de perception –réaction.

$d_0$  (m) : distance de freinage.

$v$  : vitesse de référence.

Donc on aura :

$$\left\{ \begin{array}{l} d_1 = \frac{V^2}{254(f \pm i)} + 0.50 * V \quad \text{Pour } V \geq 100 \text{ km/h} \dots \text{Eq II.7.} \\ d_1 = \frac{V^2}{254(f \pm i)} + 0.55 * V \quad \text{Pour } V < 100 \text{ km/h} \dots \text{Eq II.8.} \end{array} \right.$$

❖ **Obstacle mobile :****Fig. II.4 :** Obstacle mobile.

$$\left\{ \begin{array}{l} d2 = \frac{V^2_1}{254 \times (f \pm i)} + 0.50 \times V_1 + \frac{V^2_2}{254 \times (f \mp i)} + 0.50 \times V_2 \quad \text{Si } V \geq 100 \text{ km/h ... Eq II.1.9.} \\ d2 = \frac{V^2_1}{254 \times (f \pm i)} + 0.55 \times V_1 + \frac{V^2_2}{254 \times (f \mp i)} + 0.55 \times V_2 \quad \text{Si } V < 100 \text{ km/h ... Eq II.1.10.} \end{array} \right.$$

➤ Si  $V_1 = V_2 = V$   
On a :

$$\left\{ \begin{array}{l} d2 = \frac{V^2}{127 \times (f \pm i)} + V \quad \text{Si } V \geq 100 \text{ km/h ... Eq II.1.11.} \\ d2 = \frac{V^2}{127 \times (f \pm i)} + 1.1V \quad \text{Si } V < 100 \text{ km/h ... Eq II.1.12.} \end{array} \right.$$

**Avec :**

V : vitesse de référence (km/h)

f : coefficient de frottement longitudinal.

i : devers.

**II.1.3.3) Distance d'arrêt en courbe :**

En virage on doit majorer la distance d'arrêt de 25%, parce que dans les courbes on doit freiner moins énergiquement.

$$\left\{ \begin{array}{l} d3 = d1 + 0.25 \times d0 \quad \text{Si } R \geq 5 \times V \quad \text{... Eq II.1.13.} \\ d3 = d1 + 0.25 \times d0 \quad \text{Si } R < 5 \times V \quad \text{... Eq II.1.14.} \end{array} \right.$$

$$d_3 = d_0(m) + 0.50v + 0.25 d_0(m) \Rightarrow d_3 = 1.25d_0 + 0.50v \quad \text{pour } v \geq 100 \text{ km/h} \dots \text{Eq II.1.15.}$$

$$d_3 = d_0(m) + 0.55v + 0.25 d_0(m) \Rightarrow d_3 = 1.25d_0 + 0.55v \quad \text{pour } v < 100 \text{ km/h} \dots \text{Eq II.1.16.}$$

**Avec :**

$d_3$  : distance d'arrêt en courbe.

$d_1$  : distance d'arrêt en alignement droit.

$d_0(m)$  : distance de freinage.

**Tableau II.3 :** variations des distances de freinage, d'arrêt en alignement droit ( $d_1$ ) et en courbe ( $d_3$ ) B40.

V (km/h)		40	60	80	<b>100</b>	120
Catégorie 1-2	$d_0$ (m)	14	34	65	<b>111</b>	175
	$d_1$ (m)	36	67	109	<b>161</b>	235
	$d_3$ (m)	40	72	120	<b>181</b>	273

#### II.1.3.4) Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre :

Selon la norme B40 on distingue deux distances de visibilité de dépassement servant de base aux calculs de la géométrie des routes à voies de dépassements.

##### II.1.3.4.1) Distance de visibilité de dépassement minimale « $D_{dmin}$ » :

La distance de visibilité de dépassement est égale au double de la distance parcourue par un véhicule rapide pendant la durée de dépassement.

Selon B40 :

Les différentes valeurs de «  $D_{dmin}$  » sont données dans le tableau suivant :

**Tableau II.4 :** variations des «  $D_{dmin}$  » en fonction de la vitesse.

Vitesse (km/h)	40	60	80	100	120
$D_{dmin}$ (m)	150	250	325	<b>425</b>	550

**II.1.3.4.2) Distance de visibilité de la manœuvre de dépassement :**

La distance de manœuvre de dépassement sert à calculer le rayon minimal de courbure du profil en long au sommet.

**Tableau II.5 :** selon B40 les valeurs de « Dmd » en mètre en fonction De la vitesse

Vitesse (km/h)	40	60	80	<b>100</b>	120
Dmd (m)	70	120	200	<b>300</b>	425

**II.1.3.4.3) Distances de sécurité entre deux véhicules (Ds) :**

C'est la distance de sécurité entre deux véhicules. C'est l'espace nécessaire entre deux véhicule circulent dans le même sens, sur la même voie et la même vitesse afin d'éviter la collision en cas où la première action les freins au maximum :

$$Ds = \left(\frac{v}{3.6} tp\right) + L$$

... Eq II.1.9

Avec :

tp : temps perception réaction (sec).

V : vitesse de véhicule (Km/h). (Même vitesse).

L : Longueur de véhicule en moyenne (8m).

**Tableau II.6 :** valeur de distance de sécurité (m) en fonction de la vitesse (km/h).

Vitesse (km/h)			40	60	80	<b>100</b>	120
En Algérie	Cat 1 et 2	E1 et E2	30	41	52	<b>58</b>	68
		E3	28	38	48	58	68
<b>Ds</b>	Cat 3 et 4 et 5		30	38	48	58	58

**II.1.4) Application au projet :**

Sur le Tableau II.1 :

**II.1.4.1) Distance de freinage :**

On a catégorie 2 ; vitesse= 100 km/h ; f= 0.36 sur Tableau II.3

Donc en remplace dans la formule :  $d_0 = \frac{V^2}{254 * f}$  donc  $d_0 = \frac{(100)^2}{254 * 0.36} = 109m$

**II.1.4.2) Distance d'arrêt en alignement droit :****❖ Obstacle immobile :**

$v = 100 \text{ km/h}$ ,  $d_0 = 109m$  et  $t = 1.8s$ .

$$d_1 = d_0 + \frac{v}{3.6} * t_p$$

$$d_1 = 109 + 0.5(100) \Rightarrow d_1 = 159m$$

**❖ Obstacle mobile :**

$v = 100 \text{ km/h}$      $f = 0.36$

$$d_2 = \frac{V^2}{127 * f} + V \Rightarrow d_2 = \frac{100^2}{127 * 0.36} + 100$$

Donc  $d_2 = 319m$

**II.1.4.3) Distance d'arrêt en courbe :**

$$d_3 = d_1 + 0.25 * d_0$$

$$d_3 = 1.25d_0 + 0.5v$$

An:

$$d_3 = (1.25 * 109) + (0.5 * 100) = 186m$$

**II.1.4.4) Distance de visibilité de dépassement :**

Sur le Tableau II.5 :

$$D_{\text{min}} = 425m$$

**II.1.4.5) Distance de visibilité de manœuvre de dépassement « Dmd » :**

Sur le Tableau II.6 :

$$D_{\text{md}} = 300m$$

**II.1.4.6) Distances de sécurité entre deux véhicules (Ds) :**

$L=8\text{m}$  (Longueur de véhicule en moyenne (8m)).

$t=1.8\text{s}$  (temps perception réaction (sec)).

$V=100\text{ Km/h}$  (vitesse de véhicule (Km/h)).

$$D_s = \frac{V}{3.6} t + L$$

$$D_s = \frac{100}{3.6} * 1.8 + 8 = 58\text{m} \Rightarrow D_s=58\text{m}.$$

Le tableau ci-dessous donne les valeurs calculées et celles données par le B40 :

**Tableau II.7 :** les différentes valeurs des distances calculées et donné par le B40.

		Vitesse de référence (Km/h)	<b>100</b>
Distance de freinage	<b>do (m)</b>	Calculé	109
		D'après B40	111
Distance d'arrêt en alignement droit obstacle immobile	<b>d1 (m)</b>	Calculé	159
		D'après B40	161
Distance d'arrêt en alignement droit obstacle mobile	<b>d2 (m)</b>	Calculé	319
		D'après B40	
Distance d'arrêt en courbe	<b>d3 (m)</b>	Calculé	186
		D'après B40	181
Distance de visibilité de dépassement	<b>Ddmin(m)</b>	Calculé	
		D'après B40	425
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	<b>Dmd(m)</b>	Calculé	
		D'après B40	300
Distance de sécurité entre deux véhicules	<b>Ds</b>	Calculé	58
		D'après B40	58

## II.2) LE TRACE EN PLAN:

Le tracé en plan est une succession des droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement. [2]

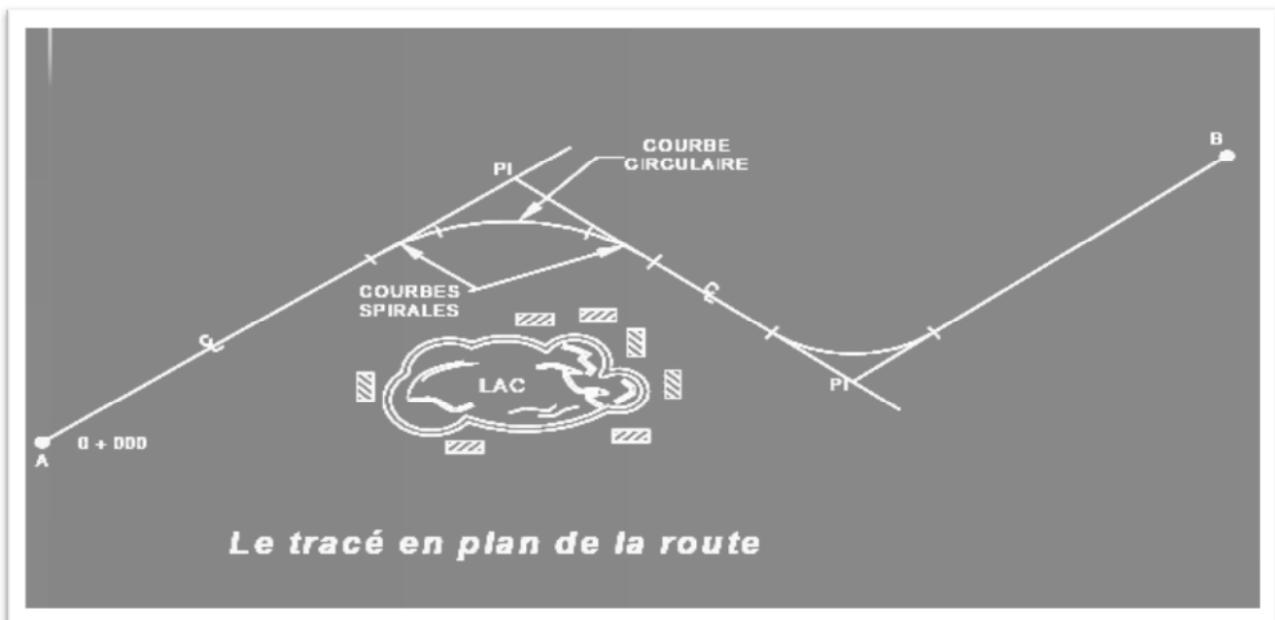


Fig. II.5: tracé en plan d'une route.

### II .2.1) Règles à respecter dans le tracé en plan [2] :

- ❖ L'adaptation de 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. [2]

## II.2.2) Eléments du tracé en plan :

### II.2.2.1) 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 amène 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 faits, il est préférable d'avoir un pourcentage compris entre 20% et 60% en alignement droit, d'une section de route. [2]

### II.2.2.2) Arc de cercle :

Deux alignements droits de direction différente 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. [2]

### II.2.2.3) Clothoïde :

La clothilde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon progressive elle a pour rôle de maintenir constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers. [8]

### II.2.2.4) Rayon en plan :

Un véhicule qui se déplace dans un virage est soumis à différentes forces, parmi lesquelles figurent son poids propre **P** et la force centrifuge **F<sub>c</sub>**.

Si la composante de la résultante des deux forces **R'** passe en dehors du polygone des roues, le véhicule perd sa stabilité et se renverse. [7]

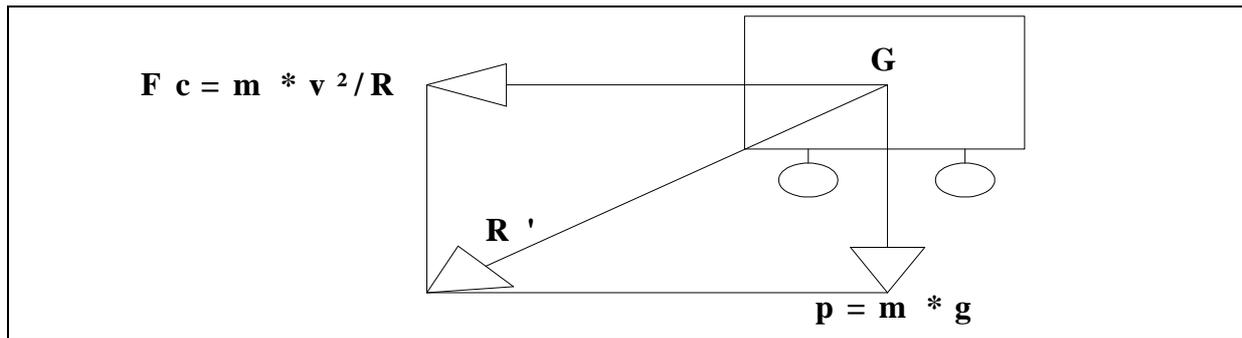


Fig. II.6 : Rayon En Plan.

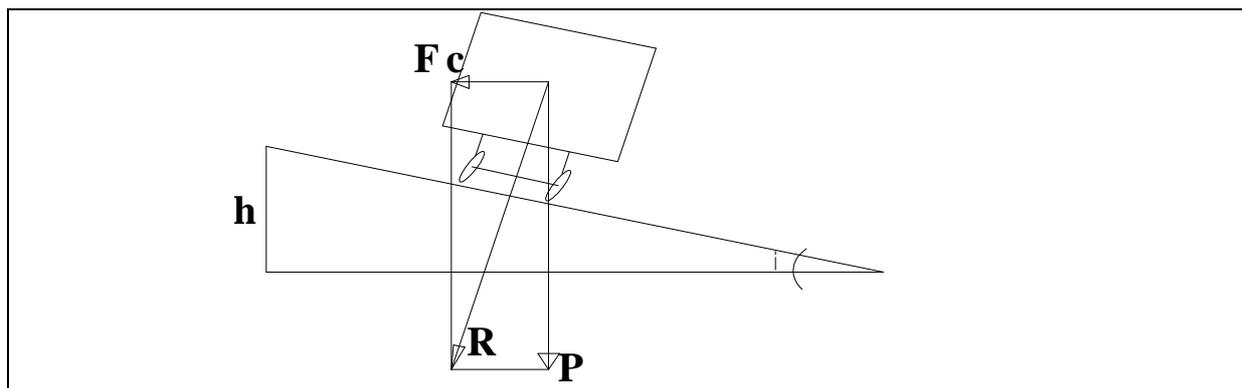
Avec :

$F_c$  : force centrifuge.

$R'$  : rayon de courbure (la résultante).

$P$  : poids du véhicule.

Il faut donc pour éviter de déstabiliser le véhicule, rapprocher la résultante  $R'$  d'une position perpendiculaire à la surface de la route. Pour cela, il faut donner un surhaussement  $h$  du bord extérieur de la voie. [7]

Fig. II.7 : Rayon En Plan (inclinaison  $i$ ).

Ce taux de relèvement (inclinaison  $i$ ) est appelé devers. La route ainsi inclinée transversalement est dite déversée ou en devers.

En fonction de la vitesse de référence, le rayon minimal à admettre est :

$$R \geq \frac{V_r^2}{g * (f_t + d_{max})} \quad \dots \text{Eq II.2.1.}$$

Avec :

$V_r$  : vitesse de référence (m/s).

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

$f_t$  : coefficient de frottement transversal.

$d_{max}$  : devers.

Et en convertissant  $V_r$  (m/s) en km/h, on aura donc :

$$RH_{min} = \frac{v_r^2}{127 (f_t + d_{max})} \quad \dots \text{Eq II.2.2.}$$

$V_r$  : vitesse de référence (m/s).

$f_t$  : coefficient de frottement transversal.

$d_{max}$  : devers.

Les valeurs du coefficient de frottement transversal dépendent de la vitesse. Elles augmentent avec la vitesse de référence. Les normes B40 nous donnent les valeurs suivantes :

**Tableau II.8** : coefficient de frottement en fonction de  $V_r$  et Cat. [2]

Catégorie	Vitesse en Km/h	120	100	80	60	40
	Coeff. de frottement					
1-2	Transversal $f_t$	0,1	0,11	0,13	0,16	0,20
3-4-5	Transversal $f_t$	0,11	0,125	0,15	0,18	0,22

### II.2.2.5) Rayon horizontal minimal absolu ( $RH_{min}$ ) :

Le rayon minimal pour chacune des vitesses de références est le rayon pour lequel le devers atteint sa valeur maximale, et ce rayon est employé dans les régions montagneuse.

La valeur de  $RH_{min}$  est donnée par la formule suivante :

$$RH_m = \frac{V_r^2}{127 (f_t + d_{max})} \quad \dots \text{Eq II.2.3.}$$

Avec :

- ❖  $V_r$  : vitesse de référence du véhicule.
- ❖  $d_{\max}$  : dévers maximal.
- ❖  $f_t$  : Coefficient de frottement transversal.

Les valeurs des dévers min et max sont données par le tableau ci-dessous (Selon B40) :

**Tableau II.9** : Les valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E.

Catégories des routes	dévers	Environnement		
		E 1	E 2	E 3
1 et 2	Min	2,5%	2,5%	2,5%
	Max	7%	7%	7%
3 et 4	Min	3%	3%	3%
	Max	8%	8%	7%
5	Min	3%	3%	3%
	Max	9%	9%	9%

**Donc pour notre projet on a :**

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Catégorie 2} \\ \text{Environnement (E2), } f_t = 0.11 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_r = 100 \text{ Km/h} \\ d_{\max} = 7\% \text{ et } d_{\min} = 2.5\% \end{array} \right.$$

### II.2.2.6) Rayon minimal normale (RHN) :

Ce rayon est calculer a partir d'une vitesse  $V = V_r + 20 \text{ km/h}$

Avec :

$$R_{Hn} = \frac{(V_r + 20)^2}{127 (f_t + d_{\max})} \quad \dots \text{Eq II.2.4}$$

$d = d_{\max} - 0.02$  pour cat.(1.2.3.4).

$d = d_{\max} - 0.03$  pour cat. (5).

**II.2.2.7) Rayon Au Dévers Minimal (RHd) :**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà du quel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel 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.

$$\text{RHd} = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}} \quad \dots \text{Eq II.2.5.}$$

**II.2.2.8) Rayon Non Déversé (RHnd) :**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon minimal qui permet cette disposition est le rayon minimal non déversé (RHnd). [2]

$$\text{RH}_{\text{nd}} = \frac{V_r^2}{127 \times 0.0035} \quad \dots \text{Eq II.2.6.}$$

Les valeurs de  $f''$  sont données dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II.10 : Les valeurs de  $f''$  en fonction de Cat [2].**

Catégorie	1	2	3	4	5
$f''$	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Pour notre projet est :  $f''=0.06$

**II.2.3) Déversement en alignement et en courbe :****II.2.3.1) Devers en alignement :**

Le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Nous avons adopté une pente transversale 2.5% selon la B40.

**II.2.3.2) Devers en courbe :**

C'est le soulèvement de la chaussée extérieure vers l'intérieure de la courbe.

En courbe le devers permet de :

- ❖ Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- ❖ Compenser une fraction de la force centrifuge être assurer la stabilité des véhicules.

[6]

La force centrifuge :

$$F_c = \frac{M \cdot V^2}{R}$$

... Eq II.2.7

Ou :

M : la masse de véhicule.

V : la vitesse de véhicule.

R : le rayon de virage.

❖ Le devers est calculé d'après les formules suivantes :

1<sup>er</sup> Cas :  $R_{HN} \leq R \leq R_{HD}$

$$\frac{d - d_{max}}{[d_{max} - 2]} * \left( \frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{HD}} \right) + \frac{1}{R_{HD}} = \frac{1}{R}$$

... Eq II.2.8

2<sup>ème</sup> Cas:  $R_{Hmin} \leq R \leq R_{HN}$

$$\frac{[d - (d_{max} - 2)]}{[d_{max} - (d_{max} - 2)]} * \left( \frac{1}{R_{Hmin}} - \frac{1}{R_{HD}} \right) + \frac{1}{R_{HD}} = \frac{1}{R}$$

...Eq II.2.9

A.N : Dans le cas de notre projet on a :

Tableau II.11 : Le devers de notre projet.

Rayon (m)	d(%)
1200	3.07

❖ Expression mathématique de la clothoïde :

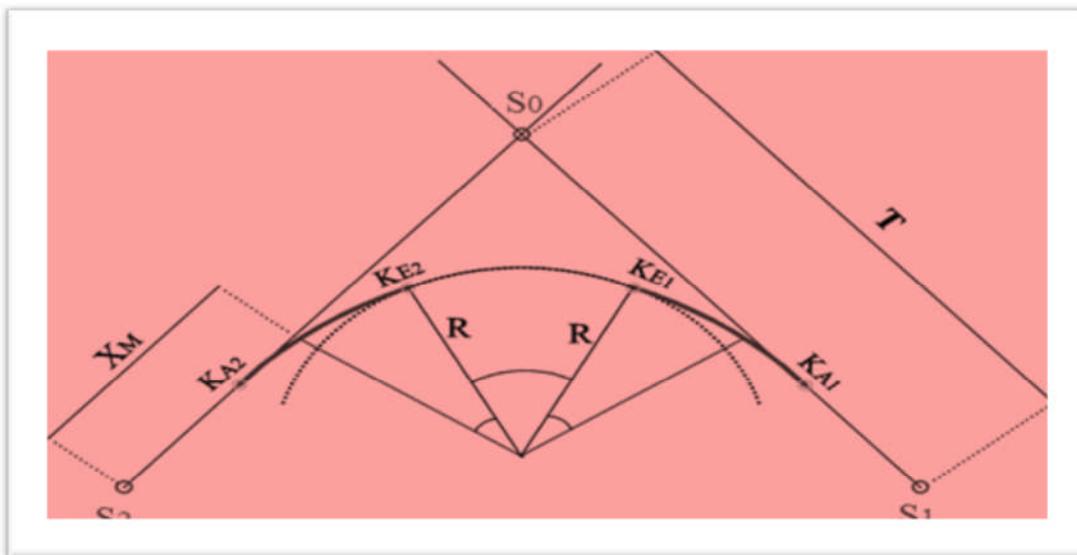


Fig. II.8 : Expression Mathématique De La Clothoïde

Courbure  $K$  linéairement proportionnelle à la longueur curviligne  $L$ . [8]

$$K = C \times L$$

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

- ❖  $A$  : Paramètre de la clothoïde
- ❖  $M$  : Centre de cercle d'abscisse  $X_m$ .
- ❖  $R$  : Rayon de 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)
- ❖ Le choix d'une Clothoïde doit respecter les conditions suivantes :
- ✱ **Condition Optique :**  
D'après la norme B40 cette condition est définie de la manière suivante :  
Pour  $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$  (éventuellement 0.5m) d'où :

$$L1 = \sqrt{24R\Delta R}$$

...Eq II.2.10

- ❖ Pour  $1500 < R \leq 5000\text{m}$ ,  $\tau = 3^\circ$  c'est-à-dire :

$$L1 = \frac{R}{9}$$

...Eq II.2.11

- ❖ Pour  $R > 5000\text{m} \Rightarrow \Delta R$  limité à 2.5m soit :

$$L1 = 7.75 * \sqrt{R}$$

...Eq II.2.12

✱ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition Consiste à limite pendant le temps de parcouru  $\Delta t$  du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale. [6]

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

Avec :

$V_r$  : vitesse de référence en (Km /h).

$R$  : rayon en (m).

$\Delta d$  : variation de dévers.

✱ **Condition de gauchissement :**

Le relèvement des virages s'effectue proportionnellement à l'arc de courbe de raccordement ainsi que le devers est proportionnel à la courbure.

Alors, Pour permettre l'introduction progressive du devers, il est préférable d'avoir un raccordement dont la longueur est calculée par la formule suivante :

$$L = \frac{b \cdot \Delta d \cdot V_r}{50}$$

Avec :

$V_r$  : Vitesse de référence (km/h).

$b$  : Distance axe de rotation- bord de chaussée.

$\Delta d$ : Différence de devers en %..

$$L_r = \max(L \text{ confort}, L \text{ gauchissement}, L \text{ optique})$$

**II.2.4) Calcul des éléments d'un raccordement progressif :**

La longueur du raccordement progressif doit être suffisante pour permettre :

- ❖ d'une part, d'introduire progressivement le devers : c'est condition de gauchissement ou de rapidité d'introduction du devers.
- ❖ d'autre part, de ne pas imposer au véhicule une variation trop rapide de la sollicitation transversale : c'est la condition du confort des usagers

La longueur de raccordement sera la plus grande valeur des L gauchissement,

L confort dynamique L confort optique.

Exemple pour R= 1200 m.

