

[Tapez le titre du document]

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté du Génie de la Construction



Département de Génie Civil

Mémoire de Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme
Master Professionnel en génie civil
Option : voies et ouvrages d'art

Thème

**Etude en phase APD d'un tronçon du dédoublement
de la RN 73 sur un linéaire de 5.34 Km avec étude
d'un échangeur en phase APS**



Présenté par:

Mr. TOUATI Mustapha

Mr. IBEGHOUCHE Malek

Encadré par :

Mr. DAHMOUS Hocine

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation du projet	
I. Introduction.....	3
II. Description du projet.....	3
III. L'objectif et l'utilité du projet.....	5
IV. Documents disponibles	5
Chapitre II : Etude du trafic	
I. Introduction.....	6
II. Analyse du trafic	6
III. Différents types de trafics	8
IV. Modèle de présentation du trafic.....	8
V. Hypothèses de calcul de la capacité.....	10
VI. Application au projet	13
VII. Conclusion	17
Chapitre III: dimensionnement du corps de Chaussée	
I. Introduction.....	18
II. Principe de la constitution de la chaussée.....	18
III. La chaussée	19
IV. Méthodes de dimensionnement des chaussées	21
V. Application au projet.....	27
VI. Conclusion	37
Chapitre VI : Présentation du logiciel piste	
I. Introduction.....	38
II. Présentation du logiciel Piste +5.....	38
III. Organisation de l'application	39
IV. Création d'un projet	41
V. Conception plane.....	42
VI. Conception longitudinale	43
VII. Conception transversale	45

VIII.	Profil projet	45
IX.	Conclusion	49

Chapitre V : Caractéristiques géométriques

I.	Introduction	50
II.	Trace en plan	51
III.	Profil en long	68
IV.	Profil en travers type	76
V.	conclusion	81

Chapitre VI : Cubature

I.	Introduction	82
II.	Terrassement	82
III.	Le compactage	82
IV.	Cubatures de Terrassement	83
V.	Méthode de calcul	83
VI.	Application au projet.....	86
VII.	conclusion	86

Chapitre VII : Etude géotechnique

I.	Introduction	87
II.	Aperçu sismique et géologique	88
III.	Géotechnique	89
IV.	Condition d'utilisation des sols en remblais	93

Chapitre VIII : Hydraulique et Assainissement

I.	Introduction	94
II.	Objectif de l'assainissement routier.....	94
III.	Assainissement de la chaussée.....	95
IV.	Définitions des termes hydrauliques	98
V.	Données pluviométriques.....	100

Chapitre IX : Echangeur

I.	Introduction	115
II.	Définition d'un échangeur	115
III.	Caractéristiques géométriques des échangeurs.....	116
IV.	Les différents types d'échangeurs.....	116

V.	Les éléments d'un échangeur.....	118
VI.	Emplacement et espacement des échangeurs.....	119
VII.	Choix de l'échangeur	120
VIII.	Application au projet	121

Chapitre X: Equipements routier

I. Signalisation :

I.1.	Introduction.....	128
I.2.	Objectifs de la signalisation routière	128
I.3.	Catégories de signalisation	128
I.4.	Règles à respecter pour la signalisation.....	128
I.5.	Type de signalisation	129
I.6.	Caractéristiques générales des marques	131
I.7.	Application au projet	132

II. Sécurité:

II.1.	Introduction	138
II.2.	Dispositifs de retenue	138
II.3.	Classification des dispositifs de retenue latéraux.....	139
II.4.	Classification des dispositifs de retenue frontaux	142
II.5.	Application au projet	143

III. Eclairage :

III.1.	Introduction.....	144
III.2.	Éclairage d'un point singulier.....	144
III.3.	Paramètre de l'implantation des luminaires	145
III.4.	Application au projet	146

Chapitre XI: Etude d'impact

I.	Introduction.....	147
II.	Cadre juridique.....	147
III.	L'utilité de l'étude d'impact sur l'environnement	147
IV.	Les impacts du projet.....	148
V.	Mesures d'insertion et d'atténuation proposées	151
VI.	Application au projet.....	154
VII.	Conclusion	154

Chapitre XII: Devis quantitatif et estimatif

I. Introduction.....	155
II. Devis estimatif	155
III. Devis quantitatif.....	155
Conclusion Générale	158

Bibliographie

Annexes

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur des Travaux Publics est par excellence un secteur porteur de croissance économique, créateur d'emploi et permet en même temps de la redynamisation des autres secteurs économiques. Il constitue de ce fait une base incontournable pour le développement de l'investissement national et étranger.

C'est dans cette optique que les travaux publics continuent à déployer des efforts multiples et nécessaires qui se traduisent à travers l'initiation d'importants projets d'investissement indispensables à la réussite du processus de développement national.

En Algérie les infrastructures routières et autoroutières jouent un rôle majeur dans les déplacements des biens et des personnes. Ce rôle confère une importance particulière à l'infrastructure routière et autoroutière constituée de plus de 111300Km de routes et plus de 5000 ouvrages d'art assurant près de 95% des déplacements terrestres de personnes et de marchandises. ce rôle est appelé à se renforcer à court et moyen terme par la réalisation notamment des projets structurants suivant:

- la réalisation du méga projet de l'autoroute Est/Ouest sur 1700 Km
- la réalisation des 2^{eme}, 3^{eme}, et 4^{eme} rocales sur 700Km
- la réalisation de la rocade autoroutière des hauts plateaux sur 1300Km
- la réalisation de 23 liaisons autoroutières(nord/sud) sur 2800Km
- le dédoublement de la RN1 (Alger-Tamanrasset) sur 3000Km

A Tizi-Ouzou Le relief accidenté et l'absence d'autres voies de Communication (ferroviaire, maritime et autres) font que la route constitue la seule voie de communication de la quasi-totalité des 67 communes et 1500 villages que composent la Wilaya de Tizi-Ouzou.

Le réseau routier de la Wilaya d'un linéaire total de 4.805 Km et d'une densité de 1,436 Km/Km², qui est l'une des densités les plus importantes à l'échelle nationale.

Ce réseau est composé de:

- **Routes Nationales** : 605 Km
- **Chemins de Wilaya** : 652 Km
- **Chemins Communaux** : 3.548 Km
- **Ouvrages d'Art** : 151 Ouvrages

Des programmes importants ont été inscrits à l'indicatif de la Direction. Ces programmes, ont été inscrits dans le cadre d'une vision globale, cohérente et futuriste permettant un développement durable, créateur de richesses et d'emplois. Les efforts ont été axés sur la préservation de ce patrimoine, sa modernisation et son adaptation en fonction de l'évolution des besoins de transport.

Ces programmes avaient pour principaux objectifs :

- ✓ de répondre à une demande forte de la société concernant l'amélioration de la sécurité.
- ✓ de réaliser des contournements des villes principales.
- ✓ d'assurer un entretien performant, élément décisif pour la pérennité du réseau routier et le maintien d'un bon niveau de service pour les usagers .
- ✓ doté la wilaya d'un territoire équipé, structuré et capable d'attirer l'investissement ,de stimuler les activités économiques et de mobiliser les initiatives efficaces.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans cette perspective d'améliorer le trafic routier dans la wilaya.

I. INTRODUCTION

Etant donnée la nature et l'importance des échanges commerciaux et les flux du trafic routier de la willaya de Tizi-Ouzou, il est primordial de dynamiser et de renforcer les infrastructures routières.

Dans l'optique de relier la RN12, à la RN24 la Direction des Travaux Publiques « DTP » de la willaya de Tizi-Ouzou a prévu la conception d'un dédoublement de la RN73 pour favoriser le développement et les échanges entre les régions(Azzazga et Azeffoune).

Le point de départ de ce projet est l'évitement de AZAZGA et le point d'arrivée est SIDI-KHLIFA a Azeffoune.

II-DESCRIPTION DU PROJET

1-Itinéraire Du Projet :

Le point de départ de notre tracé se situe au niveau de l'évitement de AZAZGA (PK 0+000 jusqu'au PK5+500 à AGHRIBS

2-Principaux ouvrages

Entre le PK 1+270 au PK 1+700 sur un linéaire de 430m on a opté pour un VIADUC.

Au niveau du PK 2+007 on a conçu un échangeur qui permet le rétablissement de communication entre le projet et la RN73 (qui mène à Aghribs et Freha).

3-Synthèse de notre démarche

L'étude que nous avons menée ayant pour objectif de concevoir en phase Avant Projet Détaillé (APD) un tronçon routier de catégorie C2 dans un environnement E2 et pour une vitesse de base de VB=80 Km a conclu ce qui suit :

Le tronçon sera réalisé en deux fois deux voies avec deux bandes d'arrêt d'urgence et un terre-plein central de trois mètres ce qui nous donne une plate forme de 21 m sur un linéaire de 5340m.

III-OBJECTIF ET UTILITE DU PROJET

L'objectif principal de notre projet est d'alléger le trafic présent et futur en raison du développement rapide des activités économiques de la région d'Azazga et de Freha et le potentiel futur du trafic dans la période estivale.

Offrir un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux villes de azazga et azeffoun et réduire ainsi considérablement les coûts de transport.

Assurer une liaison rapide entre la RN 12 et la RN 24 soit entre les communes de Azazga, Freha, Aghribs Akerou et Azeffoun

Développement du tourisme.

Désenclavement des régions avoisinantes.

Décongestion du trafic au niveau de la RN73 donc au niveau de Freha.

IV- DOCUMENTS DISPONIBLE

Cette étude a été réalisée sur la base des documents suivants :

- Levé topographiques (semi de point).
- Cartes d'état major au 1/25 000.
- Résultats de la campagne de trafic de 2007
- Données climatiques pluviométriques.
- Etudes géotechnique.

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

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

Cette conception repose, sur une partie « stratégie, planification » sur la prévision des

trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

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

II-ANALYSE DU TRAFIC

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont classées en trois catégories:

- ✓ La statique générale.
- ✓ Le comptage .
- ✓ Une enquête de circulation.

II.1:La statique générale: et on a plusieurs sources:

-l'immatriculation des véhicules :en Algérie le système actuel d'immatriculation et la délivrance de la carte grise ou grâce à l'impôt annuel (vignette).

-la statique d'importation des véhicules.

II.2: Le comptage : C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

II.2.1: Les comptages automatiques(continus) : sont exécutés au moyen d'appareils automatiques comme le capteur pneumatique, détecteur radar ou détecteur magnétique.

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne les comptages permanents, sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

II.2.2: Les comptages manuels(périodiques) : Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en communs. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

II.3: Les enquêtes de circulation: pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement où d'exploitation routière il est insuffisant de connaître la circulation en un point donné sur une route existante ;il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation leurs formation leur aboutissement en d'autres termes de connaître l'origine et la destination des différents véhicules. pour obtenir ces renseignements , on peut recourir au divers procédés:

II.3.1:enquête sur route: on installe sur la route des stations d'enquête où l'on arrête et interroge un certain pourcentage de conducteurs.

II.3.2: enquête simplifiées: on peut pour voir une idée approximative de l'importance de certain courants de circulation , se contenter de repérer, pendant un certain temps

les numéros d'immatriculation et l'heure de passage des véhicules aux entrées et sortie du cordon.

II.3.3:Enquêtes à domicile: ces enquêtes sont organiser comme un sondage d 'opinion on demande aux intéresses de faire connaitre les destinations les plus fréquentes de leurs déplacement et les itinéraires qu'il souhaitent pouvoir emprunter.

II.3.4: Enquêtes papillons où distributions : Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

III-DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS

III.1: Trafic normal : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le trafic du nouveau projet.

III.2: Trafic induit C'est le trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres destinations.

III.3: Trafic dévié : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée suite à l'amélioration du niveau de service.

III.4: Trafic total: C'est la somme du trafic induit et du trafic dévie.

IV-MODELE DE PRESENTATION DU TRAFIC

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant .Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine. Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

❖ Prolongation de l'évolution passée.

- ❖ Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- ❖ Modèle gravitaire.
- ❖ Modèle de facteur de croissance.

IV.1:Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera :

$$T_n = T_0 (1+\tau)^n$$

Ou : T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

τ : est le taux de croissance

IV.2:Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- Produit national brut (PNB).
- Produits des carburants, d'autre part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier

dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

IV.3:Modèle gravitaire :

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

IV.4:Modèle de facteurs croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine – destination .La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- ❖ Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- ❖ Le nombre d'emploi.
- ❖ La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

V-HYPOTHESE DE CALCUL

V.1:Définition de la capacité :

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

V.1- Trafic à un horizon donné:

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

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

Avec:

TJMA_h :trafic journalier moyen à l'année n.

TJMA₀: trafic journalier moyen à l'année 0(référence).

τ:taux d'accroissement annuel.

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

V.2- Trafic effectif:

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

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les poids lourds (PL) en (U.V.P).

Le trafic effectif est donné par la relation : $T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot T_n$

Avec:

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

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

<i>Environnement</i>	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>
<i>Route à bonne caractéristique</i>	<i>2-3</i>	<i>4-6</i>	<i>8-12</i>
<i>Route étroite, ou à visibilité réduite</i>	<i>3-6</i>	<i>6-12</i>	<i>16-24</i>

Tableau II-1: valeurs du coefficient d'équivalence "p"

V.3: Evaluation de la demande (Débit de pointe horaire normal):

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en unité de véhicule particulier (**uvp**) il est 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=8 heures)

T_{eff} : trafic effectif

V.4: Evaluation de l'offre (Débit horaire admissible):

Le débit horaire maximal que peut supporter une route il est déterminé par l'application de la formule suivant:

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

Avec:

K₁: coefficient qui dépend de l'environnement.

K₂: coefficient qui tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

C_{th}: la capacité théorique .

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau II-2: valeurs du coefficient "K1"

	Catégorie de la route				
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II-3: valeurs du coefficient "K2"

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200 uvp/
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

Tableau II-4: valeurs de la capacité théorique" C_{th}"

V.5: Détermination du nombre de voies:

- **Chaussée bidirectionnelle:** on compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil qui nous permet d'avoir : $Q_{adm} \leq Q$
- **Chaussée unidirectionnelle:** Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du "N" avec:

$$N = \frac{S \cdot Q}{Q_{adm}}$$

Avec:

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

VI-APPLICATION AU PROJET

Le tronçon de route qui nous a été attribué par la **Direction des Travaux Publique** de la wilaya de Tizi-Ouzou débute de l'évitement de la ville d'**AZAZGA** est passe à côté de la **RN 73** pour arriver à la **RN 71** qui mène vers **AKEROU**.

1) Environnement de la route

Vu la nature du terrain « moyen vallonné » et conformément au **B40**, la classe de l'environnement de notre route est **E2**.

2) Catégorie de la route

Vu l'importance des deux pôles que reliera cette route à savoir **AZZAZGA** et **AZZEFOUN** (future wilaya déléguée) et les infrastructures de base (port d'**AZZEFOUN**, futur barrage **SIDI KHELIFA**, ...) et les opportunités que peut offrir; le tourisme, les échanges commerciaux et le développement d'autres secteurs la catégorie de la route est de classe **C2**.

3) Données du trafic

Le trafic que draine la RN12 est estimé à partir du comptage du trafic de 2007 avec un taux d'accroissement Annuel de 4% et un $TJMA_0 = 7824 \text{ v/j}$.

4) Affectation du trafic

L'affectation du trafic est effectuée sur la base de la campagne de comptages de 2007 réalisé par un bureau d'étude spécialisé.

Le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivante :

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

Avec :

- ✓ Le trafic à l'année 2007. $TJMA_{2007} = 7824 \text{ v/j}$
- ✓ Le taux d'accroissement annuel de trafic note $\tau = 4\%$
- ✓ La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80 \text{ Km /h}$
- ✓ Le pourcentage de poids lourds $Z = 10\%$
- ✓ L'année de mise en service sera en **2017**
- ✓ La durée de vie estimée est de **20 ans**
- ✓ Catégorie **C2**
- ✓ L'environnement **E2**

Projection future de trafic :

L'année de mise en service prévue est 2017

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

Avec :

$TJMA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2017)

$TJMA_0$: trafic à l'année zéro (origine 2007)

$$TJMA_{2017} = 7824 (1 + 0,04)^{10} = 11581 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2017} = 11581 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année (2037) pour une durée de vie de 20 ans

$$TJMA_{2037} = 11581 \times (1 + 0,04)^{20} = 25375 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2037} = 25375 \text{ v/j}$$

Calcul du trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P \cdot Z] T J M A_h$$

Avec:

- **P:** coefficient d'équivalence. Pris pour convertir le poids lourds.
- **Z:** le pourcentage de poids lourds.
- **P = 4** (Catégorie C2, environnement E2).

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0,10) + (4 \times 0,10)] 25375 = 32987 \text{ uvp/j.}$$

$$T_{\text{eff}} = 32987 \text{ uvp/j}$$

Débit de pointe horaire normale :

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

Avec:

- 1/n: coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12.

$$Q = 0.12 \times 32987 = 3958 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 3958 \text{ uvp/j}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c'est le débit admissible.

$$Q \leq Q_{\text{adm}}$$

Tel que :

$$Q \leq K1 \cdot K2 \cdot C_{\text{th}}$$

Et :

$$C_{\text{th}} \geq Q / (K1 \times K2)$$

On à :

Catégorie C2	}	K1 = 0.85
Environnement E2		K2 = 0.99

$$\Rightarrow C_{\text{th}} \geq Q / K1 \cdot K2 = 3958 / (0.85 \times 0.99)$$

D'ou:

$$C_{\text{th}} \geq 4703 \text{ uvp/h}$$

Le débit que supporte une section donnée

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

Avec:

- **K1:** coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour C2
- **K2:** coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement (E2) et catégorie (C2)
- **C_{th}:** capacité théorique

$$C_{th} = 1700 \text{ uvp/h} \quad (\text{d'après le document de B40})$$

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1700 = 1430$$

$$Q_{adm} = 1430 \text{ uvp/h}$$

Le nombre des voies :

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

$$N_{VOIES} = (2/3 \times 3958) / (1430) = 1.84$$

On prend :

$$N_{VOIES} = 2 \text{ voie /sens.}$$

Le récapitulatif des calculs effectués est présenté dans le tableau suivant :

TJMA2007 (v/j)	TJMA2017 (v/j)	TJMA2037 (v/j)	T_{eff} (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
7824	11581	25375	32987	3 958	2

Tableau II-5 : Récapitulatif des calculs du trafic

Compte tenu des résultats obtenus et conformément aux recommandations du B40, nous proposons la coupe transversale suivante pour notre chaussée :

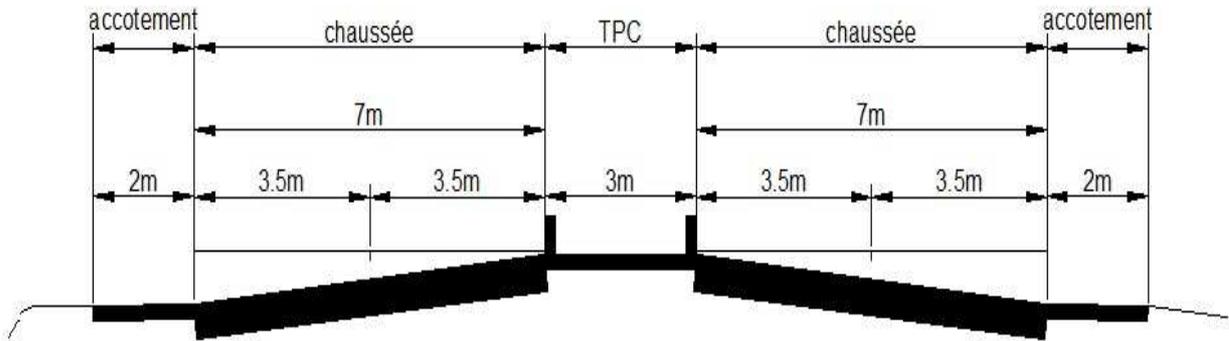


Figure II-1 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée

VII. Calcul de l'année de saturation de 2x2voie

$$T_{\text{eff}}(2017) = [(1 - z) + p \times z] \times TJMA_{2017}$$

$$T_{\text{eff}}(2017) = [(1 - 0, 1) + 4 \times 0, 1] \times 11581$$

$$T_{\text{eff}}(2017) = 15055 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2017} = 0,12 \times 15\ 055 = 1\ 806 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times Q_{2017} = 4 \times 1\ 806 = 7\ 224 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 7224 \text{ uvp/h}$$

Avec :

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

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

D'où :

$$N = \frac{\ln(Q_{\text{saturation}} / Q_{2017})}{\ln(1 + \tau)} \Rightarrow N = \frac{\ln(\frac{7224}{1806})}{\ln(1+0.04)} = 35$$

Donc :

La saturation surviendra **35 ans** après l'année de mise en service soit en 2052.

CONCLUSION

Le profil en travers retenu pour notre projet défini comme suit : chaussée bidirectionnelle de 2 voies de 3.5 m est des accotements de 2 m et une terre pleine centrale 3m.

I-INTRODUCTION

Le dimensionnement du corps de chaussée constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier. Il s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans les conditions de confort et de sécurité voulue. et elle doit résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation.

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée retenue, sont fixés par les paramètres fondamentaux suivants :

- Le climat et l'environnement de la route.
- Le trafic et surtout son intensité en poids lourds .
- La nature du sol support.
- Les matériaux choisis.
- La durée de vie de la chaussée.

II- PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DE LA CHAUSSEE

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

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

III - CHAUSSEE

III-1: Définition

a -Au sens géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circule les véhicules.

b -Au sens structurel : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

III-2: Les différents types de chaussée

Il existe trois types de chaussée:

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

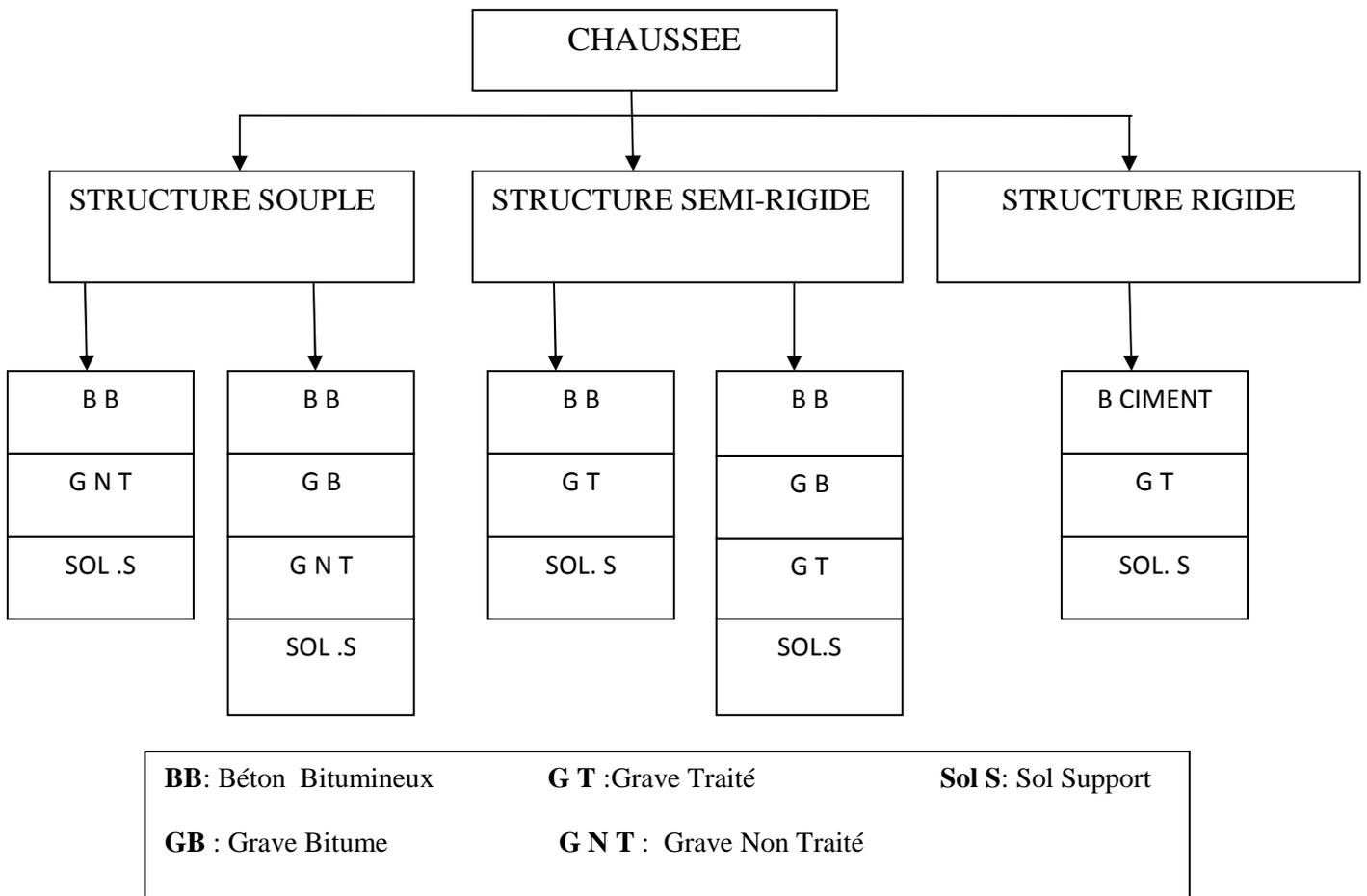


Figure III-1: schéma récapitulatif

III-2-1: Chaussée souple

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- les sols et les matériaux pierreux à granulométrie étalée ou serrée.
- les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

La couche de surface

elle est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation et s'opposer à la pénétration de l'eau. Elle est en générale composée de:

- ***couche de roulement***: qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat son rôle est:

- ✓ assurer la sécurité: la couche doit posséder des propriétés antidérapantes c.-à-d. une bonne rugosité.
- ✓ le confort: qui consiste à ne pas ressentir des vibrations excessives ni des secousses brutales; il est conditionné par la suspension des véhicules et l'uni de la chaussée.
- ✓ imperméabiliser la surface de chaussées faire obstacle à la pénétration d'eau

- ***couche de liaison***: entre les couches d'assise et la couche de roulement, son rôle est d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

Les couches d'assise

son généralement constituées d'une couche de fondation surmontée d'une couche de base; leurs rôle est:

- ✓ apporter à la chaussée la résistance mécanique, pour résister aux charges verticales induites par le trafic.

- ✓ répartir les pressions sur la plate-forme support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles.

la couche de forme

elle est complètement en matériaux non traités son rôle est :

à court terme:

- ✓ traficabilité: assurer aux engins de chantier une circulation libre .
- ✓ nivellement: garantir la régularité de l'épaisseur des couches .
- ✓ déformabilité: pour permettre le compactage correct des couches de chaussée.

à long terme:

- ✓ le maintien dans le temps d'une portance minimale de la plate forme.
- ✓ contribution au drainage de la chaussée.