**II.2.4.1) Condition optique :**

$$L1 = \sqrt{24R\Delta R} \quad \text{On a } R=1200\text{m} < 1500\text{m} \Rightarrow \Delta R=1$$

$$L1 = \sqrt{24 * 1200 * 1} = 169.70 \text{ m} \quad \boxed{L1=169.70\text{m}}$$

**II.2.4.2) Condition de confort dynamique :**

$$L2 = \frac{Vr^2}{18} \left( \frac{Vr^2}{127R} - \Delta d \right).$$

$$\Delta d = d + d_{\min}.$$

$$\Delta d = d - (-0.025).$$

$$\text{Pour } R=1200\text{m} \Rightarrow d = 0.0307.$$

$$\Delta d = 0.0307 + 0.025 = 0.0557.$$

$$L2 = \frac{(100)^2}{18} \left( \frac{(100)^2}{127 * 1200} - 0.0557 \right) \quad \boxed{L2= 5.51\text{m}}$$

**III.2.4.3) Condition de gauchissement :**

$$L3 = \frac{b * \Delta d * Vr}{50}$$

$$\Delta d = d + d_{\min} \text{ en } (\%).$$

$$\Delta d = d - (-2.5).$$

$$\text{Pour } R=1200\text{m} \Rightarrow d = 3.07\%.$$

$$\Delta d = 3.07 + 2.5 = 5.57\% \text{ et } b = 3.50\text{m}.$$

$$\text{A.N:} \quad L3 = \frac{3.50 * 5.57 * 100}{50} \quad \boxed{L3= 38.99\text{m}}$$

$$Lr = \max (L1, L2, L3) \Rightarrow Lr = L1 = 169.70\text{m}.$$

$$L = \frac{A^2}{R} \Rightarrow A = \sqrt{L * R} = 451.26\text{m}.$$

**On prend: A=452m.**

$$L = \frac{A^2}{R} = 170.25\text{m.}$$

$$\tau = \frac{Lr \cdot 200}{2 \cdot R \cdot \pi} = 4.5184 \text{ grad.}$$

$$2\tau = 9.0368 < \alpha \quad \text{avec} \quad \alpha = 44.8883 \text{ grad.}$$

❖ **Les coordonnées de raccordement:**

$$\begin{cases} X_{ke} = L - \frac{L^5}{40A^4} + \frac{L^9}{3456A^8} & \Rightarrow X_{ke} = 170.1677\text{m} \\ Y_{ke} = \frac{L^3}{6A^2} - \frac{L^7}{336A^6} + \frac{L^{11}}{42240A^{10}} & \Rightarrow Y_{ke} = 4.0244 \text{ m} \end{cases}$$

❖ **Les coordonnées du cercle sont données par le système de formule suivant :**

$$\begin{cases} X_c = X_{ke} - R \sin(\tau) & \Rightarrow X_c = 85.1124\text{m} \\ Y_c = Y_{ke} - R \cos(\tau) & \Rightarrow Y_c = 1201.0062\text{m} \end{cases}$$

$\Delta R$ : ripage ou décalage entre l'alignement et le cercle

$$\Delta R = Y_c - R = 1201.0062 - 1200 = 1.006284\text{m.}$$

**II.2.4.4) Calcul de la tangente:**

$$T = X_c + Y_c \cdot \text{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \Rightarrow T = 526.9904\text{m}$$

**II.2.4.5) Calcul de la bissectrice:**

$$B = \frac{Y_c}{\cos\frac{\alpha}{2}} - R \quad \Rightarrow B = 79.71568\text{m}$$

**II.2.4.6) La longueur totale de développement de la courbe :**

$$D = 2L + R(\alpha - 2\tau) \quad \Rightarrow D = 1016.378\text{m}$$

Avec :

$\alpha$  : angle de déviation en radians.

$\tau$  : angle du raccordement parabolique en radians.

**II.2.5) APPLICATION AU PROJET**

$V_r=100$  km/h. ;  $d_{max}=7\%$ . ;  $d_{min}=2.5\%$ . ;  $f_t=0.11$  ;  $f''=0,06$

**II.2.5.1) Rayon minimal absolu  $R_{hm}$ :**

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

$$\text{An : } R_{hm} = \frac{100^2}{127 (0,11 + 0,07)} = 438\text{m}$$

**II.2.5.2) Rayon minimal normal  $R_{hn}$  :**

$$R_{hn} = \frac{(V_r + 20)^2}{127 (f_t + d - i)}$$

$$\text{An : } R_{hn} = \frac{(100 + 20)^2}{127 (0,11 + 0,07 - 0,025)} = 732\text{m}$$

**II.2.5.3) Rayon au dévers minimal  $R_{hd}$  :**

$$R_{hd} = \frac{V_r^2}{254 \times d_{min}}$$

$$\text{An: } R_{hd} = \frac{100^2}{254 \times 0,025} = 1575\text{m}$$

**II.2.5.4) Rayon minimal non déversé  $R_{hnd}$  :**

$$R_{hnd} = \frac{V_r^2}{127 \times (f'' - d_{min})}$$

$$\text{An : } R_{hnd} = \frac{100^2}{127 \times (0,06 - 0,025)} = 2250\text{m}$$

Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs des rayons calculés et ceux donnés par le B40.

**Tableau II.12 :** Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.

Rayon minimal absolu $R_{hm}$ (m)		Rayon minimal normal $R_{hn}$ (m)		Rayon au dévers minimal $R_{hd}$ (m)		Rayon minimal déversé $R_{hnd}$ (m)	
Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40
438	450	732	650	1575	1600	2250	2200

### **II.3) LE PROFIL EN LONG:**

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et des raccordements circulaires, ou parabolique.

Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles soit par des angles saillants ou par des angles rentrants. La courbe de raccordement les plus courants utilisés est le parabolique qui facilite l'implantation des points du projet.

#### **II.3.1) REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG :**

L'élaboration du tracé de profil en long s'appuiera sur les règles suivantes [2] :

- ❖ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ❖ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ❖ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ❖ Pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ❖ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ❖ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ❖ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment :
  - ✧ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison 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.

#### **II.3.2) LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :**

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

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

**II.3.3) Déclivité :****II.3.3.1) Déclivité minimum :**

Pour des raisons de l'écoulement des eaux, il faut éviter les paliers de grande longueur ayant une pente minimale  $< 0.5\%$  ( $I_{\min}=0.5\%$ ). [2]

**II.3.3.2) Déclivité maximum :**

La déclivité maximum dépend de [2] :

- ❖ Condition de l'adhérence entre pneu et chaussée.
- ❖ Vitesse minimum de poids lourd « PL ».
- ❖ Condition économique.
- ❖

Selon B40 : Tableau II.13 :  $I_{\max}(\%)$  Déclivité max en fonction de Cat et E.

Environnement I <sub>max</sub> (%) Déclivité max	E 1	E 2	E 3
Cat 1-2	4	5	6
Cat 3	6	5	6
Cat 4-5	6	7	8

Dans notre cas la déclivité maximum est : 5%.

**II.3.4) Rayon des courbures de profil en long :****II.3.4.1) Rayon en angle saillant :**

Pour les angles saillant il faut respecter la condition de visibilité et on distingue deux types de rayon verticaux un rayon minimale et un autre normale.

R<sub>vM</sub> : rayon minimal absolue

R<sub>vN</sub> : rayon minimale normal.

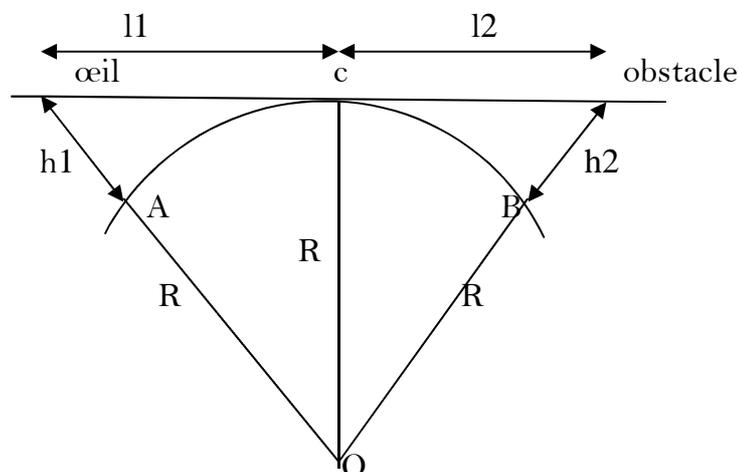
**II.3.4.1.1) Chaussées unidirectionnel :**

Fig. II.13 : visibilité sur chaussée unidirectionnelle.

**On a donc :**

- Dans le triangle OAC,  $(R + h_1)^2 = l_1^2 + R^2$ .
- Dans le triangle OBC,  $(R + h_2)^2 = l_2^2 + R^2$ .
- En développant :

$$\left\{ \begin{array}{l} R^2 + h_1^2 + 2Rh_1 = l_1^2 + R^2 \\ R^2 + h_2^2 + 2Rh_2 = l_2^2 + R^2 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 2Rh_1 + h_1^2 = l_1^2 \\ 2Rh_2 + h_2^2 = l_2^2 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 2Rh_1 \approx l_1^2 \\ 2Rh_2 \approx l_2^2 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} l_1 = \sqrt{2Rh_1} \\ l_2 = \sqrt{2Rh_2} \end{array} \right.$$

D'autre part, on a approximativement:

$l_1 + l_2 \approx D$  ou  $D$  est la distance d'arrêt.

$$\begin{aligned} D \text{ où : } \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2} = D &\Rightarrow \sqrt{2R}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) = D \\ &\Rightarrow 2R(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2 = D^2 \end{aligned}$$

Ou encore :

$$R = \frac{D^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

On a :  $h_1 = 1.00\text{m}$  (œil de conducteur).

$h_2 = 0.15\text{m}$  (obstacle immobile).

$$R = \frac{D^2}{3.85} = 0.26 * D^2$$

...Eq II.3.1

Ou :

$R_{vm1}$  : est le rayon minimal absolu sur chaussée unidirectionnel donnée par la formule ...Eq II.3.1

$$R_{vm1} = \frac{d_1^2}{2*(h_0 + h_1 + 2*\sqrt{h_0 + h_1})} \approx 0.26 * D^2$$

...Eq II.3.2

**Avec :  $D$**  : distance d'arrêt (m) à  $V_r$ .

$h_0$  : hauteur de l'œil (m)=1m.

$h_1$  : hauteur de l'obstacle (m)=0.15m.

$R_{vn1}$  : est le rayon minimal normal sur chaussée unidirectionnelle, il est obtenu par la même formule ci-dessus avec la distance d'arrêt pour la vitesse  $V=V_r+20\text{km/h}$ .

$$R_{vn1} = \frac{d_1^2}{2*(h_0+h_1+2*\sqrt{h_0+h_1})} \approx 0.26 * D^2 \quad \dots\text{Eq II.3}$$

Avec :

$D$  : distance d'arrêt (m) à  $(V_r+20)$ .

$h_0$  : hauteur de l'œil (m)=1m.

$h_1$  : hauteur de l'obstacle (m)=0.15m.

#### II.3.4.1.2) Chaussée bidirectionnel :

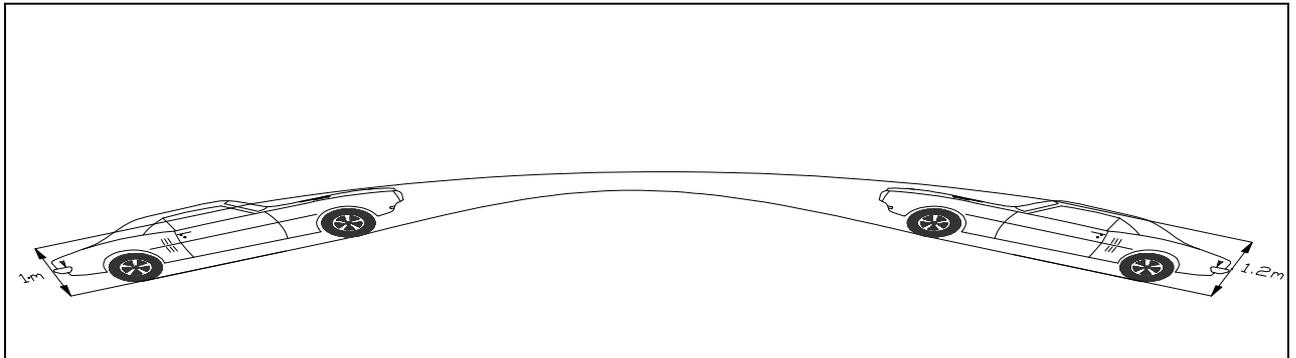


Fig. II.14 : visibilité sur chaussée bidirectionnelle. [2]

$D$  (cas d'un obstacle mobile).

Dans la formule précédente on prend :

$H_1=1.00\text{m}$  (œil de conducteur) On aura :

$$R = \frac{D^2}{8.8} \approx 0.11 * D^2 \quad \dots\text{Eq II.3.4}$$

$H_2=1.20\text{m}$  (hauteur de véhicule)

On :

$R_{vm2}$  : est le rayon minimal absolu sur chaussée bidirectionnelle donnée par la formule ...Eq IV.3.4

$$R_{vm2} = \frac{D_{II}^2}{8.8} \approx 0.11 * D_{II}^2 \quad \dots\text{Eq II.3.5}$$

Avec :

$D_{II}$  : distance de visibilité d'arrêt sur obstacle mobile à  $V_r$ .

$R_{vn2}$  : est le rayon minimal normal sur chaussée bidirectionnelle, il est obtenu par la même formule ci-dessus avec la distance de visibilité de manœuvre de dépassement calculée avec la vitesse de référence majorée de 20 km/h.

$$R_{vn2} = \frac{D_{II}^2}{8.8} \approx 0.11 * D_{II}^2$$

...Eq .II.3.6

Avec :  $D_{II}$  : distance de visibilité d'arrêt sur obstacle mobile à  $(V_r + 20)$ .

Le rayon de courbure du profil en long correspondant est le rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimal noté  $R_{vD}$ .

$$R_{vD} = 0.11 * d_m^2$$

...Eq. II.3 .7

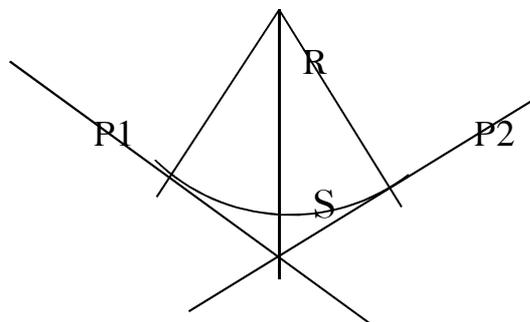
Avec :

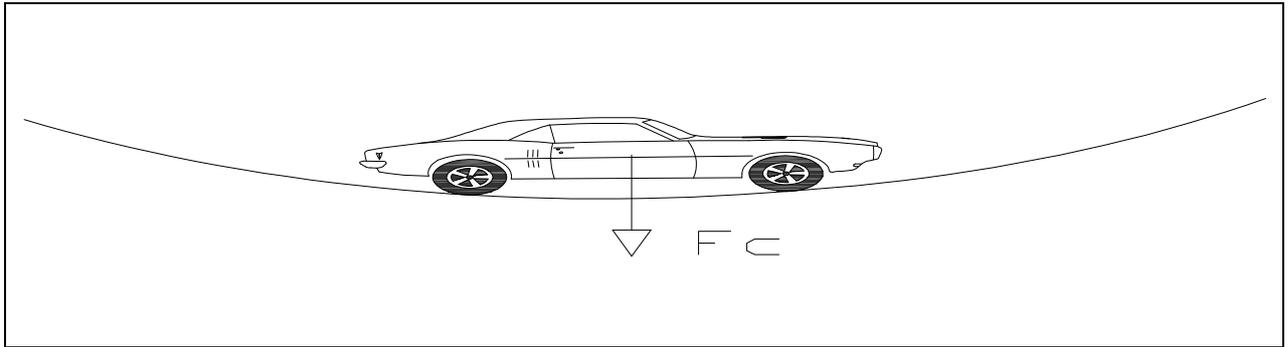
$R_{vD}$  : Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement.

$d_m$  : distance de visibilité de dépassement.

### II.3.5) Rayon en angle rentrant :

Ce rayon doit respecter les deux conditions suivantes [2] :



**II.3.5.1) Condition de confort :****Fig. II.15** : rayon assurant le confort dynamique

Cette condition sert à limiter l'accélération verticale à [2] :

$$\begin{cases} g/40 & \text{pour cat. 1-2} & \dots \text{Eq II.3.8} \\ g/30 & \text{pour cat. 3-4-5} & \dots \text{Eq II.3.9} \end{cases}$$

$$\begin{cases} Vr^2/Rv < g/40 \iff 40V^2/g & \text{pour cat. 1-2} & \dots \text{Eq II.3.10} \\ Vr^2/Rv < g/30 \iff 30V^2/g & \text{pour cat. 3-4-5} & \dots \text{Eq II.3.11} \end{cases}$$

Le rayon minimal absolu est donné par la formule suivante :

Pour  $g=10 \text{ m/s}$ .

$$R_{v_m} = \begin{cases} 0.3V_r^2 & \text{pour 1-2} & \dots \text{Eq II.3.12} \\ 0.23V_r^2 & \text{pour 3-4-5} & \dots \text{Eq II.3.13} \end{cases}$$

Le rayon minimal normal est donné par la même formule ci-dessus avec

$V = (V_r + 20)$ .

Avec :  $V = V_r$

$$\boxed{R_{v_m} = 0.33 * V^2}$$

$\dots \text{Eq II.3.14}$

Avec :

$$R_{vm} = 0.33 * V^2$$

...Eq II.3 .15

$$V = V_r + 20$$

### II.3.5.2) Condition de visibilité :

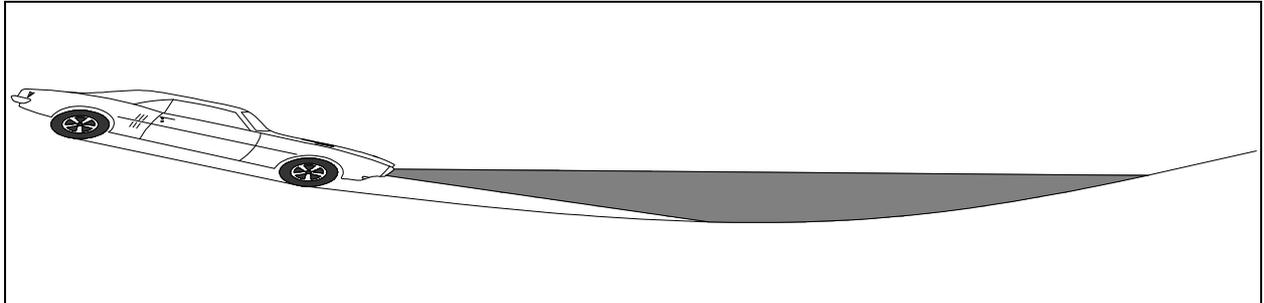


Fig. II.16 : rayon assurant visibilité

Elle est donnée par la formule suivante :

$$RV = \frac{d^2}{2(h_s + \text{tg}\alpha)}$$

...Eq II.3.16

d : distance d'arrêt.

$\alpha$  : L'inclinaison du fuseau lumineux des deux phares de la voiture égale à 1.

hs : hauteur de deux phares égale à 0.75m.

### II.3.6) APPLICATION AU PROJET :

❖ Cas d'un angle saillant.

#### II.3.6.1) Rayon minimal absolu RVm1 :

$$R_{vm1} = \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 * \sqrt{(h_0 + h_1)})} \approx 0.26 * d_1^2$$

An :  $R_{vm1} = 0.26 \times 159^2 = 6573 \text{ m}$

#### II.3.6.2) Rayon minimal normal RVN1 :

$$R_{vN1} = \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{(h_0 + h_1)})} \approx 0.26 \times d_1^2$$

An :  $d_1 = d_0 + 0.5 * (v + 20) = 159 + 0.5 * (100 + 20) = 169 \text{ m}$

$$R_{vN1} = 0.26 * 169^2 = 7426 \text{ m}$$

**II.3.6.3) Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement R<sub>vD</sub>:**

$$R_{VD} = 0.11 \times d_m^2$$

$$\text{An : } R_{VD} = 0.11 \times 400^2 = 17600\text{m}$$

**❖ Cas d'un angle rentrants****II.3.6.4) Rayon minimal absolu R<sub>v m'</sub> :**

$$R_{v m'} = 0.33 \times V^2$$

$$\text{An : } R_{v m'} = 0.33 \times 100^2 = 3300\text{m}$$

**II.3.6.5) Rayon minimal normal R<sub>v N'</sub> :**

$$R_{v N'} = 0.33 \times V^2$$

$$\text{An : } R_{v N'} = 0.33 \times (100 + 20)^2 = 4752\text{m}$$

Le tableau suivant donne les valeurs des différents rayons calculés et ceux donnés par B40 :

**Tableau II.14 :** Valeurs des différents rayons calculées et selon B40 en profile en long

	Rayon en angle saillant RV		Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement dm	Rayon en angle rentrant	
	Unidirectionnelle				
	Minimal absolu	Minimal normal	RVD	Minimal absolu	Minimal normal
RVm1	RVN1	R'Vm		R'VN	
Calculé	6573	7426	17600	3300	4752
B40	6000	12000	20000	3000	4200

## **II.4) LE PROFIL EN TRAVERS:**

Le profil en travers est défini comme étant la coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe du projet.

La détermination du profil en travers consiste à définir la largeur de la chaussée et ses annexes, On distingue trois types de profils en travers :

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

### **II.4.1) Les éléments du profil en travers [9] :**

#### **II.4.1.1) La chaussée :**

C'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules. Pour subir directement les actions des véhicules et les facteurs naturels, sa largeur dépend essentiellement de considération de débit, elle est divisée en voies de circulations.

#### **II.4.1.2) Les accotements :**

Les accotements se trouvent aux cotés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux soit pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour stationnement. Sur les routes importantes la largeur des accotements est de 2 à 2.5m utilisés comme bande d'arrêt, mais dans notre cas sa largeur est de 1.5m.

#### **II.4.1.3) La plate-forme :**

C'est l'ensemble de la chaussée et des accotements, elle est située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais.

#### **II.4.1.4) L'assiette :**

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

#### **II.4.1.5) L'emprise :**

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

#### **II.4.1.6) Le talus :**

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

A : la base du talus.

B : hauteur du talus.

**II.4.1.7) Le fossé :**

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

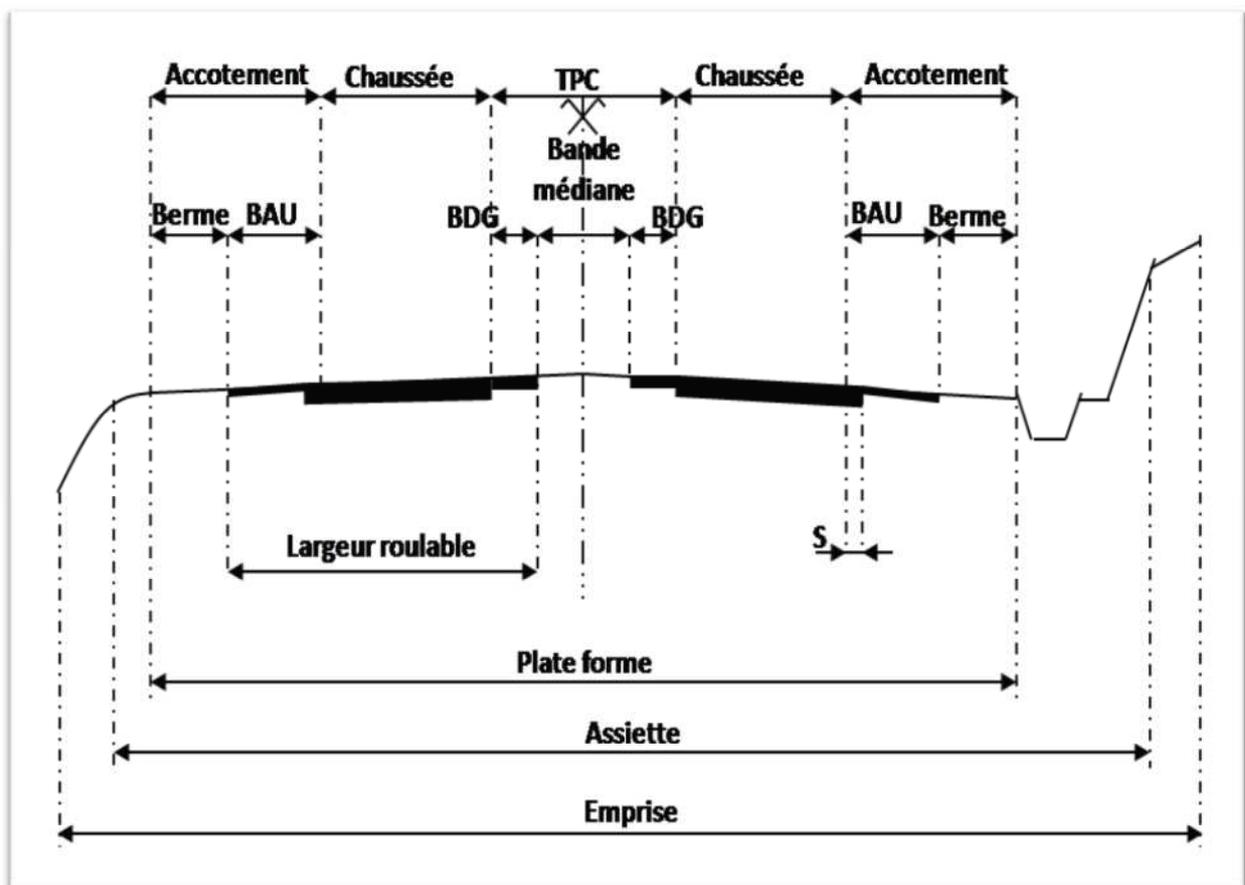
**II.4.1.8) Le terre-plein central T.P.C :**

Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- ❖ bande dérasée de gauche (B.D.G):Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, Elle est dégagée de tous obstacles, revêtu et se raccorde à la chaussée.
- ❖ bande médiane : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.

**II.4.1.8) La largeur roulable :**

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



**Fig. II.17 :** Les Eléments Du Profil En Travers. [9]

### II.4.2) Profil en travers type :

Chaque projet de route comporte un grand nombre de dessins de profils en travers, que chacun d'eux comporte les mêmes dimensions générale, et des détails constructifs commun, alors pour éviter cette répétition sur chaque dessin on établit tout d'abord un profil unique appelé profil en travers type contenant toutes les détails. [9]

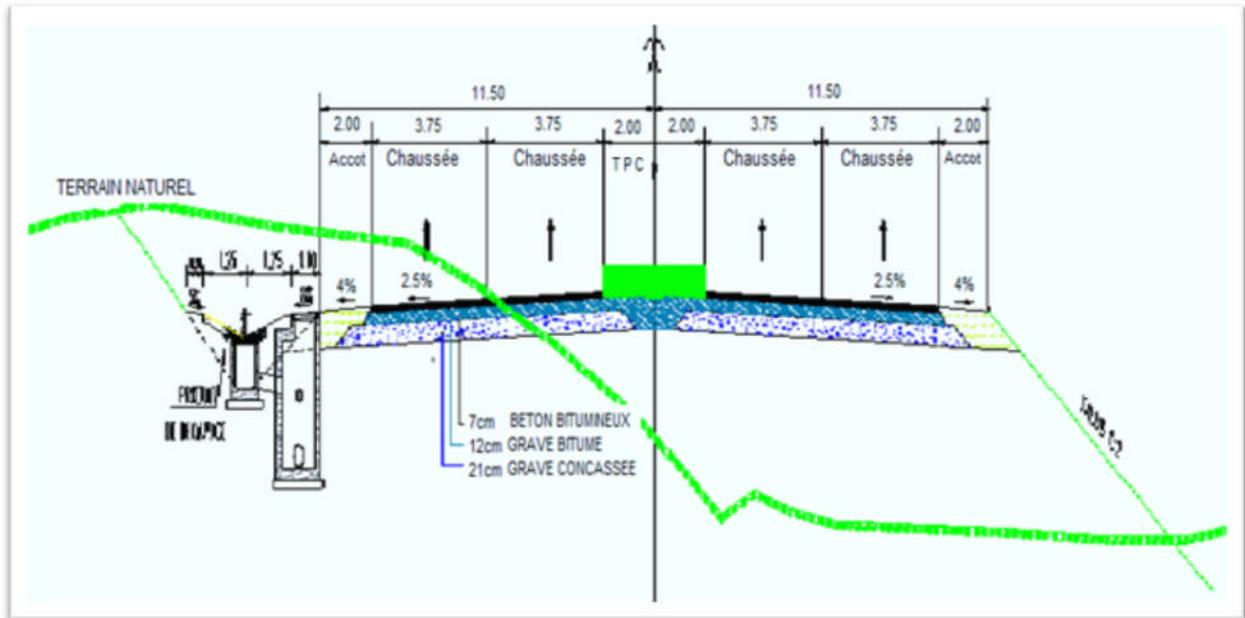


Fig. II.18 : Profil en travers type.