III-2-2: Les chaussées à structure mixte

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation).

III-2-3: Les chaussées rigides

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide.

En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes :

- une couche de forme.
- une couche de fondation.
- une couche de roulement en béton de ciment.

IV -Différentes Méthodes de dimensionnement

Pour la détermination de l'épaisseur de chaussée, il faut commencer par l'étude du sol. Les formules utilisées par les bureaux d'études sont empiriques et/ou rationnelles, est 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.

On distingue deux méthodes :

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

IV-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 en compactant les éprouvettes de (90 à 100 %) de l'optimum Proctor modifié (O.P.M.) sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

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

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

En tenant compte de l'influence du trafic, l'épaisseur est donnée par la formule suivante:

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

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

P: Charge par roue P=6.5t (essieu 13t).

I: Indic portant C.B.R.

Log: Logarithme décimal.

IV-1-1: Epaisseur équivalente

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

$$e = \sum a_i e_i$$

Avec:

$a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_2 \times e_2$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence. Et variée en fonction de qualité de matériaux et le tableau suivant indique les différentes valeurs pour chaque matériau :

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

Tableau III-1: Coefficient d'équivalence.

Remarque: pour calculer l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e_1, e_2 et e_3 telle que:

e_1 : couche de roulement(5 - 8cm).

e_2 : couche de base(10-12cm).

e_3 : couche de fondation(15-35cm).

IV-2 : Méthode du catalogue des structures

Le catalogue des structures est établi par la direction SETRA (Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes). Elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20eme année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

IV-2-1: Détermination de la classe du trafic :

Le trafic caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieur à 50 KN par jour sur la voie la plus chargée.

<i>Classe de trafic</i>	<i>Trafic poids lourds cumule sur 20 ans</i>
T_1	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T_2	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T_3	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T_4	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T_5	$T > 4 \cdot 10^7$

Tableau III-2: classe du trafic

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans , puis classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

T_{PL} : trafic poids lourds a l'année de mise en service

τ : Taux d'accroissement annuel.

n: durée de vie (n=20 ans)

IV-2-2:Détermination de la classe du sol :

Le sol doit être classée selon la valeur de l'indice CBR ; les différentes classes de sol sont données dans le tableaux suivant:

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

Tableau III-3: le classement des sols.

IV-2-3:Amélioration de la portance du sol support

La couche de forme à pour but d'améliorer la portance du sol support, le CTTP à fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de la couche de forme, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la couche de forme.

les résultats de ces recherches sont résumés dans ce tableau:

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

Tableau III-4: Les résultats des différentes épaisseurs de la couche de forme.

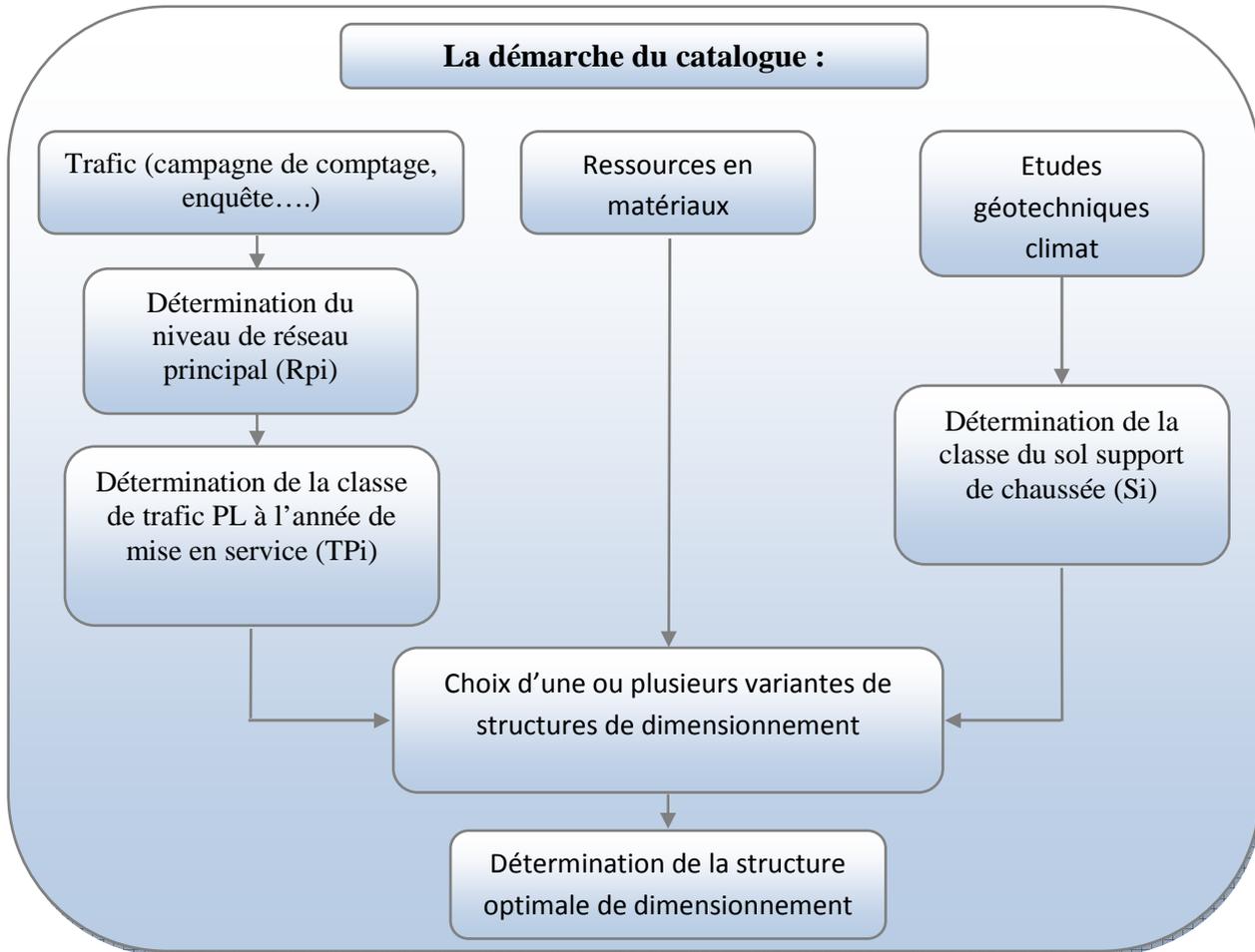
IV-3. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

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 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.



IV-4 : 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 :

$$T_{eq} = \frac{TJMA \times a[(1 + \tau)^n - 1]0.75P365}{(1 + \tau) - 1}$$

telle que:

T_{eq} : trafic équivalent par essieu de 13t.

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

a: coefficient qui dépend du nombre de voies.

τ : 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 T_{eq} , 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.

V-APPLICATION AU PROJET

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

METHODE CBR

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| ✓ Le trafic à l'horizon | $TJMA_{2037} = 25375 \text{ V/j}$ |
| ✓ Le pourcentage (%) des poids lourds | $PL = 10 \%$ |
| ✓ Taux d'accroissement annuel | $\tau = 4 \%$ |
| ✓ Indice CBR | 5 |
| ✓ La charge par roue (essieu) | $P = 6.5t$ |
| ✓ Log : logarithme décimal | |

$$TJMA_{2037} = 25375 \text{ v/j}$$

$$N = (0.10 \times 25375) / 2 \text{ PL/J/sens}$$

$$N = 1268.75 \text{ PL/J/sens}$$

Avec :

N : le nombre de camions par jour de plus 1.5t.

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1268.75}{10})}{5 + 5}$$

D'après les calculs on trouve :

$$e = 55.93 \text{ cm}$$

Avec :

$$e_{eq} = \sum_{i=1}^3 a_i x e_i = a_1 x e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$$

On prend: $e_{eq} = 56 \text{ cm}$

Telle que les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés sont :

- ✓ Couche de roulement BB $a_1=2.00$
- ✓ Couche de base GB $a_2= 1.50$
- ✓ Couche de fondation GC $a_3= 1.00$

Dans notre calcul on fixe la couche de roulement BB = 6 cm et la couche de base GB=16cm, puis on calcule l'épaisseur de la couche de fondation.

On a alors :

$$56 = 2 \times 6 + 1.5 \times 16 + 1 \times e_3$$

Donc :

$$e_3 = 56 - (12+24) / 1$$

D'où :

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

On à:

$$e_{eq} = 56 \text{ cm}$$

$$e_{reel} = 20 + 16 + 6 = 42 \text{ cm}$$

Remarque:

6BB+ 16 GB+ 20GC avec couche de forme (40cm en TUF).

Conclusion :

Après calcul et vérification de l'admissibilité des déformations à la base de la couche **GB** et du sol support, La structure de chaussée adoptée est la suivante :

- Couche de roulement : 6 cm en **BB**.
- Couche de base : 16 cm en **GB**.
- Couche de fondation : 20 cm en **GC**.
- Couche de forme : 40 cm en **TUF**.

METHODE DU CATALOGUE DES CHAUSSEES NEUVES « CTP »

❖ **Classement de la route dans les réseaux principaux :**

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

Réseau principale	Trafic (véhicule / jour)
RP1	> 1500
RP2	< 1500

Tableau III- 5 Les réseaux principaux

Notre projet est un tronçon de la nouvelle autoroute express qui reliera l'évitement de la ville d'**AZZAZGA** à la **RN71**, il est classé dans le réseau principale RP1.

$$TJMA_{2017} = 11581 \text{ v/j (à l'année de mise en service).}$$

❖ **Détermination de la classe du trafic :**

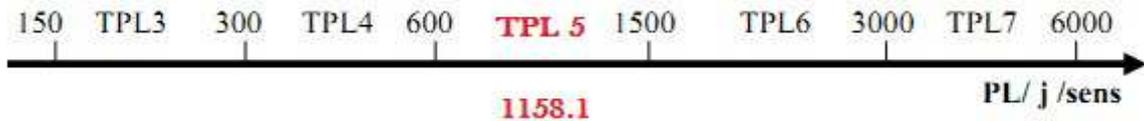
$$N_0 = 11581 \text{ v/j.}$$

$$N_{pl} = 11581 \times 10\% = 1158.1 \text{ pl/j.}$$

D'où :

$$TPL_i = 1158.1 \text{ PL/j}$$

➤ Classe TPLi pour RP1 :



D'après les résultats qu'on a trouvés, notre trafic est classé en TPL5 (entre 600 et 1500 PL).

❖ **Classe de portance du sol support :**

Elle est déterminée sur la base du module $E=5CBR$.

Avec :

$CBR=5$; $E=5 \times 5 = 25MPa$, la classe du sol support est S3 (tableau 2, page 11) [01].

❖ **Sur classement du sol support :**

Le passage de S3 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 40 cm en TUF en deux couches de 20cm pour chacune (tableau 5, page 13)[01].

❖ **Durée de vie :**

La durée de vie fixée par niveau de réseau principal RP1 et par matériaux types est synthétisée dans le tableau 4, page 13 [01].

- Alors la durée de vie est égale à **20 ans**.

❖ **Risque de calcul :**

Le risque de calcul (r %) adopté dans le dimensionnement de la structure est en fonction du trafic et du niveau de réseau principal, il est donné dans le tableau 5, page 14 [03].

- Alors soit : **r=10%**

❖ **Données climatiques :**

La région d'étude est située au nord d'Algérie, caractérisée par un climat très humide, d'une pluviométrie supérieure à 600 mm/an.

Alors d'après le tableau 7, page15 [03]. Notre projet est situé dans la **zone climatique I**.

❖ **Température équivalente :**

La valeur de température équivalente « θ_{eq} » retenue pour le calcul de dimensionnement est en fonction de la zone climatique, elle est donnée dans le tableau 8, page 15 [03].

Alors: $\theta_{eq} = 20 \text{ °C}$.

❖ **Valeur du coefficient d'agressivité :**

A : coefficient d'agressivité du poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

Il est défini dans le tableau 11, page 17[03]. Elle est en fonction du niveau de réseau principal.

Alors: **A=0.6**

❖ **conditions aux interfaces :**

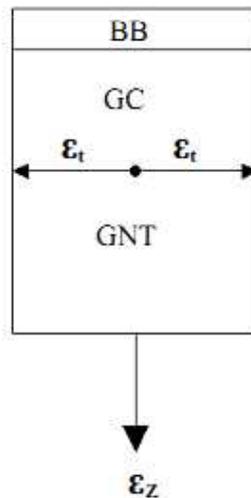
Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour le calcul des contraintes et déformation, elles sont en fonction du type de structure.

Et d'après le tableau 3, page 11 [03]: Toutes les interfaces sont **collées**.

❖ **Mode de fonctionnement pour le type de structure :**

ε_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ε_z : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.



❖ **Calcul du trafic cumulé de PL (TCi) :**

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il est donné par la formule suivante:

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}$$

Où :

τ : Taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement).

n : durée de vie considérée, ($n=20$ ans).

$$TPLi = TJMA_{2017} \times 0.10 \times 0.50 = 11581 \times 0.10 \times 0.50 = 579 \text{ PL/J/sens}$$

$$TCi = 579 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCi = 6.29 \times 10^6 \text{ PL /J/sens}$$

❖ **Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :**

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

$$TCEi = 579 \times 365 \times 0.6 \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCEi = 3.77 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$$

❖ **Calcul des déformations admissibles sur le sol support ($\epsilon_{z,ad}$) :**

La déformation verticale ϵ_z calculée par le modèle **Alizé III**, devra être limitée à une valeur admissible $\epsilon_{z,ad}$ qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante :

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (\text{TCEi})^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (3.77 \times 10^6)^{-0.235} = 626 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 626 \times 10^{-6}$$

Remarque :

- ✓ Pour chaque valeur de (**TPLi**), il correspond une valeur de $\epsilon_{z,ad}$.
- ✓ La vérification $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traité, car c'est le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.
- ✓ Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression sur sol support sera tellement faible que le critère $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$ sera pratiquement toujours vérifié.

❖ **Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses ($\epsilon_{t,ad}$) :**

$\epsilon_{t,ad}$ est donnée par la relation suivante:

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot \text{kne} \cdot \text{k}\theta \cdot \text{kr} \cdot \text{Kc}$$

Où :

- ✓ $\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz})$: déformation limite au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).
- ✓ **kne** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- ✓ **k θ** : facteur lié à la température.
- ✓ **kr** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- ✓ **kc**:facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussées.

Avec :

$$\text{kne} = \left(\frac{\text{TCEi}}{10^6}\right)^b ; \quad \text{k}\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} ; \quad \text{kr} = 10^{-\text{tb}\delta}$$

D'où :

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot \left(\frac{\text{TCEi}}{10^6}\right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} \cdot 10^{-tb\delta} \text{ kc}$$

Avec :

- ✓ **TCEi**: trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur durée de vie considérée.
- ✓ **b** : pente de droite de fatigue ($b < 0$).
- ✓ **E (10°C)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- ✓ **E (θeq)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.

δ : f (dispersion)  $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}$

Telle que :

- ✓ SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- ✓ Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- ✓ c : coefficient égal à 0.02
- ✓ t : fractale de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

➤ **D'après le tableau 13, page 18[01]:**

- ✓ $\varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) = 100 \times 10^{-6}$: (déformation sous la grave bitume).
- ✓ **b = -0.146** : $\left(-\frac{1}{b} = 6.84 \Rightarrow b = -\frac{1}{6.84} \Rightarrow b = -0.146\right)$.
- ✓ $E (10^\circ\text{C}, 10\text{Hz}) = 12500 \text{ MPa}$; $E (\theta_{eq}, 10\text{Hz}) = 7000 \text{ MPa}$.
- ✓ SN = 0.45 (GB).
- ✓ Sh = 3 cm (GB).
- ✓ Kc = 1.3 (GB).
- ✓ $kne = \left(\frac{3.77 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.823$ avec: $-\frac{1}{b} = 6.84 \Rightarrow b = -0.146$

 **kne = 0.823**

$$\checkmark k\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.336$$

➔ **kθ = 1.336**

➤ D'après le tableau 16, page 20 [01] :

$$t = -1.282 : (r = 10 \%).$$

$$\delta = \sqrt{(0.45)^2 + \left(-\frac{0.02}{0.146} \times 3\right)^2} = 0.609$$

➔ **δ = 0.609**

$$\checkmark k_r = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.609} = 0.769$$

➔ **Kr = 0.769**

D'où:

$$\varepsilon_{t,ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.823 \times 1.336 \times 0.769 \times 1.3 = 111 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 111 \times 10^{-6}$$

➤ **Présentation de logiciel ALIZE III**

ALIZE III est un programme issu du laboratoire central des ponts et chaussées en France (PARIS 1975) il permet de déterminer à partir d'un model multicouche élastique fondé sur l'hypothèse de BURMISTER. Les contraintes et les déformations $\bar{\sigma}_t, \varepsilon_z, \bar{\sigma}_z$, aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan. La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une symétrie de révolution. Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

Avec les données citées plus haut, et une classe de sol S2, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 3 préconise une structure de :

6 BB+20 GB+30 GNT+ 40 TUF (page 13)[03].

La modélisation de la structure est donnée dans le tableau suivant :

	e (cm)	E (MPa)	ρ
Couche de roulement en BB	6	4000	0.35
Couche de base en GB	20	7000	0.35
Couche de fondation en GNT	15	500	0.25
	15	500	0.25
Couche de forme	20	500	0.25
	20	500	0.25
Sol support	infinie	25	0.35

Tableau III.6 : Modélisation de la structure

Les résultats de calculs :

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0 collé	0,350	0,000	34,7	0,297	31,9	0,660
			0,060	17,5	0,255	70,9	0,606
0,200	7000,0 collé	0,350	0,060	17,5	0,427	30,4	0,606
			0,260	-62,1	-0,547	60,1	0,074
0,150	500,0 collé	0,250	0,260	-0,013	156,3	0,074	
			0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
0,150	500,0 collé	0,250	0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
			0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
0,200	500,0 collé	0,250	0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
			0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
0,200	500,0 collé	0,250	0,760	-0,027	48,6	0,011	
			0,960	-69,4	-0,044	52,6	0,004
infini	25,0	0,350	0,960	-69,4	0,000	183,4	0,004

Tableau III .7 : Résultats écran ALIZE III

Résultats de simulation :

	$\epsilon_z(\text{sol support})$	$\epsilon_t(\text{à la base de la GB})$
Déformations calculées ALIZE III	$183,4 * 10^{-6}$	$62,1 * 10^{-6}$
Déformations admissibles	$626 * 10^{-6}$	$111 * 10^{-6}$

Tableau III .8 : Résultats de simulation

➤ La structure 6BB + 20GB + 30GNT + 40TUF est donc vérifiée puisque :

$$\epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$$

$$\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$$

Conclusion :

L'épaisseur du corps de chaussée obtenue avec la méthode du catalogue des structures est plus importante que celle calculée avec la méthode CBR

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussées neuves étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- Elle fait appel aux spécificités géologique et climatique du pays
- Elle tient compte des ressources en matériaux disponible pour chaque région
- Elle donne ainsi la possibilité au projeteur de faire un choix entre plusieurs variantes de structures de dimensionnement, selon les données technico-économique locales et régionales relatives au projet.

I- INTRODUCTION

Le logiciel piste développé par la DTITM Direction Technique Infrastructures de Transports et Matériaux (ex SETRA Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements) est l'un des logiciels les plus utilisés dans la conception routière depuis près de 25 ans. Il est basé sur la méthode française de conception géométrique des routes à partir des éléments connus :

- Axe en Plan noté AP
- Profil en long noté PL
- Profils en travers noté PT

L'utilisation de ce logiciel suppose connue les normes géométriques de conception routière telles que :

- Aménagement des routes principales ou ARP
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines ou ICTAVRU
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison ou ICTAAL

II- PRESENTATION DU LOGICIEL PISTE +5

❖ L'interface utilisateur :

L'évolution du logiciel a donné une interface plus souple et plus fiable aux utilisateurs. Piste 5 travaille sous Windows et son interface est organisée autour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions.

III- ORGANISATION DE L'APPLICATION

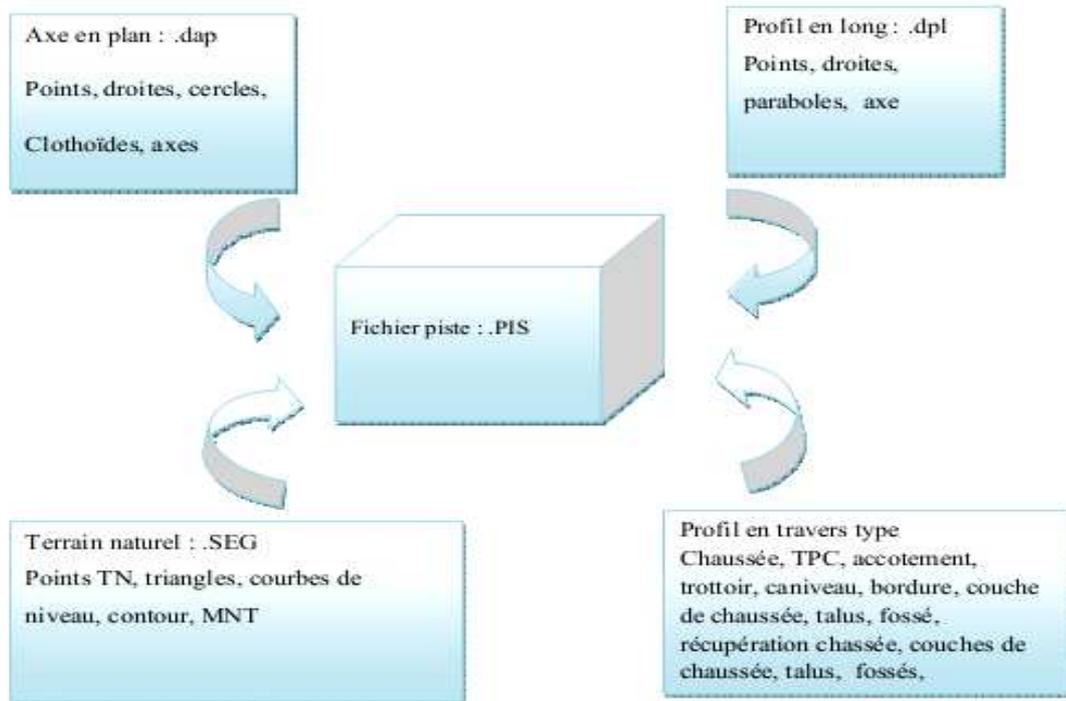
❖ Un projet piste :

Un projet au sens de Piste 5 est constitué par un fichier principal appelé fichier Piste. Ce fichier est organisé par profils en travers, contient toutes les informations nécessaires à l'étude. Il est reconnu par l'extension .PIS qui est associé à un ensemble de fichiers dont le nombre peut varier en fonction des données qu'il contient :

- ✓ **PIS**: Données transversales (tabulation, lieu géométrique, décalages, lignes projet terrain naturel, assise, forme et base).
- ✓ **PTG** : Profils en travers géologiques.
- ✓ **APL** : Eléments de l'axe en plan et zones de variation de dévers.
- ✓ **PEL** : Eléments du profil en long.
- ✓ **PLG** : Profil en long géologique.
- ✓ **PER** : Perspectives.

NB : Ces fichiers sont indissociables et correspondent à un seul projet piste.

Le schéma suivant résume l'interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste 5.



❖ Description du fichier piste :

❖ Organisation :

Le fichier Piste est organisé par profils en travers le long d'un axe réel ou fictif. Nous serons donc amenés à créer un fichier Piste pour chacun des axes de notre projet.

❖ Contenu :

Chaque profil en travers est défini par son abscisse curviligne (c'est la seule donnée obligatoire, le numéro du profil n'est que le numéro d'ordre du profil dans le fichier).

❖ Terrain naturel :

Le terrain naturel est défini par 40 points maximum par profil pouvant être éventuellement complétés par le positionnement de segments de chaussée existante (projets de renforcement).

Le terrain naturel n'est donc connu dans Piste 5 que par les profils en travers terrain. Le profil en long terrain étant déterminé automatiquement par l'ensemble des cotes terrain à l'axe.

La prise en compte du terrain dans un projet Piste consiste donc, à partir des données terrain disponibles, à générer les différents profils en travers terrain.

❖ **Projet :**

Le profil projet est constitué de 1 à 4 lignes de 40 points maximum chacune.

➤ **Projet :** ligne supérieure du projet

➤ **Assise :** ligne de fond de forme permettant de déterminer les quantités de terrassement

➤ **Forme :** ligne intermédiaire délimitant une première couche de la structure

➤ **Base :** ligne intermédiaire délimitant une seconde couche de la structure

Le nombre de lignes à définir dépend de la nature du projet et de la décomposition désirée du corps de chaussée.

IV- CREATION D'UN PROJET

L'initialisation d'un projet Piste peut s'effectuer de trois façons différentes :

❖ **A partir d'un axe en plan (tabulation) :**

Une fois l'axe en plan calculé, les profils en travers peuvent être déterminés de trois façons :

- Zones d'équidistance
- Abscisses imposées
- Profils de tangence

La tabulation crée dans le fichier Piste un profil en travers pour chaque abscisse ainsi définie et calcule, à partir de l'axe en plan choisi, son lieu géométrique.

Cette méthode « classique » est essentiellement utilisée pour les projets dont on désire imposer l'axe en plan (projets neufs et réhabilitation avec amélioration des caractéristiques géométriques).

❖ **Par importation directe des profils :**

Trois types de fichiers de profils peuvent être importés par cette méthode :

a- Numéro et abscisse :

Pour chaque profil, seule est connue l'abscisse curviligne. Le lieu géométrique est donc positionné automatiquement le long d'une droite fictive située sur l'axe des X.

Ce type de fichier est utilisé lorsque le lieu géométrique n'a pas à être connu (renforcement sur l'axe existant) ou pour mettre en place des profils à des abscisses quelconques connues.

b- Numéro, X, Y et cote projet éventuellement :

Dans ce type de fichier, l'abscisse de chaque profil n'est pas connue. Elle est donc déterminée automatiquement par Piste 5 au moyen d'un lissage cubique.

Les profils levés doivent donc l'être judicieusement et régulièrement pour obtenir un bon calcul de l'abscisse de chaque profil.

Ce type de fichier est utilisé principalement dans les projets de renforcement respectant largement l'axe existant.

c- Numéro, abscisse, X, Y, cote projet et angle éventuellement :

Ce type de fichier comporte l'intégralité des données nécessaires à la définition des profils mais il est coûteux à générer et peut présenter des problèmes de cohérence des données entre elles. Il est donc de ce fait très peu utilisé.

NB : Chaque profil peut être complété par les données du profil en travers terrain.

❖ A partir d'un profil en long (tabulation) :

Une fois le profil en long calculé, les profils en travers peuvent être déterminés de trois façons :

- ✓ Zones d'équidistance
- ✓ Abscisses imposées
- ✓ Profils de tangence.