### II.4.3) Les différentes formes de la chaussée en alignement :

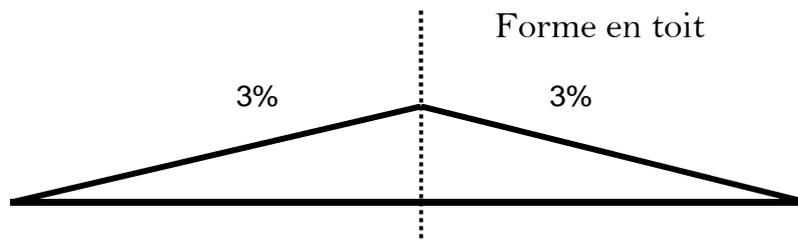
#### II.4.3.1) En alignement droit :

En alignement droit le profil en travers de la chaussée à une forme généralement en toit à fin d'assurer l'évacuation des eaux, pour cette raison il est constitué par deux versants plans symétriques, inclinés suivant la nature de revêtement et la catégorie. Le profil en travers tient toujours en compte le devers, dans le cas échéant on pourra avoir les problèmes suivants :

- ❖ effet de miroir.
- ❖ phénomène de l'aquaplanage.
- ❖ Formation de verglas en hivers. [9]

Il faut permettre l'évacuation rapide de l'eau vers les cotés. On adopte les pentes transversales suivantes :

- ❖ Chaussée en béton de ciment : 2%
- ❖ Chaussée en enduit superficiel ou enrobé : 2,5 à 3%
- ❖ Chaussée non revêtue : 4%



**Fig. II.19:** profil en travers en alignement droit.

Deux solutions peuvent être prévues pour l'écoulement des eaux sur la chaussée :

- ❖ soit en toit (double pentes)
- ❖ soit avec une pente unique rectiligne sur toute la largeur de la chaussée.

#### II.4.3.2) En courbe :

Le passage d'une situation (alignement droit) à un autre (courbe) nécessite une zone de transition, cette zone doit être très soigneusement étudiée pour éviter les accumulations des eaux, génératrice (d'aquaplanage). La pente ne doit pas être très grande, cela pourrait être dangereux pour les véhicules longs.

En courbe, le profil ne comporte plus qu'un seul versant (relevée de l'extérieur vers l'intérieur), dont la pente est le devers évoqué dans le chapitre précédent (trace en plan). Elle contribue également à l'équilibre dynamique des véhicules. Toutefois, cette contribution reste limitée et sa valeur est donc plafonnée (généralement à 7%).

Le devers reste constant le long de la courbe circulaire, sa valeur est de [9]:

$$\left\{ \begin{array}{l} d = [d_{\max} - 2] - d_{\min} \frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}\right)}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} + d_{\min} \quad RHN < R < RHd \quad \dots \text{Eq II.4.1.} \\ d = [d_{\max} - (d_{\max} - 2)] \left[ \frac{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}} \right] + (d_{\max} - 2) \quad RHm < R < RHN \quad \dots \text{Eq II.4.2} \end{array} \right.$$

❖ Selon le B40 les devers sont limités suivant ce tableau :

**Tableau II .15** :  $d_{\min}$  et  $d_{\max}$  en fonction de la Catégorie de la route.

Divers (%)	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
Divers minimal $d_{\min}$	2,5	2,5	3	3	3
Divers maximal $d_{\max}$	7	7	8	8	9

Pour notre projet on a :  $d_{\min} = 2.5 \%$  et  $d_{\max} = 7\%$ .

#### II.4.4) Transition du profil en toit jusqu'au profil à pente unique :

##### II.4.4.1) Elévation du bord de la chaussée hauteur total « h » :

Ou :

$$h = \frac{b}{2} * (d+i)$$

...Eq II.4.3.

b : largeur de la chaussée.

d : devers de la chaussée en courbe.

i : pente transversale.

##### II.4.4.2) Elévation partielle :

$$h_{xn} = \frac{L_{xn} * h}{L}$$

...Eq II.4.4.

Ou :

$L_{xn}$  : distance partielle (m)

$h_{xn}$  : Elévation total (m)

L : longueur de la Clothilde (m).

##### II.4.4.3) Dévers partiel $dn\%$ :

$$dn\% = \frac{L_{xn} - h_1}{b/2}$$

...Eq II.4.5

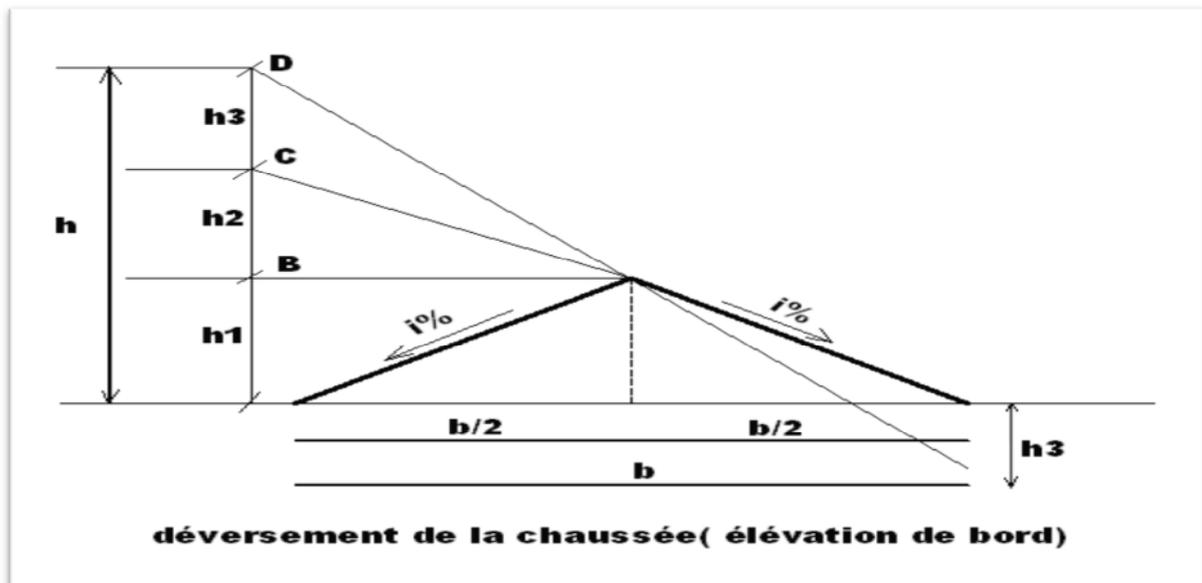


Fig. II.20: déversement de la chaussée.

Les résultats obtenus sont dans l'annexe

# CHAPITRE III

**Dimensionnement du corps  
de chaussée**

### **III.1) DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE :**

Une étude routière ne se limite pas en un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisée, elle devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,... Etc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonne caractéristique géométrique mais aussi de bonne caractéristique mécanique lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie. [10]

#### **III.1.1) DEFINITION DE LA CHAUSSE :**

- ❖ Au sens Géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- ❖ Au sens Structurel : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges. [11]

Il existe trois type de chaussées :

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

#### **III.1.2) DURE DE VIE D'UNE CHAUSSEE :**

La durée de vie d'une chaussée varie selon qu'il s'agisse d'une autoroute ou voie express et d'une route nationale ou d'un chemin de wilaya.

- ❖ Les autoroutes et voies express ont une durée de vie initiale de 30ans.
- ❖ Les Routes nationales ou chemins de wilaya sont dimensionnés pour une durée de vie de 15 à 20 ans.

Cette distinction a été adoptée pour limiter les interventions d'entretien structurel sur les routes à fort trafic, réduire la gêne de l'usager et limiter les contraintes liées à l'exploitation de la route. [11]

#### **III.1.3) LES SOLICITATIONS :**

La chaussée est soumise aux sollicitations dues au trafic, aux intempéries, ainsi qu'à l'influence de la durée des diverses sollicitations. [11]

##### **III.1.3.1) Les effets du trafic :**

Le trafic constitue un élément essentiel dans la sollicitation de la chaussée. A travers les pneumatiques, les véhicules transmettent une pression à la structure dépendant du poids des véhicules. Ces efforts verticaux se diffusent dans le sol. Elles se caractérisent par différents types de dégradation (usure, fluage) ou rupture par fatigue. [11]

### III.1.3.2) Les effets du climat sont traduits par :

- ❖ l'eau qui diminue les facultés d'adhésivité passive du bitume (c.-à-d. les liaisons entre bitumes et granulats), elle contribue donc au désenrobage des enrobés bitumineux.
- ❖ l'air qui contribue à l'évaporation des solvants et par conséquent à l'oxydation du bitume.
- ❖ la température qui influe sur les propriétés mécaniques du bitume en particulier les variations de température peuvent conduire à fissurer la couche de roulement. [11]

### III.1.4) LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE :

On distingue en général trois types de chaussées :

- ❖ **Les chaussées souples :** Elles constituent l'immense majorité des routes actuelles. Elles sont composées d'une fondation constituée d'un matériau non traité mais stabilisé mécaniquement (Compact), d'une couverture bitumineuse mince (couche de roulement) moins de 15 cm. [11]
- ❖ **Les chaussées semi-rigides :**

On distingue:

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...).

- ❖ **Les chaussées rigides :**

Comportant des dalles en béton (correspondant aux couches de base 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.

#### III.1.4.1) Chaussée souple :

Elle est constituée par la superposition d'un certain nombre de couches.

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

- ❖ La couche de surface (couche de liaison + couche de roulement).
- ❖ Couche d'assise (couche de base + couche de fondation). [12]



Fig. III.1 : chaussée souple. [12]

**III.1.4.1.1) La couche de surface :**

C'est la couche supérieure de la chaussée, qui subit directement les efforts des véhicules et les facteurs naturels, d'où ses deux rôles principaux :

- ❖ d'une part, elle doit absorber les efforts horizontaux tangentiels (cisaillement) importants et de transmettre les charges verticales.
- ❖ d'autre part, elle doit offrir à l'usager une surface de roulement compatible avec les exigences de l'automobiliste moderne.

Outre, cette couche assure la qualité superficielle de la chaussée et protège les couches inférieures, donc elle doit être toujours en bon état.

Cette couche de surface peut être multiple, dans le cas où la circulation est intense elle comporte :

**III.1.4.1.1.1) La couche de roulement :**

- ❖ En matière de sécurité, elle doit avoir une bonne rugosité (adhérence) indispensable pour assurer aux véhicules des possibilités de freinage convenable et une bonne stabilité transversale.
- ❖ En matière de confort, elle doit présenter un bon uni afin que l'usager ne ressente pas dans son véhicule de secousses brutales ou de vibrations excessives.
- ❖ En matière de pérennité, elle doit assurer une bonne imperméabilité. [12]

**III.1.4.1.1.2) La couche de liaison :**

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition (liaison) entre la couche de base et celle de roulement. [12]

**III.1.4.1.2) Le corps de chaussée :**

Sous la couche de surface, vient le corps de chaussée, dont le rôle essentiel est de résister aux charges et de répartir les pressions qui résultent de telle sorte que le terrain ne soit plus sollicité qu'avec les contraintes compatibles avec sa portance. Il comporte de haut en bas :

**III.1.4.1.2.1) La couche de base :**

Constituée de matériaux résistants (Pierres concassées, graviers bitumineux), son rôle est de transmettre les charges à la couche de fondation provenant de la circulation. (Résister aux charges verticales de La circulation).

**III.1.4.1.2.2) La couche de fondation :**

Son rôle est d'assurer la transmission convenable des charges verticales (contraintes), apportées par la couche de base sur le terrassement. Elle doit aussi assurer un bon drainage.

**III.1.4.1.3) La sous couche :**

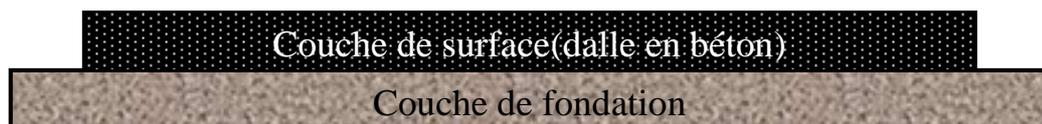
Lorsque le corps de chaussée doit être préservé contre certaines actions (le sol naturel est de mauvaise qualité), on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire appelée sous couche. La sous couche est, éventuellement, prévue pour :

- ❖ Soit assurer le drainage de la fondation : la sous couche est dite alors drainante.
- ❖ Soit empêcher les remontées d'argile dans la chaussée : la sous couche est dite alors « anti-contaminante ».
- ❖ Soit, s'opposer aux remontées d'eau par capillarité : la sous couche est dite alors anti capillaire.
- ❖ Soit lutter contre les effets de gel : la sous couche est dite alors anti –gel.
- ❖ Une sous couche peut avoir plusieurs de ces rôles. [12]

**III.1.4.2) Chaussée rigide :**

La structure d'une chaussée rigide est beaucoup plus simple que celle d'une chaussée souple, elle comprend :

- ❖ une couche de surface rigide.
- ❖ une couche de fondation, qui repose sur le sol naturel.



**Fig. III.2 :** chaussée rigide. [12]

**III.1.4.2.1) La couche de surface :**

Elle est constituée par une dalle en béton. Cette dalle de béton correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple. Elle repose soit directement sur le terrain, soit sur une couche de fondation.

Elle a pour objet d'absorber les efforts tangentiels horizontaux, mais aussi de transmettre, en les répartissant, les charges verticales à la couche de fondation. [12]

**III.1.4.2.2) La couche de fondation :**

Est la transmission et la répartition des charges verticales au sol naturel, mais son rôle principal est d'établir un contact continu et durable avec la dalle de béton, de façon que celle-ci repose également sur toute sa surface.

- ❖ Le critère de choix entre chaussée souple et chaussée rigide, est l'analyse économique pour chaque projet, mais en règles générales :
  - si le trafic est faible les bétons bitumineux son plus économique.
  - si le trafic est lourd (abond des villes) l'avantage du béton de ciment.
  - si les mouvements de terrain sont à craindre, utilisation du béton bitumineux. [12]

### III.1.5) DIFFERENTS METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Pour la détermination de l'épaisseur de corps de chaussée, il faut commencer par l'étude du sol. La méthode utilisée par les bureaux d'études qui sont empiriques et basées sur :

- La détermination de l'indice portant du sol.
- Appréciation du trafic composite.
- Utilisation d'abaque ou formule pour déterminer l'épaisseur de chaussée. [13]

#### ❖ On distingue deux méthodes :

Les méthodes empiriques et semi-empiriques.

Ces méthodes s'appuient sur deux paramètres :

- ✓ **La force portante** : Obtenue par les différents essais géotechniques.
- ✓ **Le trafic** : Charge par voie, pression de gonflage et répétition des charges.

#### III.1.5.1) Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode (semi-empirique), elle se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol-support . les abaques qui donnent l'épaisseur «e» des ; chaussées en fonction des pneus et du nombre de répétitions des charges, tout en tenant compte de l'influence du trafic. [13]

L'épaisseur de la chaussée est calculée par les formules suivantes :

Pour un trafic routier léger ( $10^5$  tonne par mètre de largeur et par ans).

$$E = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I + 5} \quad \dots \text{Eq III.1. 1}$$

- ❖ L'influence du trafic ne doit pas être négligée dans le dimensionnement du corps de chaussée, nous en tiendrons donc compte dans la formule améliorée par (Peltier) :

$$E = \frac{100 + \sqrt{P} \left[ 75 + 50 \text{Log} \left( \frac{N}{10} \right) \right]}{I + 5} \quad \dots \text{Eq III.1.2}$$

Avec :

E : épaisseur de la chaussée (cm).

P : (p=6.5t d'après le code routier : essieu de 13t).

N : nombre de véhicule par jour.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

Avec :

$c_1 \times e_1$  : couche de roulement.

$c_2 \times e_2$  : couche de base.

$c_3 \times e_3$  : couche de fondation.

Où:

$c_1, c_2, c_3$  : coefficients d'équivalence.

$e_1, e_2, e_3$  : épaisseurs réelles des couches.

**Tableau III.1** : Coefficient d'équivalence en fonction de matériaux utilisés. [11]

MATERIAUX UTILISEES	COEFFICIENT D'EQUIVALLENCE
Béton bitumineux – enrobé dense	2.00
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave ciment	1.5
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse – T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

### III.1.5.2) Method A.A.S.H.O: (American Association of States Highway Officials):

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- ❖ L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- ❖ L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- ❖ L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- ❖ L'influence des charges et de leur répétition. [11]

### III.1.5.3) Méthode L.C.P.C (Laboratoire central des ponts et chaussées) :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression :

$$Teq = [ TJMA * a [(1+Z)^n - 1] * 0.75 * P * 365 ] / [(1+z) - 1] \quad \dots \text{ III.1.4.}$$

Teq = trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

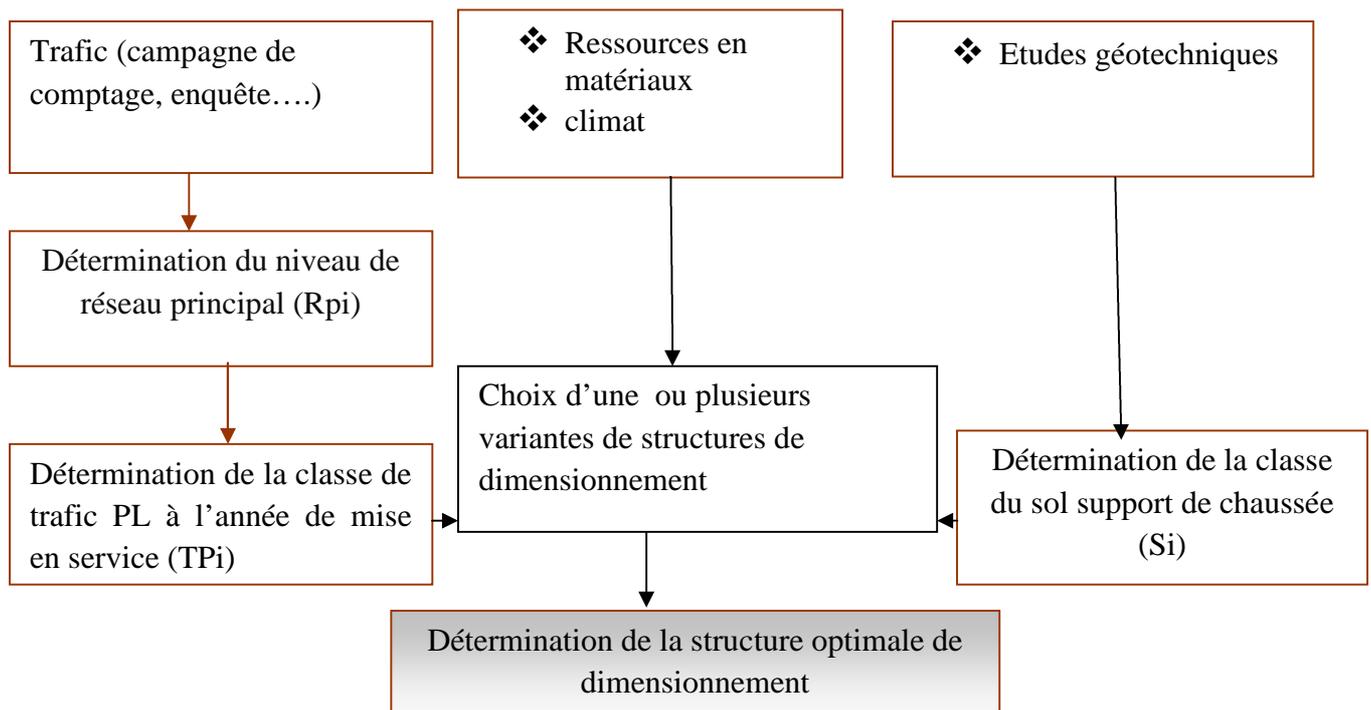
Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente  $e$  (en fonction de Teq,  $I_{CBR}$ ) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base. [11]

### III.1.5.4) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement. Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

#### La démarche catalogue [14]



### III.1.6) APPLICATION AUX PROJET:

Zone climatique : II. (350-600). (mm/an).

$\Theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$  (température équivalente).

Durée de vie : 20 ans.

Taux d'accroissement :  $\tau = 4\%$ .

Portance de sol S3. (Classe de sol support). CBR : I = 5.

TJMA2013 = 4095 v/j/sens (année de mise en service).

TJMA2033 =  $4095 * (1 + 0.04)^{20} = 8973 \text{v/j}$ .

On a : PL=26%, P=6.5 tonnes.

TPL2033 =  $8973 * 0.26 = 2333 \text{ PL/j/sens}$ .

On choisit la méthode C.B.R car elle est la méthode la plus utilisé en algerie.

❖ Par la méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio) :

$$E = \frac{100 + \sqrt{P} \left[ 75 + 50 \text{Log} \left( \frac{N}{10} \right) \right]}{I + 5}$$

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.

$$N = T_{2033} \times \%PL$$

Avec : %PL=26%,  $\tau = 4\%$ ,  $I_{CBR} = 5$

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1+0.04)^n = \frac{8189}{2} (1+0.04)^{20} \Rightarrow T_H = 8972 \text{V/J/sens}$$

$$N = 8972 \times 0.26 \Rightarrow N = 2333 \text{ pl/j/sens}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{2333}{10})}{5+5} = 58 \text{ cm}$$

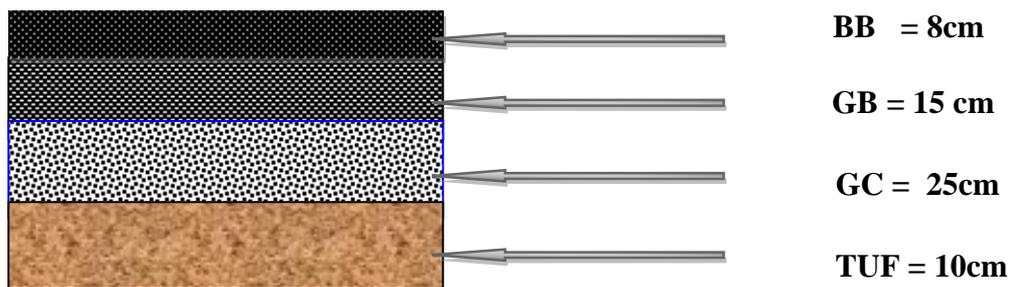
On aura donc:  $E_{eq} = 41 \text{ cm}$

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

**La chaussée est composé de :**

- ❖ Couche de roulement en béton bitumineux **BB « 8cm »**.
- ❖ Couche de base en grave bitume (0/20) **GB « 15cm »**  
(Épaisseurs de mise en œuvre : **GB** (min = 10cm, max = 15cm).
- ❖ Couche de fondation en **GC « 25cm »**.
- ❖ La couche de forme en **TUF « 10cm » (terrassement)**.

On aura donc Epaisseur réelle :  $E = 58\text{cm}$



**Fig. III .3 :** Le corp de la chaussée.

### III.2) LES CUBATURES:

Les cubatures de terrassement c'est l'évolution des cubes déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet. Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- ❖ les profils en long.
- ❖ les profils en travers. [15]
- ❖ Les distances entre les profils.
- **Déblais** : c'est l'opération d'extraire une masse quelconque de terre.
- **Remblais** : c'est l'opération qui a pour but de mettre en œuvre des matériaux qui proviennent soit de déblais, soit d'une emprunte extérieur (carrière).

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

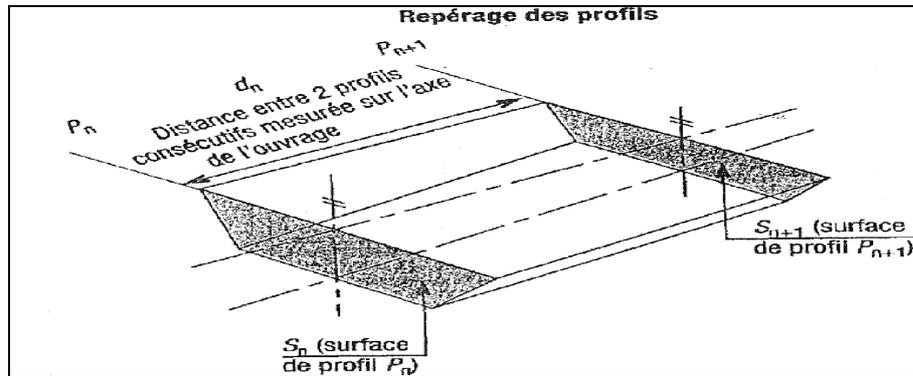
#### III.2.1) Méthodes de calcul des cubatures :

Plusieurs méthodes permettent de calculer le volume de terrassement. Parmi ces méthodes on citera :

- ❖ Calcul d'un volume entre deux profils en travers consécutifs.
- ❖ notion de distance d'application.
- ❖ Méthode de la moyenne des aires. [15]

**III.2.1.1) Calcul d'un volume entre deux profils en travers consécutifs:**

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



**Fig. III .5 :** Notations pour le calcul d'un volume de terres entre deux profils en travers consécutifs.

Les deux surfaces S<sub>n</sub> et S<sub>n+1</sub> sont supposées parallèles. Le volume V<sub>pn</sub> est alors

Égal à :

$$V_{pn} = \frac{(S_n + S_{n+1})}{2} * d_n \quad \dots \text{Eq III.2.1}$$

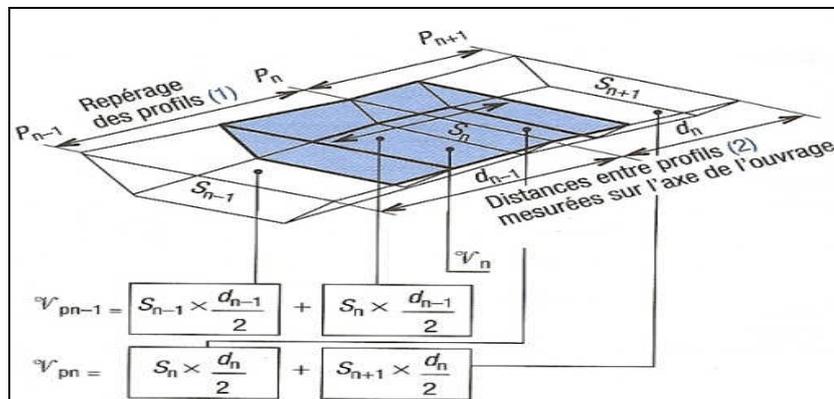
Ou encore :

$$V_{pn} = S_n * \frac{d_n}{2} + S_{n+1} * \frac{d_n}{2} \quad \dots \text{Eq III .2 .2}$$

**III.2.1.2) Calcul du volume affecté à un profil notion de distance d'application :**

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

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



**Fig. III.6 :** Utilisation de la notion de distance d'application.

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

$$V_n = S_n \frac{d_{n-1}}{2} + S_n \frac{d_n}{2} \quad \dots \text{Eq III.2.3}$$

.

D'où, par simplification on aura :

$$V_n = S_n \frac{(d_{n-1} + d_n)}{2} \quad \dots \text{Eq III.2.4.}$$

**Avec :**

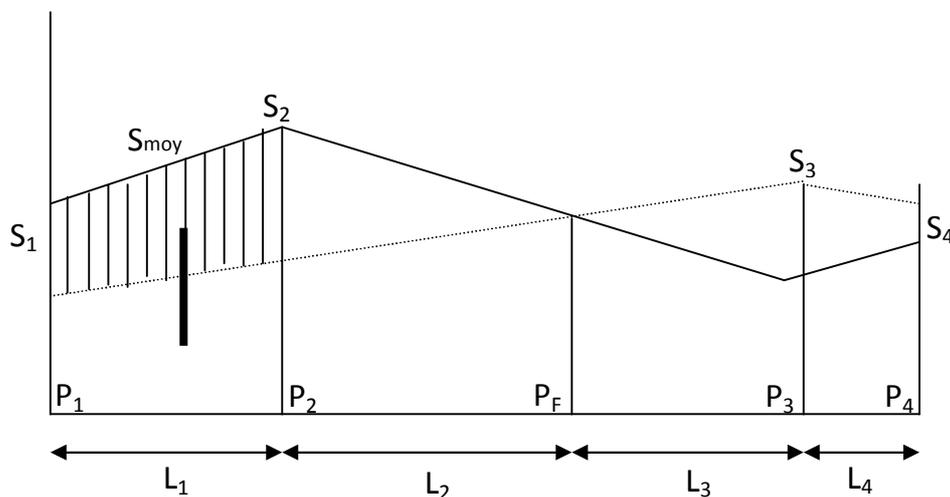
$V_n$  : volume engendré par le profil

$S_n$  : surface du profil

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

### III.2.1.3) Méthode de la moyenne des aires :

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



**Fig. III.7 :** Calcul par la moyenne des aires.

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

$$V = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{moy}) \quad \dots \text{Eq III.2.5}$$

**Avec :**

$L_1$  : la distance comprise entre les deux profils P1 et P2.

$S_1, S_2, S_{\text{moy}}$  : les surfaces en profil en travers.

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

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times \frac{S_1 + S_2}{2}) = \frac{L_1}{2} (S_1 + S_2) \quad \dots \text{Eq III.2.6}$$

Sur la figure ci-dessus, les volumes seront :

$$\text{❖ Entre P1 et P2 :} \quad V_1 = \frac{L_1}{2} (S_1 + S_2) \quad \dots \text{Eq III.2.7}$$

$$\text{❖ Entre P2 et P_f :} \quad V_2 = \frac{L_2}{2} (S_2 + 0) \quad \dots \text{Eq III.2.8}$$

$$\text{❖ Entre P_f et P3 :} \quad V_3 = \frac{L_3}{2} (0 + S_3) \quad \dots \text{Eq III.2.9}$$

$$\text{❖ Entre P3 et P4 :} \quad V_4 = \frac{L_4}{2} (S_3 + S_4) \quad \dots \text{Eq III.2.10}$$

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

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1+L_2}{2} S_2 + \frac{L_2+L_3}{2} S_F + \frac{L_3+L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4 \quad \dots \text{Eq III.2.11}$$

Avec  $S_F=0$

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

**III.2.2) Calcul des cubatures des terrassements :**

Pour notre projet on a les volumes totaux de déblais et remblais.

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel (COVADIS).

**Les résultats de calcul cubature sont joint en annexe**

# CHAPITRE IV

**Aménagement de carrefour**

### **IV.1) DEFINITION:**

Le carrefour est un espace situé à l'intersection des routes permettant de passer d'une route à l'autre. L'aménagement des carrefours tend à permettre que ces courants puissent se succéder :

- ❖ sans risque de collision (la sécurité).
- ❖ en réduisant au minimum la gêne de circulation (freinage accélération perte de temps etc....). [16]

### **IV.2) PRINCIPES GENERAUX DE CONCEPTION :**

#### **IV.2.1) Visibilité :**

Dans toute la zone d'approche de carrefour, on doit assurer d'excellente condition de visibilité entre véhicule et sur les îlots. En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- ❖ 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).
- ❖ Assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicule et sur îlots.
- ❖ Eviter les carrefours en courbe et en pente. [16]

#### **IV.2.2) Vitesse :**

Ralentir les véhicules en particulier pour les courants non prioritaires ayant un signal d'arrêt à respecter. [16]

#### **IV.2.3) Sécurité :**

- ❖ La convergence et la divergence des courants doivent s'effectuer tangentiellement
- ❖ Les cisaillements doivent s'effectuer sous un angle voisin de 90° ; Les véhicules du courant non prioritaire doivent trouver des zones de stockage de capacité suffisante.
- ❖ Localiser et séparer les points de conflit en canalisant la circulation dans des couloirs, généralement à sens unique, dans les carrefours importants. [16]

#### **IV.2.4) Simplicité :**

Pas d'aménagement complexe en cas de faible volume de circulation.

#### **IV.2.5) Sélectivités :**

- ❖ Tracer des couloirs et des îlots rendant aisées les manœuvres permises et difficiles ou impossibles les manœuvres indésirables ou interdites.
- ❖ Favoriser les manœuvres de sorties.
- ❖ A partir de centaines de seuils, prévoir des voies de décélération et d'insertion sur l'itinéraire prioritaire. [16]

**IV.2.6) signalisation:**

- ❖ Soigner la signalisation horizontale et verticale, en particulier celle de nez d'îlots séparateur.
- ❖ D'être cohérent entre la signalisation et les hypothèses d'aménagement du carrefour.

**IV.3) DETERMINATION DES CARRACTERISTIQUES GEOMETRIQUES AU CARREFOUR:****3.1) Triangle de visibilité :**

Un triangle de visibilité peut être associé à chaque conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

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

➤ On peut distinguer deux natures de visibilité :

- ❖ La distance de visibilité nécessaire aux conducteurs pour voir l'aménagement qu'ils abordent (îlots nécessaires de la voie principale ou de la voie secondaire), est appelée distance de visibilité d'approche à vide.

- ❖ La distance de visibilité nécessaire au conducteur du véhicule non prioritaire pour franchir la voie principale.

➤ La mesure de cette distance est appréciée en considérant que le point d'observation et le point observé répondent aux conditions suivantes :

- ❖ Pour la situation d'arrêt (panneau stop), le point d'observation est situé en retrait de 2.5 mètres par rapport à la ligne d'arrêt.

- ❖ Pour la situation de « cédez le passage » le point d'observation est situé en retrait de quinze à vingt mètres par rapport à la ligne de « cédez le passage ». Le point observé est déterminé de la même façon que dans la situation d'arrêt.

- ❖ Le dessin ci-après montre comment se construisent les triangles de visibilité à partir des éléments précis ci-dessous (lorsqu'il s'agit d'un carrefour en croix, et que la route principale est bidirectionnelle, on construit naturellement quatre triangles de visibilité suivant les modalités correspondantes aux régimes de priorité envisagés). [2]

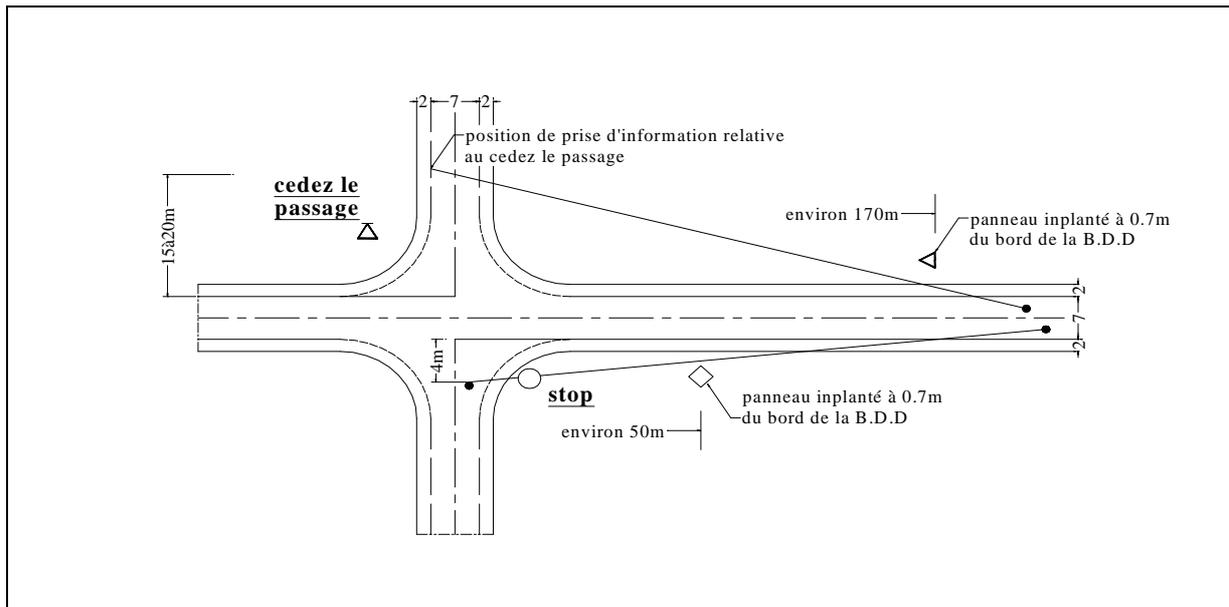


Fig.IV.1 : Triangle de visibilité. [2]

**IV.3.2) La vitesse d’approche :**

La vitesse d’approche à vide  $V_0$  dépend des caractéristiques réelles de l’itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de référence.

Selon B40 : Elle est donnée par le tableau suivant :

**Tableau IV.1 : La vitesse d’approche à vide  $V_0$ . [2]**

Environnement	E1		E2		E3	
	Sur un alignement	Prés d’un point particulier	Sur un alignement	Prés d’un point particulier	Sur un alignement	Prés d’un point particulier
Cat.1-2	120	100	100	100	80	60
Cat. 3	110	90	90	90	80	60
Cat. 4	100	80	80	80	60	60
Cat. 5	80	60	60	60	60	60

Donc pour notre projet :  $V_0=100\text{km/h}$ .

**IV.3.3) LES ILOTS :**

Un îlot est un terre plein entre deux voies de circulation qui a pour objectif de séparer les points de conflits, protéger et stocker les véhicules. [16]

On distingue deux types d'îlots :

- ❖ Ilots séparateurs : ils ont une forme danger et séparent deux courants de véhicule qui circulent en sens inverse.
- ❖ Ilots directionnels : ils ont une forme triangulaire et séparent deux courants de circulation assurant soit une manœuvre de convergence, soit une manœuvre de divergence.

**IV.3.4) TYPES DES CARREFOURS:**

On distinguera deux grandes familles de carrefours [2] :

**IV.3.4.1) Carrefours Dénivelés (Echangeurs):**

Dans ce type de carrefours les échanges sont séparés les uns des autres et gérés en dehors des axes principaux, pour limiter aux maximums des conflits,

Ce type de carrefours offre un niveau de sécurité élevé mais demande un coût très important pour le réaliser.

On peut citer comme exemple :

- ❖ Les échangeurs supérieurs.
- ❖ Les passages sous terrains.

**IV.3.4.2) Carrefours Plans :**

Les échanges dans ce type de carrefours sont regroupés dans un même plan. A son tour, ce type de carrefour se divise en deux catégories.

**IV.3.4.2.1) Carrefours plans ordinaires :**

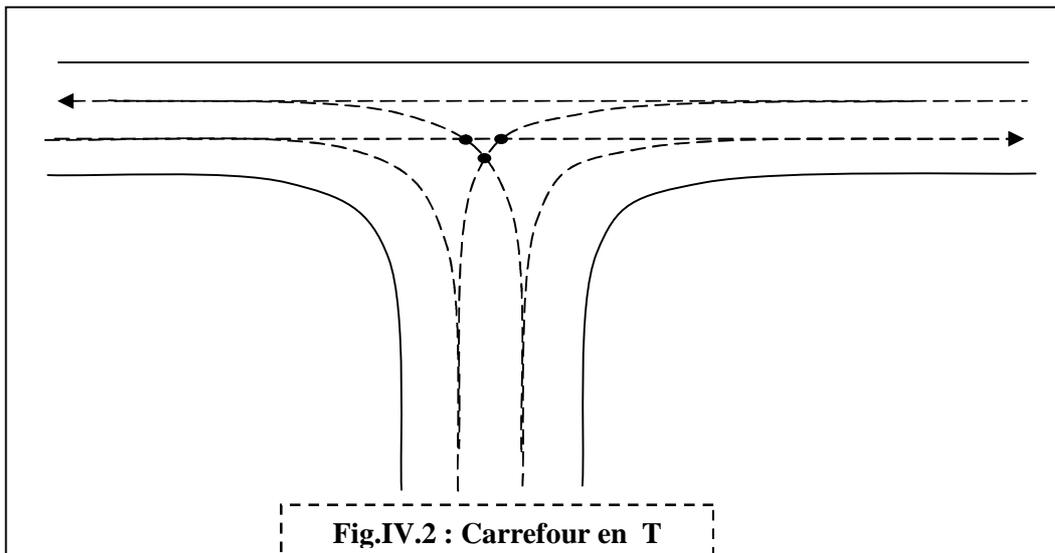
Ce sont des carrefours simples, offrent un niveau de sécurité en moyenne peut élever par rapport à d'autres types de carrefours (Dénivelé, giratoire)

Les types fréquemment utilisés sont :

**IV.3.4.2.1.1) Carrefours en (T) :**

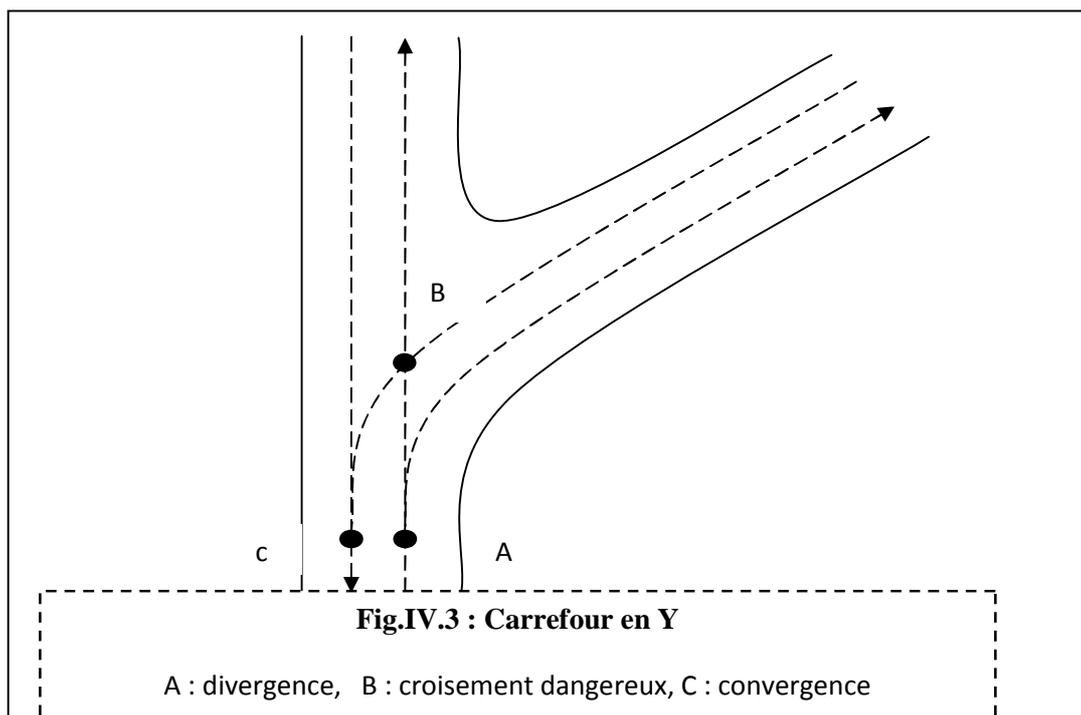
C'est un espace où se réunissent trois branches en formant la lettre (T).

Dans ce type de carrefours le courant direct domine, et les autres courants peuvent être aussi importants comme c'est présenté dans la figure ci-dessous :



#### IV.3.4.2.1.2) Carrefour en (y) :

C'est un carrefour qui assure l'intersection de trois rues qui forment l'allure de la lettre Y, Dans ce cas le trafic virant dans un angle aigu est nul ou insignifiant La figure ci-dessous montre un exemple des conflits existants sur un carrefour en Y.



#### IV.3.4.2.1.3) Carrefour en croix (x) :

Le carrefour en croix relie quatre branches qui se croisent formants un (X.)

La figure ci-dessous donne une idée de l'allure de ce type de carrefour.

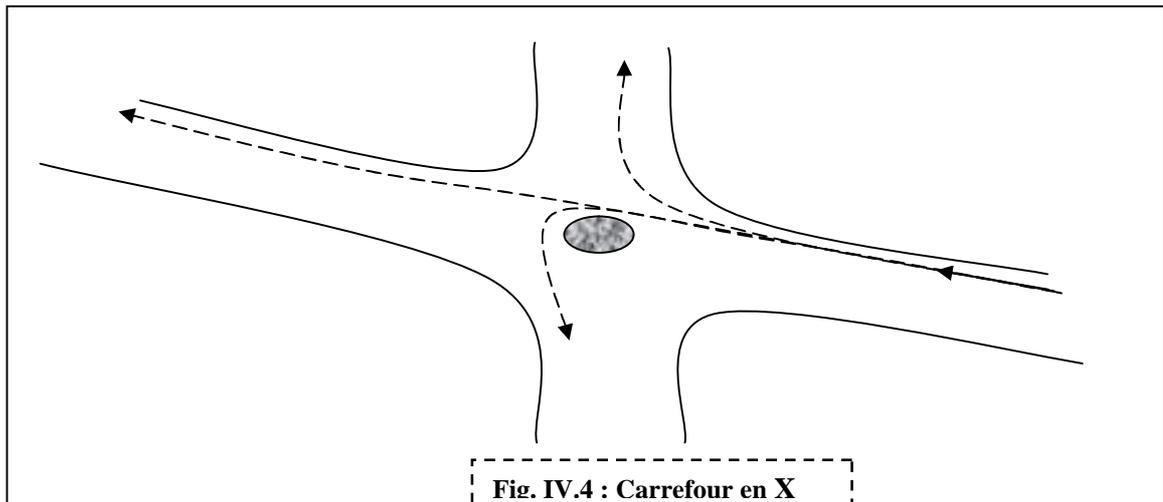


Fig. IV.4 : Carrefour en X

#### IV.3.4.2.2) Carrefours à sens giratoire :

Un giratoire est un carrefour dans lequel certains courants empruntent une chaussée annulaire continue, ils ordonnent une circulation à sens unique, disposé autour d'un îlot central.

L'îlot central a un rayon souvent supérieure à douze mètre. La sortie de véhicule doit être plus grande que celle de la rentrée et ça pour faciliter la manœuvre pour le conducteur qui va quitté le carrefour et pour gêner les véhicules entrant et ça pour faire ralentir .

❖ On doit définir la géométrie d'ensemble du carrefour en ramenant à des tracés simples et connus, puis dimensionner les divers éléments. [2]

Pour tracer général on prend en considération les principes généraux déjà énoncées :

- ❖ Condition de visibilité
- ❖ Bonne compréhension (l'aménagement doit être clair)
- ❖ Cisaillement sous un angle de  $90 \pm 20^\circ$

#### IV.3.5) APPLICATION AUX PROJET:

D'après le B40 on a :

Vitesse d'approche du véhicule prioritaire  $V_0=100\text{km/h}$ .

##### IV.3.5.1) Carrefour giratoire du début de projet : Pk=0+0.00(m) :

- ❖ Contient 02 îlots séparateurs concernant les rayons de raccords d'une surface égale à  $40\text{m}^2$ .
- ❖ Le rayon de terre plein central est de 15m.
- ❖ Ce carrefour point contient 3 voies de 3.5 m ( $r=18\text{m}$ ,  $r=21.5\text{m}$  et  $r=25\text{m}$ ).
- ❖ Le rayon de raccordement pour les véhicules entrant est  $R=28\text{m}$ .
- ❖ Le rayon de raccordement pour le véhicules sortant est  $R=30\text{m}$ .
- ❖ Le rayon de la voie directe de tourne-à-gauche.  $R=20\text{m}$ . Contient un îlot Séparateur d'une surface égale à  $80\text{m}^2$ .

**IV.3.5.2) Carrefour en T vers ferme : Pk=00+286 (m) :**

- ❖ C'est l'intersection entre la voie principale et la voies secondaire, contient 03ilots séparateurs concernant les rayant de raccordements.
- ❖ Le rayon de raccordement pour les véhicules entrant est  $R=28m$ .
- ❖ Le rayon de raccordement pour le véhicules sortant est  $R=30m$ .
- ❖ Voie de stockage : Sifflet (20m à30) et Stockage (20m à 50m).

**IV.3.5.3) Carrefour giratoire vers M'CID, Pk=02+070 (m):**

- ❖ Contient 02 ilots séparateurs Concernant les rayant de raccordements d'une surface égale à  $25m^2$ .
- ❖ Le rayon de terre plein central est de 15m.
- ❖ Ce carrefour point contient 3 voies de 3.5 m ( $r=18m$ ,  $r=21.5m$  et  $r=25m$ ).
- ❖ Le rayon de raccordement pour les véhicules entrant est  $R=30m$ .
- ❖ Le rayon de raccordement pour le véhicules sortant est  $R=35m$ .

**IV.3.5.4) Carrefour giratoire vers F'KANNE(MASCARA) ,Pk=03+938 (m) :**

- ❖ Contient 02ilots séparateurs Concernant les rayons de raccordements d'une surface égale à  $40m^2$ .
- ❖ Le rayon de terre plein central est de 15m.
- ❖ Ce carrefour point contient 3 voies de 3.5 m ( $r=18m$ ,  $r=21.5m$  et  $r=25m$ ).
- ❖ Le rayon de raccordement pour les véhicules entrant est  $R=28m$ .
- ❖ Le rayon de raccordement pour le véhicules sortant est  $R=30m$ .
- ❖ Le rayon de la voie spéciale de tourne-à-gauche.  $R=20m$ . Contient un ilot séparateur d'une surface égale à  $80m^2$ .
- ❖ Le rayon de la voie directe de tourne-à-droite.  $R=20m$ . Contient un ilot séparateur d'une surface égale à  $80m^2$ .

**IV.3.5.5) Carrefour giratoire de Fin de Projet :**

- ❖ Contient 02 ilots séparateurs Concernant les rayons de raccordements d'une surface égale à  $30m^2$ .
- ❖ Le rayon de terre plein central est de 15m.
- ❖ Ce carrefour point contient 3 voies de 3.5 m ( $r=18m$ ,  $r=21.5m$  et  $r=25m$ ).
- ❖ Le rayon de raccordement pour les véhicules entrant dans l'évitement est  $R=15m$ .
- ❖ Le rayon de raccordement pour les véhicules entrant est  $R=28m$ .
- ❖ Le rayon de raccordement pour le véhicules sortant est  $R=30m$ .

# CHAPITRE V

## Equipement

## **V.1) ASSAINISSEMENT :**

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.

### **V.1.1) OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :**

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ❖ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ❖ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ❖ Réduction du coût d'entretien.
- ❖ Éviter les problèmes d'érosions.
- ❖ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).
- ❖ Évacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel). [17]

### **V.1.2) ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE :**

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. [17]

#### **V.1.2.1) FOSSE DE PIED DU TALUS DE DEBLAI :**

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 %. [17]

#### **V.1.2.2) FOSSE DE CRETE DE DEBLAI :**

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme. [17]

#### **V.1.2.3) FOSSE DE 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 [18].

**V.1.2.4) DRAIN :**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant de route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet. [18]

**V.1.2.5) 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. [18]

**V.1.3) QUELQUES DEFINITIONS :****V.1.3.1) Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire). [18]

**V.1.3.2) Collecteur principal (canalisation) :**

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines. [18]

**V.1.3.3) Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m. [18]

**V.1.3.4) Sacs :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles. [18]

**V.1.4) LES OUVRAGES DES ECOULEMENTS DES EAUX :**

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi les quels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes :

- ❖ les passages submersibles.
- ❖ les fossés.
- ❖ les dalots.
- ❖ les buses. [19]

**1.1.4.1) Passages submersibles :**

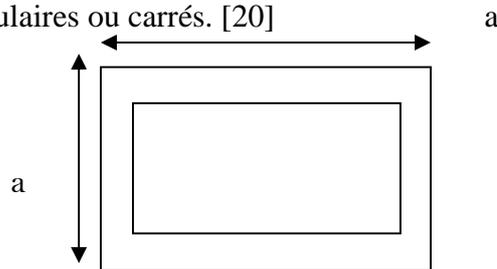
Les passages submersibles sont des ouvrages qui servent à protéger la chaussée contre les dégradations causées par les eaux, et qui assurent superficiellement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est plus important. [20]

**V.1.4.2) Fossés :**

Ces sont des tranchées creusées en longueur dans le sol et servent à délimiter les terrains ou à l'écoulement de l'eau de ruissellement. [20]

**V.1.4.3) Les dalot :**

Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés. [20]



**Fig. V.1 :** Dimension de dalot.

**V.1.5) ESTIMATION DE DEBIT :**

Après avoir défini les bassins, on déterminera les aires des bassins, les longueurs ainsi que les pentes moyennes des principales lignes d'eau. [21]

Vu les méthodes disponibles pour l'estimation des débits de pointe de crue et vu les caractéristiques et les dimensions du bassin intercepté par le projet, On a opté pour l'application de deux méthodes.