V- CONCEPTION PLANE

Le module de conception plane permet la mise au point et le calcul de la projection horizontale des axes d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures. Le module de conception plane offre les fonctionnalités suivantes :

- ❖ Définition d'éléments de base (points, distances, angles, tables de raccordement).
 - ❖ Calcul d'éléments géométriques (cercles et droites) et d'éléments de liaison (clothoïde, courbes en S, courbes en C et courbes à sommet).
 - ❖ Calcul d'axes en plan définis par l'assemblage d'éléments préalablement définis et définition de leurs options de tabulation.
 - ❖ Création pour chacun des axes d'un projet (fichier Piste) par la mise en place des profils en travers lors d'une tabulation.
 - ❖ Calcul de déport d'axe facilitant l'étude d'équilibrage de chaussée.
 - ❖ Impression des résultats à l'écran, sur imprimante ou dans un fichier.

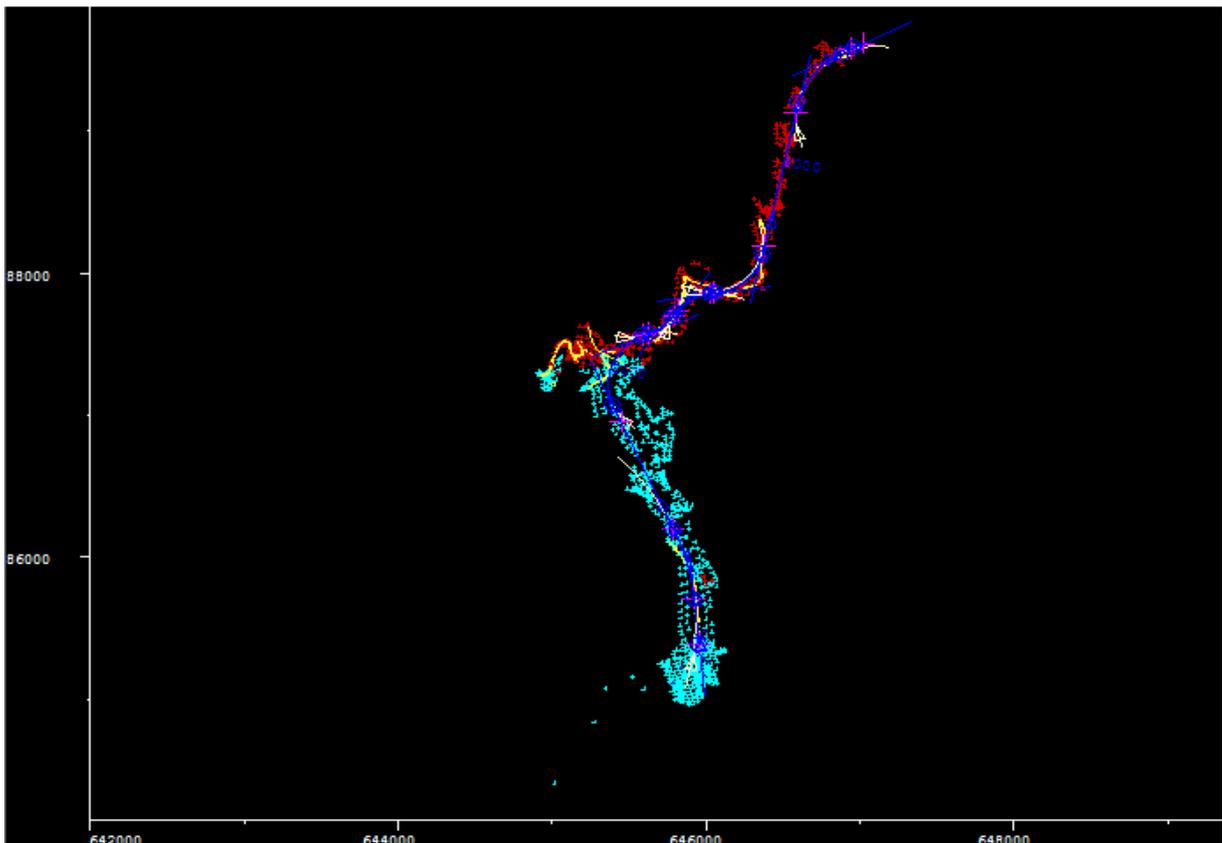


Figure IV .1 conception axe en plan

VI-CONCEPTION LONGITUDINALE

Le module de conception longitudinale permet la mise au point et le calcul de la coupe verticale de l'axe en plan d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures.

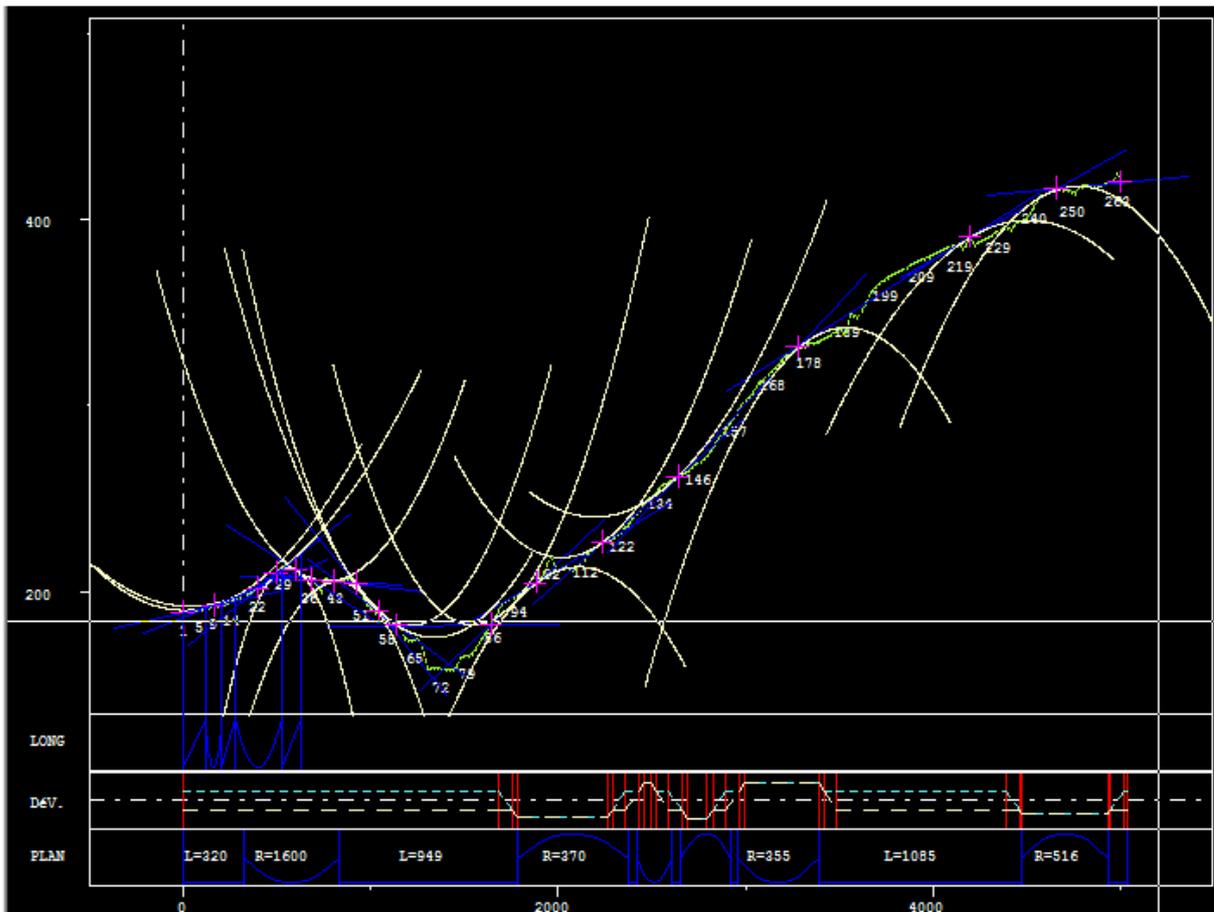


Figure IV.2 profil en long

Le module de conception longitudinale offre les fonctionnalités suivantes :

- Définition et calcul d'éléments géométriques : points, rayons, pentes, paraboles et droites.
- Calcul d'un profil en long défini par l'assemblage d'éléments géométriques préalablement définis ou de sections de courbes cubiques définies par des points de passage.
- Mise à jour des cotes projet au droit de l'axe ou définition et calcul d'une tabulation déterminant la mise en place des profils en travers.

- Calcul de déports d'axe facilitant l'étude de rééquilibrage de chaussées.
- Définition d'un axe en mode interactif.

VII- CONCEPTION TRANSVERSALE

La gestion du terrain naturel, le calcul des dévers ainsi que le calcul des profils projet font partie du module de conception transversale. Ce module regroupe les fonctions liées à un fichier Piste existant qui doit être sélectionné à l'entrée.

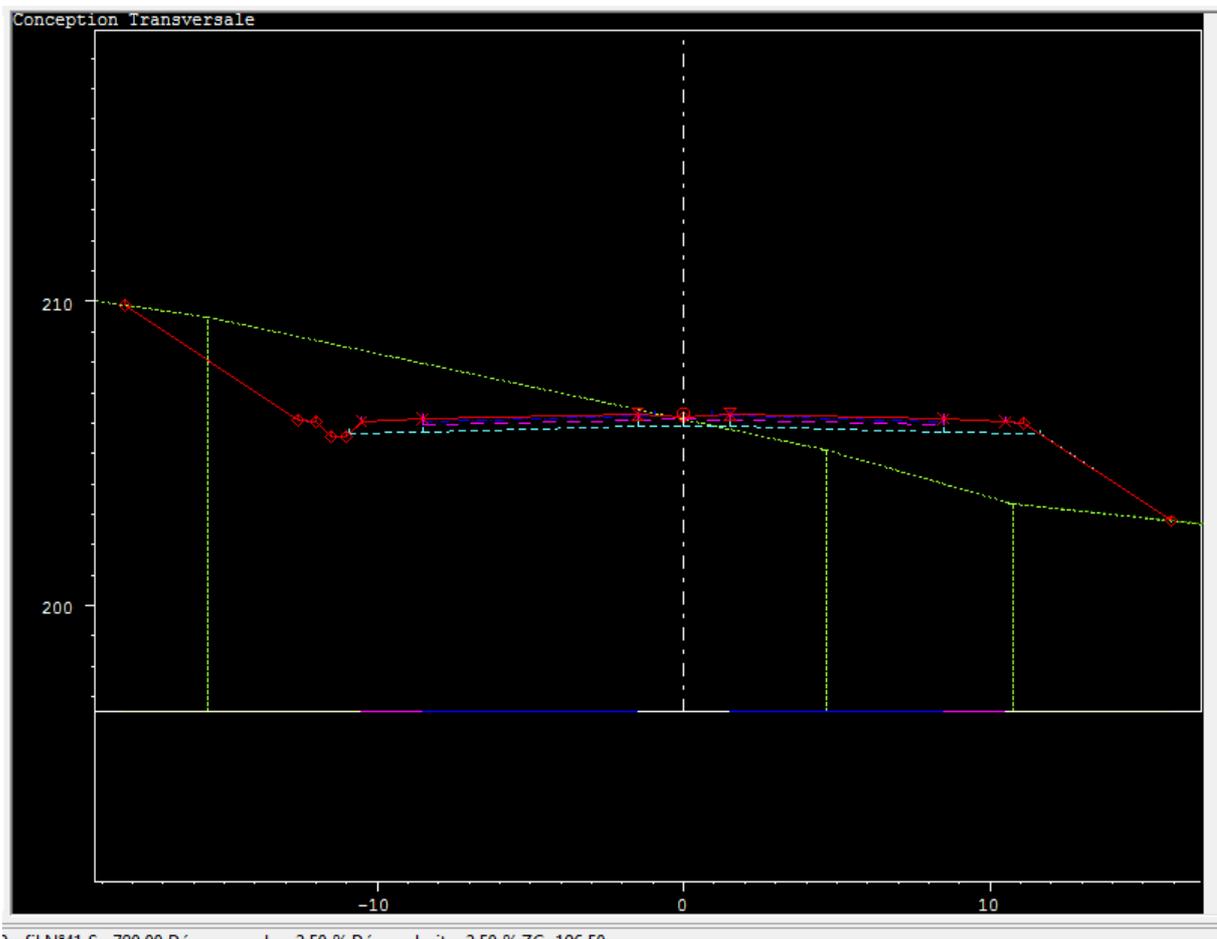


Figure IV. 3 :profil en travers

VIII- PROFIL PROJET

Ce module a pour objet :

- ✓ La définition des profils en travers type
- ✓ L'optimisation du profil en long en cas de récupération de la chaussée existante
- ✓ Le calcul des profils en travers projet

Il est organisé autour d'une boîte de dialogue permettant par divers boutons d'accéder aux différentes fonctions.

➤ **Profils types :**

La construction d'un profil type consiste à décrire seulement les éléments constitutifs d'un demi-profil à droite d'un axe fictif (de la gauche vers la droite : terre-plein central, chaussée, accotements et talus). Mais, bien entendu, ce demi-profil type pourra être appliqué indifféremment à gauche ou à droite de l'axe au moment du calcul.

Un profil type est constitué de segments définis par leur longueur horizontale et leur pente signée.

Les profils type sont stockés dans un fichier (portant l'extension .TYP) qui peut être commun à plusieurs projets. Il peut contenir un maximum de 700 profils type.

1. Définition d'un profil type :

Un profil en travers type est défini grâce à une saisie de paramètres se trouvant dans différentes boîtes de dialogue accessibles par les boutons plate-forme, déblai, remblai, assise, forme, base, et récupération de chaussée.

Le profil type en cours est visualisé dans la fenêtre graphique.

La touche Entrée permet de basculer la visualisation (déblai, remblai, déblai/remblai).

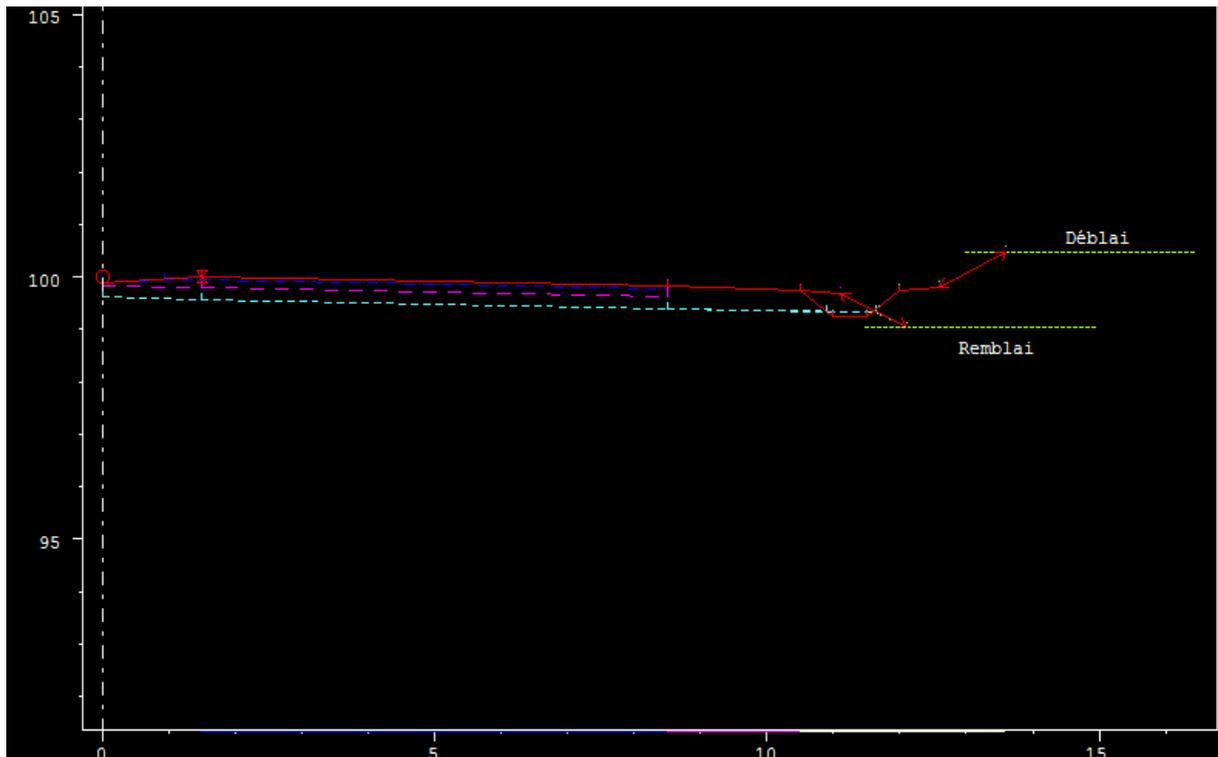


Figure IV.4 : profil en travers type

2. Fonctionnement :

Le module de conception transversale est organisé autour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions.

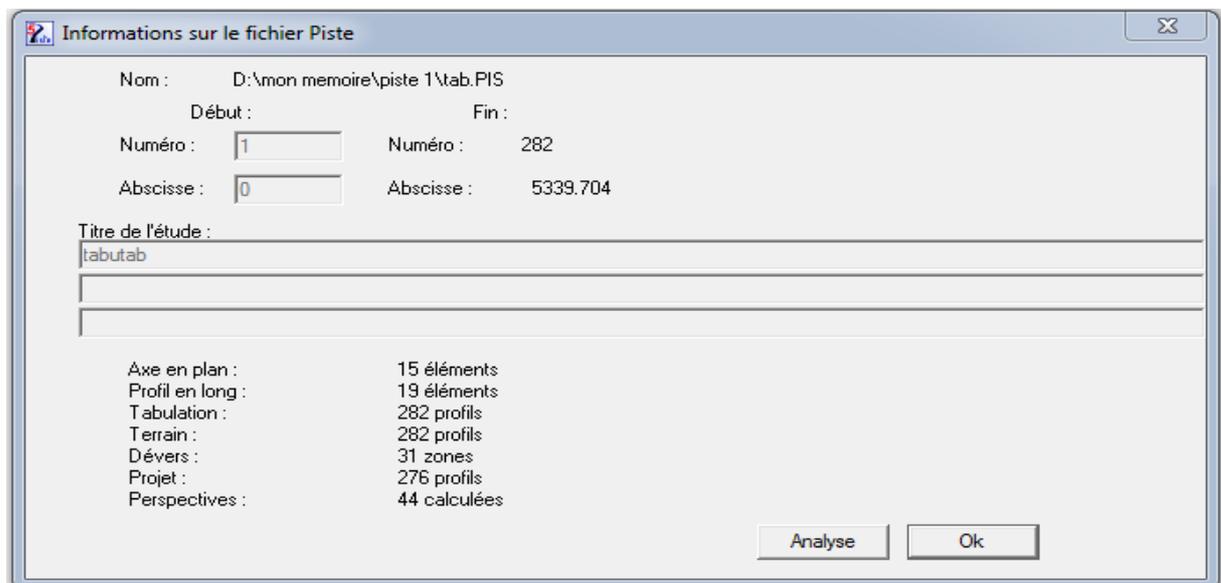


Figure IV.5 : fenêtre d'information

3. Positionnement dans le programme :

On peut accéder à ce module dès qu'on a créé le fichier Piste pour le compléter, le visualiser ou exécuter des sorties.

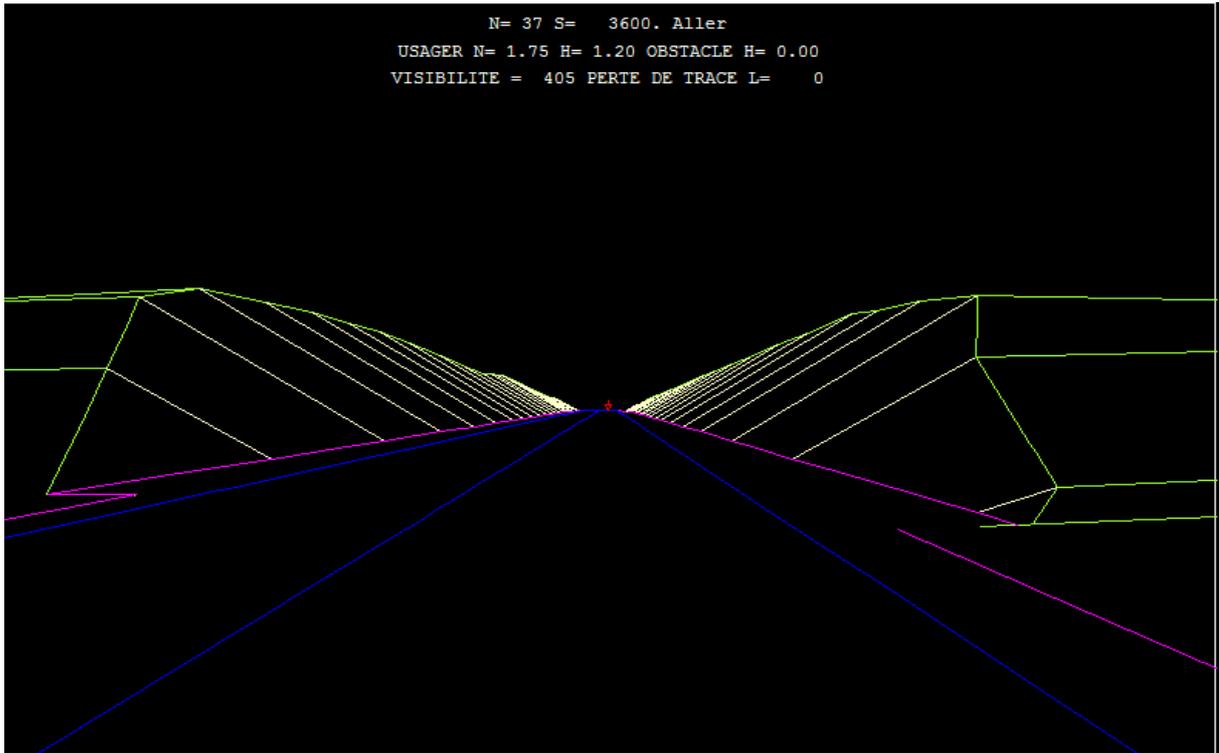


Figure IV .6 : perspective

4. Dévers :

Ce module a pour but de déterminer pour chaque profil les pentes transversales des demi-chaussées gauche et droite.

EDITION DES POINTS DE CHANGEMENTS DE DEVERS

Abscisse Début : 0.00 Fin : 5339.70
Page affichée : 1 / 2

N°	Abscisse	D gauche	D droit	N°	Abscisse	D gauche	D droit
1	0.00	2.50	-2.50	13	2658.94	-2.50	-2.50
2	1683.88	2.50	-2.50	14	2689.46	-4.68	-4.68
3	1753.88	-2.50	-2.50	15	2796.33	-4.68	-4.68
4	1781.74	-4.49	-4.49	16	2826.85	-2.50	-2.50
5	2260.61	-4.49	-4.49	17	2896.85	2.50	-2.50
6	2288.47	-2.50	-2.50	18	2966.85	2.50	2.50
7	2358.47	2.50	-2.50	19	2997.37	4.68	4.68
8	2428.47	2.50	2.50	20	3387.86	4.68	4.68
9	2456.33	4.49	4.49	21	3418.38	2.50	2.50
10	2491.08	4.49	4.49	22	3488.38	2.50	-2.50
11	2518.94	2.50	2.50	23	4392.91	2.50	-2.50
12	2588.94	2.50	-2.50	24	4462.91	-2.50	-2.50

Commande : 0.00 2.50 -2.50

Figure IV.7 :Calcul

Il est organisé autour de l'éditeur des points de changement de dévers et les différentes options sont accessibles grâce à un enchaînement de menus déroulants.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons essayé de présenter les grands points du logiciel piste 5. Les détails de l'utilisation de piste 5 seront présentés dans le chapitre consacré à l'étude géométrique de notre projet.

I-INTRODUCTION

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain.

Les caractéristiques du tracé doivent assurer les conditions de confort, de stabilité et la condition optique. Ces conditions sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et la rugosité de la chaussée assurée par la couche de roulement.

I-1-Normes et paramètres fondamentaux

Tout projet routier est dimensionné conformément aux recommandations des normes techniques en vigueur. Ainsi notre projet sera dimensionné conformément aux normes algériennes d'aménagement des routes(B40).

Notre route, selon son utilité publique jugée capitale et vis-à-vis sa situation géographique (elle relie deux axes principaux ; RN12 et L'Autoroute Est-Ouest), est classée en catégorie C1.

Elle se situe dans un environnement E2 caractérisé par une faible sinuosité et un relief vallonné.

Les rayons indiqués dans les normes B40 sont en fonction de la vitesse de base, la catégorie et le sens de circulation. En considérant $VB=80\text{km/h}$, un sens de circulation unidirectionnel nous obtenons les rayons indiqués dans les tableaux suivants :

II- TRACE EN PLAN

II-1-Définition :

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la *vitesse de référence* appelée ainsi *vitesse de base* qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part ; elle se fait à l'aide de Clothilde qui assure un raccordement progressif par nécessiter de sécurité et de confort des usagers de la route.

II-2- Règles à respecter dans le tracé en plan :

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

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.
- Eviter les sites qui sont portés a des problèmes géologiques.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10m.
- Appliquer les normes du B40 et d'ICTAAL si c'est possible

II-3- Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

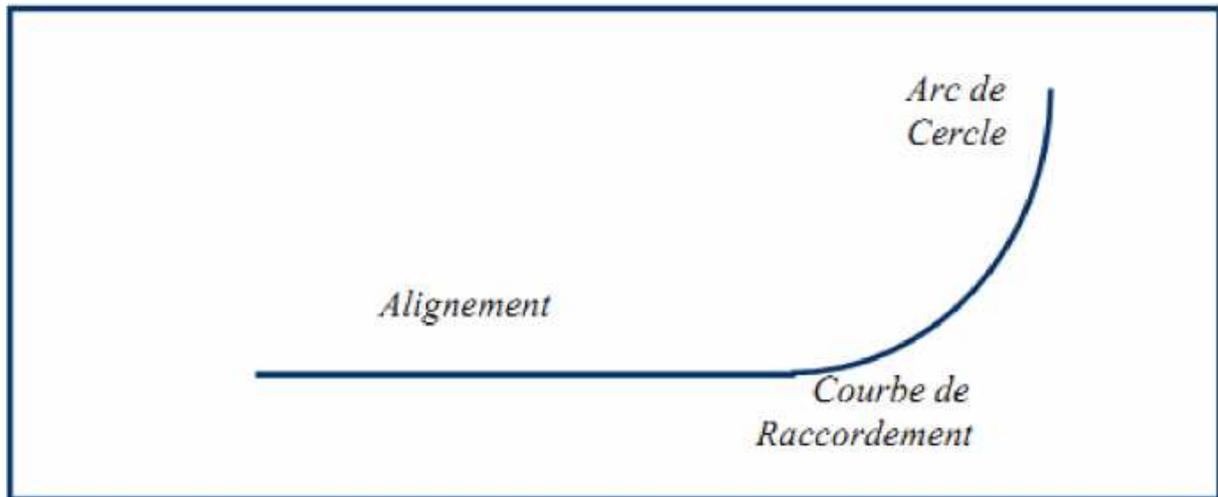


Figure V. 1 : Schéma des éléments du tracé en plan.

II-3-1- Les alignements :

Les alignements droits sont, en premier, définis par la disposition générale du tracé et serviront généralement de bases à la détermination des autres éléments (cercles, lithoïdes).

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

✓ Les Avantages :

- ❖ L'alignement droit c'est le plus court chemin.
- ❖ Bonne conditions de visibilité.
- ❖ Construction facile.
- ❖ Absence de la force centrifuge.
- ❖ Facilités de dépassement.

✓ Les inconvénients :

- ❖ Eblouissement causé par les phares.
- ❖ Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents .
- ❖ Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- ❖ Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Ce qui nous amène à dire que la longueur des alignements dépend de :

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

II-3-1-1- Les règles des alignements:

Une longueur minimale d'alignement L_{min} devra séparer deux courbes Circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance Parcourue pendant 5 secondes à la vitesses maximale permise par la Plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes Circulaires sont raccordées par une courbe en C ou Ove.

$$L_{\min}=t.v$$

Avec: $t=5$ seconde

$v=$ Vitesse du véhicule (m/s)

$$L_{\min} = 5V = \frac{5}{3.6} V_B$$

Avec: $V_B=80$ Km/h vitesse de base.

$$L_{\min}=5 V \quad \text{Avec: } V \text{ en(m/s)}$$

La longueur maximale L_{\max} est prise égale à la distance parcourue Pendant 60 secondes.

$$L_{\max}=60 V \quad \text{Avec: } V \text{ en(m/s)}$$

II-3-2- Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- ✓ La stabilité des véhicules.
- ✓ L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- ✓ La visibilité en courbe.

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

II-3-2-1- Stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons d'où on a recours à augmenter le rayon.

D'où la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

a- Rayon horizontal minimal absolu :

C'est le rayon qui assure la stabilité des véhicules à la vitesse de référence lorsqu'il est associé au dévers maximal, il est défini pour un dévers maximal de 7%.

$$RH_{min} = \frac{VB^2}{127(ft + dmax)}$$

ft : Coefficient de frottement transversal.

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

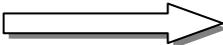
b-Rayon minimal normal :

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

$$RHN = \frac{(VB + 20)^2}{127(ft + dmax)}$$

c) Rayon au dévers minimal :

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

- Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$  Catégorie 1-2
- Dévers associé $d_{min} = 3\%$  Catégorie 3-4-5

$$RHd = \frac{VB^2}{127 \times 2 \times dmin}$$

d- Rayon minimal non déversé :

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

$$RHnd = \frac{(VB)^2}{127 \times 0.035} \quad \Rightarrow \quad \text{Catégorie 1-2}$$

$$RHnd = \frac{(VB)^2}{127(f'' - 0.03)} \quad \Rightarrow \quad \text{Catégories 3-4-5}$$

Avec :

$$f'' = 0.06 \quad \Rightarrow \quad \text{Catégorie 1-2}$$

$$f'' = 0.07 \quad \Rightarrow \quad \text{Catégorie 3}$$

$$f'' = 0.075 \quad \Rightarrow \quad \text{Catégorie 4-5}$$

II-3-2-2-APPLICATION AU PROJET

Notre projet est classé dans la catégorie 2 (C2), situé dans un environnement 2 (E2) avec une vitesse de base de **80 km/h**.

donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

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

Tableau V.1: rayons du tracé en plan

e)- Sur largeur:

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

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

R : rayon de l'axe de la route.

II.3.3. Les Courbes De Raccordement :

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

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

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

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

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

II.3.3.2. Types De Courbe De Raccordement :

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

- ✓ Parabole cubique
- ✓ Lemniscate
- ✓ Clothoïde

a)-Parabole cubique :

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

b) Lemniscate :

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

c) Clothoïde :

c-1-définition: La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

c-2- Choix de la Clothoïde :

La Clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans notre étude pour les avantages suivants :

- ✓ La courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur d'arc.
- ✓ La Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale.
- ✓ La variation constante de la courbure de la Clothoïde correspond pour le conducteur à une rotation constante de son volant.
- ✓ La Clothoïde satisfait également les exigences esthétiques et de confort optique, si elle est bien choisie.

c-3- Expression mathématique de la clothoïde :

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

$$K = C \cdot L$$

Pour l'homogénéité de la formule, on pose :

$$\frac{1}{C} = A^2$$

Alors:

$$K = \frac{1}{R} \Rightarrow L.R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C.L$$

On à :

L'équation fondamentale: $L \cdot R = A^2$

Avec :

R : Rayon du cercle.

L : longueur de la branche de clothoïde.

A : Paramètre de la clothoïde.

c-4- Les éléments de la Clothoïde:

Sur la figure ci-dessous, nous présentons les différents éléments de la clothoïde.

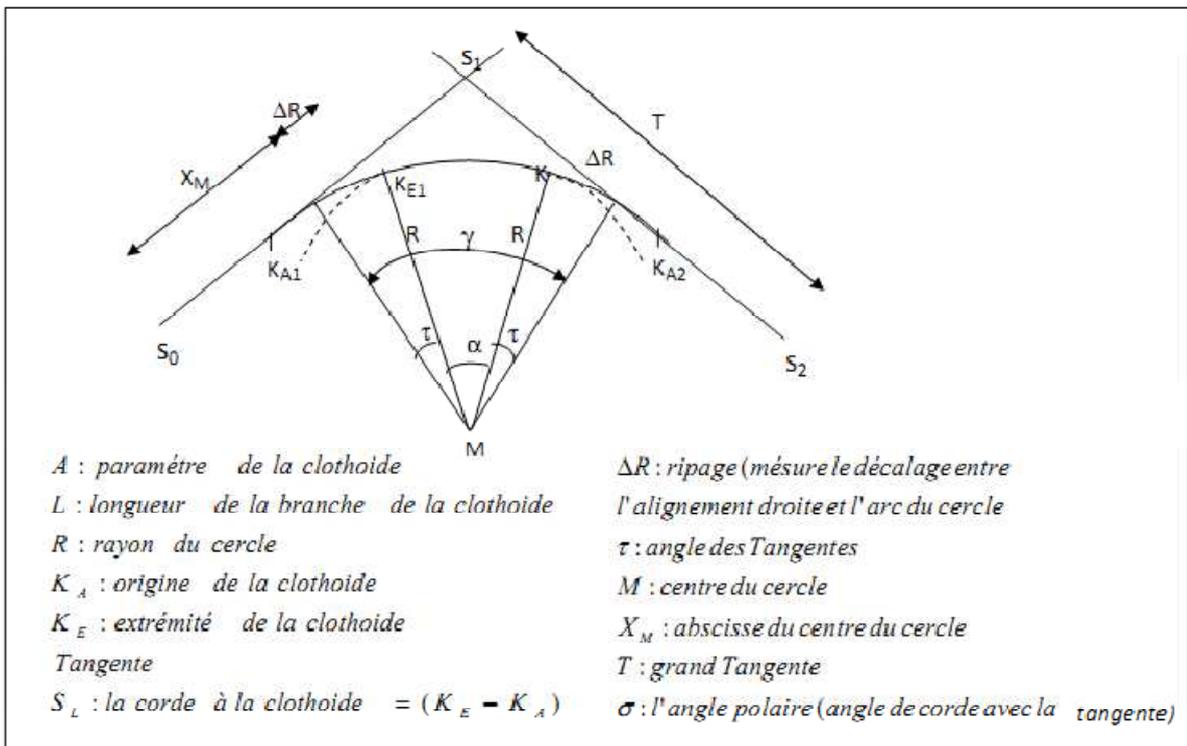


Figure V-2- Les différents éléments de la clothoïde

II.4. LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT

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

a) *Condition de confort optique :*

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

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

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

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

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

Règle générale (B40) :

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

$$Lr1 = \sqrt{24R\Delta R}$$

❖ $1500 < R \leq 5000m$

$$Lr1 = \frac{R}{9}$$

❖ $R > 5000m$, $\Delta R = 2.5m$

$$Lr1 = 7.75\sqrt{R}$$

b) *Condition de confort dynamique :*

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

Avec:

$$Lr2 = \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127xR} - \Delta d \right)$$

V_r : vitesse de référence (km/h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

c) Condition de gauchissement :

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

$$L_{r3} \geq \frac{(l \cdot \Delta d \cdot V_r)}{50}$$

L_{r3} : longueur de raccordement.

l : distance axe de rotation –bord de chaussée.

Δd : variation de dévers ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$) en %.

V_r : vitesse de référence (km/h).

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

Cette variation est limitée à **2%**.

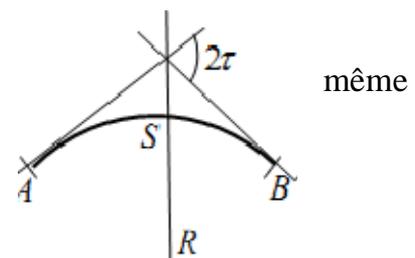
$$L \geq \frac{(5 \cdot \Delta d \cdot V_r)}{36}$$

II.5. COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN

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

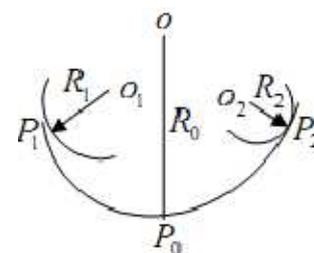
a) Courbe à sommet :

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



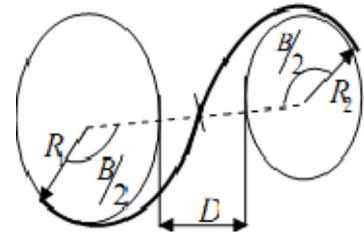
b) Courbe en C :

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



Courbe en S :

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



c) Courbe en Ove:

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

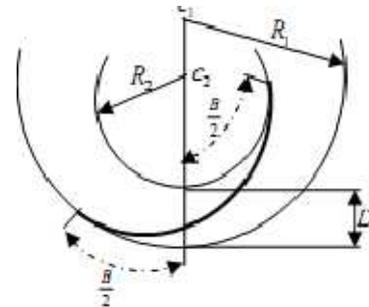


Figure V.3 : Les différents types de courbes du tracé en plan

II.6. NOTION DE DEVERS

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

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

a) Devers en alignement :

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à: **dmin =2.5%**

b) Devers en courbe :

En courbe permet de :

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

c) Rayon de courbure

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

d) Calcul des devers :

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

e) Raccordement de devers :

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

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

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

$$D_{\min} = \frac{5}{36} \times V_r \Delta d$$

Appelée longueur de gauchissement.

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

II. 7. PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :

<i>Paramètres</i>	<i>Symboles</i>	<i>Valeurs</i>
<i>Vitesse (km/h)</i>	<i>V</i>	<i>80</i>
<i>Longueur minimale (m)</i>	<i>Lmin</i>	<i>112</i>
<i>Longueur maximale (m)</i>	<i>Lmax</i>	<i>1333</i>
<i>Devers minimal (%)</i>	<i>dmin</i>	<i>2.5%</i>
<i>Devers maximal (%)</i>	<i>dmax</i>	<i>7%</i>
<i>Temps de perception réaction (s)</i>	<i>t₁</i>	<i>2</i>
<i>Frottement longitudinal</i>	<i>f_L</i>	<i>0.39</i>
<i>Frottement transversal</i>	<i>f_t</i>	<i>0.13</i>
<i>Distance de freinage (m)</i>	<i>d₀</i>	<i>65</i>
<i>Distance d'arrêt (m)</i>	<i>d₁</i>	<i>109</i>
<i>Distance de visibilité de dépassement minimale (m)</i>	<i>d_m</i>	<i>325</i>
<i>Distance de visibilité de dépassement normale (m)</i>	<i>d_N</i>	<i>500</i>
<i>Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)</i>	<i>dMd</i>	<i>200</i>
<i>RHm (m) (d'associe %)</i>	<i>RHm</i>	<i>250(7%)</i>
<i>RHN (m) (d'associe %)</i>	<i>RHN</i>	<i>450(5%)</i>
<i>RHd (m) (d'associe %)</i>	<i>RHd</i>	<i>1000(2.5%)</i>

<i>RHnd (m) (d'associe %)</i>	<i>RHnd</i>	<i>1400(-2.5%)</i>
-------------------------------	-------------	--------------------

Tableau V. 2: Paramètres fondamentaux du tracé en plan.

II-7- APPLICATION AU PROJET

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel piste. A travers ce paragraphe nous expliquerons le fonctionnement du logiciel piste5.

1- Construction du terrain :

Pour représenter le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaines opérations :

Copier toutes les coordonnées x,y,z de l'Excel \Rightarrow tous les programmes \Rightarrow

Accessories: Word pad \Rightarrow Edition \Rightarrow Collage special \Rightarrow

Texte non formaté \Rightarrow Ok.

Enregistrer sous \Rightarrow forma type : MS DOS \Rightarrow Nom : levé .xyz

Piste \Rightarrow Fichier \Rightarrow Nouveau \Rightarrow Fond de plan TPL (seg) \Rightarrow Ok.

Enregistrer \Rightarrow Nom : ... \Rightarrow Ok \Rightarrow Ok.

Fichier \Rightarrow lire (levé.xyz).

On obtient alors le nuage de point suivant :

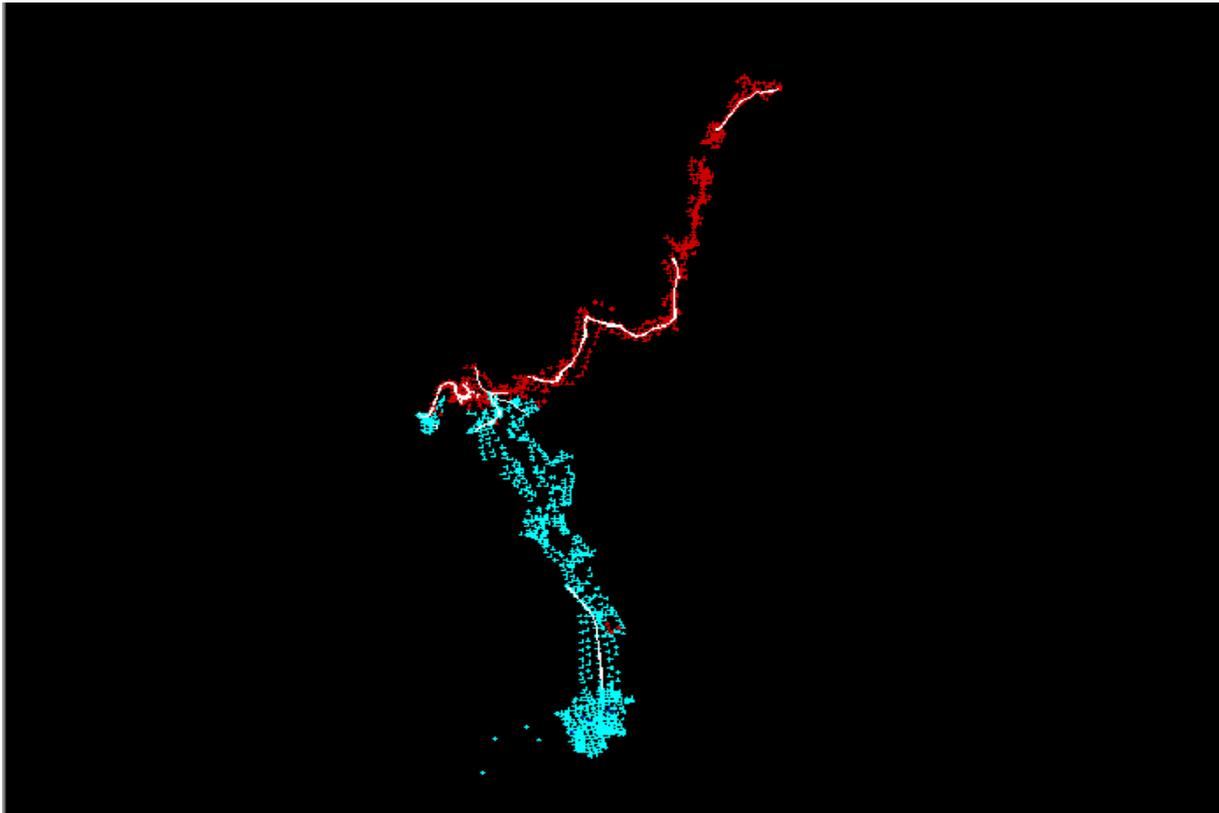


Figure. V.4: Nuage de point

Nota :

avant d'entrée dans ce répertoire (longitudinale), il faut ouvrir le fichier.**Seg** où encore suivre les étapes suivantes :

Fond de plan \implies Ouvrir (votre fichier.Seg).

Fond de plan TP \implies Calcul \implies Trianguler.

Calcul \implies Courbe (choisir valeur de Pas (ex : 2m) \implies Ok.

Calcul \implies Interpoler (il faut que le nombre de profils terrain soit n sur n, par exemple 48 profils terrain sur 48 ne pas, 48 sur 50).

Calcul \implies haut bas.

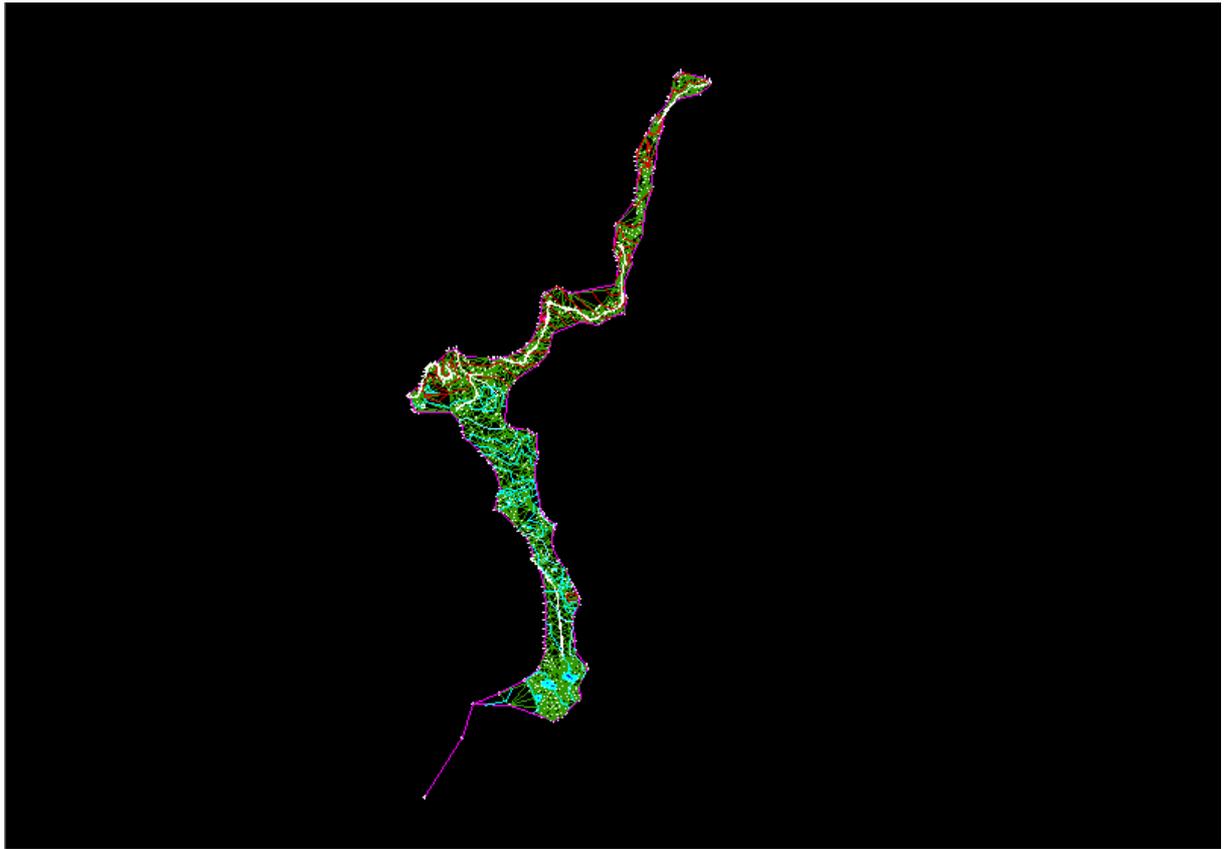


Figure. V.5 : Triangulation et calcul de courbes de niveau

2- Construction des éléments de l'axe :

Fichier \Rightarrow Nouveau \Rightarrow Conception plane (dap) \Rightarrow (créer un fichier.DAP) \Rightarrow Ouvrir le Fond de plan.

Dessiner l'axe en plan (par ordre) :

❖ Les points :

Point \Rightarrow nom d'élément \Rightarrow POI P1 \Rightarrow Saisir POI P1 \Rightarrow exécuté ou graphiquement, ou point terrain

❖ Les droites :

Droite \Rightarrow nom d'élément \Rightarrow D1 P1 P2 (entre 2 points).

❖ Les liaisons :

Distance \Rightarrow nom d'élément (A1)

Distance \Rightarrow nom d'élément (R1)

Liaison \Rightarrow nom d'élément (L1) \Rightarrow Droite (entre deux droites) \Rightarrow

Paramètre : Distance (A1) \Rightarrow Distance (R1) \Rightarrow exécuté.

Nota :

On refait ces procédures pour les autres paramètres (A2, R2, L2,...).

3- Construction de l'axe :

Axe \Rightarrow Nom d'élément : AXE 1 point (Sélectionner avec la souris le point P1).

Fin automatique \Rightarrow exécuté (Echappe).

Remarque :

AXE 1 Et Fin automatique \Rightarrow exécuté. (Echappe).

Calcul \Rightarrow Zone \Rightarrow Axe \Rightarrow Saisir une valeur (par exemple chaque 10 mètres, nous saisissons : Axe 1 0.00 10 \Rightarrow er.

Un clic sur **F2** nous permet de voir les résultats en mode texte. Les résultats ainsi obtenus sont joints en annexe.

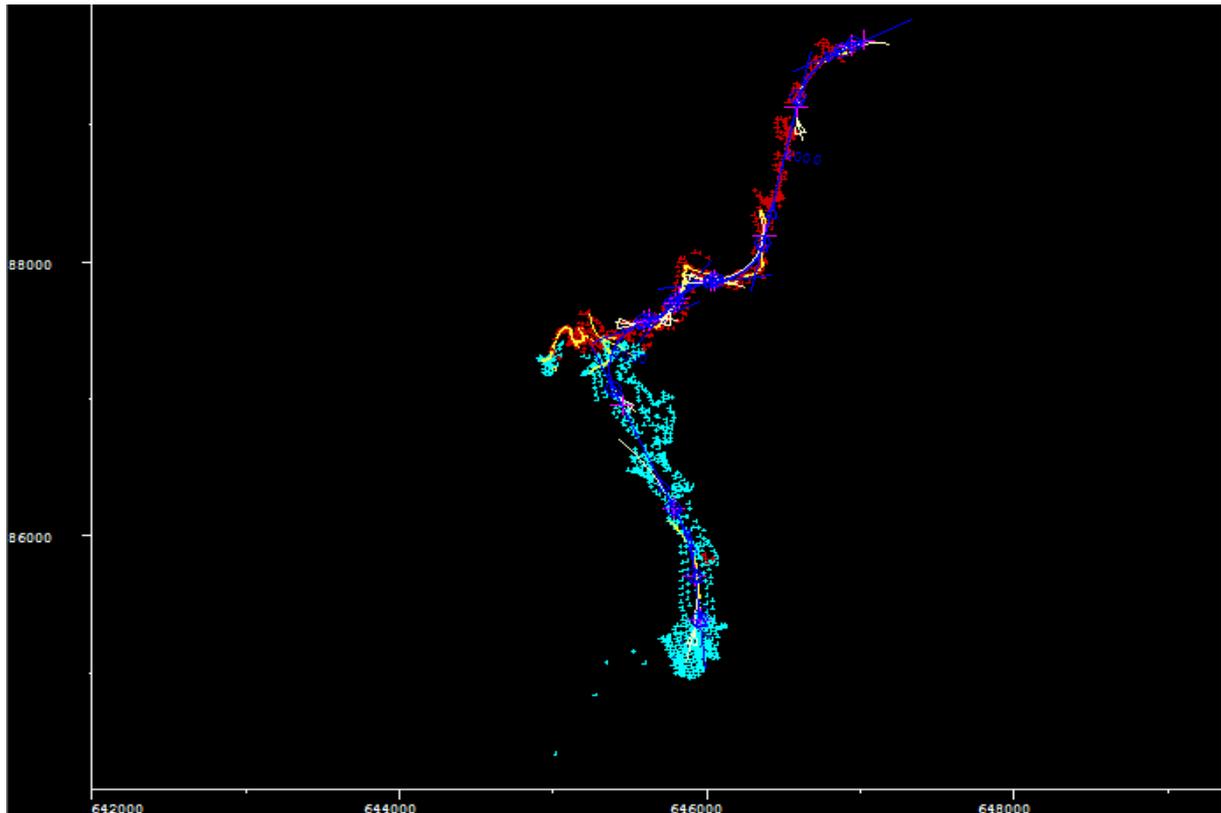


Figure. V.6 : Axe en plan

III- PROFIL EN LONG

III- 1- Définition

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé, il est constitué d'une succession d'alignements raccordés par des courbes circulaires.

Le profil fictif est le profil situé au point de rencontre de la ligne du terrain naturel et de la ligne du projet.

Le pourcentage de déclivité dans les rampes pentes est choisie de manière à :

- ✓ assurer une circulation, sans gêne pour les poids en limitant la valeur des rampes, si possibles aux valeurs de (B40).
- ✓ assurer l'assainissement de la plate forme dans les longueurs section en déblais ou dans les zones de devers nul par création de pentes longitudinale.

Pour le profil en long on à deux types de rayons :

- ✓ rayons en angle saillant (convexe).
- ✓ rayons en angle rentrant (concave).

III- 2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Dans ce paragraphe on va citer les règles à considérer (sauf dans des cas exceptionnels) lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- ✓ 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 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.

III-3 - Elément qui composent le profil en long

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

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

- ❖ La déclivité du projet, etc....

III. 4. coordination du tracé en plan et profil en long

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

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

III-5- DÉCLIVITÉS

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

III.5.1. Déclivité Minimale

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

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

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

III. 5. 2. Déclivité Maximale:

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

- ❖ la réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite(cas de rampe Max).
- ❖ l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique(cas de pente max.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

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

Vr Km/h	40	60	80	100	120	140
I_{max} %	8	7	6	5	4	4

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

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

III.6. RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG

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

III.6.1. Raccordements Convexes (Angle Saillant)

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

a) Condition de confort :

le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qui est limitée à $0.3m/s^2$ (soit $g/40$).