**V.1.5.1) La méthode rationnelle :**

Elle se traduit par l'équation suivante : (formule de Caquot)

$$Q_p = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad \dots \text{Eq V.1}$$

Avec :

$Q_p$  : débit de pointe de crue ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$I$  : intensité de précipitation pour le temps de concentration du bassin versant et la récurrence souhaitée ( $\text{mm}/\text{h}$ ).

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

$C$  : coefficient d'écoulement.  $C = 0.15$

**V.1.5.2) Méthode de Turraza :**

$Q_{max}$  : débit de crue ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$$Q_{max} = \frac{P_{10\%} * C * S}{3,6 T_{10\%}} \quad \dots \text{Eq V.2}$$

$S$  : surface du bassin versant ( $\text{km}^2$ )

$C$  : coefficient de ruissellement du bassin

$P_{10\%}$  : pluie de durée  $T_{10\%}$  et de période de retour voulue.

$T_{10\%}$  : Temps de concentration du bassin (heure). [20]

### V.1.5.3) Temps de concentration :

Le temps de concentration de chacune des bassins a été calculé par l'expression de VENTURA, laquelle est particulièrement appropriée à la généralité des bassins européens.

$$\boxed{T_c = 240 \cdot \left( \frac{A \cdot L}{h} \right)^{0.5}} \quad \dots \text{Eq V.3}$$

Avec :

$T_c$  : temps concentration.

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

$L$  : longueur du talweg (km)

$h$  : différence de cotes entre le point le plus éloigné du bassin et la section de référence(m).

### V.1.6) Dimensionnement des fossés:

Elle est estimée par :

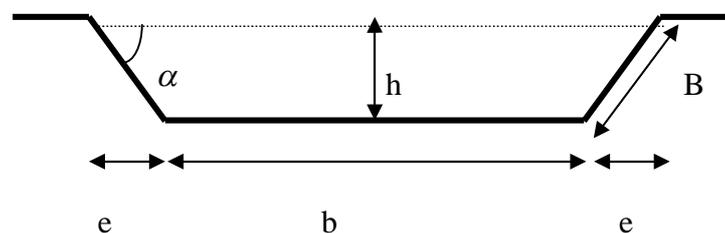


Fig. V. 3 : Dimensionnement Des Fossés. [2]

$$Q_c = V * S \quad \dots \text{Eq V.4}$$

$$V = K * R^{2/3} * P^{1/2} \quad \dots \text{Eq V.5}$$

$$R = \frac{S}{P_m} \quad \dots \text{Eq V.6}$$

Avec :

$V$  : vitesse moyenne d'écoulement des eaux (m/s).

$S$  : surface d'écoulement ( $\text{m}^2$ ).

$K$  : coefficient de rugosité.

$K = 70$  pour fossé en consolidé en béton.

$K = 35$  pour fossé en terre.

P : la pente de talweg

R : rayon hydraulique en (m).

$P_m$  : périmètre mouillé.

#### V.1.6.1) Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = b \cdot h + 2(e \cdot h)/2$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n \cdot h$$

$$S_m = b \cdot h + n \cdot h^2 = h \cdot (b + n \cdot h) \quad \boxed{S_m = h \cdot (b + n \cdot h)} \quad \dots \text{Eq V.7}$$

#### V.1.6.2) Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

$$\boxed{P_m = b + 2 h \cdot \sqrt{1 + n^2}} \quad \dots \text{Eq V.8}$$

$$\text{Avec } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 \cdot h^2} = h \cdot \sqrt{1 + n^2}$$

Les dimensions du fossé obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport  $Q_a$  et débit de saturation  $Q_s$ .

#### V.1.6.3) Calcul le rayon hydraulique :

$$\boxed{R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2h \sqrt{1 + n^2}}} \quad \dots \text{Eq V..9}$$

#### V.1.7) APPLICATION AU PROJET:

D'après l'étude de la protection de la ville de sfisef contre les eaux pluviales (reconnaissance et hydro-climatologie) qui a été fait par :

L'Organisme National de Contrôle technique de la Construction hydraulique.

C-T-H. (Agence Régionale Ouest, Tlemcen).

- ❖ Bassin versant N°1 : Ch.ouled Ali et Ch. Al hammar :
- ❖ Temps de concentration :

$$T_c = 240 \left( \frac{A.L}{h} \right)^{0.5} \quad \text{Avec :}$$

$T_c$  : temps concentration.

$A$  : aire du bassin versant ( $\text{km}^2$ ). =0.438+0.250=688m

$L$  : longueur du talweg (km) =1.000

$h$  : différence de cotes entre le point le plus éloigné du bassin et la section de référence(m).

$h=h_{\max}-h_0=729-650=76\text{m}$

$T_c = 0.15h = 9 \text{ min}$

❖ **Le débit max à été calculé a partir de la méthode de Turraza :**

$$Q_{\max} = \frac{P_{10\%} * C * S}{3,6 T_{10\%}}$$

$Q_{\max}$  : débit de crue ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$S$  : surface du bassin versant ( $\text{km}^2$ )=0.438+0.250=688m

$C$  : coefficient de ruissellement du bassin=0.15

$P_{10\%}$  : pluie de durée  $T_{10\%}$  et de période de retour voulue.=65mm

$T_{10\%}$  : Temps de concentration du bassin (heure). =0.15h

$Q_{\max} = 6 \text{ m}^3/\text{s}$

❖ **Bassin versant N°2 : Ch.181 lgts et Ch. Z/Activités:**

❖ **Temps de concentration :**

$$T_c = 240 \left( \frac{A.L}{h} \right)^{0.5}$$

Avec :

$T_c$  : temps concentration.

$A$  : aire du bassin versant ( $\text{km}^2$ ). =0.313+0.438=751m

$L$  : longueur du talweg (km) =1.400

$h$  : différence de cotes entre le point le plus éloigné du bassin et la section de référence(m).

$h=h_{\max}-h_0=700-650=50\text{m}$

$T_c = 0.21h = 12.6\text{min}$

❖ **Le débit max à été calculé a partir de la méthode de Turraza :**

$$Q_{max} = \frac{P_{10\%} * C * S}{3,6 T_{10\%}}$$

$Q_{max}$  : débit de crue (m<sup>3</sup>/s).

S : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)=0.313+0.438=751m

C : coefficient de ruissellement du bassin=0.15

$P_{10\%}$  : pluie de durée  $T_{10\%}$  et de période de retour voulue.=65mm

$T_{10\%}$  : Temps de concentration du bassin (heure). =0.21h

$$Q_{max}=5.4m^3/s$$

❖ **Dimension des buses :**

Les sections à donner aux ouvrages d'évacuation sont basées sur le principe de l'écoulement à surface libre, la formule de BAZIN, nous permet de déterminer la vitesse de l'écoulement ainsi que le taux de remplissage des conduites.

La formule de base est :  $Q = V.S$

Q : débit.

S : section transversale.

V : vitesse d'écoulement en m/s.

$R_h$  : Rayon en (m) de la section de la canalisation (rayon hydraulique).

I : pente de la conduite en (%).

Pour notre cas (réseau unitaire) on a :

$$R_h = S_m / P_m = (\pi D^2 / 4) / \pi D = D / 4$$

$S_m$  : surface mouillée.

$P_m$  : périmètre mouillé.

On aboutit à la formule suivante :

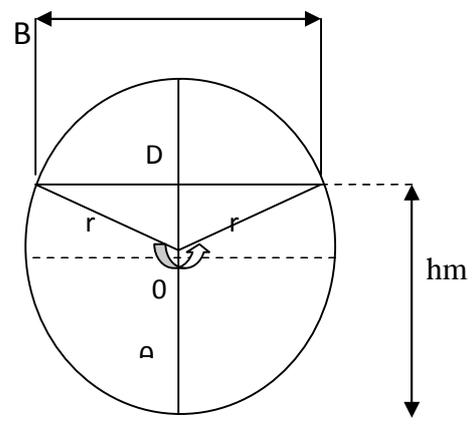
$$Q = (1/n) R_h^{2/3} * I^{1/2} * S$$

Q: debit max. (m<sup>3</sup>/s).

n: coefficient de rugosité de la canalisation.

I: pente moyenne de la canalisation.

S: section transversale de l'écoulement (m<sup>2</sup>).



**Fig. V.4 :** Ecoulement à surface libre.

$R_h$  : rayon hydraulique.

Nous avons utilisé des conduites circulaires de qualité normale et par conséquent nous avons pris  $n=0.015$ , pour des raisons d'exécution on a prévu le même diamètre pour tout le passage souterrain. Alors :

$$Q = \frac{1}{0.015} \left( \frac{\pi R^2}{2 \pi R} \right)^{2/3} \sqrt{I} \frac{\pi R^2}{2}$$

$$= \frac{1}{0.015} \left( \frac{R}{2} \right)^{2/3} \sqrt{I} \frac{\pi R^2}{2}$$

On a la pente de la conduite  $I=1.5\%$ , donc :

$$Q = 6.41 R^{4/3} \Rightarrow R = (Q / 6.41)^{3/4} = (3 / 6.41)^{3/4}$$

$$R = 0.566 \text{m} = 566 \text{mm.}$$

Le débit  $Q = 3 \text{m}^3/\text{s}$  est assuré pour un diamètre  $\phi = 2 * R = 1250 \text{mm}$

Alors Le débit  $Q = 6 \text{m}^3/\text{s}$  est assuré pour un diamètre  $2 * \phi = 2 * 1250 \text{mm}$

#### ❖ Dimensionnement des fossés:

$$Q_c = V * S$$

$$Q = Q_c$$

$$Q = V * S$$

$$Q = (K * R^{2/3} * P^{1/2}) * (h * (b + n * h))$$

$$R = \frac{S_m}{P_m}$$

$$S_m = h * (b + n * h)$$

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

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

$^{3/2}$

$$Q = K * \left[ \frac{h.(b + n.h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right] * P^{1/2} * (h * (b + n * h))$$

D'après l'étude on a :

$Q = 0.0424 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$K = 70$  pour fossé en consolidé en béton.=70

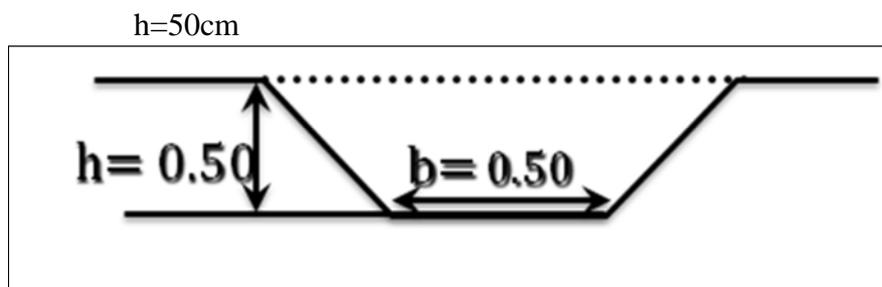
P : la pente de talweg =1%

$\eta = 0.015$  collecteur important ( $\Phi > 800\text{mm}$ ).

On fixe la valeur de  $b = 30 \text{ cm}$  et on calcule la hauteur par itération, D'après les calculs on trouve  $h \approx 0.30\text{m}$

Pour des raisons de sécurité, les dimensions retenues du fossé sont :  $b = h = 50\text{cm}$ .

Alors :  $b = 50 \text{ cm}$  et



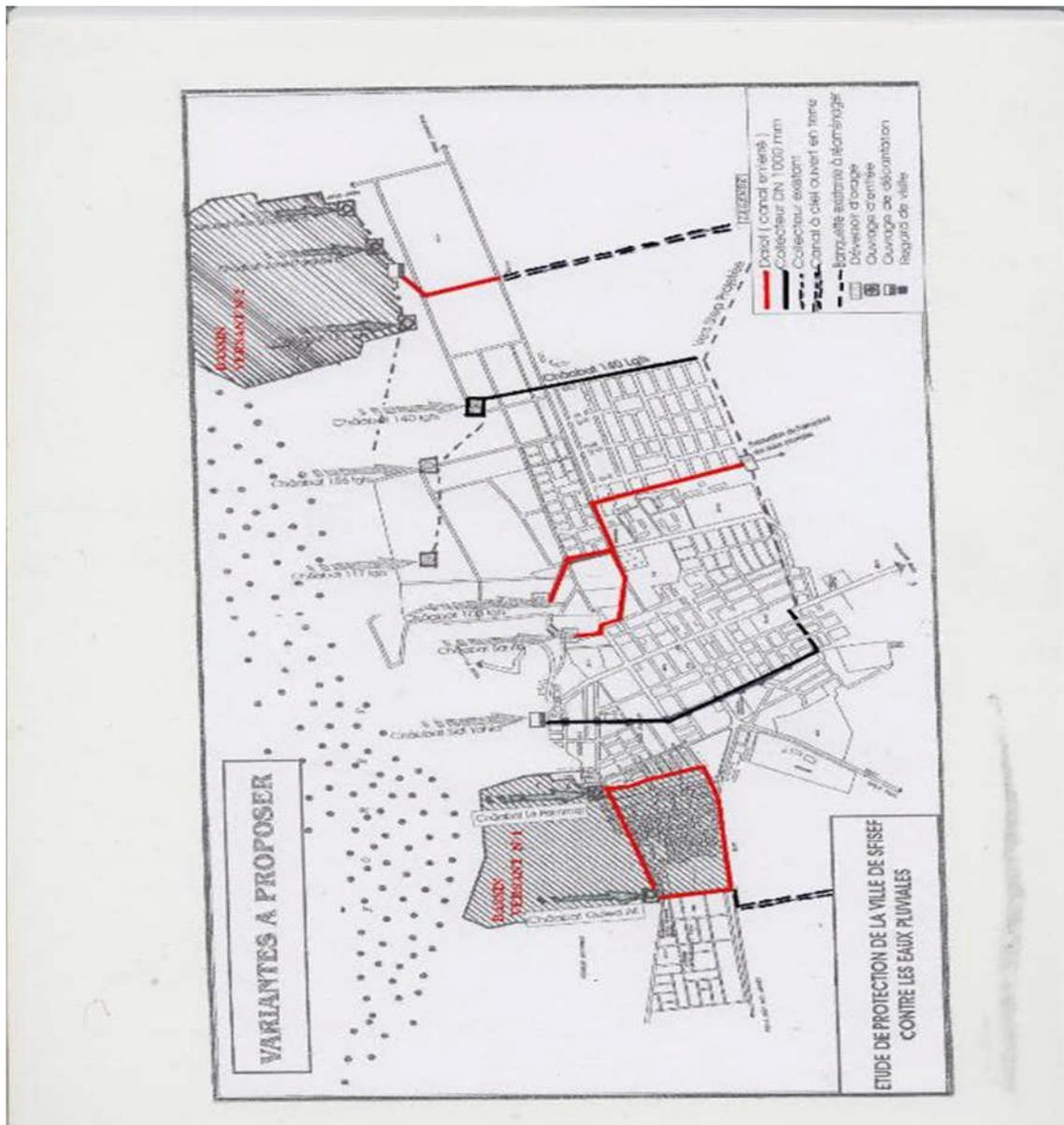
❖ Les types d'ouvrages avec leur Pk :

Tableau. V.1 : Les types d'ouvrages avec leur Pk

N° Ouvrage busé	Pk (m)	Diamètre $\phi$ (mm)
1	0 + 478.128	2 Buses de 1250
2	5 + 807.820	2 Buses de 1250



Fig. V.5 : photo fossé+ exutoire et ouvrage bu



## V.2) LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière permet d'assurer le guidage des usagers en leur donnant des informations d'aide à la conduite et au déplacement sur un itinéraire donné, dans le but de faciliter la circulation et de la rendre plus sûre. Elle consiste en deux grands ensembles, à savoir la signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, les balises et les feux tricolores et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages au sol. [15]

### V.2.1) ROLE DE LA SIGNALISATION:

La signalisation routière joue un rôle important dans la sécurité routière car elle contribue à la lisibilité de la route. Un des grands principes de la signalisation routière réside dans l'homogénéité des informations transmises à l'utilisateur. [15]

**V.2.2) Principes de la signalisation routière :**

La signalisation routière ne peut être efficace que si l'on respecte certains principes :

**V.2.2.1) Principe de valorisation :**

La multiplication des signaux nuit à leur efficacité. Il ne faut pas donc en placer que s'ils sont indispensables. [23]

**V.2.2.2) Principe de concentration :**

Lorsqu'il est indispensable que plusieurs signaux soient vus en même temps, il faut absolument les implanter de façon que l'usage puisse les apercevoir d'un seul coup d'œil de nuit comme de jour. [23]

**III.5.2.3) Principe de visibilité :**

Il ne faut pas demander au conducteur un effort de lecture. On devra donc réduire et simplifier les indications au maximum. [23]

**V.2.3) TYPE DE SIGNALISATION:**

Il y a deux types de signalisations : verticale et horizontale.

**V.2.3.1) Signalisation verticale:**

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme. [24]

**❖ Signalisation avancée :**

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection pour avertir les usagers de l'existence d'un danger sur la route et de leur indiquer la nature.

Le signal B3 qui notifie les usagers des obligations et des limites qui leurs sont accordées tel que les signaux de priorité ...etc., les signaux B sont accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) qui précise sur quelle branche d'un carrefour les usagers sont prioritaires prioritaire.

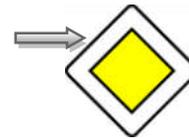
**❖ Signalisation de position :**

Le signal de type B2 arrêt obligatoire est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

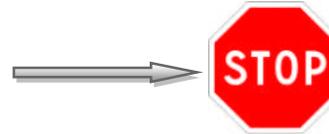
**❖ Signalisation de direction :**

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°.

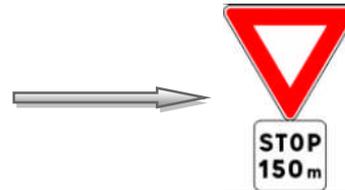
Indication du caractère prioritaire du dédoublement



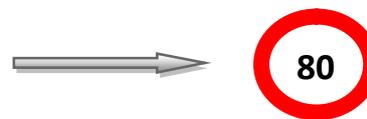
Arrêt à l'intersection, Signal de position



Arrêt à l'intersection. Signal avancé



Limitation de vitesse. Ce panneau notifie l'interdiction de dépassé la vitesse indiquée.



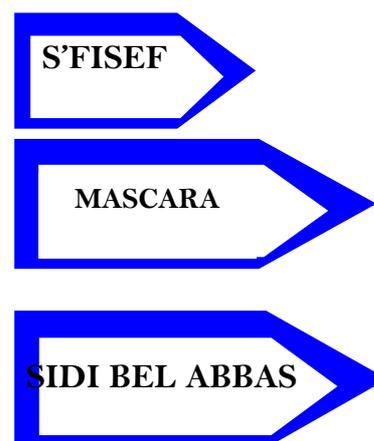
Virage à droite



Virage à gauche



Indication des directions des villes



### V.2.3.2) 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 :

- ❖ Marques longitudinales.
- ❖ Marques transversales.
- ❖ les flèches. [24]

#### V.2.3.2.1) Marques longitudinales :

- ❖ **Lignes continues** : Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du coté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.
- ❖ **Lignes discontinues** : Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles.

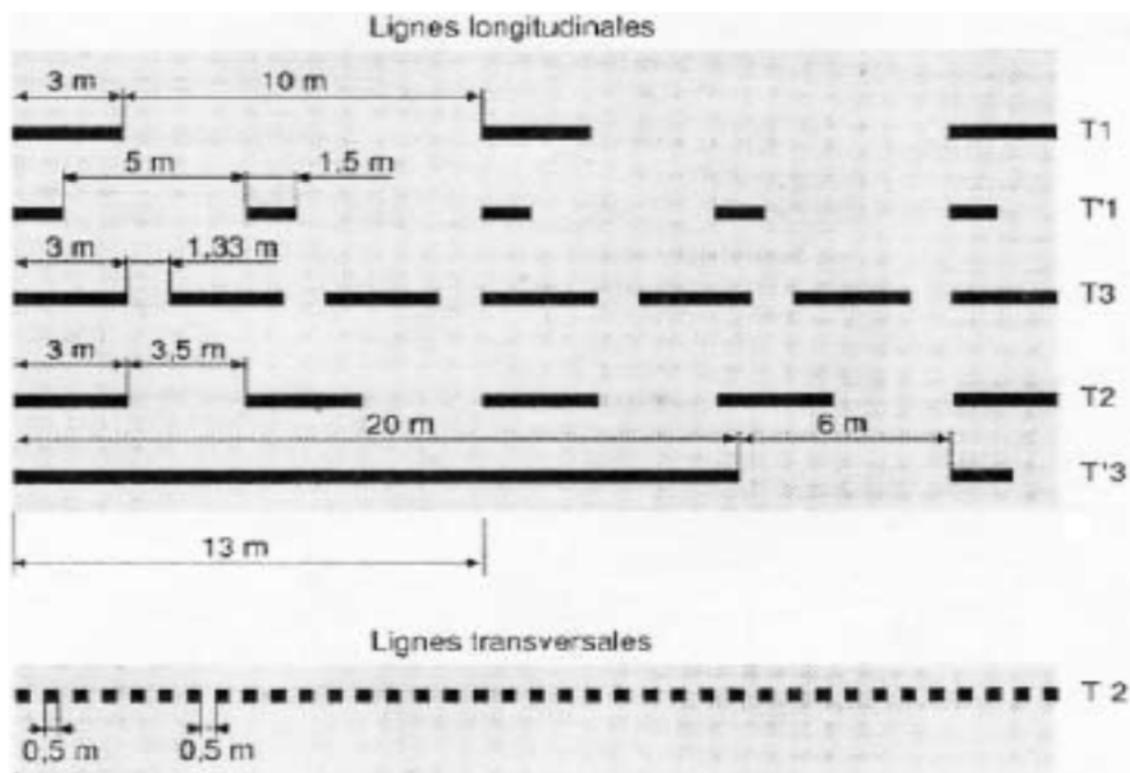


Fig. V.6 : Lignes longitudinales et transversales.



- ❖ **Ligne de rive** : trait 3m, intervalle 3,50m Sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.



- ❖ **Ligne de rive** : trait de 20 m, intervalle 6 m

Annonce l'approche d'une intersection.



- ❖ **Ligne de rive** : trait de 38 m, intervalle 14 m

Sur autoroute elle délimite la bande d'urgence (BAU), circulation, arrêt, stationnement interdits sauf panne ou incident.

Le tableau ci-dessous résume les valeurs des modulations des lignes discontinues.

**Tableau V.2:** Les valeurs des modulations des lignes discontinues [23].

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Longueur du vide (mètre)
T <sub>1</sub>	3.00	10.00
T' <sub>1</sub>	1.50	5.00
T <sub>2</sub>	3.00	3.50
T' <sub>2</sub>	0.50	0.50
T <sub>3</sub>	3.00	1.33
T' <sub>3</sub>	20.00	6.00

La largeur des lignes est de :

- ❖ Routes principales : u= 6cm
- ❖ Autres routes : u= 5cm

#### V.2.3.2.2) Marques transversales :

- ❖ Ligne continue « Stop ».
- ❖ Ligne « cédez le passage ».

Il a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers, ainsi que, dans certains cas, la conduite que doivent observer les usagers.

Le marquage des chaussées n'est pas obligatoire, sauf sur routes express et autoroutes ainsi que dans certains cas spécifiques (ligne complétant les panneaux Stop...). [24]

### V.2.3.2.3) Les flèches :

Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

On a deux types de flèches :

- ❖ flèches de section (directionnelles).
- ❖ flèches de rabattement.

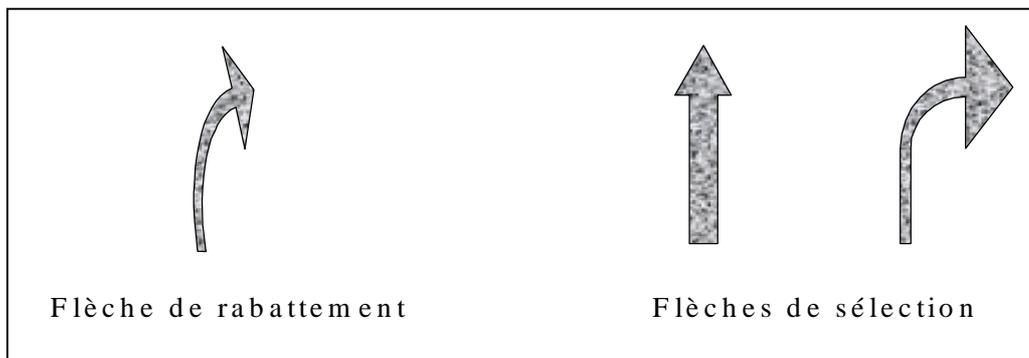


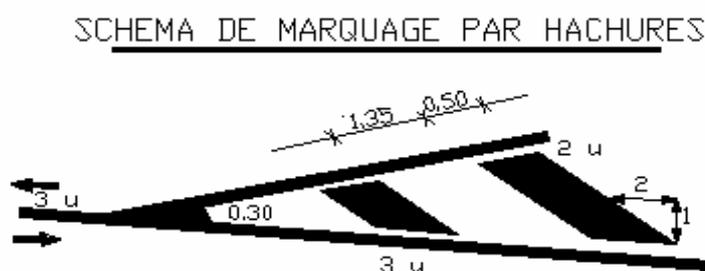
Fig. V.7 : Flèche de signalisation.

- ❖ C'est la couleur blanche qui est prescrite pour les marquages sur chaussée. [24]

### V.2.3.2.4) Les autres marques :

Pour piétons, cyclistes, transports en commun et stationnement.

- ❖ Signalisation pour carrefour



**V.2.4) DISPOSITIFS :****V.2.4.1) définition:**

Les dispositifs de retenues sont nécessaires pour assurer les bonnes conditions de sécurité aux usagers de la route, ils constituent :

**V.2.4.1.1) Glissières de sécurité :**

- ❖ **Glissières de niveau 1** : adoptées pour les routes principales.
- ❖ **Glissières de niveau 2 et 3** : adoptées aux endroits où les vitesses appliquées sont faibles.

Eventuellement des glissières sur le T.P.C pour les routes à deux chaussées, et sur accotements en présence d'obstacles ou autre configuration agressive, ou le cas de grandes hauteurs de remblais. [25]

**V.2.4.1.2) la murette de protection en béton armé :**

Envisagée lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd est important, comme :

- ❖ Une section de la route surplombe directement sur la mer.
- ❖ Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10m. [25]

**V.2.5) APPLICATION AU PROJET:**

Parmi ces dispositifs, on a opté à utiliser des glissières de sécurité de niveau 1 voir l'importance de la RN 7, et des glissières sur le T.P.C pour la retenue et la séparation.