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$\frac{V^2}{R_v} < \frac{g}{40} \quad \text{Avec: } g=10m/s^2$$

D'ou:

$$R_v \geq 0.3V^2 \quad \text{Catgorie 1-2}$$

$$R_v \geq 0.23V^2 \quad \text{Catgorie 3-4-5}$$

tel que:

R_v : Rayon vertical (m).

V : Vitesse de référence (Km/h).

b) Condition de visibilité :

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2\sqrt{(h_0 + h_1)})}$$

Telle que:

D_1 : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

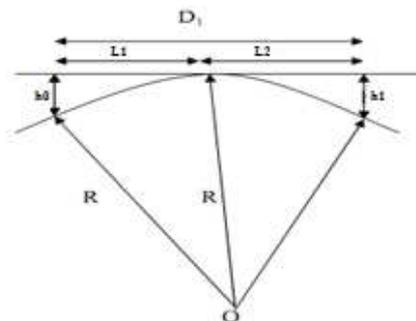


Figure. V.7 : Schéma de calcul des rayons en angle saillant

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour une chaussée bidirectionnelle et une vitesse de base $V_r=80\text{Km/h}$ et la catégorie C_2 on a :

<i>Normes du B-40</i>	<i>Profil en long : Les rayons en angle saillant</i>		
	<i>Rayon RV</i>	<i>Symbole</i>	<i>Valeur</i>
	<i>Min-absolu</i>	<i>RVm</i>	<i>4 500</i>
	<i>Min- normal</i>	<i>RVN</i>	<i>10 000</i>
	<i>Dépassement</i>	<i>RVD</i>	<i>11 000</i>

c)Condition d'esthétique :

Comme tout ouvrage désigné de ce nom, une grande route moderne devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte.

Pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale $b>50$ et pour des dévers $d < 10\%$ dans le cas des échangeurs.

On a :

$$Rv \text{ min} = 100 \times \frac{50}{\Delta d \%}$$

Telle que :

$d\Delta$: changement de dévers (%).

RV min : rayon vertical minimum (m).

III.6. 2. Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

a) Le confort dynamique :

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

On distingue deux types de rayon verticaux :

- ✓ Rayon minimal absolu calculé pour une vitesse V_r
- ✓ Rayon minimal normal calculé pour une vitesse $V_r + 20$.

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

$$\frac{g}{40} (g: \text{la pesenteur}) \text{ pour les catégories 1,2}$$

$$\frac{g}{30} (g: \text{la pesenteur}) \text{ pour les catégories 3,4 et 5}$$

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

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

$R'_v > 0.3V^2$ pour les catégories 1 et 2.

$R'_v > 0.25V^2$ pour les catégories 3 4 et 5.

b)-La visibilité nocturne :

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

Cette condition s'exprime par la relation :

$$R_v' \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

Avec:

R_v' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt.

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une $V_r = 80$ Km/h et une catégorie C2, on a le tableau suivant :

Normes du B-40	<i>Profil en long : Les rayons en angle rentrant</i>		
	<i>Rayon $R'V$</i>	<i>Symbole</i>	<i>Valeur</i>
	<i>Min-absolu</i>	<i>$R'Vm$</i>	<i>2 400</i>
	<i>Min- normal</i>	<i>$R'VN$</i>	<i>3 000</i>

III-7- APPLICATION A NOTRE PROJET

❖ La conception longitudinale

Pour dessiner la ligne rouge sur piste représentant l'axe de notre projet on suit les mêmes étapes que la phase conception plane pour les points et les droites.

Pour les distances, nous saisissons sauf les valeurs de (R_1, R_2, \dots etc.).

Distance \Rightarrow choisir une valeur de $R \Rightarrow$ exécuter. (Echappe).

Parabole \Rightarrow nom d'élément : par para1 D1 D2 R1 (entre deux droites).

Axe \Rightarrow Point(P1) \Rightarrow Fin automatique \Rightarrow exécuté. (Echappe).

Calcul \Rightarrow Tabuler un axe \Rightarrow < RC > Compléter.

Ci-dessous nous allons voir l'image du profil en long après la tabulation.

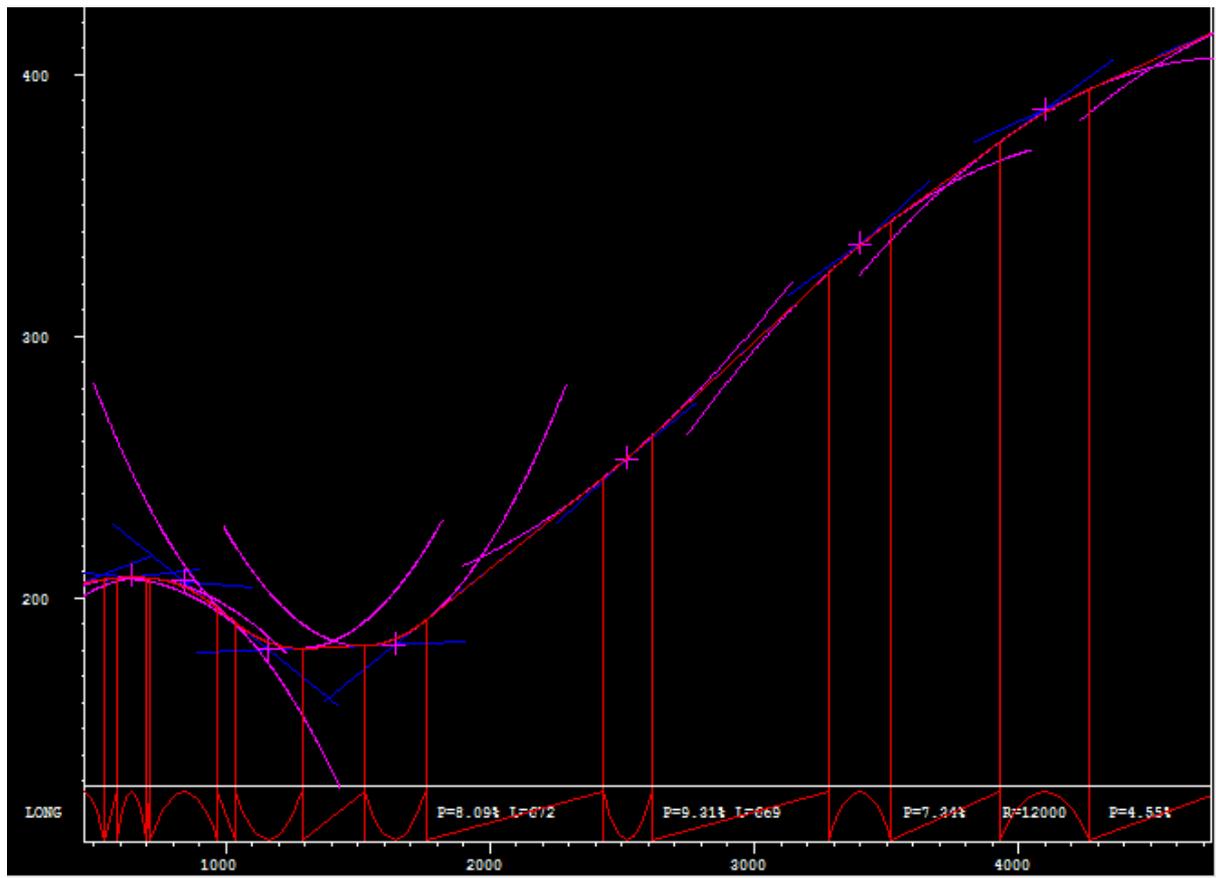


Figure. V.8: Profil en long

IV- PROFIL EN TRAVERS TYPE

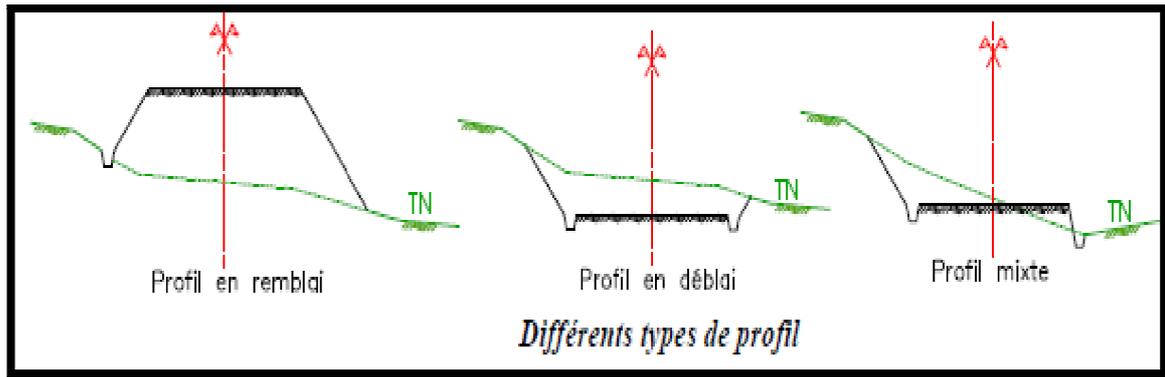
IV. 1. DÉFINITION

Les profils en travers (sections transversales perpendiculaires à l'axe du projet) permettent de calculer les paramètres suivants :

- la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

Le profil en travers est représenté en vue de face pour une personne qui se déplacerait sur l'axe du projet de l'origine à l'extrémité du projet.

Il existe trois types de profils en travers (fig. 10.13.) : les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes.



IV. 2. Différent type de profils en travers :

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

IV. 2.1. Profil en travers type:

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

IV. 2.2. Profil en travers courants:

Se sont des profils dessinés à des distances régulières(10, 15, 20, 25m...),qui servent à calculer les cubatures.

IV-3- Les éléments du profil en travers :

Le profil en travers est constitué de:

a)chaussée :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.

b) La largeur roulable:

Largeur de la partie stabilisée nivelée d'une plate-forme, comportant la chaussée, la B.A.U. ou la B.D.D.,et la B.D.G.

c)La plate-forme:

Partie de l'infrastructure composée de la ou des chaussées, des accotements et éventuellement du terre-plein central. Elle ne comprend pas les arrondis de raccordement aux fossés et aux talus.

d) Assiette:

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

e) L'emprise:

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

f) Les accotements:

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

g) Le terre-plein central:

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

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

h) Le fossé:

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

i) Le talus:

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

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus

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

j) La largeur de la chaussée :

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

pour que les véhicules de tous gabarits qui puissent se croiser et se dépasser en toute sécurité.

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

k) Pente transversale :

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

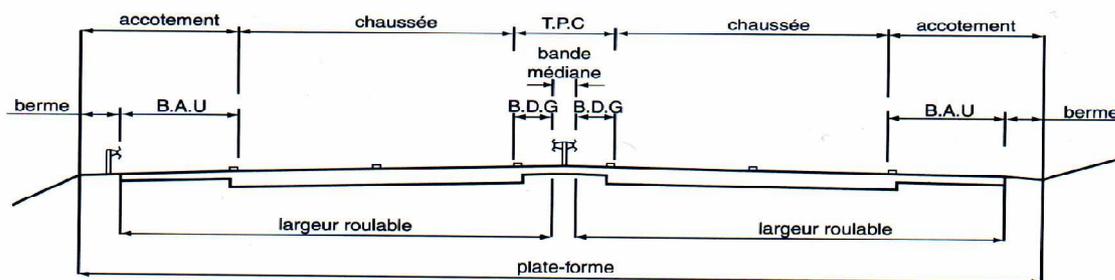
En courbe, la pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, cette variation de la pente transversale s'appelle : « le dévers »

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

l) Point de rotation des dévers :

Le choix du point de rotation des dévers dépend essentiellement de la disposition des lieux.

Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plateforme, sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord de la chaussée.



**Fig
ure
V.1
0:
Elé
men
ts**

constitutifs du profil en travers.

IV-4- APPLICATION AU PROJET

➤ **La conception transversale :**

Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demi profils en travers type que nous appliquerons à notre projet.

Conception transversale \Rightarrow nom de fichier.pis (axe1.pis) \Rightarrow Ok

Calcul \Rightarrow Dévers \Rightarrow Calculer \Rightarrow Recherche semi-automatique (Compléter le tableau).

Dévers \Rightarrow calculé \Rightarrow fermé.

Dévers \Rightarrow fin \Rightarrow créer un fichier.dvt \Rightarrow Ok.

Projet \Rightarrow créer un fichier. Type

Profil type \Rightarrow nom de profile type (T 1).

Créer Nouveau \Rightarrow Ok.

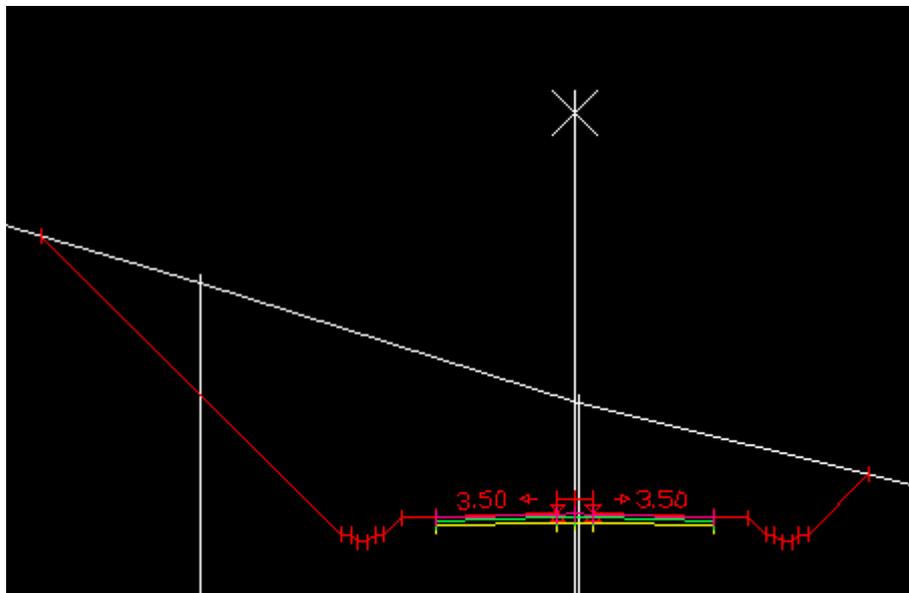


Figure V.11 : Profil en travers

➤ **Le profil en travers type du notre projet :**

Notre projet comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivants :

- Deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune: $(2 \times 3.5) \times 2 = 14.00\text{m}$

- Un Terre-plein Central (TPC) de 3.00 m
- Accotements de 2.00m pour chaque coté: $2.00 \times 2 = 4.00$ m

Donc notre tronçon de route possède une largeur de 21m.

Conclusion :

Ce chapitre est consacré aux différents éléments du tracée géométrique d'un projet routier ; le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers.

A travers cette étude géométrique, d'une part nous avons essayé de respecter les conditions pour obtenir les différents tracés et d'autre part nous avons illustré les différentes étapes de ce tracé.

Nous rappelons que nous avons fait appel au logiciel piste 5 et que les résultats du calcul sont joints aux annexes.

I-INTRODUCTION

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

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support(remblai). Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge (déblai). Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel.

II- TERRASSEMENT

d'une façon générale, tout mouvement des terres(remblai ou déblai) constitue un terrassement.

creuser une fouille, une rigole ou plus généralement modifier le relief du sol dont le but de construire des ouvrages, d'aménager les routes ou pour réaliser des canalisations diverses (galeries , regards...).

on distingue dans les terrassements trois phases essentiels :l'extraction le transport et la mise en remblai ou en dépôt.

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

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

III-LE COMPACTAGE

Le compactage se définit comme un procédé permettant d'augmenter la densité et la capacité de charge d'un matériau grâce à l'application de forces extérieures statiques ou dynamiques.

Dans les domaines de la construction, la capacité de charge et la stabilité d'un empierrement, d'un sol ou d'un revêtement bitumineux, leur imperméabilité et leur aptitude à supporter les charges dépendent de la qualité du compactage auquel le matériau est soumis.

A titre d'exemple, une augmentation de 1% de la densité équivaut à une augmentation d'au moins 10 à 15% de la capacité de charge.

Si un compactage est mal exécuté ou impropre, des affaissements ou autres défauts sont à craindre, avec pour conséquence des travaux de rénovation et/ou d'entretien très importants.

Compacter un sol, un remblai, une plate-forme, une couche de forme, un corps de chaussée, un enrobé, c'est réduire le volume des vides entre les grains.

Le compactage est, d'une manière générale, l'ensemble des mesures prises afin de densifier le sol pour améliorer ses propriétés mécaniques.

IV-CUBATURE DE TERRASSEMENT

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

V- METHODE DE CALCUL

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi les quelles on cite:

- La méthode linéaire.
- La méthode SARRAUS (méthode des moyennes des aires).
- La méthode GULDEN.

V-1: méthode linéaire

C'est la méthode classique, les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend

pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

V-2: méthode de SARRAUS

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

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

Avec:

- h: Hauteur entre deux profils.
- h: Hauteur des deux profils.
- S1, S2, S :Surface des profils.

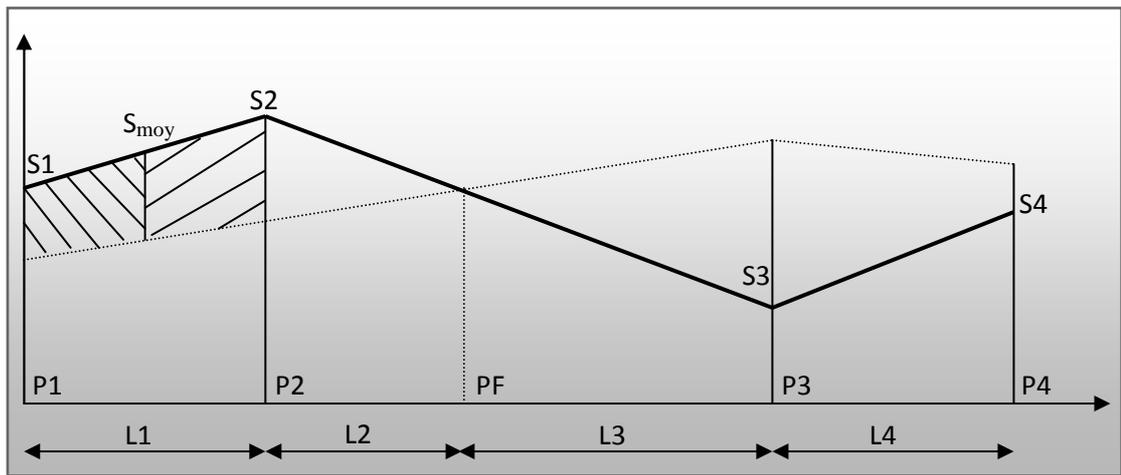


Figure VI-1profil en long d'un tracé donné.

Avec:

- ✓ PF: profil fictif, surface nulle(s=0).
- ✓ Si: surface de profil en travers Pi.
- ✓ Li : distance entre ces deux profils.
- ✓ Smoy : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Le volume compris entre les deux profils en travers P₁ et P₂ de section S₁ et S₂ sera égale à :

$$V = \frac{L_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4 S_{moy})$$

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

Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

V-3: méthode de GULDEN

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.

pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement de barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

si on utilise la méthode de Gulden, la quantité "longueur d'application" n'a plus de sens, voir la figure VI-2.

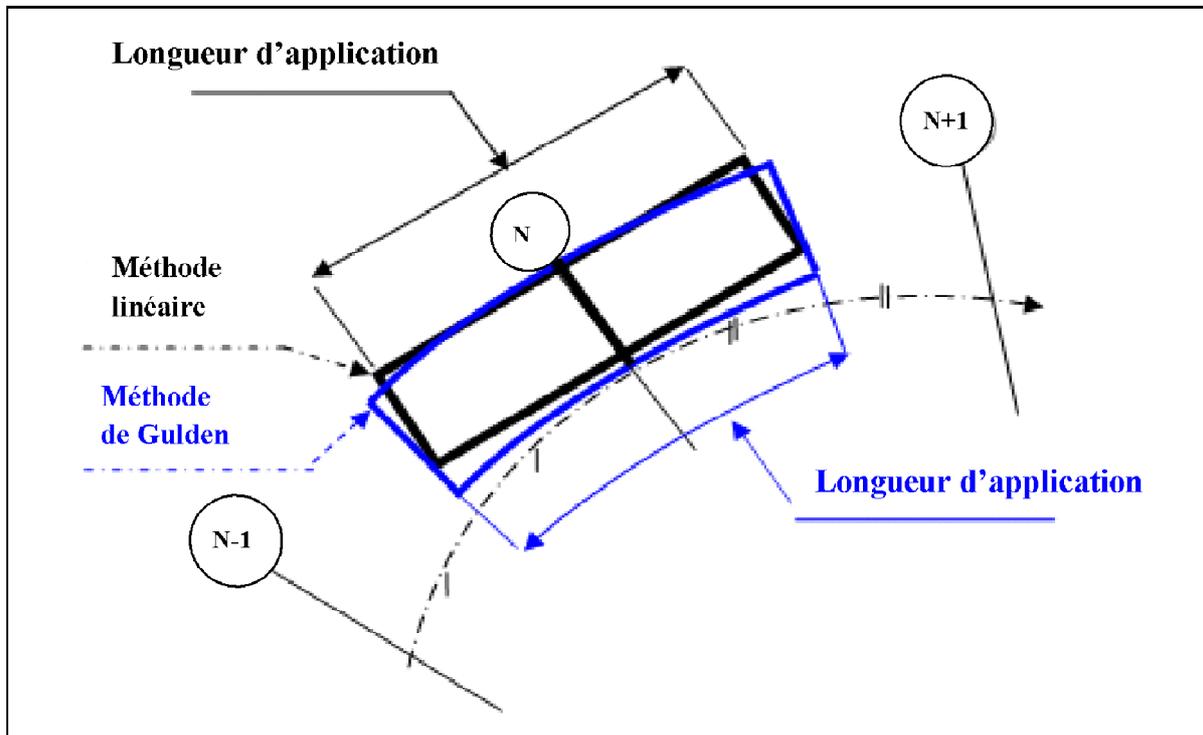


Figure VI-2: Méthode de Gulden

VI-APPLICATION AU PROJET

Nous rappelons que la méthode choisie pour le calcul des cubatures de terrassement est celle de GULDEN. le calcul s'est effectué à l'aide du logiciel "piste", les résultats sont joints en annexes.

les principaux résultats à retenir sont:

- **Volume des déblais:** $V_d=316\ 875\ M^3$
- **Volume des remblais:** $V_r=333\ 918,1\ M^3$

I. INTRODUCTION

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. Pour cela on a des essais qui se font au laboratoire et qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

1-objectif de La géotechnique routière :

- Prévoir les matériaux et les méthodes adéquates aux travaux de terrassement.
- Définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée.
- Établir le projet de terrassement.
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.

2- Réglementation algérienne en géotechnique :

La géotechnique couvre un grand champ qui va de la reconnaissance des sols jusqu'au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place(in situ).

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des Études géotechnique ; par exemple :

- les essais en place (essais pressiométriques , pénétromètre statique ou dynamique....etc.)
- les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

3- Les moyens de reconnaissance du sol :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

- l'étude des archives et documents existants.

- Les visites de site et les essais « in –situ ».
- Les essais de laboratoire.

II-APERÇU SISMIQUE ET GEOLOGIQUE

A)- SISMICITE :

Le paramètre sismique est un facteur déterminant dans le calcul des structures à long terme, de ce fait, la sismicité de la zone de projet doit être déterminée en se référant aux règles parasismiques algériennes RPA 99/version 2003.

Notre projet va être classé dans l'un des quatre groupes suivant :

- ✓ **Groupe 1A** : Ouvrages d'importance vitale.
- ✓ **Groupe 1B** : Ouvrages de grande importance.
- ✓ **Groupe 2** : Ouvrages courants ou d'importance moyenne.
- ✓ **Groupe 3** : Ouvrages de faible importance.

	<i>ZONE SYSMIQUE</i>			
<i>GROUPE</i>	<i>I</i>	<i>IIa</i>	<i>IIb</i>	<i>III</i>
<i>1A</i>	<i>0.15</i>	<i>0.25</i>	<i>0.30</i>	<i>0.40</i>
<i>1B</i>	<i>0.12</i>	<i>0.20</i>	<i>0.25</i>	<i>0.30</i>
<i>2</i>	<i>0.10</i>	<i>0.15</i>	<i>0.20</i>	<i>0.25</i>
<i>3</i>	<i>0.07</i>	<i>0.10</i>	<i>0.14</i>	<i>0.18</i>

TABLEAU VII-1:Zones sismiques

La carte de zonage sismique ci-dessous, révèle l'appartenance de la région de Tizi-Ouzou à la **Zone IIa**, le coefficient d'accélération à prendre en compte est **A =0.25**, avec

- ❖ **kh = 0.5 A (%g) = forces horizontales.**
- ❖ **kv = ± 0,3 kh = forces verticales.**

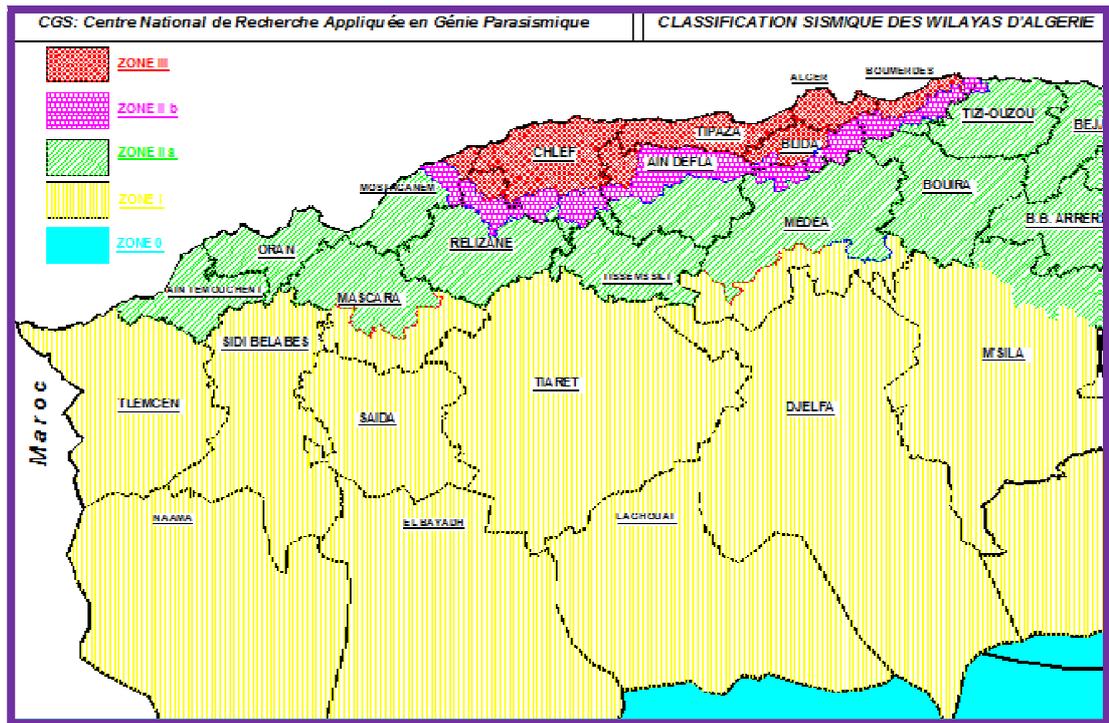


Figure VII-1 : Classification sismique des wilayas d'Algérie

B)-GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE :

La connaissance de l'hydrogéologie de la zone concernée par ce projet, est nécessaire pour mieux appréhender les problèmes d'inondations de la chaussée en saison pluviale.

Le niveau de la nappe doit être déterminé, pour se prémunir contre la remontée des eaux lors des travaux de terrassements, et durant la mise en service de l'infrastructure autoroutière.

L'étude géologique, doit être basée essentiellement sur :

- ❖ La consultation conjointe des cartes géologiques au 1/50 000ème de Tizi-Ouzou.
- ❖ La visite de site.
- ❖ La description des coupes lithologiques des sondages carottés et des puits de reconnaissance géotechnique, pour s'imprégner de la géologie en profondeur.

III-GEOTECHNIQUE

III-I- Les différents essais en laboratoire

III-I-A- Les essais d'identification

Ces essais, généralement simples, sont destinés à décrire et à identifier les sols, à les classer et à apprécier leur état, et on a plusieurs:

1-Analyse granulométrique:

Celle-ci permet de déterminer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau. Elle comprend deux opérations:

-tamisage pour les éléments de dimensions supérieures ou égales à 80µm.

-sédimentométrie pour les éléments de dimensions inférieures à 80µm.

cette analyse est représentée par une "courbe granulométrique".

2-Equivalent de sable "ES":

Cet essai, est destiné à déterminer selon un mode opératoire précis la proportion relative d'éléments fins flocculés dans la fraction d'éléments de dimensions inférieures à 5 mm d'un sol granulaire fin.

L'équivalent de sable est le rapport en % de la hauteur de sable sédimenté à la hauteur totale du sable et du floculat, et on a 2 méthodes de lecture du sable (visuelle, piston).

3- Limites d'Atterberg:

Ces limites sont les teneurs en eau caractérisant conventionnellement, sur un sol fin remanié et selon un mode opératoire bien déterminé:

-le passage de l'état "liquide" à l'état "plastique". la teneur en eau correspondante est appelée limite de liquidité (W_L).

-le passage de l'état "plastique" à l'état "solide". la teneur en eau correspondante est appelée limite de plasticité (W_P).

-L'indice de plasticité I_P est donné par la formule suivante: $I_P = W_L - W_P$.

-L'indice de consistance I_C est donné par la formule $I_C = \frac{W_L - W}{W_L - W_P}$

ou W est la teneur en eau à l'état naturel.

La connaissance de W_L et de I_p permet de situer les sols fins dans un diagramme conventionnel dit "diagramme de plasticité".

4: Essai Proctor:

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

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

L'essai CBR est un essai de portance (aptitude des matériaux à supporter les charges et à résister à la rupture), Il s'agit de déterminer expérimentalement des indices portants (IPI, CBR) qui permettent:

- d'établir une classification des sols (GTR).
- d'évaluer la traficabilité des engins de terrassement (IPI).
- déterminer l'épaisseur des chaussées (CBR augmente \Rightarrow épaisseur diminue).

6-Essai de résistance à l'abrasion (Los Angeles):

L'essai Los Angeles est utilisé pour déterminer la résistance à la fragmentation d'un échantillon de granulat. Le coefficient Los Angeles obtenu est le pourcentage de l'échantillon initial passant au tamis de 1.6 mm après fragmentation dans un cylindre en présence de boulets d'acier. Plus le pourcentage Los Angeles (noté LA) est petit, plus l'échantillon est résistant à la fragmentation.

7-Essai d'usure (Micro-Deval):

L'essai micro-Deval permet de déterminer la résistance à l'usure d'un échantillon de granulat. Le coefficient micro-Deval obtenu est le pourcentage de l'échantillon initial

passant au tamis de 1.6 mm après usure par rotation dans un cylindre en présence de bille d'acier inox et d'eau. Plus le pourcentage d'usure est bas, plus l'échantillon est résistant à l'usure

III-I-B-LES ESSAIS IN SITUE

a- les essais pressiometriques :on a deux:

pénétromètre statique:

Exécuter un sondage au pénétromètre statique consiste à faire pénétrer dans un sol, par vérinage à vitesse constante, une pointe conique portée par un train de tige et à mesurer, de manière continue ou à intervalles déterminés, la résistance à la pénétration du cône.

la résistance à la pénétration du cône q_c est obtenue en divisant la force sur le cône Q_c sur la surface A_c de la plus grande section droite de la pointe:

pénétromètre dynamique:

Exécuter un sondage au pénétromètre dynamique consiste à faire pénétrer dans le sol par battage une pointe métallique portée par un train de tiges et à mesurer à intervalles d'enfoncement réguliers l'énergie nécessaire correspondante.

b-essai à la plaque:

L'essai à la plaque consiste à déterminer le déplacement vertical moyen de la surface du sol située sous une plaque rigide circulaire chargée.

ce déplacement sous la charge correspondante est appelé déflexion et est désigné par "s" on distingue trois types d'essais à la plaque ayant chacun un mode opératoire différent. ce sont (l'essai westergaard , essai de déformabilité et l'essai de chargement).

IV-CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS

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

Les matériaux de remblais seront dispensés de :

- Pierre de dimension > 80 mm
- Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- Matériaux gélifs.

On évite les sols à forte teneur en argile.

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

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

I- INTRODUCTION

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

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

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

II- OBJECTIFS DE L'ASSAINISSEMENT ROUTIER

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

1. la sécurité de l'utilisateur:

il faut éviter que l'eau stagne sur la chaussée afin d'éviter les problèmes d'aquaplanage, de verglas et de projections d'eau entraînant des pertes de visibilité.

il est nécessaire de réaliser des ouvrages qui ne soient pas des obstacles.

2. La protection de la route: pour faire durer la structure de chaussée, il faut:

drainer l'eau qui s'infiltré dans le corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).

éviter que les écoulements naturels ou le ruissèlement ne détériorent une partie du projet.

3. La protection des milieux récepteurs:

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

D'autre part, la route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et nécessite donc la réalisation d'ouvrages hydrauliques afin de limiter les risques d'inondation et de submersion aux abords de la route et d'éviter de modifier les niveaux d'eaux des écoulements naturels.

III-ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE

L'assainissement d'une voie routière doit régler plusieurs types de problèmes posés par l'eau :

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

Le réseau d'assainissement routier est composé de:

- réseaux longitudinaux sur la plate-forme.
- réseaux longitudinaux en dehors de la plate-forme.
- liaisons transversales.
- ouvrages de raccordement.
- ouvrages de contenance et de dépollution.
- exutoires.

a-réseaux longitudinaux sur la plate-forme: on distingue:

le réseau de terre plein central: a pour fonction de collecter et d'évacuer les eaux issues du TPC et de la demi chaussée déversée.

Le réseau de pied de talus de déblai: ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissèlement du talus de déblai, de la chaussée, de la bande d'arrêt d'urgence et de la berme en générale en réalise une cunette ou un fossé de faible profondeur enherbé ou revêtu.

réseau de crête de talus de remblai: a pour fonction de canaliser l'eau issue du ruissèlement de la chaussée pour éviter son déversement en rive sur le talus de remblai. il protège le talus routier contre toute altération en générale on prévoit ce type d'ouvrage des que la hauteur du talus de remblai dépasse 4m ou 2m pour les régions exposées à une intensité pluvieuse importante. en section courant l'ouvrage peut être constitué de caniveaux rectangulaire en béton , de bourrelets ou de bordures

b-réseaux longitudinaux en dehors de la plate-forme: on distingue:

réseau de crête de talus de déblai: son rôle est d'éviter l'érosion du talus et les infiltrations susceptibles de compromettre la stabilité du talus .il intercepte les eaux de ruissèlement du bassin versant naturel modifié par le tracé routier; les ouvrages utilises peuvent être fossés trapézoïdaux , fossés triangulaires ou des 1/2 buses.

réseau de pied de talus de remblai: ce réseau doit collecter toutes les eaux de l'impluvium routier, gravitaire ment pour les diriger vers l'exutoire , l'ouvrage est généralement un fossé trapézoïdal enherbé ou un fossé revêtu en béton lorsque les risques d'érosion sont à craindre.

c-liaisons transversales: comprennent les ouvrages assurant un transfert des écoulement d'un réseau longitudinal vers un autre comme *les descentes d'eau superficielles et les descentes d'eau enterrées.*

d-les ouvrages de raccordement: il servent de jonction entre deux éléments de réseaux différents.il s'agit notamment des regards et des différents raccordement des liaisons

transversales avec le réseau longitudinal ou de réseaux longitudinaux différents. ces ouvrages sont préfabriqués ou coulés sur place et il s'agit de:

regards de visite: nécessaire pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés.

regards avaloirs: servant à l'engouffrement des eaux.

divers raccordements(bourrelets/descentes; descentes/fossés....).

e-ouvrages de contenance et de dépollution: leurs fonctions est l'écrêtement la dépollution. et on a plusieurs types d'ouvrages comme *fossé enherbé* ,*bassin sec* et *fossé subhorizontal enherbe*.

f-les exutoires: l'exutoire est considéré comme le point de sortie d'un réseau d'assainissement ou d'un bassin versant.et on a plusieurs types :

exutoires naturels: comme les cours d'eaux et les canaux...

exutoires artificiels: comme canalisation d'un réseau d'assainissement existant, fossé , bassin d'infiltration....

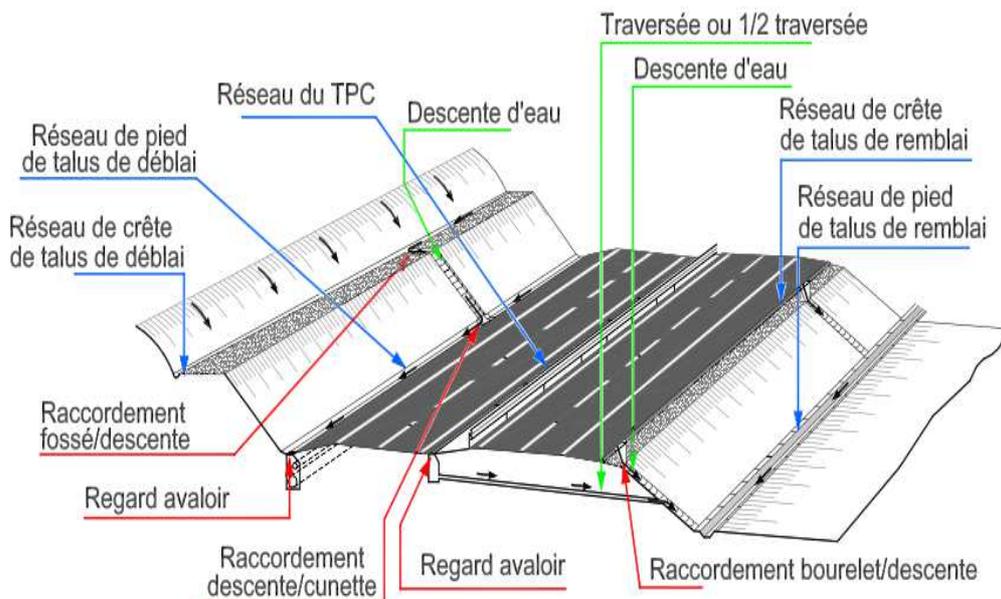


Figure VIII.1. Réseau d'assainissement routier

IV-DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUES

Notion de "bassin versant":

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval. il est caractérisé par son aire qu'est délimitée par la ligne de crête(exprimé en Km^2) et le périmètre qu'est la longueur (exprimée en Km), et les caractéristique topographique comme(la pente le relief),Selon la nature des terrains; nous serons amenés à considérer deux définitions:

Bassin versant topographique:

Si le sous-sol est imperméable, le cheminement de l'eau ne sera déterminé que par la topographie. Le bassin versant sera alors limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente.

Bassin versant hydrogéologique:

Dans le cas d'une région au sous-sol perméable, il se peut qu'une partie des eaux tombées à l'intérieur du bassin topographique s'infilte puis sorte souterrainement du bassin (ou qu'à l'inverse des eaux entrent souterrainement dans le bassin).

Assainissement routier : Ensemble des dispositifs constructifs contribuant à assainir la route dans trois domaines à savoir :

- la collecte et l'évacuation des eaux de surface,
- le drainage des eaux internes,
- le rétablissement des écoulements naturels.

Bassin de contenance : Terme générique désignant un ouvrage installé en série ou en parallèle d'un réseau et destiné à stocker temporairement les eaux de ruissellement. Autres termes usités : bassin d'amortissement, de rétention, de stockage ou tampon et bassin écrêteur.

Caniveau : Famille d'ouvrages de collecte et de transport longitudinal des eaux de ruissellement de la route.

Cours d'eau : Aucun critère technique. L'existence d'un cours d'eau n'est reconnue que si les 3 conditions suivantes sont réunies :

- permanence d'un caractère naturel du lit ;
- un certain débit qui dépend des conditions climatiques locales, sans pour autant être un débit permanent ;
- affectation à l'écoulement normal des eaux.

Crue : Phénomène caractérisé par une montée plus ou moins brutale du niveau d'un cours d'eau, lié à une croissance du débit jusqu'à un niveau maximum. Ce phénomène peut se traduire par un débordement du lit mineur. Les crues font partie du régime d'un cours d'eau. On caractérise aussi les crues par leur période de récurrence ou période de retour. La crue centennale correspond ainsi à une crue de récurrence de 100 ans.

Cunette : Fossé peu profond engazonné ou revêtu et aux formes douces pour améliorer la sécurité des usagers.

regards: c'un puits vertical muni d'une trappe en fonte ou en béton armé son rôle est d'assurer le raccordement des conduites .

Dalot : Ouvrage hydraulique enterré de section rectangulaire préfabriqué ou coulé en place et à forte capacité.

Exutoire : c'est le point le plus en aval du réseau hydrographique par lequel passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin.

Fossé: Ouvrage hydraulique rustique, longitudinal et de collecte des eaux de ruissellement creusé dans le terrain au-delà de l'accotement, caractérisé par sa section courante et sa pente.

Hydraulique : Étude de l'écoulement des liquides et en particulier de l'eau.

Hydrogéologie: Discipline scientifique qui s'intéresse à la circulation des eaux souterraines et au comportement des nappes.

Hydrologie : Discipline scientifique qui s'intéresse au cycle de l'eau.

Impluvium : Surface recevant la pluie, synonyme de bassin versant.

V-DONNEES PLUVIOMETRIQUE

Les caractéristiques de la pluie interviennent dans l'estimation des débits d'apport provenant du bassin versant.

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

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

D'après les informations récoltées au niveau local, les données pluviométriques se rapportant à la région de Tizi-Ouzou sont :

- La pluie journalière moyenne : **Pj moy = 60.35mm.**
- Le coefficient de variation : **CV = 0.38.**
- L'exposant climatique : **b = 0,37.**

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

$$P_j (\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie **t** minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

Fréquences	Période de retour (ans)	Variable de Gauss
50	02	0.00
20	05	0.84
10	10	1.28
02	50	2.05
01	100	2.327

Tableau VIII.1: Variable de gauss en fonction de la fréquence

V. 1-Surface des bassins versants (A) :

Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes.

Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées :

- ✓ Les surfaces **A** sont mesurées au planimètre en Km².
- ✓ Les longueurs de talweg principal **L** sont mesurées au curvimètre en Km
- ✓ La pente **P** est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par longueur L en m/m.

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

Avec :

L : longueur de Thalweg.

Hmax : l'altitude maximale de B.V

Hmin : l'altitude minimale de B.V

V. 2-Coefficient de ruissellement (C) :

Le coefficient de ruissellement a été estimé à partir :

- ✓ De la pente du bassin versant.
- ✓ De l'intensité de pluie.
- ✓ De la couverture du bassin versant.
- ✓ De la perméabilité du terrain.

Type de chaussée	C	Valeur prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95

Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau VIII.2: Coefficient du ruissèlement

V.3-Superficie du bassin versant :

Notre projet de linéaire de 5340m est au pied de (09) bassins versants dont les caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

N° bassins	PK ouvrage	Surface(km2)	L(km)	H _{max} (m)	H _{min} (m)	H _{moy} (m)	P%
1	0+240	0.202	0.663	267	194.30	230.65	0.11
2	0+740	0.057	0.290	219	200.75	209.87	0.06
3	2+080	0.049	0.414	256	205.30	230.65	0.12
4	2+300	0.317	0.676	292	231.00	261.50	0.09
5	2+780	1.174	2.441	519	272.00	395.50	0.10
6	4+240	0.394	1.170	468	388.85	428.42	0.07
7	4+800	0.271	1.155	558	401.70	479.85	0.13
8	4+920	0.318	0.883	562	414.80	488.40	0.16
9	5+220	0.338	0.978	653	422.52	537.76	0.23

Tableau VIII.3: Bassins versants

V.4- La période de retour :

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

V.5-Le temps de concentration :

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

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

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

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

tc : temps de concentration donné par la formule de :

- ✓ VENTURA ($A < 5 \text{ km}^2$).
- ✓ PASSINI ($5 < A < 25$).
- ✓ GIANDOTHI ($25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$).

- **Formule de VENTURA :**

$$T_c = 0.127 \sqrt{A/P} \quad (\text{heure})$$

- **Formule de PASSINI :**

$$T_c = 0.11 \sqrt[3]{A} * L / \sqrt{P} \quad (\text{heure})$$

- **Formule de GIANDOTHI:**

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}} \quad (\text{heure})$$

Telle que :

A : surface (km²).

P : pente.

L : longueur du THALWEG (km)

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

Les valeurs des temps de concentration sont données dans le tableau suivant :

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BV									
t_c	0.17	0.12	0.08	0.24	0.43	0.30	0.18	0.18	0.15

Tableau VIII.4:temps de concentration

VI- CALCUL HYDRAULIQUE

VI.1-Calcul de précipitation

$$P_j (\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u\sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Pendant 10 ans

❖ **u = 1.28 C_v = 0.38 P_j = 60.35**

$$P_j (10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{1.28\sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

P_j (10%) = 90.27 mm.

Pendant 50 ans

❖ **u = 2.05 C_v = 0.38 P_j = 60.35**

$$P_j (02\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{2.05\sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

P_j (02%) = 119.77mm

Pendant 100 ans

❖ $u = 2.327 \quad C_v = 0.38 \quad P_j = 60.35$

$$P_j(10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{2.327 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_j(10\%) = 132.60 \text{ mm}$$

VI.2-Calcul de l'intensité de l'averse

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

$$I_t = I. \left(\frac{t_c}{24} \right)^B$$

Avec :

I : l'intensité de l'averse pour une durée d'une (01) heure.

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

On a:

$$I = \frac{P_j}{24}$$

➤ Pour $P_j(10\%) = 90.27 \text{ mm}$

$$I = \frac{90.27}{24} = 3.76 \text{ mm/h}$$

➤ Pour $P_j(02\%) = 119.77 \text{ mm}$

$$I = \frac{119.77}{24} = 4.99 \text{ mm/h}$$

➤ Pour $P_j(10\%) = 132.60 \text{ mm}$

$$I = \frac{132.60}{24} = 5.52 \text{ mm/h}$$

Remarque :

Le débit d'apport de chaque bassin versant est résumé dans le tableau suivant :

N° bassins	PK ouvrage	Surface (km ²)	K	C	I ₁₀	Qa
---------------	---------------	-------------------------------	---	---	-----------------	----

1	0+240	0.202	0.2778	0.2	85.02	0.95
2	0+740	0.057	0.2778	0.2	105.88	0.33
3	2+080	0.049	0.2778	0.2	136.70	0.37
4	2+300	0.317	0.2778	0.2	68.42	1.20
5	2+780	1.174	0.2778	0.2	47.38	3.09
6	4+240	0.394	0.2778	0.2	59.45	1.30
7	4+800	0.271	0.2778	0.2	82.02	1.23
8	4+920	0.318	0.2778	0.2	82.02	1.45
9	5+220	0.338	0.2778	0.2	92.00	1.73

Tableau VIII.5. Débit d'apport des bassins versants.

❖ **Exemple de calcul pour le bassin N°1 :**

1. Calcul des débits :

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

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

Telle que:

- ✓ **K** : coefficient de concentration $K = 0.2778$.
- ✓ **C** : coefficient de ruissellement.
- ✓ **I** : l'intensité de l'averse exprimée (mm /h).

2- Surface de l'écoulement :

On considère la présence des trois éléments (chaussée, talus et bassin versant), en calculant le débit d'apport par chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives. Pour une section de 100m et le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m.

On à :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_{sb}$$

Telle que :

✓ $Q_c = K.I.C_c.A_c$

✓ $Q_A = K.I.C_A.A_A$

✓ $Q_{sb} = K.I.C_{sb}.A_{sb}$

Et :

Q_c : débit d'apport par la chaussée.

Q_A : débit d'apport par l'accotement.

Q_{sb} : débit d'apport par le talus.

C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée.

C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement.

C_{sb} : coefficient de ruissellement du talus.

A_c : surface de la chaussée.

A_A : surface de l'accotement.

A_{sb} : surface du talus.

3- Calcul des surfaces :

$$A = A_c + A_A + A_t$$

➤ **Surface de la chaussée :**

$$A_c = 7.100.10^{-4} = 0,07 \text{ ha}$$

➤ **Surface de l'accotement :**

$$A_A = 2.100.10^{-4} = 0,02 \text{ ha}$$

➤ **Surface du talus :**

$$A_t = 10.100.10^{-4} = 0.1 \text{ ha}$$

D'ou:

$$A = 0.07 + 0.02 + 0.1 = 0.19 \text{ ha}$$

$$A = 0.19 \text{ ha}$$

4- Calcul des débits:

$$Q_c = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.95 \times 85.02 \times 0.07 = 0.0157 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.35 \times 85.02 \times 0.02 = 0.0016 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.20 \times 85.02 \times 0.10 = 0.0047 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où:

$$Q_a = Q_A + Q_c + Q_{sb} = 0.0157 + 0.0016 + 0.0047 = 0.022 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0.022 \text{ m}^3/\text{s}.$$

VII- CALCUL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

VII.1-Dimensions des fosses :

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

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

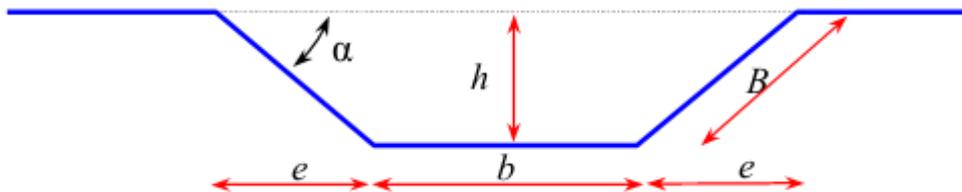


Figure VIII.2:fosse trapézoïdale

➤ Calcul des dimensions des fossés :

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et du débit d'écoulement au point de saturation par la loi suivant :

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}.I^{1/2} S_m R_h^{2/3}$$

Avec :

- ❖ K_{st} : coefficient de rugosité.
- ❖ K_{st} :30 en terre.
- ❖ K_{st} :70 en bétons (dalots).
- ❖ K_{st} :80 en bétons (buses préfabriquées).
- ❖ I : pente longitudinale de l'ouvrage
- ❖ Surface mouillée $S_m = h. (b + n.h)$
- ❖ Périmètre mouillé $P_m = b + 2 h.\sqrt{1 + n^2}$

❖ Rayon hydraulique $R_h = S_m / P_m$

❖ Pente du talus $P = 1/n$

On fixe la base du fossé à ($b = 50 \text{ cm}$) et la pente du talus à ($1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

✓ **Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$$

D'où:

$$e = n.h$$

$$S_m = bh + n.h^2 = h. (b + n.h)$$

$$S_m = h. (b + n. h)$$

✓ **Calcul du périmètre mouille :**

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h. \sqrt{1+n^2}$$

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

✓ **Calcul le rayon hydraulique :**

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

✓ **Calcul des dimensions des fossés :**

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

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = Kst.I^{1/2} S_m.R_h^{2/3}$$

Donc :

$Q_a = Q_s = F(h)$ et le calcul se fera par itération.

✓ **Application numérique:**

$$Q_s = Q_a = K \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Données:

$$*Q_a = 0.022 \text{ m}^2/\text{s} \quad *K = 70 * I = 4\%$$

$$Q_s = K \cdot I^{1/2} \times h(nh + b) \times \left[\frac{h(nh + b)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

Après calcul itératif on trouve :

$$H = 0.45 \text{ m.}$$

D'où les dimensions du fossé sont :

$$B \times H = 0.50 \text{ m} \times 0.45 \text{ m}$$

Verification:

$$Q_s = 70 \times 0,04^{1/2} \times 0,45(1,5 \times 0,45 + 0,50) \times \left[\frac{0,45(1,5 \times 0,45 + 0,5)}{0,5 + 2 \times 0,45(\sqrt{1 + 1,5^2})} \right]^{2/3}$$

$$Q_s = 2,931 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :

$$Q_s > Q_a \quad \text{c'est vérifié.}$$

VIII.2- Dimension des buses :

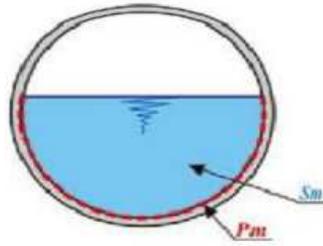


Figure VIII.3. Buse

Telle que :

S_m : la surface mouillée.

P_m : Périmètre mouillé.

Pour dimensionner les buses on prend :

$$Q_a = Q_s$$

Telle que :

$$Q_s = S K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3}$$

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

Nous avons pour le 1^{er} bassin:

$$Q_a = 0.95$$

Et :

$$Q_s = S K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3}$$

On a:

- ❖ S_m : surface mouillée = $1/2 \times R^2 \times \pi$ (pour une hauteur de remplissage égale à 0.5Φ)
- ❖ R_h : rayon hydraulique = $R/2$
- ❖ $K_{st}=80$ (pour les buses)
- ❖ I : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de vitesse maximale d'écoulement à 4m/s.