**V.2.5.1) L'éclairage :**

L'éclairage de la route doit permettre à ses usagers de circuler en nuit en toute sécurité, il s'agit de la possibilité de percevoir les points singuliers et les obstacles éventuels. [15]

**❖ L'éclairage de notre route :**

Des lampadaires d'hauteur de 10 à 12m sont implantés sur le T.P.C le long de la section étudiée avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une chaussée, espacés de 20m.

**❖ L'éclairage au niveau du carrefour :**

On place en courbures des îlots centraux des foyers de l'ordre de 12m d'hauteur pour éclairer les différentes directions et que les bordures des trottoirs soient visibles

# CHAPITRE VI

**Impact sur environnement**

### **VI.1) INTRODUCTION :**

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et à long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet. [27]

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet autoroutier peuvent se résumer en :

- ❖ L'analyse de l'état initial.
- ❖ La justification de la solution retenue.
- ❖ La détermination des impacts.

### **VI.2) CADRE JURIDIQUE :**

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1963, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- ❖ Une analyse détaillée du projet.
- ❖ Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- ❖ Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement. [27]

### **VI.3) OBJECTIFS :**

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- ❖ Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- ❖ Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- ❖ Gérer et entretenir les abords de la route. [27]

### **VI.4) IMPACT SUR L'AGRICULTURE :**

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable. De ce fait elle doit se faire accorder un grand intérêt.

#### **VI.4.1) Les impacts :**

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en :

- ❖ L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et des diminutions des superficies exploitées.
- ❖ L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- ❖ L'effet de modification du régime agricole. [28]

#### **VI.4.2) Les remèdes :**

Les mesures visant à sauver à ces préjudices sont classées en deux catégories :

- ❖ Mesures protectrices : Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, si non on aura recours aux :
- ❖ Mesures curatives : Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles. [28]

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les protections et les remèdes sont :

- ❖ le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
- ❖ La pris en compte des superficies d'exploitation.
- ❖ Evier des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications. [2]

## **VI.5) L'IMPACT SUR LA NATURE :**

### **IV.5.1) La faune**

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour amollir la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y' a lieu de présence d'animaux sauvages sur les abords.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux. [29]

### **VI.5.2) La flore**

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant (littoral). [29]

### **VI.5.3) L'eau :**

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception. Les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour relever aux effets démolisseurs des écoulements torrentiels.

En section courante, on doit veiller à adapter le niveau d'équipement des ouvrages de protection aux enjeux de l'environnement local, l'évacuation des eaux vers la mer constitue dans la plus part des cas une réponse efficace, tout a fait adaptée au problème posé par l'épuration des eaux de ruissellement et permettant d'éviter des aménagements massifs, difficilement compatibles avec l'intégration paysagère de la route. [29]

A titre d'exemple les apports annuels sur une route à deux voies supportant un trafic de 10 000 véhicules par jour s'élèvent à :

- ❖ Matières en suspension : 200 à 1 200 kg/km
- ❖ Demande chimique en oxygène : 230 à 400 kg/km
- ❖ Plomb: 0,9 à 1,3 kg/km
- ❖ Zinc : 1,5 à 2,5 kg/km
- ❖ Hydrocarbures : 5 kg/km

## **VI.6) L'IMPACT SUR LES HABITANTS :**

Les principaux impacts d'une infra structure autoroutière sur les habitants sont :

- ❖ La destruction.
- ❖ La pollution.
- ❖ Le bruit.

En outre à ces impacts qui sont difficile, voir impossibles à évaluer, il existe d'autres effets qui leurs sont liés :

- ❖ L'effet de bornage d'une ville par projet.
- ❖ L'effet de barrière entre deux centres urbains
- ❖ L'effet de destruction au sein des agglomérations. [28]

### **VI.6.1) La destruction**

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

#### **a. Les impacts de destruction concernent :**

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
- Les populations situées au périmètre d'accueil.

#### **b. Ces impacts sont d'ordre :**

- **Economique** : modification des systèmes de production.
- **Socioculturel** : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- **Naturel** : modification dans l'exploitation des ressources naturelles. [28]

### **VI.6.2) Le bruit :**

#### **a) Les impacts :**

La construction d'une autoroute au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- La fatigue
- Baisse de l'acuité auditive.

#### **b) Les remèdes :**

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à la proximité.
- Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

En générale on peut avoir recours à :

- L'amélioration de la couche de roulement : en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation. [28]

### **VI.7) Infrastructure et paysage :**

La création d'une infrastructure peut être l'occasion de favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées. [30]

#### **VI.7.1) Les études d'urbanisme :**

Les études d'urbanisme sont fondamentales pour l'étude d'une infrastructure de transport en zone agglomérée ou péri agglomérée.

Ces études mettront en évidence l'affectation des zones à l'intérieur du périmètre d'étude (zone d'activités économiques, zones commerciales, zones d'habitat en

distinguant habitat collectif, habitat individuel, densité de population ...). Il sera pris en compte les projets de développement inscrits dans les différents documents de planification, mais aussi les projets de développement particuliers.

Les informations permettant d'alimenter la réflexion sont disponibles dans les mairies, les communautés d'agglomération ou de communes, les chambres de commerce ....

Il sera alors nécessaire de définir les besoins d'échange de ces zones entre elles, mais aussi avec les communes, les régions voisines. Ces données alimenteront aussi les études de circulation. Elles permettront aussi de positionner les points d'échange et leur nature.

Comme nous l'avons indiqué pour les autres thématiques et dès que le projet sera défini, il sera aussi nécessaire d'étudier l'impact de l'infrastructure sur le développement des zones concernées. [30]

## **VI.8) PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX DU PROJET :**

### **a. Impacts positifs :**

Le désenclavement des zones du projet par des routes revêtue et praticables en toutes saisons aura un impact positif appréciable sur les activités des populations.

Les effets les plus attendus sont :

- ❖ L'amélioration des conditions de transport.
- ❖ La réduction des coûts de transport (gain du temps, sécurité, Carburant ...)
- ❖ L'augmentation des revenus agropastoraux.
- ❖ L'accès facile aux autres centres urbains, dans le cadre des besoins nécessaires et indispensables tels que l'éducation, la santé et administratifs.

Il favorisera aussi l'évacuation des produits agropastoraux et induira une augmentation du revenu des ménages :

- L'attraction des activités agricoles, pastorales et touristiques. [30]

### **b. Impacts négatifs :**

La plupart des impacts négatifs seront limités à la période d'exécution des travaux pendant les travaux d'excavation, de nivellement de piste, de Bitumage, d'exploitation des carrières et des zones d'emprunts, du transport des matériaux de construction, de l'entretien des véhicules.

D'autres impacts négatifs qui pourront se manifester concerneront : L'émanation des poussières, du bruit, des vibrations sonores et des problèmes de sécurité pendant les travaux et à la mise en place des équipements et des matériaux de construction, le rejet anarchique de produits de purges/curages de travaux d'assainissement.

Le projet aura un faible impact sur la végétation car il n'y a pas de forêts ou espèces végétales sensibles ou protégés dans la zone du projet. [30]

### **c. Les précautions à prendre :**

Il faut prendre toutes les précautions afin de ne pas détruire la végétation, mettre en l'état les emprunts en réalisant le remblai des emprunts et végétaliser les zones d'emprunt et les carrières et, au besoin, replanter des espèces locales, protéger les talus par des structures

appropriées et leur végétation avec des espèces locales, prendre toutes les dispositions afin d'éviter des accidents de travail pendant les travaux.

Des ouvrages de franchissement seront construits pour ne pas entraver l'écoulement des eaux de surface et celui des cours d'eau sera rétabli dans leur état original.

Il est aussi recommandé des actions de sensibilisation en matière de protection et gestion de l'environnement, la destruction du patrimoine culturel, la sécurité routière.

Les travaux seront coordonnées de manière à ce qu'il n'y aura pas d'interruptions de service et si cela sera nécessaire, des mesures, d'accompagnement sont prévues pour l'amélioration de cadre et des conditions de vie de la population riveraine.

Ces mesures concernent L'aménagement des arrêts le long de la route au niveau des points stratégiques pour les transports en commun, le balisage des passages des animaux, l'aménagement des galeries des passages pour la faune sauvage. [30]

## **VI.9) CONCLUSION :**

Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- ❖ Sa conception,
- ❖ Sa construction,
- ❖ Son exploitation.

# **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

Cette mémoire de fin d'étude a été l'occasion pour nous d'approcher et de mettre en contact les professionnels de la route en l'occurrence, les cadres de la direction des travaux publics de SBA , les ingénieurs du laboratoire LHCO de SBA, ainsi que les ingénieurs du l'URBAT de SBA, qui tous en été pour nous d'un très grand apport notamment en ce qui concerne les thèmes liés directement à la conception d'un meilleur tracé routier et d'approches méthodiques des phases d'étude.

Comme tout ouvrage digne de ce nom, une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à donner à l'utilisateur et au voisin une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté.

On peut dire que pour une étude de route, trois points sont à prendre en compte (la conception, l'économie, l'esthétique).

Ce projet de fin d'étude nous a offert également l'opportunité d'exercer et mettre en pratique nos connaissances acquises au cours de notre cursus de formation pour la finalisation de notre projet Evitement de S'FISEF sur 7km

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes que nous ne pouvons pas négliger et nous prenons en considération, le confort et la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

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

En définitif, nous espérons que ce tracé va régler les problèmes qui ont connus les usagers.

Enfin cette mémoire nous a permis de nous perfectionner dans l'utilisation des logiciels informatiques notamment COVADIS et AUTOCAD.

**ANNEXE**

**DE TRACE EN  
PLAN**

**Carnet du tracé en plan :**

Sommet	S1départ	S 2	S 3	S 4	S 4 fin
X(m)	40273.0280	39428.2403	38201.1655	37378..1803	38165.4713
Y(m)	24110.0526	24004.6694	22792.9684	21272.4674	19076.8158
R(m)	/	1200	5000	1200	/
d(%)	/	3.07	/	3.07	/
$\alpha$ (grad)	/	44.8883	6	44.8883	/
L1(m)	/	169.70	/	169.70	/
L2(m)	/	5.51	/	5.51	/
L3(m)	/	38.99	/	38.99	/
Lr(m)	/	169.70	/	169.70	/
A(m)	/	452	/	452	/
$\tau$ (grad)	/	4.5184	/	4.5184	/
Xke	/	170.1677	/	170.1677	/
Yke	/	4.0244	/	4.0244	/
Xc	/	85.1124	/	85.1124	/
Yc	/	1201.0062	/	1201.0062	/
$\Delta R$	/	1.006284	/	1.006284	/
T(m)	/	526.9904	/	526.9904	/
B(m)	/	79.71568	/	79.71568	/
D(m)	/	1016.378	/	1016.378	/

**ANNEXE**

**DE PROFIL EN  
LONG**

## Carnet du profil en long

N°des points	Marque des points	Entre points	Distance partielle (m)	Distance cumulée (m)	Cote terrain Nat. (m)	Déclivités (%)	Cote projet(m)
01	DP		00.00	00.00	1003.66	P= -0.7%	1003.58
02		1-2	25.00	25.00	1002.94		1003.40
03		2-3	25.00	50.00	1002.63		1003.23
04		3-4	25.00	75.00	1002.72		1003.05
05		4-5	25.00	100.00	1002.15		1002.88
06		5-6	25.00	125.00	1001.77		1002.70
07		6-7	25.00	150.00	1001.39		1002.53
08		7-8	25.00	175.00	1001.04		1002.35
09		8-9	25.00	200.00	1000.55		1002.18
10		9-10	25.00	225.00	1000.24		1002.00
11		10-11	25.00	250.00	1000.16		1001.83
12		11-12	25.00	275.00	1000.32		1001.65
13		12-13	25.00	300.00	1000.01		1001.48
14		13-14	25.00	325.00	999.55		1001.30
15		14-15	25.00	350.00	999.26		1001.13
16		15-16	25.00	375.00	999.13		1000.95
17		16-17	25.00	400.00	998.90		1000.78
18		17-18	25.00	425.00	998.54		1000.60
19		18-19	25.00	450.00	998.26		1000.43
20		19-20	25.00	475.00	998.06		1000.25
21		20-21	25.00	500.00	998.40		1000.08
22		21-22	25.00	525.00	998.73		999.90
23		22-23	25.00	550.00	998.40		999.73
24		23-24	25.00	575.00	998.22		999.55
25		24-25	25.00	600.00	998.02		999.38
26		25-26	25.00	625.00	997.92		999.20
27		26-27	25.00	650.00	997.91		999.03
28		27-28	25.00	675.00	997.86		998.85
29	DRC1	28-29	6.16	651.16	997.84	998.81	
30		29-30	18.84	700.00	997.79	998.68	
31		30-31	25.00	725.00	997.74	998.50	
32		31-32	25.00	750.00	997.54	998.33	
33		32-33	25.00	775.00	997.31	998.15	
34		33-34	25.00	800.00	997.07	997.98	
35		34-35	25.00	825.00	996.90	997.80	
36		35-36	25.00	850.00	996.83	997.63	
37	DRP1	36-37	1.41	851.41	996.82	P= -0.7%	997.62
38		37-38	23.59	875.00	996.67	997.45	
39		38-39	25.00	900.00	996.63	997.28	
40		39-40	25.00	925.00	996.59	997.10	

**Annexe de profil en long**

41		40-41	25.00	950.00	996.39	R=50000m	996.93
42		41-42	25.00	975.00	996.31		996.77
43		42-43	25.00	1000.00	996.27	T=93.63m	996.62
44		43-44	25.00	1025.00	996.12		996.48
45		44-45	25.00	1050.00	996.24	P= -0.51%	996.35
46		45-46	25.00	1075.00	996.39		996.23
47		46-47	25.00	1100.00	996.31		996.10
48		47-48	25.00	1125.00	995.95		995.97
49		48-49	25.00	1150.00	995.66		995.84
50		49-50	25.00	1175.00	995.48		995.71
51		50-51	25.00	1200.00	995.44		995.59
52		51-52	25.00	1225.00	995.41		995.46
53		52-53	25.00	1250.00	995.34		995.33
54		53-54	25.00	1275.00	995.37		995.20
55		54-55	25.00	1300.00	995.18		995.08
56		55-56	25.00	1325.00	995.22		994.94
57		56-57	25.00	1350.00	995.02		994.82
58		57-58	25.00	1375.00	994.65		994.69
59		58-59	25.00	1400.00	994.56		994.56
60		59-60	25.00	1425.00	994.67		994.43
61		60-61	25.00	1450.00	995.17		994.30
62		61-62	25.00	1475.00	995.70		994.18
63		62-63	25.00	1500.00	994.63		994.05
64		63-64	25.00	1525.00	993.92		993.92
65		64-65	25.00	1550.00	993.67		993.79
66		65-66	25.00	1575.00	993.64		993.66
67		66-67	25.00	1600.00	993.57		993.53
68		67-68	25.00	1625.00	993.73		993.41
69		68-69	25.00	1650.00	993.36		993.28
70		69-70	25.00	1675.00	993.05		993.15
71		70-71	25.00	1700.00	992.89		993.02
72		71-72	25.00	1725.00	992.84		992.89
73	FRP1	72-73	6.25	1731.25	992.83		992.86
74		73-74	18.75	1750.00	992.75		992.77
75		74-75	25.00	1775.00	992.67		992.64
76		75-76	25.00	1800.00	992.68		992.51
77		76-77	25.00	1825.00	992.67		992.38
78		77-78	25.00	1850.00	992.60		992.25
79		78-79	25.00	1875.00	992.51	992.12	
80		79-80	25.00	1900.00	992.39	992.00	
81	FRC2	80-81	1.51	1901.55	992.38	991.99	
82		81-82	25.00	1925.00	992.23	991.87	
83		82-83	25.00	1950.00	992.19	991.74	
84		83-84	25.00	1975.00	992.08	991.61	

**Annexe de profil en long**

85		84-85	25.00	2000.00	992.00	991.48
86		85-86	25.00	2025.00	991.75	991.36
87		86-87	25.00	2050.00	991.52	991.23
88		87-88	25.00	2075.00	991.35	991.10
89		88-89	25.00	2100.00	991.24	990.97
90		89-90	25.00	2125.00	991.01	990.84
91		90-91	25.00	2150.00	990.77	990.71
92		91-92	25.00	2175.00	990.60	990.56
93		92-93	25.00	2200.00	990.52	990.46
94		93-94	25.00	2225.00	990.42	990.33
95		94-95	25.00	2250.00	990.24	990.20
96		95-96	25.00	2275.00	989.90	990.07
97		96-97	25.00	2300.00	989.67	989.95
98		97-98	25.00	2325.00	989.51	989.82
99		98-99	25.00	2350.00	989.39	989.69
100		99-100	25.00	2375.00	989.09	989.56
101		100-101	25.00	2400.00	989.01	989.43
102		101-102	25.00	2425.00	988.83	989.30
103		102-103	25.00	2450.00	988.78	989.18
104		103-104	25.00	2475.00	988.60	989.05
105		104-105	25.00	2500.00	988.59	988.92
106		105-106	25.00	2525.00	988.42	988.89
107		106-107	25.00	2550.00	988.19	988.66
108		107-108	25.00	2575.00	987.68	988.54
109		108-109	25.00	2600.00	987.42	988.41
110		109-110	25.00	2625.00	987.12	988.28
111		110-111	11.78	2636.00	987.03	988.22
112		111-112	13.22	2650.00	986.92	988.18
113		112-113	25.00	2675.00	986.75	988.02
114		113-114	25.00	2700.00	986.63	987.89
115		114-115	25.00	2725.00	986.62	987.77
116		115-116	25.00	2750.00	986.56	987.64
117		116-117	25.00	2775.00	986.24	987.51
118		117-118	25.00	2800.00	985.91	987.38
119		118-119	25.00	2825.00	985.79	987.25
120		119-120	25.00	2850.00	985.69	987.13
121		120-121	25.00	2875.00	985.60	987.00
122		121-122	25.00	2900.00	985.72	986.87
123		122-123	25.00	2925.00	985.66	986.74
124		123-124	25.00	2950.00	985.54	986.61
125		124-125	25.00	2975.00	985.34	986.48
126		125-126	25.00	3000.00	985.28	986.36
127		126-127	25.00	3025.00	985.36	986.23
128		127-128	25.00	3050.00	985.24	986.10
129		128-129	25.00	3075.00	985.12	985.97

P= -0.51%

**Annexe de profil en long**

130		129-130	10.45	3085.45	985.09		985.92
131		130-131	14.55	3100.00	985.06		985.84
132		131-132	25.00	3125.00	984.83		985.72
133		132-133	25.00	3150.00	984.60		985.59
134		133-134	25.00	3175.00	984.50		985.46
135		134-135	25.00	3200.00	984.48		985.33
136		135-136	25.00	3225.00	984.42		985.20
137		136-137	25.00	3250.00	984.37	P= -0.51%	985.08
138		137-138	25.00	3275.00	984.33		984.95
139		138-139	25.00	3300.00	984.26		984.82
140		139-140	25.00	3325.00	984.14		984.69
141		140-141	25.00	3350.00	984.03		984.56
142		141-142	25.00	3375.00	983.95		984.44
143		142-143	25.00	3400.00	983.68		984.31
144		143-144	25.00	3425.00	983.72		984.18
145		144-145	25.00	3450.00	983.62		984.05
146		145-146	25.00	3475.00	983.48		983.92
147		146-147	25.00	3500.00	983.34		983.80
148		147-148	25.00	3525.00	983.25		983.67
149		148-149	25.00	3550.00	983.13		983.54
150		149-150	25.00	3575.00	983.01		983.41
151		150-151	25.00	3600.00	982.75		983.29
152		151-152	25.00	3625.00	982.61		983.16
153		152-153	25.00	3650.00	982.54		983.03
154		153-154	25.00	3675.00	982.38		982.90
155		154-155	25.00	3700.00	982.26		982.77
156		155-156	25.00	3725.00	982.19		982.65
157		156-157	25.00	3750.00	982.02		982.52
158		157-158	25.00	3775.00	981.94		982.39
159		158-159	25.00	3800.00	981.95		982.26
160		159-160	25.00	3825.00	981.85		982.13
161		160-161	25.00	3850.00	981.86	P= -0.51%	982.01
162		161-162	25.00	3875.00	981.69		981.88
163		162-163	25.00	3900.00	981.48		981.75
164		163-164	25.00	3925.00	981.38		981.62
165		164-165	25.00	3950.00	981.45		981.50
166		165-166	25.00	3975.00	981.98		981.37
167		166-167	25.00	4000.00	981.96		981.24
168		167-168	25.00	4025.00	982.11		981.11
169		168-169	25.00	4050.00	982.03		980.98
170		169-170	25.00	4075.00	982.00		980.86
171		170-171	25.00	4100.00	981.71		980.73
172		171-172	25.00	4125.00	981.60		980.60
173		172-173	25.00	4150.00	981.33		980.47
174		175-174	25.00	4175.00	981.15		980.34

**Annexe de profil en long**

175	DRC3	174-175	21.08	4196.08	981.04	980.24
176		175-176	3.92	4200.00	980.99	980.22
177		176-177	25.00	4225.00	981.13	980.09
178		177-178	25.00	4250.00	981.01	979.96
179		178-179	25.00	4275.00	980.48	979.83
180		179-180	25.00	4300.00	980.08	979.70
181		180-181	25.00	4325.00	979.75	979.58
182		181-182	25.00	4350.00	979.48	979.45
183	DRP2	182-183	16.33	4366.33	979.34	979.37
184		183-184	8.67	4375.00	979.27	979.32
185		184-185	25.00	4400.00	979.08	979.19
186		185-186	25.00	4425.00	979.01	979.07
187		186-187	25.00	4450.00	978.78	978.94
188		187-188	25.00	4475.00	978.94	978.81
189		188-189	25.00	4500.00	978.64	978.68
190		189-190	25.00	4525.00	978.47	978.55
191		190-191	25.00	4550.00	978.47	978.43
192		191-192	25.00	4575.00	978.38	978.30
193		192-193	25.00	4600.00	978.41	978.17
194		193-194	25.00	4625.00	978.50	978.04
195		194-195	25.00	4650.00	978.60	977.91
196		195-126	25.00	4675.00	978.49	977.79
197		196-197	25.00	4700.00	978.23	977.66
198		197-198	25.00	4725.00	978.12	977.53
199		198-199	25.00	4750.00	977.97	977.40
200		199-200	10.45	4775.00	978.07	977.28
201		200-201	14.55	4800.00	978.26	977.15
202		201-202	25.00	4825.00	978.47	977.02
203		202-203	25.00	4850.00	978.13	976.89
204		203-204	25.00	4875.00	977.46	976.76
205		204-205	25.00	4900.00	977.04	976.64
206		205-206	25.00	4925.00	976.76	976.51
207		206-207	25.00	4950.00	976.24	976.38
208		207-208	25.00	4975.00	976.57	976.25
209		208-209	25.00	5000.00	975.27	976.12
210		209-210	25.00	5025.00	974.89	976.00
211		210-211	25.00	5050.00	974.35	975.87
212		211-212	25.00	5075.00	973.94	975.74
213		212-213	25.00	5100.00	973.57	975.61
214		213-214	25.00	5125.00	974.47	975.48
215		214-215	25.00	5150.00	974.53	975.36
216		215-216	11.78	5175.00	975.11	975.23
217		216-217	13.22	5200.00	975.18	975.10
218		217-218	25.00	5225.00	974.82	974.97
219		218-219	25.00	5250.00	974.43	974.85

P= -0.51%

**Annexe de profil en long**

220		219-220	25.00	5275.00	973.20		974.72
221		220-221	25.00	5300.00	974.08		974.59
222		221-222	25.00	5325.00	974.48		974.46
223		222-223	25.00	5350.00	973.02		974.33
224		223-224	25.00	5375.00	973.96		974.21
225		224-225	25.00	5400.00	973.07	P= -0.51%	974.08
226		225-226	25.00	5425.00	972.60		973.95
227		226-227	25.00	5450.00	973.29		973.82
228		227-228	25.00	5475.00	973.23		973.70
229	FRP2	228-229	4.96	5479.96	973.55		973.67
230		229-230	20.05	5500.00	973.08		973.59
231		230-231	25.00	5525.00	973.52		973.49
232		231-232	25.00	5550.00	971.48	R=40000m	973.41
233		232-233	25.00	5575.00	971.39		973.34
234		233-234	25.00	5600.00	971.25		973.29
235		234-235	25.00	5625.00	971.90		973.26
236		235-236	25.00	5650.00	970.98		973.24
237	FRC4	236-237	0.20	5650.02	970.98		973.24
238		237-238	24.80	5675.00	970.75		973.24
239		238-239	25.00	5700.00	970.68		973.25
240		239-240	25.00	5725.00	970.90		973.28
241		240-241	25.00	5750.00	971.87	T=1055.71m	973.33
242		241-242	25.00	5775.00	971.42		973.39
243		242-243	25.00	5800.00	970.66		973.46
244		243-244	25.00	5825.00	971.39		973.55
245		244-245	25.00	5850.00	971.33		973.66
246		245-246	25.00	5875.00	971.32		973.78
247		246-247	25.00	5900.00	971.52	R=40000m	973.92
248		247-248	25.00	5925.00	972.51		974.08
249		248-249	25.00	5950.00	972.51		974.25
250		249-250	25.00	5975.00	972.10		974.43
251		250-251	25.00	6000.00	971.96		974.43
252		251-252	11.78	6025.00	972.53		974.85
253		252-253	13.22	6050.00	972.97		975.08
254		253-254	25.00	6075.00	973.20		975.33
255		254-255	25.00	6100.00	973.42		975.59
256		255-256	25.00	6125.00	973.65	T=1055.71m	975.87
257		256-257	25.00	6150.00	974.01		976.16
258		257-258	25.00	6175.00	974.26		976.47
259		258-259	25.00	6200.00	973.77		976.80
260		259-260	25.00	6225.00	973.90		977.14
261		260-261	25.00	6250.00	975.18		977.50
262		261-262	25.00	6275.00	975.60		977.87
263		262-263	25.00	6300.00	975.97		978.26