Pour notre cas, On à :

$$I = 2.5\%$$

D'où :

$$Q_s = 80.(R/2)^{2/3} .2\pi.R^2.(0.025)^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow R = 750 \text{ mm.}$$

D'ou:

Le débit est assuré pour un diamètre $\phi = 2R = 1500 \text{ mm.}$

VIII.3-Dimension des dalots :

Les dalots sont constitués de deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans notre projet, les dalots sont en béton, La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$

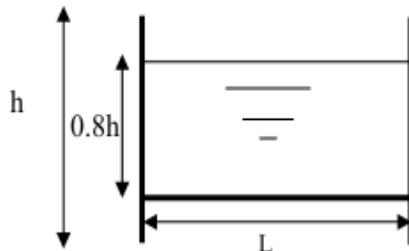


Figure VIII.4 : Dalot

On à :

$$\text{Périmètre mouillé: } P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0.8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé : } R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}$$

Pente longitudinale de l'ouvrage I :

$$Q_s = k_{st} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q_s = K_{st} \times I^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3}$$

Dans notre cas :

$$K_{st} = 70 \text{ (béton)}$$

$$I = 2.5\%$$

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER.

$$Q_s \leq Q_a$$

$$Q_s \leq K_{st} \times I^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times 0.8 \times h \times L$$

Et par calcul itérative on fixe la largeur **L = 1.5m** et on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, et on trouve : **H=1.5m**

Conclusion :

Les résultats complets de l'étude hydrologique sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versant	Type d'ouvrage	Dimensions	Localisation
1	Buse	Φ1500 mm	PK0+240
2	Dalot	1.5m X 1.5m	PK0+740
3	Buse	Φ1500 mm	PK2+080
4	Dalot	1.5m X 1.5m	PK2+300
5	Dalot	2.5m X 2.0m	PK2+780
6	Dalot	1.5m X 1.5m	PK4+240
7	Dalot	1.5m X 1.5m	PK4+800
8	Buse	Φ1500 mm	PK4+920
9	Buse	Φ1500 mm	PK5+220

Tableau VIII.6 : Localisation des ouvrages d'assainissement.

I-INTRODUCTION

L'échangeur a pour but d'assurer la continuité (fluidité) du réseau autoroutier et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables.

Il est assez difficile d'établir des critères précis qui justifient l'utilisation des échangeurs, mais dans certaines situations la solution de l'échangeur semble inévitable comme :

- Croisement de deux routes à grands débits de trafic
- Carrefour dont la capacité insuffisante congestionne une ou toutes les approches.
- Carrefour dont le taux d'accidents graves est disproportionné et pour lequel on ne trouve aucune solution.
- Carrefour où la topographie empêche un aménagement conforme aux normes de tout autre type de carrefour.

II- DEFINITION D'UN ECHANGEUR

Un échangeur est un croisement étagé entre deux routes, avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

L'échangeur est la solution appropriée pour résoudre un problème à un carrefour plan. Il assure, au moyen d'un ou plusieurs étages, les mouvements de circulation entre les routes. L'échangeur permet également un écoulement libre et en sécurité de grands débits de circulation.

Néanmoins, il présente aussi le seul inconvénient qui est d'ordre économique, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour plan doit être justifiée.

III- CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS

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

- ❖ Pont (passage supérieur ou inférieur).
- ❖ Carrefour (s) plan (s).
- ❖ Bretelles

III-1:Pont : Qui assure un passage supérieur ou inférieur.

III-2:Carrefour plan : On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et commodité.

III-3:Bretelles :

Une bretelle est une voie qui permet le transfert du trafic d'une route à une autre.

Au sens large, est une chaussée de transfert dans un échangeur de circulation entre voies à niveaux différents ou entre voies parallèles.

Les bretelles se terminent à une de leurs extrémités par une voie de décélération et à l'autre par voie d'accélération.

IV. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS

En général on distingue deux types :

A. Echangeur majeur :

L'échangeur majeur permet le raccordement entre une autoroute et une autre autoroute sans qu'il y ait de cisaillement, on distingue :

A-1-Trèfle complet:

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.

Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul

ouvrage d'art, et nécessite d'incorporer des voies collectives et distributrices pour permettre les entrées sans croisement.

A-2-Bifurcation en (Y):

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détacher par la droite de tronc principal on rejoignant par la droite le même tronc principal.

Ce type comporte un ouvrage biais qui fournit une excellente liaison avec les caractéristiques autoroutières continues.

B. Echangeur mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », le raccordement se fait en **Demi-trèfle** qui comporte deux boucles et deux diagonales, c'est un carrefour à niveau sur la route secondaire.

On distingue :

B-1-Le losange :

Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonales sont symétriques entre elles par rapport à l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

B-2-Le demi-trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour à niveau sur la route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

- ❖ Demi-trèfle symétrique.
- ❖ Demi-trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

B-3-Le quart de trèfle:

la distribution des trafics est dissymétrique et certains courants doivent être maintenus mais sont trop faibles pour imposer la création de bretelles, on admet donc des cisaillements relativement dangereux.

Un sens d'autoroute et celui de route sont très privilégiés.

B-4-La trompette:

Utilisée dans le cas de raccordement entre trois branches elle comporte un alignement droit commun à toutes les bretelles.

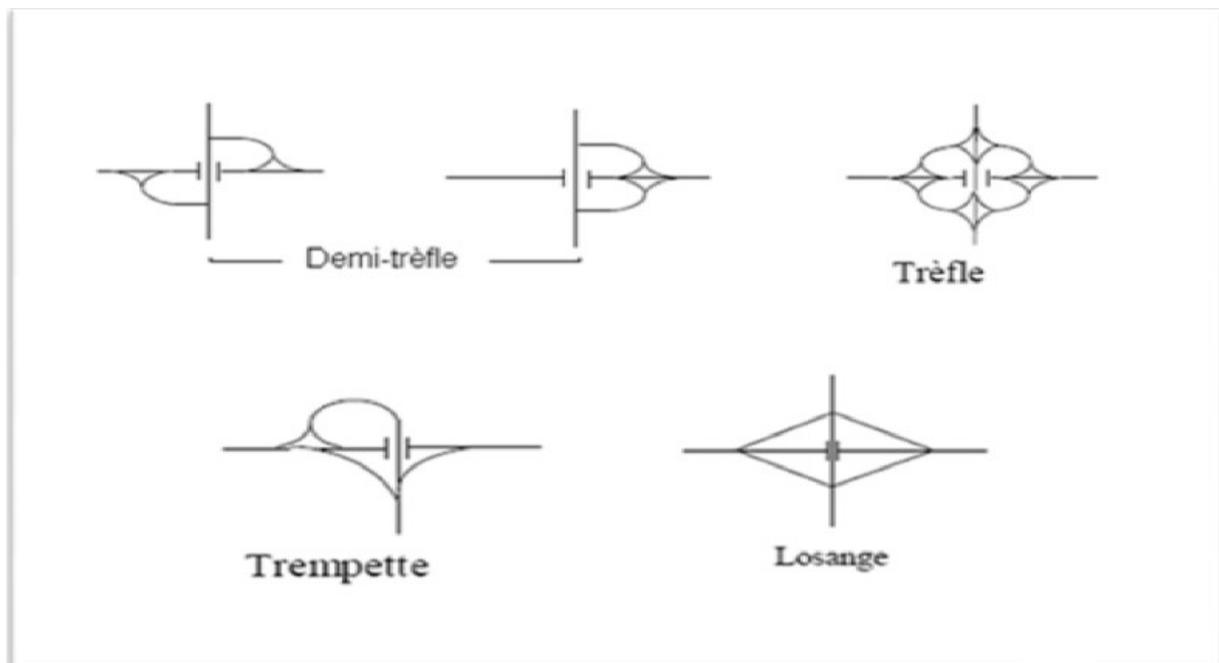


Figure. IV-1 : Types d'échangeurs

V-LES ELEMENTS D'UN ECHANGEUR

1-voies de base:

C'est le nombre de voies nécessaires au trafic, déterminé après analyse de la capacité désirée pour la route. le maintien du nombre de voies de base de deux routes qui se croisent à un échangeur s'avère essentiel pour l'uniformité de la capacité.

2-voies latérales:

Les voies latérales sont des routes à sens unique, de longueur limitée, parallèle a l'autoroute et séparées de la chaussée de l'autoroute à laquelle elles se raccordent.

Leurs but est de minimiser les points d'entrée et de sortie sur l'autoroute et d'y diminuer ainsi l'entrecroisement

3- Bretelles:

Les bretelles sont des voies de raccordement ou de virage entre les voies de base des deux routes qui se croisent ou entre les voies de base d'une autoroute et ses voies latérales. chaque bretelle est un tronçon de route terminé à une de ses extrémités par une voie de décélération et à l'autre par une voie d'accélération ou un carrefour à niveau.

Ces tronçons de route doivent avoir une vitesse de base aussi près que possible des vitesses des routes qu'ils raccordent .

4-Tronçons d'entrecroisement:

Un tronçon d'entrecroisement est la section d'une route sur laquelle le nombre de changement des véhicules d'une voie à l'autre est supérieur aux conditions normales.

La longueur prévue pour l'entrecroisement devrait être d'au moins 500m et préférablement 700m sur les autoroutes.

VI-EMPLACEMENT ET ESPACEMENT DES ECHANGEURS

Sur les autoroutes urbaines, les conditions de la circulation et le comportement des conducteurs influent sur l'espacement des échangeurs. La distance à parcourir est plus courte et les débits de circulation plus élevés. Pour assurer une bonne desserte du milieu, il faut prévoir des échangeurs rapprochés. Mais si les échangeurs sont trop rapprochés, l'exploitation de l'autoroute peut en souffrir et perdre sa capacité d'absorption et de distribution de la circulation.

L'espacement des échangeurs en milieu rural, un échangeur unique suffit généralement à desservir une petite agglomération. L'espacement entre échangeurs doit

être normalement de 10 à 30 km en rase campagne et 2 km au voisinage des agglomérations importantes.

L'espacement des échangeurs en milieu urbain l'espacement entre échangeurs doit être de 3Km de préférence, et jamais moins de 2Km.

Dans un échangeur, on doit suffisamment espacer les bretelles successives pour que l'automobiliste puisse prendre les décisions pertinentes en temps voulu et manœuvrer en sécurité. Entre deux sortie successives, la distance doit être suffisante afin de rendre possible une signalisation adéquate.

VII- CHOIX DE L'ECHANGEUR

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

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

Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

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

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

2ème Etape : *Configuration de tracé à adopter :*

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

- ✓ Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements... ».

- ✓ Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

3ème Etape : *Analyse :*

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

VIII. APPLICATION AU PROJET

Etape 1 :

a) Présentation du site d'implantation de l'échangeur :

Le tracé de notre projet intercepte la route secondaire qui vient de la route nationale (RN73) (bidirectionnelle) , (au PK2+007) Un rétablissement de communication s'avère indispensable, afin d'assurer tous les échanges entre ces deux routes.

Puisque notre échangeur raccorde une autoroute et une routes secondaires, on opte pour un échangeur de type **Echangeur mineur**.

b) Types de routes à raccorder :

Notre échangeur doit assurer une liaison entre la route secondaire menant vers la RN73 donc à la ville de Freha ou à Aghribs et le dédoublement de la RN73.

c) Caractéristiques géométriques des routes à raccorder :

- La route RN73 a un profil d'une voie bidirectionnelle de 7m
- La route menant vers la RN73 a un profil d'une route secondaire de 5m
- Notre tracé (RN73) a un profil de 2x2 voies de 14m avec un TPC de 3 m Le croisement se fait avec 3 branches et le trafic doit être distribué dans six directions.
- On a constaté aussi que le terrain devant recevoir le futur échangeur est un terrain vallonné avec une pente assez forte.

d) La distribution du trafic :

- L'échangeur de (au PK2+007) est de trois branches donc le trafic sera réparti en six directions
- Le trafic sur la route RN73 reliant la ville de Freha à Aghribs est de : 9600 v/j avec un poids lourd de 18%.
- Le trafic sur le dédoublement de la RN73 est de : 11 581v/j avec un poids lourd de 10%

e) Vitesse sur les bretelles :

D'après le B40 : pour les vitesses suivantes :

- la vitesse sur la route RN73 reliant la ville de Freha à Aghribs est de $V_r = 60$ Km/h.
- la vitesse sur le dédoublement de la RN73 est de $V_r = 80$ Km/h

On aura :

La vitesse sur les bretelles est de $V_r = 40$ Km/h.

ETAPE N°02 :

a) Les Paramètres Fondamentaux :

a-1) Principales distances de visibilité :

- **Distance d'arrêt (d_a)** = distance de perception/réaction + distance de freinage

$$d_a = 2V + V^2/2g (\gamma(v) + p)$$

Avec :

- ✓ V en m/s
- ✓ $\gamma(v)$: décélération moyenne exprimée en fraction de g ; elle dépend de V et est égale à la valeur base au fuseau national des CFL (10ième centile des mesures tout revêtement confondu).
- ✓ p : la déclivité, en valeur algébrique.
- ✓ Pour les rayons $R < 5V$, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%.
- **Distance de manœuvre de sortie (d_{ms})** qui permet de définir également les changements de files en section courante.

$$d_{ms} = 6.V \text{ (V en m/s)}$$

- **Distance de visibilité sur marquage (d_{vm})**

$$d_{vm} = 3.V \text{ (V en m/s)}$$

- **Distance de lecture (l_c)**, définissant la distance minimale permettant à l'utilisateur de lire les informations sur les panneaux de signalisation ($L_c = 5V$ avec V en m/s)

<i>Vitesse (km/h)</i>	40
<i>Vitesse (m/s)</i>	11.11

<i>Décélération moyenne $\gamma(v)$</i>	0.46
<i>Distance d'arrêt en palier da</i>	37.5
<i>Distance d'arrêt en courbe pour $R < 5V$</i>	41
<i>Distance de manœuvre en sortie dms (et changement de file)</i>	66.66
<i>Distance de visibilité sur marquage dvm</i>	33.33
<i>Distance de lecture lc</i>	55.55

Tableau IX-1 : Principales distances de visibilité

a-2) Tracé en plan des rampes (bretelles, boucles) :

Le tracé des rampes dépend toujours du tracé de la route aux quelles se raccordent, chaque rampe doit présenter une entrée et une sortie, et pour cela il faut bien déterminer leurs distances et prévoir des voies d'accélération ou de décélération.

a-3) Voie de décélération-accélération : selon la norme (B40)

1) Voies d'insertion (d'accélération) de type parallèle :

Les voies d'insertion sont de type parallèle et comportent une voie d'accélération parallèle à la route principale et un biseau de raccordement.

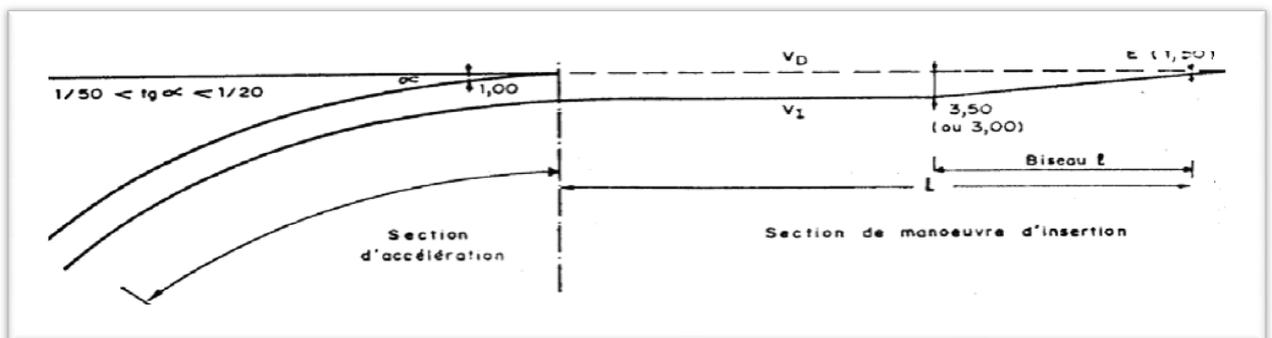


Figure IX-2:voie d'insertion parallèle

➤ **Longueur de la voie d'insertion L :**

Pour une vitesse de 80 Km/h le règlement exige une longueur de 180 m avec un biseau de 50m.

V_a (Km/h)	60	80	90	100	120
L (m)	140	180	210	240	320
L_B (m)	40	50	50	65	75

Tableau IX.2: Longueur de la voie d'insertion

2) Voies de décélération de type parallèle :

La décélération des véhicules quittant la route principale se fait à l'aide de couloirs de décélération de type parallèle.

La voie de décélération de type parallèle comprend un sifflet de raccordement et une voie parallèle à la route principale, sa longueur est en fonction de la vitesse d'approche à vide.

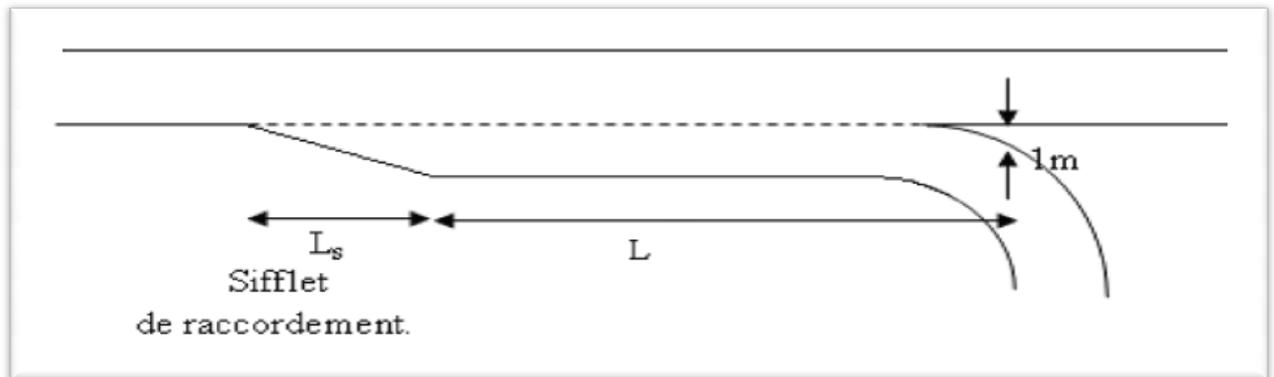


Figure IX-3: voie d'insertion parallèle

➤ **Longueur de la voie de décélération de type parallèle :**

Pour une vitesse de 80 Km/h le règlement exige une longueur de 115 m avec un sifflet de 50m.

V_a (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	70	115	170	240
L_s (m)	40	50	60	75

Tableau IX-3: Longueur de la voie décélération

a-4) Les caractéristiques géométriques :

1) Valeurs limites des rayons du tracé en plan:

Les normes (B40) sont résumées dans le tableau suivant :

<i>PARAMETRES</i>	<i>VALEUR</i>
<i>VB</i>	<i>40 Km/h</i>
<i>Rayon min. absolu RHm (7%)</i>	<i>40 m</i>
<i>Rayon min. normal RHn (5%)</i>	<i>125m</i>
<i>Rayon au dévers min RHd (2,5%)</i>	<i>250m</i>
<i>Rayon non déversé RHnd (-2,5%)</i>	<i>350m</i>

Tableau IX-4 : Valeurs des rayons du tracé en plan

- *Le rayon utilisé pour les boucles est de 45 m.*

a-5) Profil en long d'une bretelle :

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont les suivantes :

<i>VITESSE DE REFERENCE (Km/h)</i>		<i>40</i>
<i>Rayon en angle saillant (Rv1)</i>	<i>Minimal absolu Rvm1</i>	<i>500</i>
	<i>Minimal normal Rvn1</i>	<i>1500</i>
<i>Rayon en angle rentrant (Rv2)</i>	<i>Minimal absolu Rvm2</i>	<i>700</i>
	<i>Minimal normal Rvn2</i>	<i>1500</i>
<i>Déclivité maximale Imax (%)</i>		<i>7</i>

Tableau IX-5 : Valeurs des paramètres du profil en long d'une bretelle

a-6) Profil en travers :

Bretelles unidirectionnelles :

- *Berme : au moins 1m ; de préférence 1,5m*
- *BAU : de préférence 2m*
- *BDG : 0,5 à 1m*
- *BDD : 0.5 à 1m*
- *Chaussée : Bretelle à 1 voie : l=4m + S*

Bretelle à 2 voies l= 7m + 2S

- La Surlargeur S(R)= 50/R

ETAPE N°03 :

a) choix du type d'échangeur :

Echangeur (PK2+007) : on a opté pour un échangeur trempette.

b) Conception de l'échangeur (PK2+007) :

BRETELLE N°01:

AXE N°1			
<i>vitesse d'approche à vide</i>	<i>Va (km/h)</i>	40	80
<i>Voie d'insertion (entrée)</i>	<i>L (m)</i>	/	180
	<i>L_B (m)</i>	/	50
<i>Vitesse sur les bretelles</i>	<i>VB1 (km /h)</i>	40	
<i>Rayon de la bretelle</i>	<i>Rb (m)</i>	45	
<i>Rayon du profil en long</i>	<i>Rpel(m)</i>	3000	
<i>Profil en travers</i>	<i>Berme (m)</i>	1	
	<i>BDG (m)</i>	0.5	
	<i>Chaussée (m)</i>	4	
AXE N°2			
<i>Voie de décélération (sortie)</i>	<i>L (m)</i>	115	
	<i>Ls (m)</i>	50	
<i>Vitesse sur les bretelles</i>	<i>VB2 (km/h)</i>	40	
<i>Rayon sur la section décélération</i>	<i>Rd(m)</i>	80	
<i>Rayon du profil en long</i>	<i>Rpel (m)</i>	4000	

<i>Profil en travers</i>	<i>Berme(m)</i>	<i>1</i>
	<i>BDG (m)</i>	<i>0.5</i>
	<i>Chaussée (m)</i>	<i>4</i>

Tableau IX-6 :caractéristiques géométrique de la bretelle N°1

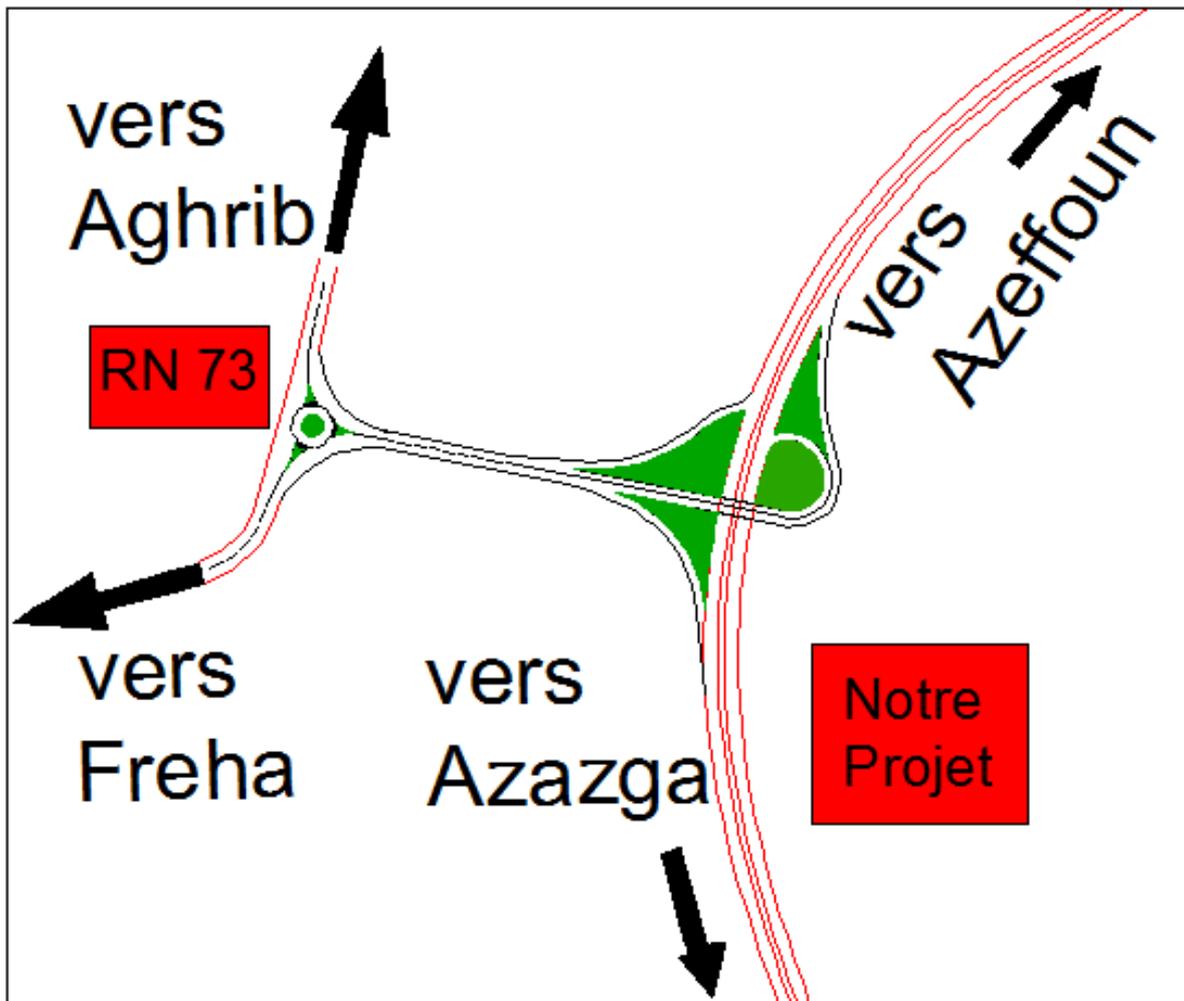


Figure IX-4: échangeur au niveau de PK2+007

I .SIGNALISATION

I.1. INTRODUCTION

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

I.2. OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière a pour rôle de :

- Rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- Rappeler certaine prescription du code de la route.
- Donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

I.3. CATEGORIES DE SIGNALISATION

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

I.4 - RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

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

- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent
- l'attention de l'utilisateur.

I.5. TYPE DE SIGNALISATION

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation verticale: qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores.
- ✓ Signalisation horizontale: désignée par des marquages au sol.

a: Signalisation verticale :

Parmi les panneaux qui désignent la signalisation verticale, on trouve :

- **Signaux de danger:** panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150m en avant de l'obstacle signalé (signalisation avancé).
- **Signaux comportant une prescription absolue:** panneaux de forme circulaire, on trouve ceux qui désignent :
 - ❖ L'interdiction.
 - ❖ L'obligation.
 - ❖ La fin de prescription.
- **Panneaux à simple indication:** en générale panneaux de forme rectangulaire, des fois terminée en point de flèche, on distingue:
 - ❖ signaux d'indication et de localisation.
 - ❖ signaux de direction.
 - ❖ signaux de position de danger
- **signaux divers.**

b) Signalisation horizontale :

C'est toutes les traces qu'on marque sur la chaussée, elle se divise en trois types :

a)- Marquage longitudinal : est on a:

Lignes continue :

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des lèches de rabattement.