**Annexe de profil en long**

264		263-264	25.00	6325.00	976.11	P= 2.13%	978.66
265		264-265	25.00	6350.00	977.52		979.08
266		265-266	25.00	6375.00	978.49		979.52
267		266-267	25.00	6400.00	979.36		979.97
268		267-268	25.00	6425.00	980.09		980.44
269		268-269	25.00	6450.00	981.25		980.92
270		269-270	25.00	6475.00	982.14		981.42
271		270-271	10.45	6500.00	982.58		981.93
272		271-272	14.55	6525.00	983.36		982.46
273		272-273	25.00	6550.00	983.95		982.99
274		273-274	25.00	6575.00	984.35		983.52
275		274-275	25.00	6600.00	984.56		984.05
276		275-276	25.00	6625.00	985.33		984.58
277		276-277	25.00	6650.00	985.81		985.12
278		277-278	25.00	6675.00	987.02		985.65
279		278-279	25.00	6700.00	986.65		986.18
280		279-280	25.00	6725.00	987.05		986.71
281		280-281	25.00	6750.00	987.35		987.24
282		281-282	25.00	6775.00	987.46		987.78
283		282-283	25.00	6800.00	988.01		988.31
284	FP	283-284	25.00	6825.00	988.78	P= 2.13%	988.78

**ANNEXE**

**DE PROFIL EN  
TRAVERS**

**Carnet du profil En Travers :**

N° Des P.E.T	Marque des points	Distance cumulée (m)	Cote terrain Nat. (m)	Cote Projet (m)	Demi-P.E.T A gauche de l'axe		Demi-P.E.T A droite de l'axe	
					COTE PROJET DE POINT EXTREME (m)	PENTE DE DEVERS GAUCHE (%)	COTE PROJET DE POINT EXTREME (m)	PENTE DE DEVERS DROITE (%)
01	DP	00.00	1003.66	1003.58	1003.1942	-2.500	1003.1942	-2.500
02		25.00	1002.94	1003.40	1003.0199	-2.500	1003.0651	-2.500
03		50.00	1002.63	1003.23	1002.8449	-2.500	1002.8449	-2.500
04		75.00	1002.72	1003.05	1002.6699	-2.500	1002.6692	-2.500
05		100.00	1002.15	1002.88	1002.4949	-2.500	1002.4949	-2.500
06		125.00	1001.77	1002.70	1002.3199	-2.500	1002.3199	-2.500
07		150.00	1001.39	1002.53	1002.1449	-2.500	1002.1449	-2.500
08		175.00	1001.04	1002.35	1001.9700	-2.500	1001.9700	-2.500
09		200.00	1000.55	1002.18	1001.7950	-2.500	1001.7950	-2.500
10		225.00	1000.24	1002.00	1001.6200	-2.500	1001.6200	-2.500
11		250.00	1000.16	1001.83	1001.4450	-2.500	1001.4450	-2.500
12		275.00	1000.32	1001.65	1001.2700	-2.500	1001.2700	-2.500
13		300.00	1000.01	1001.48	1001.0950	-2.500	1001.0950	-2.500
14		325.00	999.55	1001.30	1000.9200	-2.500	1000.9200	-2.500
15		350.00	999.26	1001.13	1000.7450	-2.500	1000.7450	-2.500
16		375.00	999.13	1000.95	1000.5700	-2.500	1000.5700	-2.500
17		400.00	998.90	1000.78	1000.3950	-2.500	1000.3950	-2.500
18		425.00	998.54	1000.60	1000.2200	-2.500	1000.2200	-2.500
19		450.00	998.26	1000.43	1000.0450	-2.500	1000.0450	-2.500
20		475.00	998.06	1000.25	999.8700	-2.500	999.8700	-2.500
21		500.00	998.40	1000.08	999.6950	-2.500	999.6950	-2.500
22		525.00	998.73	999.90	999.5200	-2.500	999.5200	-2.500
23		550.00	998.40	999.73	999.3450	-2.500	999.3450	-2.500
24		575.00	998.22	999.55	999.1701	-2.500	999.1701	-2.500
25		600.00	998.02	999.38	998.9951	-2.500	998.9951	-2.500
26		625.00	997.92	999.20	998.8201	-2.500	998.8201	-2.500
27		650.00	997.91	999.03	998.6451	-2.500	998.6451	-2.500
28		675.00	997.86	998.85	998.4701	-2.500	998.4701	-2.500
29	DRC1	651.16	997.84	998.81	998.4255	-2.520	998.4418	-2.306
30		700.00	997.79	998.68	998.2889	-2.581	998.3551	-1.711
31		725.00	997.74	998.50	998.1078	-2.662	998.2401	-0.921
32		750.00	997.54	998.33	997.9267	-2.742	998.1251	-0.132
33		775.00	997.31	998.15	997.7456	-2.823	998.0101	+0.657
34		800.00	997.07	997.98	997.5644	-2.904	997.8951	+1.447
35		825.00	996.90	997.80	997.3833	-2.985	997.7801	+2.236
36		850.00	996.83	997.63	997.2022	-3.065	997.6651	+3.025
37	DRP1	851.41	996.82	997.62	997.1919	-3.070	997.6586	+3.070

## Annexe de profil en travers

38		875.00	996.67	997.45	997.0268	-3.070	997.4935	+3.070
39		900.00	996.63	997.28	996.8518	-3.070	997.3185	+3.070
40		925.00	996.59	997.10	996.6768	-3.070	997.1435	+3.070
41		950.00	996.39	996.93	996.5042	-3.070	996.9708	+3.070
42		975.00	996.31	996.77	996.3423	-3.070	996.8097	+3.070
43		1000.00	996.27	996.62	996.1944	-3.070	996.6611	+3.070
44		1025.00	996.12	996.48	996.0583	-3.070	996.5250	+3.070
45		1050.00	996.24	996.35	995.9300	-3.070	996.3960	+3.070
46		1075.00	996.39	996.23	995.8011	-3.070	996.2678	+3.070
47		1100.00	996.31	996.10	995.6730	-3.070	996.1396	+3.070
48		1125.00	995.95	995.97	995.5448	-3.070	996.0114	+3.070
49		1150.00	995.66	995.84	995.4166	-3.070	995.8839	+3.070
50		1175.00	995.48	995.71	995.2884	-3.070	995.7558	+3.070
51		1200.00	995.44	995.59	995.1602	-3.070	995.6276	+3.070
52		1225.00	995.41	995.46	995.0321	-3.070	995.4994	+3.070
53		1250.00	995.34	995.33	994.9039	-3.070	995.3712	+3.070
54		1275.00	995.37	995.20	994.7757	-3.070	995.2423	+3.070
55		1300.00	995.18	995.08	994.6475	-3.070	995.1149	+3.070
56		1325.00	995.22	994.94	994.5194	-3.070	994.9867	+3.070
57		1350.00	995.02	994.82	994.3912	-3.070	994.8585	+3.070
58		1375.00	994.65	994.69	994.2630	-3.070	994.7303	+3.070
59		1400.00	994.56	994.56	994.1348	-3.070	994.6022	+3.070
60		1425.00	994.67	994.43	994.0066	-3.070	994.4733	+3.070
61		1450.00	995.17	994.30	993.8785	-3.070	994.3451	+3.070
62		1475.00	995.70	994.18	993.7503	-3.070	994.2169	+3.070
63		1500.00	994.63	994.05	993.6221	-3.070	994.0887	+3.070
64		1525.00	993.92	993.92	993.4939	-3.070	993.9613	+3.070
65		1550.00	993.67	993.79	993.3657	-3.070	993.8331	+3.070
66		1575.00	993.64	993.66	993.2376	-3.070	993.7049	+3.070
67		1600.00	993.57	993.53	993.1094	-3.070	993.5760	+3.070
68		1625.00	993.73	993.41	992.9812	-3.070	993.4478	+3.070
69		1650.00	993.36	993.28	992.8530	-3.070	993.3197	+3.070
70		1675.00	993.05	993.15	992.7248	-3.070	993.1922	+3.070
71		1700.00	992.89	993.02	992.5967	-3.070	993.0640	+3.070
72		1725.00	992.84	992.89	992.4685	-3.070	992.9358	+3.070
73	FRP1	1731.25	992.83	992.86	992.4380	-3.050	992.8888	+2.873
74		1750.00	992.75	992.77	992.3464	-2.989	992.7470	+2.281
75		1775.00	992.67	992.64	992.2244	-2.909	992.5588	+1.492
76		1800.00	992.68	992.51	992.1024	-2.828	992.3707	+0.703
77		1825.00	992.67	992.38	991.9803	-2.747	992.1826	-0.086
78		1850.00	992.60	992.25	991.8583	-2.666	991.9944	-0.875
79		1875.00	992.51	992.12	991.7362	-2.586	991.8063	-1.664
80		1900.00	992.39	992.00	991.6142	-2.505	991.6182	-2.452
81	FRC2	1901.55	992.38	991.99	992.3629	-2.500	991.6068	-2.500
82		1925.00	992.23	991.87	991.4864	-2.500	991.4864	-2.500
83		1950.00	992.19	991.74	991.3582	-2.500	991.3582	-2.500

## Annexe de profil en travers

84		1975.00	992.08	991.61	991.2300	-2.500	991.2300	-2.500
85		2000.00	992.00	991.48	991.1018	-2.500	991.1018	-2.500
86		2025.00	991.75	991.36	990.9737	-2.500	990.9737	-2.500
87		2050.00	991.52	991.23	990.8455	-2.500	990.8455	-2.500
88		2075.00	991.35	991.10	990.7173	-2.500	990.7173	-2.500
89		2100.00	991.24	990.97	990.5891	-2.500	990.5891	-2.500
90		2125.00	991.01	990.84	990.4609	-2.500	990.4609	-2.500
91		2150.00	990.77	990.71	990.3328	-2.500	990.3328	-2.500
92		2175.00	990.60	990.56	990.2046	-2.500	990.2046	-2.500
93		2200.00	990.52	990.46	990.0764	-2.500	990.0764	-2.500
94		2225.00	990.42	990.33	989.9482	-2.500	989.9482	-2.500
95		2250.00	990.24	990.20	989.8200	-2.500	989.8200	-2.500
96		2275.00	989.90	990.07	989.6919	-2.500	989.6919	-2.500
97		2300.00	989.67	989.95	989.5637	-2.500	989.5637	-2.500
98		2325.00	989.51	989.82	989.4362	-2.500	989.4355	-2.500
99		2350.00	989.39	989.69	989.3080	-2.500	989.3073	-2.500
100		2375.00	989.09	989.56	989.1798	-2.500	989.1791	-2.500
101		2400.00	989.01	989.43	989.0517	-2.500	989.0510	-2.500
102		2425.00	988.83	989.30	988.9235	-2.500	988.9235	-2.500
103		2450.00	988.78	989.18	988.7953	-2.500	988.7953	-2.500
104		2475.00	988.60	989.05	988.6671	-2.500	988.6671	-2.500
105		2500.00	988.59	988.92	988.5382	-2.500	988.5382	-2.500
106		2525.00	988.42	988.89	988.4101	-2.500	988.4108	-2.500
107		2550.00	988.19	988.66	988.2826	-2.500	988.2819	-2.500
108		2575.00	987.68	988.54	988.1544	-2.500	988.1544	-2.500
109		2600.00	987.42	988.41	988.0262	-2.500	988.0262	-2.500
110		2625.00	987.12	988.28	987.8980	-2.500	987.8980	-2.500
111		2636.00	987.03	988.22	987.8376	-2.500	987.8376	-2.500
112		2650.00	986.92	988.18	987.7699	-2.500	987.7699	-2.500
113		2675.00	986.75	988.02	987.6417	-2.500	987.6417	-2.500
114		2700.00	986.63	987.89	987.5135	-2.500	987.5135	-2.500
115		2725.00	986.62	987.77	987.3853	-2.500	987.3853	-2.500
116		2750.00	986.56	987.64	987.2572	-2.500	987.2572	-2.500
117		2775.00	986.24	987.51	987.1290	-2.500	987.1290	-2.500
118		2800.00	985.91	987.38	987.0008	-2.500	987.0008	-2.500
119		2825.00	985.79	987.25	986.8726	-2.500	986.8726	-2.500
120		2850.00	985.69	987.13	986.7444	-2.500	986.7444	-2.500
121		2875.00	985.60	987.00	986.6163	-2.500	986.6163	-2.500
122		2900.00	985.72	986.87	986.4881	-2.500	986.4881	-2.500
123		2925.00	985.66	986.74	986.3599	-2.500	986.3599	-2.500
124		2950.00	985.54	986.61	986.2317	-2.500	986.2317	-2.500
125		2975.00	985.34	986.48	986.1035	-2.500	986.1035	-2.500
126		3000.00	985.28	986.36	985.9754	-2.500	985.9754	-2.500
127		3025.00	985.36	986.23	985.8472	-2.500	985.8472	-2.500
128		3050.00	985.24	986.10	985.7190	-2.500	985.7190	-2.500
129		3075.00	985.12	985.97	985.5908	-2.500	985.5908	-2.500
130		3085.45	985.09	985.92	985.5372	-2.500	985.5372	-2.500
131		3100.00	985.06	985.84	985.4626	-2.500	985.4626	-2.500

## Annexe de profil en travers

132		3125.00	984.83	985.72	985.3345	-2.500	985.3345	-2.500
133		3150.00	984.60	985.59	985.2063	-2.500	985.2063	-2.500
134		3175.00	984.50	985.46	985.0784	-2.500	985.0784	-2.500
135		3200.00	984.48	985.33	984.9505	-2.500	984.9505	-2.500
136		3225.00	984.42	985.20	984.8227	-2.500	984.8227	-2.500
137		3250.00	984.37	985.08	984.6948	-2.500	984.6948	-2.500
138		3275.00	984.33	984.95	984.5669	-2.500	984.5669	-2.500
139		3300.00	984.26	984.82	984.4390	-2.500	984.4390	-2.500
140		3325.00	984.14	984.69	984.3112	-2.500	984.3112	-2.500
141		3350.00	984.03	984.56	984.1833	-2.500	984.1833	-2.500
142		3375.00	983.95	984.44	984.0554	-2.500	984.0554	-2.500
143		3400.00	983.68	984.31	983.9275	-2.500	983.9268	-2.500
144		3425.00	983.72	984.18	983.7997	-2.500	983.7997	-2.500
145		3450.00	983.62	984.05	983.6718	-2.500	983.6711	-2.500
146		3475.00	983.48	983.92	983.5439	-2.500	983.5432	-2.500
147		3500.00	983.34	983.80	983.4160	-2.500	983.4160	-2.500
148		3525.00	983.25	983.67	983.2882	-2.500	983.2875	-2.500
149		3550.00	983.13	983.54	983.1603	-2.500	983.1603	-2.500
150		3575.00	983.01	983.41	983.0324	-2.500	983.0324	-2.500
151		3600.00	982.75	983.29	982.9045	-2.500	982.9045	-2.500
152		3625.00	982.61	983.16	982.7767	-2.500	982.7767	-2.500
153		3650.00	982.54	983.03	982.6488	-2.500	982.6488	-2.500
154		3675.00	982.38	982.90	982.5209	-2.500	982.5209	-2.500
155		3700.00	982.26	982.77	982.3930	-2.500	982.3930	-2.500
156		3725.00	982.19	982.65	982.2652	-2.500	982.2652	-2.500
157		3750.00	982.02	982.52	982.1373	-2.500	982.1373	-2.500
158		3775.00	981.94	982.39	982.0094	-2.500	982.0094	-2.500
159		3800.00	981.95	982.26	981.8808	-2.500	981.8808	-2.500
160		3825.00	981.85	982.13	981.7530	-2.500	981.7530	-2.500
161		3850.00	981.86	982.01	981.6251	-2.500	981.6251	-2.500
162		3875.00	981.69	981.88	981.4972	-2.500	981.4972	-2.500
163		3900.00	981.48	981.75	981.3693	-2.500	981.3693	-2.500
164		3925.00	981.38	981.62	981.2415	-2.500	981.2415	-2.500
165		3950.00	981.45	981.50	981.1136	-2.500	981.1136	-2.500
166		3975.00	981.98	981.37	980.9857	-2.500	980.9857	-2.500
167		4000.00	981.96	981.24	980.8578	-2.500	980.8578	-2.500
168		4025.00	982.11	981.11	980.7300	-2.500	980.7300	-2.500
169		4050.00	982.03	980.98	980.6021	-2.500	980.6021	-2.500
170		4075.00	982.00	980.86	980.4742	-2.500	980.4742	-2.500
171		4100.00	981.71	980.73	980.3463	-2.500	980.3463	-2.500
172		4125.00	981.60	980.60	980.2185	-2.500	980.2185	-2.500
173		4150.00	981.33	980.47	980.0906	-2.500	980.0906	-2.500
174		4175.00	981.15	980.34	979.9627	-2.500	979.9627	-2.500
175	DRC3	4196.08	981.04	980.24	979.8501	-2.563	979.9015	-1.886
176		4200.00	980.99	980.22	979.8292	-2.574	979.8902	-1.772
177		4225.00	981.13	980.09	979.6957	-2.649	979.8176	-1.044
178		4250.00	981.01	979.96	979.5621	-2.723	979.7450	-0.317
179		4275.00	980.48	979.83	979.4286	-2.798	979.6725	+0.411

## Annexe de profil en travers

180		4300.00	980.08	979.70	979.2950	-2.872	979.5999	+1.139
181		4325.00	979.75	979.58	979.1615	-2.947	979.5273	+1.867
182		4350.00	979.48	979.45	979.0280	-3.021	979.4548	+2.595
183	DRP2	4366.33	979.34	979.37	978.9407	-3.070	979.4081	+3.070
184		4375.00	979.27	979.32	978.8964	-3.070	979.3637	+3.070
185		4400.00	979.08	979.19	978.7685	-3.070	979.2359	+3.070
186		4425.00	979.01	979.07	978.6407	-3.070	979.1080	+3.070
187		4450.00	978.78	978.94	978.5128	-3.070	978.9801	+3.070
188		4475.00	978.94	978.81	978.3849	-3.070	978.8522	+3.070
189		4500.00	978.64	978.68	978.2570	-3.070	978.7244	+3.070
190		4525.00	978.47	978.55	978.1292	-3.070	978.5965	+3.070
191		4550.00	978.47	978.43	978.0013	-3.070	978.4679	+3.070
192		4575.00	978.38	978.30	977.8734	-3.070	978.3400	+3.070
193		4600.00	978.41	978.17	977.7455	-3.070	978.2122	+3.070
194		4625.00	978.50	978.04	977.6177	-3.070	978.0843	+3.070
195		4650.00	978.60	977.91	977.4898	-3.070	977.9564	+3.070
196		4675.00	978.49	977.79	977.3619	-3.070	977.8285	+3.070
197		4700.00	978.23	977.66	977.2340	-3.070	977.7007	+3.070
198		4725.00	978.12	977.53	977.1062	-3.070	977.5728	+3.070
199		4750.00	977.97	977.40	976.9783	-3.070	977.4449	+3.070
200		4775.00	978.07	977.28	976.8504	-3.070	977.3170	+3.070
201		4800.00	978.26	977.15	976.7225	-3.070	977.1892	+3.070
202		4825.00	978.47	977.02	976.5947	-3.070	977.0613	+3.070
203		4850.00	978.13	976.89	976.4668	-3.070	976.9334	+3.070
204		4875.00	977.46	976.76	976.3389	-3.070	976.8055	+3.070
205		4900.00	977.04	976.64	976.2110	-3.070	976.6777	+3.070
206		4925.00	976.76	976.51	976.0832	-3.070	976.5498	+3.070
207		4950.00	976.24	976.38	975.9560	-3.070	976.4219	+3.070
208		4975.00	976.57	976.25	975.8281	-3.070	976.2940	+3.070
209		5000.00	975.27	976.12	975.7002	-3.070	976.1669	+3.070
210		5025.00	974.89	976.00	975.5724	-3.070	976.0390	+3.070
211		5050.00	974.35	975.87	975.4445	-3.070	975.9111	+3.070
212		5075.00	973.94	975.74	975.3166	-3.070	975.7832	+3.070
213		5100.00	973.57	975.61	975.1887	-3.070	975.6554	+3.070
214		5125.00	974.47	975.48	975.0609	-3.070	975.5275	+3.070
215		5150.00	974.53	975.36	974.9323	-3.070	975.3996	+3.070
216		5175.00	975.11	975.23	974.8044	-3.070	975.2710	+3.070
217		5200.00	975.18	975.10	974.6765	-3.070	975.1432	+3.070
218		5225.00	974.82	974.97	974.5494	-3.070	975.0160	+3.070
219		5250.00	974.43	974.85	974.4215	-3.070	974.8881	+3.070
220		5275.00	973.20	974.72	974.2936	-3.070	974.7603	+3.070
221		5300.00	974.08	974.59	974.1650	-3.070	974.6324	+3.070
222		5325.00	974.48	974.46	974.0372	-3.070	974.5045	+3.070
223		5350.00	973.02	974.33	973.9100	-3.070	974.3766	+3.070
224		5375.00	973.96	974.21	973.7821	-3.070	974.2488	+3.070
225		5400.00	973.07	974.08	973.6542	-3.070	974.1209	+3.070
226		5425.00	972.60	973.95	973.5264	-3.070	973.9930	+3.070
227		5450.00	973.29	973.82	973.3978	-3.070	973.8651	+3.070

**Annexe de profil en travers**

228		5475.00	973.23	973.70	973.2728	-3.070	973.7395	+3.070
229	FRP2	5479.96	973.55	973.67	973.2507	-3.054	973.7042	+2.913
230		5500.00	973.08	973.59	973.1666	-2.989	973.5673	+2.275
231		5525.00	973.52	973.49	973.0774	-2.907	973.4108	+1.480
232		5550.00	971.48	973.41	973.0031	-2.826	973.2699	+0.686
233		5575.00	971.39	973.34	972.9444	-2.745	973.1447	-0.109
234		5600.00	971.25	973.29	972.9013	-2.663	973.0350	-0.904
235		5625.00	971.90	973.26	972.8739	-2.582	972.9410	-1.699
236		5650.00	970.98	973.24	972.8621	-2.501	972.8626	-2.494
237	FRC4	5650.02	970.98	973.24	972.8621	-2.500	972.8621	-2.500
238		5675.00	970.75	973.24	972.8598	-2.500	972.8598	-2.500
239		5700.00	970.68	973.25	972.8731	-2.500	972.8731	-2.500
240		5725.00	970.90	973.28	972.9020	-2.500	972.9020	-2.500
241		5750.00	971.87	973.33	972.9465	-2.500	972.9465	-2.500
242		5775.00	971.42	973.39	973.0066	-2.500	973.0066	-2.500
243		5800.00	970.66	973.46	973.0824	-2.500	973.0824	-2.500
244		5825.00	971.39	973.55	973.1738	-2.500	973.1738	-2.500
245		5850.00	971.33	973.66	973.2808	-2.500	973.2808	-2.500
246		5875.00	971.32	973.78	973.4034	-2.500	973.4034	-2.500
247		5900.00	971.52	973.92	973.5417	-2.500	973.5417	-2.500
248		5925.00	972.51	974.08	973.6956	-2.500	973.6956	-2.500
249		5950.00	972.51	974.25	973.8651	-2.500	973.8651	-2.500
250		5975.00	972.10	974.43	974.0502	-2.500	974.0502	-2.500
251		6000.00	971.96	974.43	974.2510	-2.500	974.2510	-2.500
252		6025.00	972.53	974.85	974.4674	-2.500	974.4674	-2.500
253		6050.00	972.97	975.08	974.6994	-2.500	974.6994	-2.500
254		6075.00	973.20	975.33	974.9471	-2.500	974.9471	-2.500
255		6100.00	973.42	975.59	975.2103	-2.500	975.2103	-2.500
256		6125.00	973.65	975.87	975.4892	-2.500	975.4892	-2.500
257		6150.00	974.01	976.16	975.7837	-2.500	975.7837	-2.500
258		6175.00	974.26	976.47	976.0939	-2.500	976.0939	-2.500
259		6200.00	973.77	976.80	976.4197	-2.500	976.4197	-2.500
260		6225.00	973.90	977.14	976.7610	-2.500	976.7610	-2.500
261		6250.00	975.18	977.50	977.1181	-2.500	977.1181	-2.500
262		6275.00	975.60	977.87	977.4907	-2.500	977.4907	-2.500
263		6300.00	975.97	978.26	977.8790	-2.500	977.8790	-2.500
264		6325.00	976.11	978.66	978.2829	-2.500	978.2829	-2.500
265		6350.00	977.52	979.08	978.7024	-2.500	978.7024	-2.500
266		6375.00	978.49	979.52	979.1375	-2.500	979.1375	-2.500
267		6400.00	979.36	979.97	979.5876	-2.500	979.5883	-2.500
268		6425.00	980.09	980.44	980.0540	-2.500	980.0540	-2.500
269		6450.00	981.25	980.92	980.5360	-2.500	980.5360	-2.500
270		6475.00	982.14	981.42	981.0336	-2.500	981.0336	-2.500
271		6500.00	982.58	981.93	981.5469	-2.500	981.5469	-2.500
272		6525.00	983.36	982.46	982.0751	-2.500	982.0751	-2.500

## Annexe de profil en travers

---

273		6550.00	983.95	982.99	982.6070	-2.500	982.6070	-2.500
274		6575.00	984.35	983.52	983.1390	-2.500	983.1390	-2.500
275		6600.00	984.56	984.05	983.6709	-2.500	983.6709	-2.500
276		6625.00	985.33	984.58	984.2029	-2.500	984.2029	-2.500
277		6650.00	985.81	985.12	984.7348	-2.500	984.7348	-2.500
278		6675.00	987.02	985.65	985.2668	-2.500	985.2668	-2.500
279		6700.00	986.65	986.18	985.7987	-2.500	985.7987	-2.500
280		6725.00	987.05	986.71	986.3306	-2.500	986.3313	-2.500
281		6750.00	987.35	987.24	986.8626	-2.500	986.8633	-2.500
282		6775.00	987.46	987.78	987.3945	-2.500	987.3952	-2.500
283		6800.00	988.01	988.31	987.9265	-2.500	987.9272	-2.500
284	FP	6825.00	988.78	988.78	988.4027	-2.500	988.4034	-2.500

**ANNEXE**

**DES CUBATURES**

---



---

**RECAPITULATIF DU CALCUL DES CUBATURES DE DEBLAI, DE REMBLAI ET DE DECAPAGE**


---



---

==

**Surface totale de décapage = 178746.309 m<sup>2</sup>**

**Volume total de décapage = 35749.262 m<sup>3</sup>**

---



---

 ==

**TABLEAU RECAPITULATIF DES CUBATURES DE DEBLAI ET REMBLAI PAR PROFIL**


---



---

==

---

N°	Abscisse.	Longu.	D E B L A I S			R E M B L A I S		
			Surf.	Volume	V.cumul.	Surf.	Volume	V.cumul.
P.T.	Profil	appli.						
1	0.000	12.500	10.643	133.040	133.040	0.000	0.000	0.000
2	25.000	25.000	1.238	30.944	163.984	3.123	78.066	78.066
3	50.000	25.000	0.000	0.000	163.984	6.474	161.857	239.923
4	75.000	25.000	0.411	10.268	174.252	1.902	47.562	287.485
5	100.000	25.000	0.000	0.000	174.252	22.102	552.546	840.031
6	125.000	25.000	0.000	0.000	174.252	14.929	373.214	1213.245

---

Annexe des cubatures

7	150.000	25.000	0.000	0.000	174.252	20.642	516.057	1729.301
8	175.000	25.000	0.000	0.000	174.252	25.149	628.731	2358.033
9	200.000	25.000	0.000	0.000	174.252	32.376	809.397	3167.429
10	225.000	25.000	0.000	0.000	174.252	37.760	944.009	4111.438
11	250.000	25.000	0.000	0.000	174.252	33.937	848.434	4959.872
12	275.000	25.000	0.000	0.000	174.252	25.664	641.612	5601.484
13	300.000	25.000	0.000	0.000	174.252	30.273	756.827	6358.312
14	325.000	25.000	0.000	0.000	174.252	37.584	939.609	7297.920
15	350.000	25.000	0.000	0.000	174.252	40.302	1007.539	8305.460
16	375.000	25.000	0.000	0.000	174.252	39.664	991.591	9297.050
17	400.000	25.000	0.000	0.000	174.252	40.909	1022.717	10319.767
18	425.000	25.000	0.000	0.000	174.252	45.273	1131.821	11451.588
19	450.000	25.000	0.000	0.000	174.252	49.361	1234.030	12685.618
20	475.000	25.000	0.000	0.000	174.252	49.147	1228.667	13914.284
21	500.000	25.000	0.000	0.000	174.252	37.312	932.788	14847.073
22	525.000	25.000	0.000	0.000	174.252	24.260	606.490	15453.563
23	550.000	25.000	0.000	0.000	174.252	25.966	649.146	16102.709
24	575.000	25.000	0.000	0.000	174.252	25.322	633.038	16735.748
25	600.000	25.000	0.000	0.000	174.252	26.204	655.093	17390.840
26	625.000	25.000	0.000	0.000	174.252	23.952	598.798	17989.639
27	650.000	25.000	0.000	0.000	174.252	19.752	493.811	18483.449
28	675.000	15.579	0.000	0.000	174.252	16.496	256.988	18740.437
29	681.158	12.500	0.000	0.000	174.252	15.887	198.591	18939.029
30	700.000	21.921	0.000	0.000	174.252	14.090	308.873	19247.902
31	725.000	25.000	0.000	0.000	174.252	11.542	288.556	19536.457
32	750.000	25.000	0.000	0.000	174.252	12.414	310.348	19846.805
33	775.000	25.000	0.000	0.000	174.252	14.487	362.170	20208.975
34	800.000	25.000	0.000	0.000	174.252	16.250	406.260	20615.235

Annexe des cubatures

35	825.000	25.000	0.000	0.000	174.252	16.380	409.492	21024.727
36	850.000	13.206	0.000	0.000	174.252	14.111	186.342	21211.069
37	851.412	12.500	0.000	0.000	174.252	14.062	175.777	21386.846
38	875.000	24.294	0.000	0.000	174.252	13.584	330.012	21716.858
39	900.000	25.000	0.000	0.000	174.252	10.440	261.005	21977.864
40	925.000	25.000	0.000	0.000	174.252	6.085	152.131	22129.994
41	950.000	25.000	0.000	0.000	174.252	6.941	173.537	22303.532
42	975.000	25.000	0.550	13.738	187.990	3.867	96.678	22400.210
43	1000.000	25.000	0.389	9.724	197.714	4.050	101.248	22501.458
44	1025.000	25.000	0.091	2.277	199.991	4.115	102.885	22604.343
45	1050.000	25.000	3.740	93.509	293.500	0.655	16.367	22620.710
46	1075.000	25.000	10.578	264.448	557.948	0.000	0.000	22620.710
47	1100.000	25.000	11.522	288.038	845.986	0.000	0.000	22620.710
48	1125.000	25.000	6.307	157.684	1003.670	0.425	10.636	22631.346
49	1150.000	25.000	2.974	74.346	1078.015	0.647	16.163	22647.509
50	1175.000	25.000	1.659	41.479	1119.494	1.172	29.295	22676.804
51	1200.000	25.000	3.326	83.141	1202.635	0.810	20.254	22697.058
52	1225.000	25.000	5.664	141.606	1344.241	0.606	15.145	22712.203
53	1250.000	25.000	7.291	182.282	1526.523	0.538	13.453	22725.656
54	1275.000	25.000	10.460	261.509	1788.032	0.013	0.333	22725.989
55	1300.000	25.000	9.358	233.952	2021.984	0.476	11.893	22737.881
56	1325.000	25.000	13.503	337.585	2359.568	0.462	11.558	22749.440
57	1350.000	25.000	12.793	319.827	2679.395	0.541	13.524	22762.964
58	1375.000	25.000	6.767	169.186	2848.582	0.685	17.113	22780.076
59	1400.000	25.000	7.250	181.254	3029.835	0.496	12.396	22792.473
60	1425.000	25.000	12.885	322.131	3351.966	0.000	0.000	22792.473
61	1450.000	25.000	28.774	719.344	4071.310	0.000	0.000	22792.473
62	1475.000	25.000	41.935	1048.364	5119.674	0.000	0.000	22792.473

Annexe des cubatures

63	1500.000	25.000	20.481	512.018	5631.693	0.000	0.000	22792.473
64	1525.000	25.000	6.842	171.041	5802.734	0.633	15.817	22808.289
65	1550.000	25.000	4.182	104.545	5907.279	0.736	18.402	22826.691
66	1575.000	25.000	6.001	150.019	6057.297	0.664	16.589	22843.280
67	1600.000	25.000	8.467	211.680	6268.977	0.353	8.818	22852.098
68	1625.000	25.000	13.916	347.896	6616.873	0.000	0.000	22852.098
69	1650.000	25.000	8.720	217.990	6834.863	0.049	1.233	22853.331
70	1675.000	25.000	4.477	111.929	6946.793	0.591	14.776	22868.107
71	1700.000	25.000	4.144	103.611	7050.404	0.736	18.406	22886.514
72	1725.000	15.627	5.534	86.484	7136.889	0.720	11.254	22897.767
73	1731.254	12.500	5.937	74.216	7211.105	0.623	7.784	22905.551
74	1750.000	21.873	6.881	150.518	7361.623	0.384	8.396	22913.948
75	1775.000	25.000	8.139	203.479	7565.101	0.150	3.744	22917.692
76	1800.000	25.000	11.754	293.861	7858.962	0.000	0.000	22917.692
77	1825.000	25.000	14.920	372.988	8231.950	0.000	0.000	22917.692
78	1850.000	25.000	16.857	421.426	8653.377	0.000	0.000	22917.692
79	1875.000	25.000	18.417	460.428	9113.805	0.000	0.000	22917.692
80	1900.000	13.254	19.132	253.566	9367.371	0.000	0.000	22917.692
81	1901.507	12.500	19.094	238.671	9606.042	0.000	0.000	22917.692
82	1925.000	24.246	18.620	451.459	10057.501	0.000	0.000	22917.692
83	1950.000	25.000	20.473	511.820	10569.321	0.000	0.000	22917.692
84	1975.000	25.000	20.826	520.647	11089.968	0.000	0.000	22917.692
85	2000.000	25.000	21.395	534.881	11624.849	0.000	0.000	22917.692
86	2025.000	25.000	19.196	479.900	12104.749	0.000	0.000	22917.692
87	2050.000	25.000	16.641	416.037	12520.785	0.000	0.000	22917.692
88	2075.000	25.000	15.299	382.474	12903.260	0.000	0.000	22917.692
89	2100.000	25.000	16.101	402.528	13305.788	0.000	0.000	22917.692
90	2125.000	25.000	13.402	335.062	13640.850	0.000	0.000	22917.692

Annexe des cubatures

91	2150.000	25.000	11.434	285.843	13926.693	0.000	0.000	22917.692
92	2175.000	25.000	11.015	275.370	14202.062	0.000	0.000	22917.692
93	2200.000	25.000	11.126	278.140	14480.202	0.000	0.000	22917.692
94	2225.000	25.000	11.243	281.063	14761.265	0.000	0.000	22917.692
95	2250.000	25.000	9.124	228.106	14989.371	0.000	0.000	22917.692
96	2275.000	25.000	5.614	140.338	15129.708	0.000	0.000	22917.692
97	2300.000	25.000	3.884	97.100	15226.809	0.228	5.707	22923.399
98	2325.000	25.000	2.799	69.981	15296.790	1.019	25.465	22948.864
99	2350.000	25.000	2.231	55.767	15352.557	1.574	39.348	22988.212
100	2375.000	25.000	1.361	34.013	15386.569	2.564	64.090	23052.302
101	2400.000	25.000	0.863	21.581	15408.150	2.867	71.682	23123.984
102	2425.000	25.000	0.080	1.999	15410.149	3.306	82.658	23206.642
103	2450.000	25.000	0.241	6.018	15416.167	1.921	48.025	23254.668
104	2475.000	25.000	0.090	2.252	15418.419	2.655	66.384	23321.052
105	2500.000	25.000	1.326	33.162	15451.581	0.887	22.169	23343.220
106	2525.000	25.000	0.882	22.048	15473.629	1.323	33.078	23376.298
107	2550.000	25.000	0.308	7.696	15481.325	2.780	69.507	23445.806
108	2575.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	12.014	300.356	23746.162
109	2600.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	17.458	436.452	24182.614
110	2625.000	18.392	0.000	0.000	15481.325	21.693	398.980	24581.593
111	2636.784	12.500	0.000	0.000	15481.325	22.229	277.865	24859.458
112	2650.000	19.108	0.000	0.000	15481.325	22.589	431.624	25291.082
113	2675.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	22.594	564.838	25855.920
114	2700.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	22.341	558.535	26414.455
115	2725.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	20.480	512.003	26926.457
116	2750.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	19.625	490.617	27417.075
117	2775.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	24.213	605.329	28022.404
118	2800.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	29.797	744.925	28767.329

Annexe des cubatures

119	2825.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	29.219	730.468	29497.798
120	2850.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	28.851	721.263	30219.060
121	2875.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	27.384	684.592	30903.653
122	2900.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	21.108	527.690	31431.342
123	2925.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	19.235	480.863	31912.205
124	2950.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	18.653	466.320	32378.525
125	2975.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	20.854	521.361	32899.886
126	3000.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	18.105	452.620	33352.506
127	3025.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	13.232	330.792	33683.297
128	3050.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	12.701	317.515	34000.812
129	3075.000	17.727	0.000	0.000	15481.325	12.733	225.719	34226.532
130	3085.454	12.500	0.000	0.000	15481.325	11.971	149.634	34376.165
131	3100.000	19.773	0.000	0.000	15481.325	10.853	214.593	34590.758
132	3125.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	13.435	335.877	34926.635
133	3150.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	16.095	402.363	35328.998
134	3175.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	15.078	376.949	35705.948
135	3200.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	12.810	320.261	36026.209
136	3225.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	11.201	280.032	36306.241
137	3250.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	9.199	229.968	36536.208
138	3275.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	7.400	184.989	36721.197
139	3300.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	6.247	156.185	36877.382
140	3325.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	5.778	144.447	37021.830
141	3350.000	25.000	0.000	0.000	15481.325	5.581	139.519	37161.348
142	3375.000	25.000	0.014	0.357	15481.682	3.762	94.061	37255.409
143	3400.000	25.000	0.737	18.435	15500.117	7.363	184.075	37439.484
144	3425.000	25.000	0.100	2.512	15502.629	3.227	80.668	37520.152
145	3450.000	25.000	0.374	9.352	15511.981	2.318	57.941	37578.092
146	3475.000	25.000	0.331	8.277	15520.258	2.621	65.516	37643.609

Annexe des cubatures

147	3500.000	25.000	0.131	3.268	15523.526	2.993	74.823	37718.432
148	3525.000	25.000	0.395	9.869	15533.395	2.181	54.534	37772.966
149	3550.000	25.000	0.210	5.256	15538.651	2.131	53.277	37826.243
150	3575.000	25.000	0.167	4.169	15542.820	2.154	53.839	37880.082
151	3600.000	25.000	0.002	0.056	15542.876	4.800	120.010	38000.093
152	3625.000	25.000	0.009	0.218	15543.094	4.829	120.728	38120.820
153	3650.000	25.000	0.064	1.593	15544.688	3.765	94.132	38214.952
154	3675.000	25.000	0.015	0.364	15545.052	3.926	98.145	38313.097
155	3700.000	25.000	0.000	0.001	15545.053	4.056	101.399	38414.496
156	3725.000	25.000	0.050	1.241	15546.294	3.009	75.234	38489.730
157	3750.000	25.000	0.000	0.008	15546.302	3.905	97.631	38587.362
158	3775.000	25.000	0.083	2.081	15548.383	2.669	66.735	38654.096
159	3800.000	25.000	1.473	36.824	15585.207	0.728	18.188	38672.284
160	3825.000	25.000	2.165	54.123	15639.330	0.446	11.156	38683.440
161	3850.000	25.000	4.994	124.852	15764.182	0.119	2.982	38686.422
162	3875.000	25.000	4.278	106.949	15871.132	0.173	4.317	38690.739
163	3900.000	25.000	2.973	74.332	15945.464	0.299	7.480	38698.219
164	3925.000	25.000	3.713	92.822	16038.286	0.082	2.054	38700.273
165	3950.000	25.000	10.838	270.942	16309.229	0.000	0.000	38700.273
166	3975.000	25.000	18.951	473.778	16783.007	0.000	0.000	38700.273
167	4000.000	25.000	28.473	711.816	17494.823	0.000	0.000	38700.273
168	4025.000	25.000	34.928	873.212	18368.035	0.000	0.000	38700.273
169	4050.000	25.000	36.857	921.436	19289.471	0.000	0.000	38700.273
170	4075.000	25.000	39.825	995.637	20285.108	0.000	0.000	38700.273
171	4100.000	25.000	35.268	881.693	21166.801	0.000	0.000	38700.273
172	4125.000	25.000	35.273	881.836	22048.638	0.000	0.000	38700.273
173	4150.000	25.000	31.596	789.903	22838.540	0.000	0.000	38700.273
174	4175.000	23.039	29.822	687.078	23525.618	0.000	0.000	38700.273

Annexe des cubatures

175	4196.078	12.500	29.694	371.171	23896.789	0.000	0.000	38700.273
176	4200.000	14.461	28.937	418.455	24315.244	0.000	0.000	38700.273
177	4225.000	25.000	35.377	884.437	25199.681	0.000	0.000	38700.273
178	4250.000	25.000	35.601	890.028	26089.709	0.000	0.000	38700.273
179	4275.000	25.000	25.560	639.010	26728.720	0.000	0.000	38700.273
180	4300.000	25.000	17.684	442.110	27170.830	0.000	0.000	38700.273
181	4325.000	25.000	11.839	295.987	27466.817	0.000	0.000	38700.273
182	4350.000	20.666	9.000	185.993	27652.810	0.333	6.891	38707.164
183	4366.331	12.500	7.507	93.842	27746.652	0.771	9.634	38716.798
184	4375.000	16.834	6.276	105.657	27852.310	0.971	16.344	38733.143
185	4400.000	25.000	4.747	118.686	27970.996	1.416	35.410	38768.552
186	4425.000	25.000	6.356	158.899	28129.895	1.515	37.874	38806.426
187	4450.000	25.000	4.017	100.425	28230.321	1.723	43.073	38849.499
188	4475.000	25.000	7.956	198.905	28429.225	1.521	38.026	38887.525
189	4500.000	25.000	5.888	147.193	28576.419	1.132	28.306	38915.830
190	4525.000	25.000	4.987	124.683	28701.101	0.803	20.080	38935.911
191	4550.000	25.000	7.939	198.465	28899.566	0.389	9.737	38945.648
192	4575.000	25.000	9.344	233.603	29133.169	0.236	5.889	38951.537
193	4600.000	25.000	12.625	315.636	29448.804	0.000	0.000	38951.537
194	4625.000	25.000	18.148	453.700	29902.504	0.000	0.000	38951.537
195	4650.000	25.000	23.575	589.386	30491.891	0.000	0.000	38951.537
196	4675.000	25.000	24.612	615.298	31107.188	0.000	0.000	38951.537
197	4700.000	25.000	22.041	551.013	31658.201	0.000	0.000	38951.537
198	4725.000	25.000	21.647	541.177	32199.378	0.000	0.000	38951.537
199	4750.000	25.000	21.519	537.969	32737.347	0.000	0.000	38951.537
200	4775.000	25.000	26.377	659.414	33396.761	0.000	0.000	38951.537
201	4800.000	25.000	35.472	886.788	34283.548	0.000	0.000	38951.537
202	4825.000	25.000	44.373	1109.318	35392.866	0.000	0.000	38951.537

Annexe des cubatures

203	4850.000	25.000	38.669	966.733	36359.599	0.000	0.000	38951.537
204	4875.000	25.000	24.576	614.407	36974.007	0.000	0.000	38951.537
205	4900.000	25.000	16.511	412.780	37386.786	0.000	0.000	38951.537
206	4925.000	25.000	9.583	239.573	37626.359	0.031	0.776	38952.313
207	4950.000	25.000	3.012	75.311	37701.670	1.178	29.449	38981.762
208	4975.000	25.000	6.751	168.763	37870.433	2.101	52.531	39034.293
209	5000.000	25.000	0.000	0.000	37870.433	12.493	312.337	39346.629
210	5025.000	25.000	0.102	2.558	37872.991	16.749	418.718	39765.348
211	5050.000	25.000	0.000	0.000	37872.991	32.735	818.370	40583.717
212	5075.000	25.000	0.000	0.000	37872.991	33.324	833.110	41416.827
213	5100.000	25.000	0.000	0.000	37872.991	46.101	1152.532	42569.359
214	5125.000	25.000	0.000	0.000	37872.991	20.334	508.345	43077.704
215	5150.000	25.000	0.420	10.497	37883.489	12.687	317.171	43394.875
216	5175.000	25.000	7.301	182.519	38066.007	1.307	32.678	43427.554
217	5200.000	25.000	7.548	188.696	38254.703	0.237	5.935	43433.489
218	5225.000	25.000	2.072	51.790	38306.493	8.223	205.586	43639.075
219	5250.000	25.000	0.000	0.000	38306.493	6.008	150.203	43789.278
220	5275.000	25.000	0.000	0.000	38306.493	32.797	819.925	44609.203
221	5300.000	25.000	1.104	27.599	38334.092	10.325	258.128	44867.330
222	5325.000	25.000	9.642	241.057	38575.148	4.332	108.301	44975.632
223	5350.000	25.000	0.000	0.000	38575.148	25.400	635.010	45610.642
224	5375.000	25.000	0.270	6.753	38581.902	5.544	138.592	45749.233
225	5400.000	25.000	0.000	0.000	38581.902	14.120	352.999	46102.233
226	5425.000	25.000	0.000	0.000	38581.902	24.409	610.234	46712.467
227	5450.000	25.000	1.026	25.656	38607.557	7.715	192.872	46905.339
228	5475.000	14.974	0.000	0.000	38607.557	7.312	109.484	47014.823
229	5479.948	12.500	1.678	20.976	38628.533	3.569	44.612	47059.435
230	5500.000	22.526	2.114	47.627	38676.160	13.994	315.218	47374.653

Annexe des cubatures

---

231	5525.000	25.000	2.317	57.937	38734.097	9.699	242.480	47617.133
232	5550.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	44.440	1111.000	48728.133
233	5575.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	44.342	1108.548	49836.681
234	5600.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	46.427	1160.677	50997.358
235	5625.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	27.177	679.436	51676.794
236	5650.000	12.601	0.000	0.000	38734.097	51.538	649.415	52326.209
237	5650.201	12.500	0.000	0.000	38734.097	51.560	644.497	52970.706
238	5675.000	24.899	0.000	0.000	38734.097	52.356	1303.629	54274.335
239	5700.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	49.916	1247.895	55522.230
240	5725.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	48.812	1220.304	56742.533
241	5750.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	33.756	843.895	57586.428
242	5775.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	43.254	1081.355	58667.783
243	5800.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	65.774	1644.345	60312.128
244	5825.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	49.937	1248.433	61560.561
245	5850.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	54.723	1368.067	62928.628
246	5875.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	58.679	1466.965	64395.593
247	5900.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	56.723	1418.083	65813.676
248	5925.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	33.523	838.073	66651.749
249	5950.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	40.947	1023.667	67675.415
250	5975.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	58.275	1456.885	69132.300
251	6000.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	65.049	1626.221	70758.521
252	6025.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	54.444	1361.098	72119.619
253	6050.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	46.931	1173.273	73292.892
254	6075.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	48.219	1205.471	74498.363
255	6100.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	51.758	1293.938	75792.300
256	6125.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	61.257	1531.430	77323.730
257	6150.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	50.494	1262.361	78586.090
258	6175.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	51.286	1282.159	79868.249

---

Annexe des cubatures

259	6200.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	69.260	1731.505	81599.755
260	6225.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	76.170	1904.256	83504.011
261	6250.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	55.007	1375.165	84879.176
262	6275.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	49.171	1229.284	86108.460
263	6300.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	51.768	1294.210	87402.670
264	6325.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	55.565	1389.115	88791.784
265	6350.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	32.995	824.884	89616.668
266	6375.000	25.000	0.000	0.000	38734.097	24.551	613.776	90230.444
267	6400.000	25.000	0.512	12.794	38746.891	8.269	206.732	90437.176
268	6425.000	25.000	3.257	81.422	38828.313	3.288	82.191	90519.367
269	6450.000	25.000	15.927	398.168	39226.482	0.035	0.871	90520.239
270	6475.000	25.000	27.434	685.838	39912.320	0.000	0.000	90520.239
271	6500.000	25.000	24.564	614.102	40526.422	0.000	0.000	90520.239
272	6525.000	25.000	27.698	692.462	41218.883	0.000	0.000	90520.239
273	6550.000	25.000	35.675	891.872	42110.755	0.000	0.000	90520.239
274	6575.000	25.000	30.988	774.690	42885.445	0.000	0.000	90520.239
275	6600.000	25.000	22.385	559.613	43445.058	0.162	4.059	90524.298
276	6625.000	25.000	29.485	737.113	44182.171	0.000	0.000	90524.298
277	6650.000	25.000	25.813	645.316	44827.487	0.000	0.000	90524.298
278	6675.000	25.000	46.343	1158.564	45986.051	0.000	0.000	90524.298
279	6700.000	25.000	24.511	612.783	46598.834	0.258	6.444	90530.742
280	6725.000	25.000	18.833	470.823	47069.657	0.514	12.850	90543.592
281	6750.000	25.000	13.022	325.540	47395.197	0.933	23.336	90566.928
282	6775.000	25.000	3.248	81.190	47476.387	2.236	55.894	90622.823
283	6800.000	23.690	3.337	79.044	47555.431	4.305	101.986	90724.809
284	6822.380	11.190	6.916	77.389	47632.820	1.342	15.016	90739.825

=====

# BIBLIOGRAPHE

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [1]. M, Faucon. Développement durable. Lyon : 1997.
- [2]. *Etudes générales technique et économique des aménagements routiers. (B40 normes techniques d'aménagements des routes).*
- [3]. Hevré, Brunel. Cours de route. France : université d'Orléans I.U.T. de bourges.
- [4]. B, Metral ; C, Florent. Etude technique du projet routière. Université de Lyon: 2003.
- [5]. *Direction des travaux publics DTP et URBAT (SBA).*
- [6]. SETRA ; BRENAC. Relations vitesse, courbure, devers ; Note technique. Paris : Bagnaux, 2000.
- [7]. Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris.
- [8]. LCPC ; SETRA. Guide technique ; Conception et dimensionnement des structures de chaussées. Paris : Bagnaux, décembre 1994.p250.
- [9]. SETRA ; ICTAAL. Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. Paris : Bagnaux, 2000. p55.
- [10]. Djelti, Abdelkader Zakaria ; Hattou, Mohammed. Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54.mémoire d'ingénieur. Tlemcen : juillet 2009.pp 12-80 p86.
- [11]. LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2ème édition. Paris: Bagnaux, juillet 2000.pp 1-84 p 102.
- [12]. LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussées neuves. Paris : ministres de l'équipement des transports et du logement ; Bagnaux, 1998.297p.
- [13] : G, Joeffroy ; R, Sauterey. Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. p244.
- [14]. LCPC ; SETRA. Directive pour la réalisation des assises de chaussées en sables traités aux liants hydrauliques. Paris : Bagnaux, 1985.
- [15] : HABITA.D, GUEDIRIA, Etude d'aménagement d'un échangeur sur la RN04 a boumedfaa (w.ain defla) en APS et APD avec 8 km de l'autoroute est-ouest. Mémoire d'ingénieur. Alger Kouba: juillet 2005.pp5.p134.
- [16] : Jean, Berthier. Projet et construction de la route ; Techniques de l'ingénieur. pp1-38 p39.
- [17] : LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, (SETRA – 2006). p188.
- [18]. SETRA. L'eau et la Route; Dispositifs de traitement des eaux pluviales .Volume 7.Paris : Bagnaux, 1997.
- [19]. François ; G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2ème édition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399.
- [20]. Angelbert ; C, Biaou. Cours d'hydraulique routière.2009.
- [21]. SETRA. Aide aux choix solutions d'assainissement et de drainage sur les routes existantes ; méthodologie pratique et efficace de recherche de solutions d'assainissement. Paris : Bagnaux, 1993. p77.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [22]. François ; G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2<sup>ème</sup>édition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399.
- [23] : Instruction interministérielle sur la signalisation routière – modifié par l'arrêté du 11 février 2008(7<sup>ème</sup> partie - Marquages sur chaussées. P80.
- [24] : Instruction interministérielle sur la signalisation routière – ARRETE DU 7 JUIN 1977 relatif à la signalisation des routes et autoroutes. Journal officiel du 13 août 1977. P40.
- [25] : Guide de plantation des arbres aux abords des routes édité par le ministère des travaux publics, septembre 2003.p 65.
- [26]. Michel, Faure. Route les cours de L'ENTPE. tome1. Lyon: ELEAS, 1997. Pp35-221 p258.
- [27]. Patrick, Michel Bceom. Etude d'impact.2001. p153.
- [28]. J, Hartlén; A.M, Fällman. Principles for risk assessment of secondary materials in civil engineering work. Naturvardsverket ,1999.
- [29]. R.S, Hamilton; R.M, Harrison. Highway Pollution, Studies in Environmental Science 44. Amsterdam: Elsevier, 1991
- [30]. Circulaire du 17/02/98 relative à l'application de l'article 19 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, complétant le contenu des études d'impact des projets d'aménagement, <http://aida.ineris.fr/textes/circulaires/text0113.htm> , consulté le 20/04/2012.