Lignes discontinue :

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

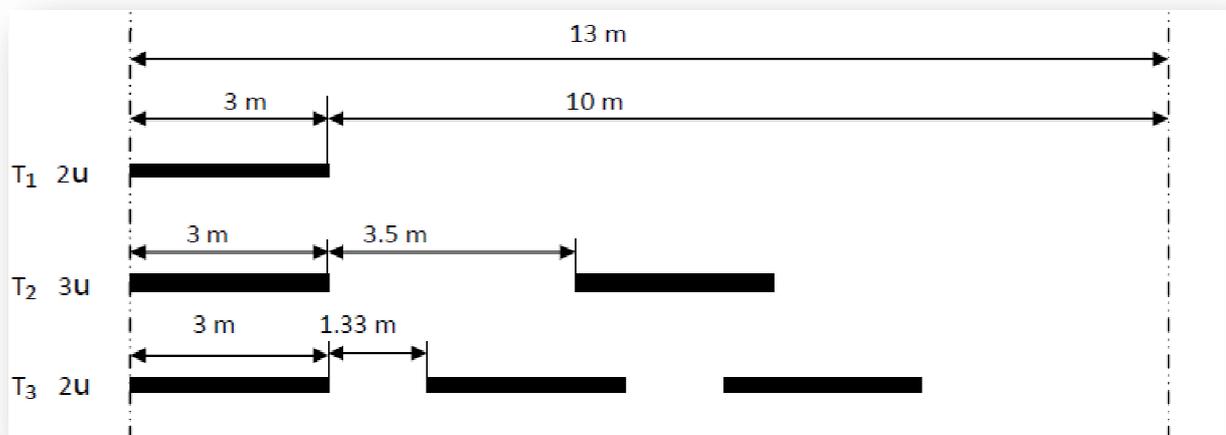
Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour les quelles la longueur des trait est environ égale ou tiers de leur intervalles.

Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour les quelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.

Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :



. **Figure X.1:** Types de modulation.

Avec:

T1 2U : ligne axiale ou délimitation de voie

T2 3U : ligne de rive.

T3 2U : ligne de délimitation des voies de décélération, d'accélération ou d'entrecroisement.

<i>Rapport plein vide</i>	<i>Intervalle entre deux traits successifs (mètres)</i>	<i>Longueur du trait (en mètres)</i>	<i>Type de modulation</i>
» 1/3	10 5	3 1.5	T1 T'1
» 1	3.5 0.5	6 0.5	T2 T'2
» 3	1.33 6	3 20	T3 T'3

Tableau X.1. Caractéristiques des lignes discontinues.

b)- Marquage transversal :

Lignes transversales continue :

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

Lignes transversales discontinue :

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

c)-Autre marquage :

- ❖ **Flèche de rabattement :** une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.
- ❖ **Flèches de sélection :** flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.
- ❖ **MARQUAGE PAR HACHURES:** On les retrouve au droit des îlots séparateurs.

I.6.CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.

- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
 - ❖ U = **7.5cm** sur les autoroutes et les routes à chaussées séparées.
 - ❖ U = **6cm** sur les routes importantes notamment sur les routes à grande circulation
 - ❖ U = **5cm** pour les autres routes.
 - ❖ U = **3 cm** pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

I-7. APPLICATION AU PROJET

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

A-signalisation verticale:

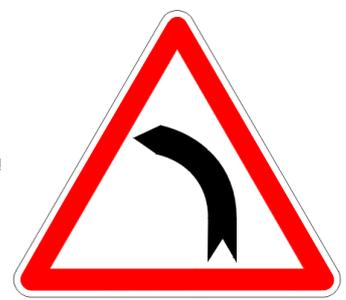
- ❖ Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- ❖ Panneaux de signalisation de priorité (type B).
- ❖ Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- ❖ Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- ❖ Panneaux de pré signalisation (type G1).
- ❖ Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- ❖ Panneau de signalisation de direction : type E /B.
- ❖ Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- ❖ Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale Elle est de

- ❖ Pour l'autoroute : U = 7.5 cm.
- ❖ Pour les bretelle et les voies d'accès : U = 5 cm



2015



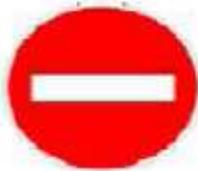
A. Signaux de danger

B. Signaux relatif à la priorité



Marquer l'arrêt

C. Signaux d'interdiction



B1

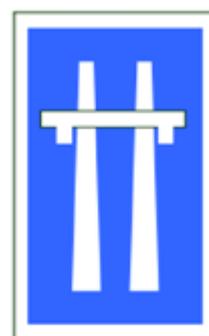
D. Signaux d'obligation



B21



ENTRÉE DE
L'AUTOROUTE



SORTIE DE
L'AUTOROUTE

Signaux de

restriction



VITESSES LIMITES



VITESSES LIMITES

Figure X.2 : Signaux d'indication.

signalisation de direction



Figure X.3: flèche de direction type E4.

B-signalisation horizontale:

Notre route est une route à chaussée séparée donc la largeur de la ligne est $U=7.5\text{cm}$.

❖ ligne continue:

Ligne axiale ou de délimitation des voies $(2u)= 15\text{cm}$.

Pour les bretelle et les voies d'accès : $U = 5\text{cm}$.

FLECHES DIRECTIONNELLES

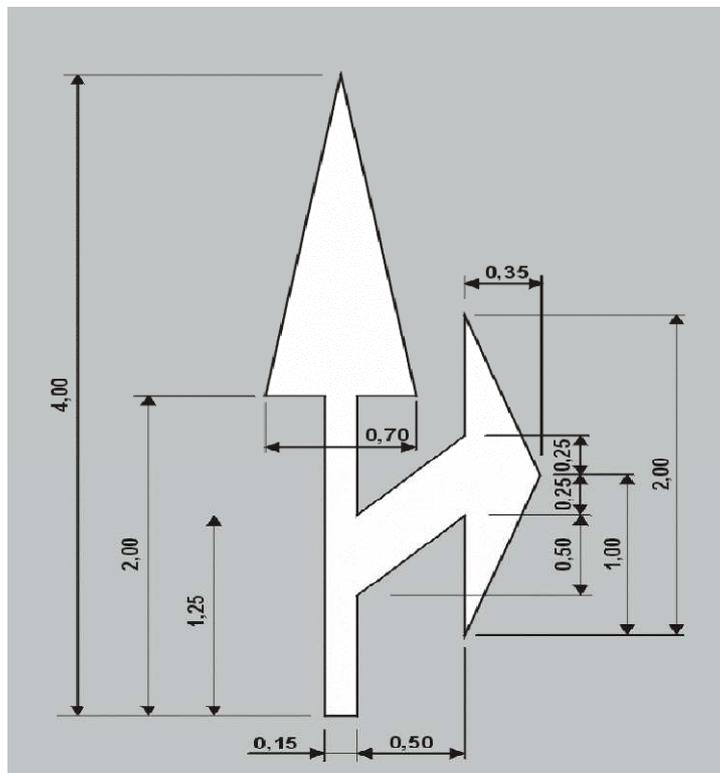
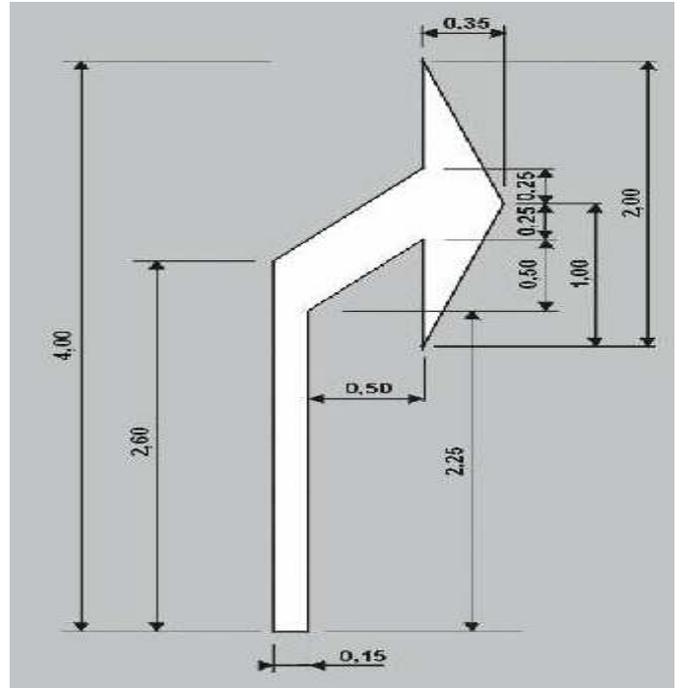
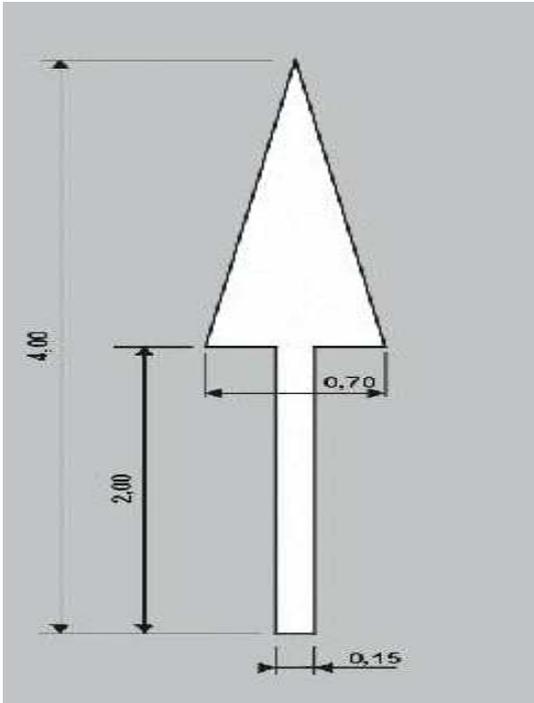
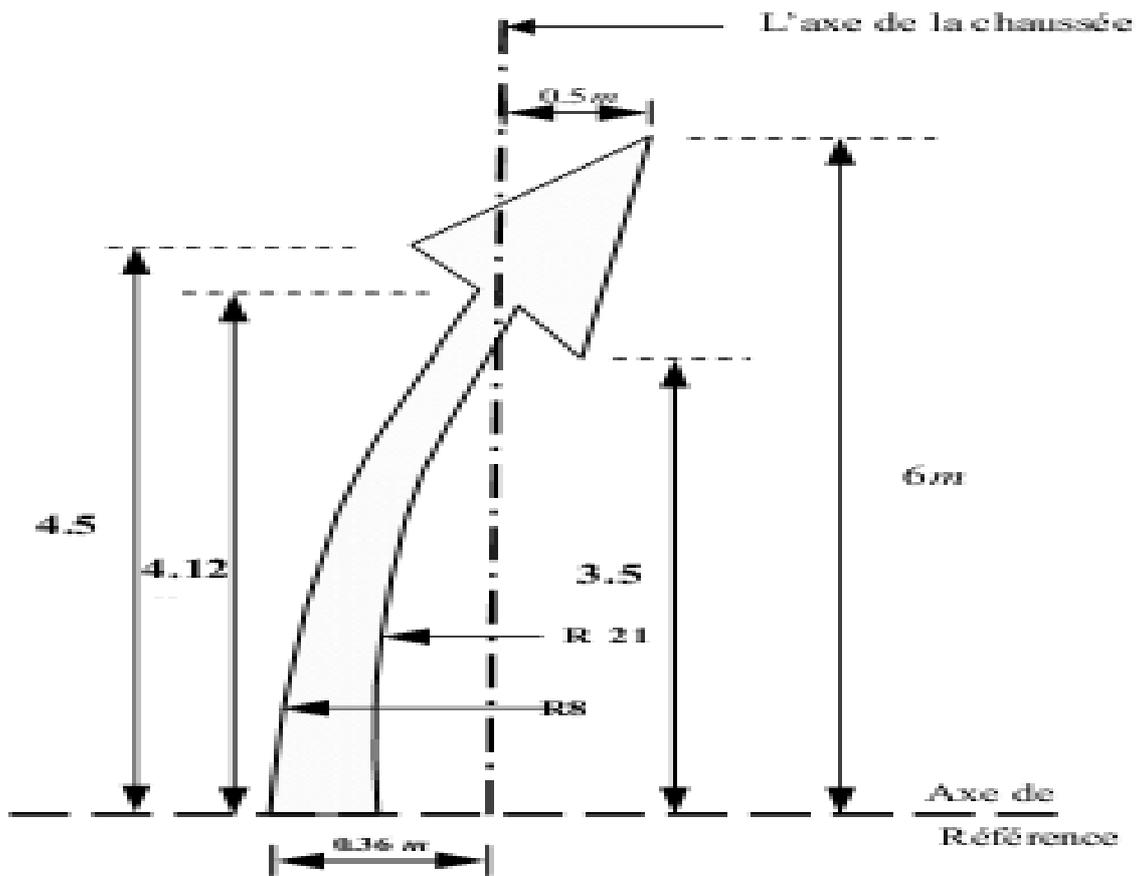


Figure X.4 : flèche de direction.

FLECHE DE RABATTEMENT



SCHEMAS DE MARQUAGE PAR HACHURES (sur le nez d'îlot):

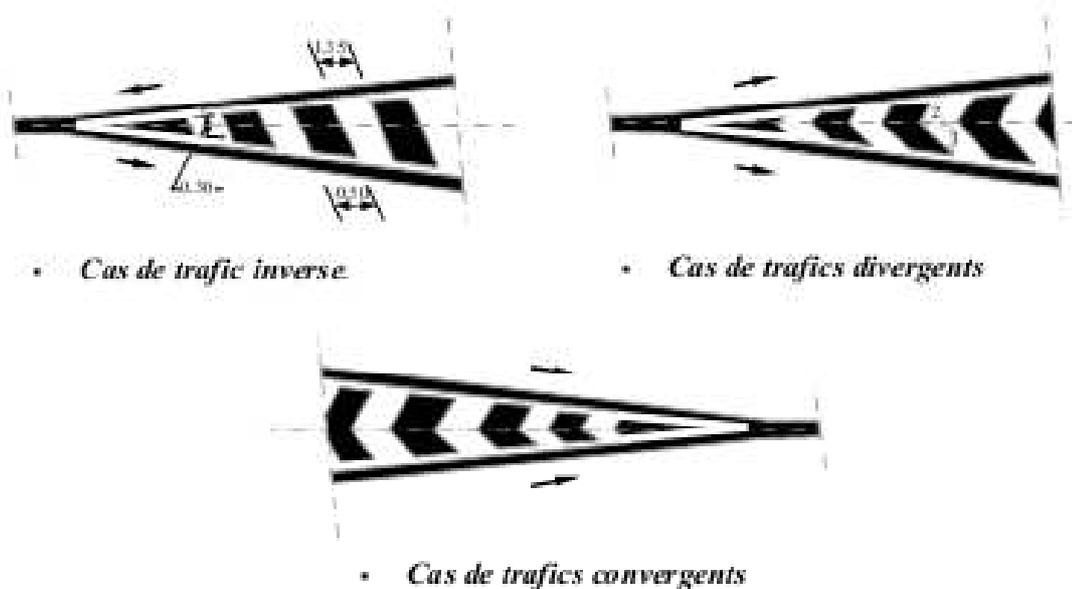


Figure X.5 : flèche de rabattement et de marquage par hachures.

II .SECURITE

II-1-INTRODUCTION

Lors d'une sortie de chaussée, un véhicule pénètre dans un milieu où il peut rencontrer de nombreux éléments susceptibles d'aggraver les conséquences matérielles ou corporelles de l'accident. Deux familles d'éléments peuvent être distinguées :

Les obstacles

Les obstacles peuvent provoquer des dommages sensibles aux véhicules et à leurs occupants. Il peuvent être regroupés en deux catégories; Les obstacles liés aux infrastructures, Les obstacles liés aux superstructures.

Les zones riveraines

Les zones riveraines sont des zones dans lesquelles l'intrusion d'un véhicule ou de son chargement peut causer des dommages graves pour des tiers

II-2-DISPOSITIFS DE RETENUE

On appelle dispositif de retenue un équipement de sécurité destiné à favoriser le maintien d'un véhicule motorisé sur la partie roulable de la plate-forme routière.

De nombreux produits et aménagements sont susceptibles de remplir cette fonction. Toutefois, ne sont considérés comme dispositifs de retenue, et agréés comme tels, que les matériels qui, simultanément, possèdent une capacité de retenue supérieure à un seuil donné et assurent le maintien du véhicule sur la chaussée dans des conditions de sécurité acceptables pour les usagers de la route.

Les dispositifs de retenue sont répertoriés dans différentes classes selon les performances observées lors d'essais de qualification effectués en fonction de la masse, de la vitesse et de l'angle d'impact d'un véhicule.

II-2-1- Dispositifs de retenue latéraux et frontaux:

Ils sont appelés :

- ❖ **latéraux**, lorsque les angles probables de heurts sont inférieurs à 45°. Ils s'emploient en section courante sur accotement ou sur terre plein central,
- ❖ **frontaux**, lorsqu'ils risquent d'être percutés par des véhicules sous un angle compris entre 45° et 90° (origine de file ou divergent).

X-II-2-2- Dispositifs de retenue simples et doubles:

Ils sont qualifiés de :

- ❖ **simples**, lorsqu'ils ne sont efficaces que d'un seul côté (par exemple, glissière simple sur accotement),
- ❖ **doubles**, lorsqu'ils peuvent être percutés des deux côtés en ayant un comportement identique lors du choc (par exemple, glissière double sur support unique équipant un terre-plein central).

II-2-3- Dispositifs de retenue souples et rigides:

Selon leur mode de fonctionnement, on distingue :

- ❖ des dispositifs de retenue « **souples** » qui se déforment lors du choc d'une voiture et conservent une déformation permanente.
- ❖ des dispositifs de retenue « **rigides** » qui ne subissent ni déformation, ni déplacement lors d'un choc de voiture. Aucune énergie n'étant absorbée par le dispositif, dans le cas d'un choc sous un angle d'incidence important, ou vitesse d'impact élevée, les décélérations subies par les occupants de la voiture peuvent être sévères et les risques de rebond sont augmentés.

Les dispositifs de retenue destinés aux poids lourds (barrières de sécurité) sont (sauf exception) des dispositifs rigides pour les voitures.

II-3-CLASSIFICATION DES DISPOSITIFS DE RETENUE LATÉRAUX

Les essais de choc sont réalisés dans des conditions bien définies de masse, de vitesse et d'angle d'impact du véhicule sur le dispositif. Ils sont souvent complétés par d'autres tests adaptés à la spécificité de chaque matériel dont le but est d'apprécier le comportement du dispositif dans des conditions de choc différentes.

Ces essais permettent de déterminer **deux classes** de dispositifs de retenue :

II-3-1-Les glissières de sécurité: qui retiennent les voitures dans de bonnes conditions de sécurité et qui sont classées en 3 niveaux(niveau 1,2 et 3) selon les performances constatées lors des essais de choc:

GLISSIÈRE DE SÉCURITÉ DE NIVEAU 1

Les glissières de sécurité de niveau 1 sont des dispositifs conçus pour assurer la retenue latérale des véhicules légers sur les autoroutes, voies rapides et routes de rase campagne.

Trois modèles de dispositifs de retenue sont actuellement agréés dans la classe « glissières de sécurité de niveau 1 »

- ❖ **les glissières métalliques de profil A et B:** L'élément longitudinal ou lisse de ces glissières est constitué d'éléments de glissement de profil A ou B liés entre eux par recouvrement et boulonnage.
- ❖ **Les glissières Gierval:** L'élément longitudinal ou lisse de ces glissières est constitué d'éléments de glissement, liés entre-eux par manchonnage et boulonnage.
- ❖ **Les séparateurs en béton de type « GBA ou DBA »:** On appelle séparateurs en béton de type « GBA » (Glissière en Béton Adhérent) ou « DBA » (Double en Béton Adhérent) des murets continus en béton faiblement armés coulés en place qui présentent un profil particulier sur le (ou les) côté(s), en regard de la circulation.

GLISSIÈRE DE SÉCURITÉ DE NIVEAU 2 ET 3

Les glissières de sécurité de niveau 2 ont été conçues pour l'équipement des routes qui possèdent des caractéristiques réduites (c'est notamment le cas des routes en relief difficile) pour lesquelles les dispositifs de niveau 1 peuvent ne pas être adaptés. Ces voiries peuvent se définir par :

- ❖ des caractéristiques géométriques de profil en long et en travers réduites,

- ❖ une rive de chaussée souvent hétérogène (nombreux murs de soutènement dont la réalisation n'est parfois ancienne et la résistance difficile à estimer, remblais très pentus),
- ❖ des phénomènes dus à l'instabilité du milieu (chutes de pierres, coulées de boue, éboulements, avalanches...),
- ❖ des contraintes liées au climat et à des précipitations abondantes (neige en altitude, écoulements d'eau importants ...).

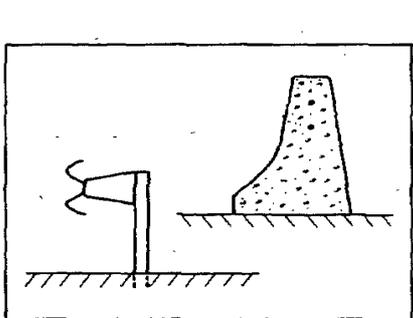
Outre les glissières de niveau 1, deux modèles de dispositifs de retenue sont agréés dans la classe « glissières de sécurité de niveau 2 » :

- ❖ **Les glissières simples métalliques de profil A ou B** adaptées aux sites difficiles:

Des dispositions spéciales sont prévues pour adapter les glissières métalliques aux routes à caractéristiques réduites, notamment dans l'extérieur des courbes de faible rayon, dans les sites enneigés ou quand la place disponible est très restreinte.

- ❖ **Les murets continus en béton:**

Ce sont des murets de 60 cm de hauteur coulés en place et dont la section est trapézoïdale pour le béton extrudé par machine à coffrage glissant, et rectangulaire pour



le béton

banché

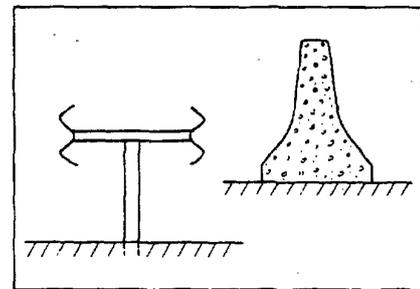


fig:X-6:D.R. simples, métalliques et béton .

fig:X-7:D.R. doubles, métalliques et béton.

II-3-2-Les barrières de sécurité: elles possèdent une capacité de retenue supérieure à celle des glissières; elles sont capables de retenir des véhicules lourds mais également les véhicules légers, Suivant les performances atteintes aux essais de choc, les barrières de sécurité sont classées en trois catégories(légères,

normales
et lourdes)

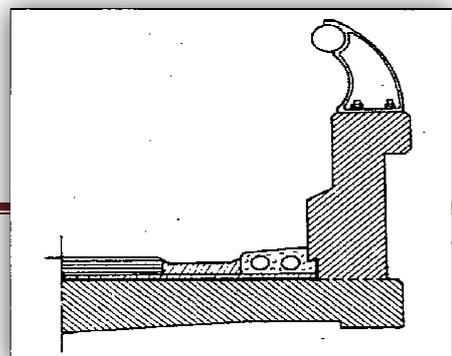
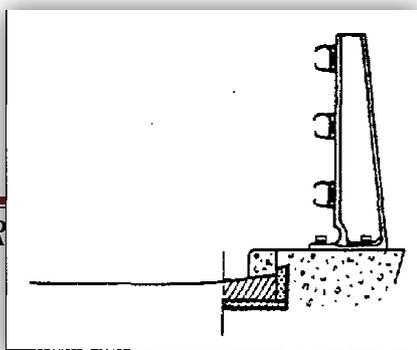


Fig X-8: Barrière légère en alliage d'aluminium

Fig X-9: Barrière normale en béton armé

II-4-CLASSIFICATION DES DISPOSITIFS DE RETENUE FRONTAUX

Deux catégories de matériel sont agréés comme dispositifs de retenue frontaux:

Les musoirs métalliques: en tôle profilée si leur rayon est supérieur ou égal à 2 mètres, en tôle plate munis de renforts latéraux si leur rayon est égal à un mètre.

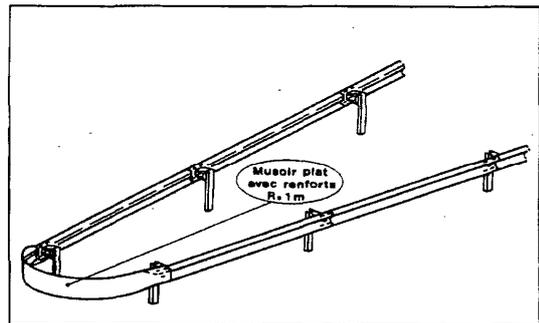
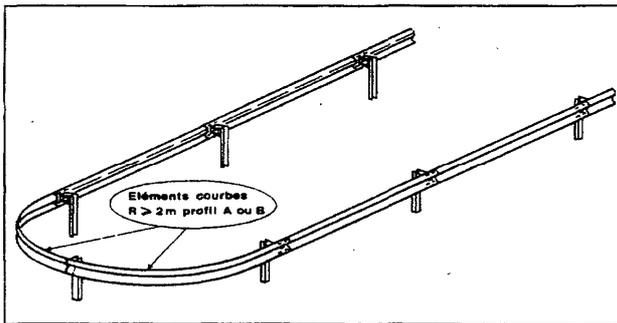


Fig X-10: musoir de profil A ou B, de rayon supérieur

Fig X-11: musoir plat de rayon un mètre.

ou égal à deux mètres .

Les atténuateurs de choc: à déformation métallique (A.D.M.) ou inertiel à eau (A.I.E.) qui arrêtent une voiture sur une distance inférieure à 10 mètres.

A l'exception des atténuateurs A.I.E., les matériels agréés sont capables de retenir ou de rétablir la trajectoire des voitures qui viennent les heurter latéralement.

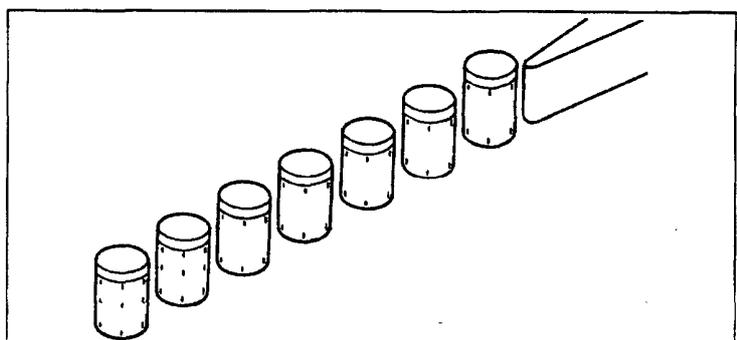
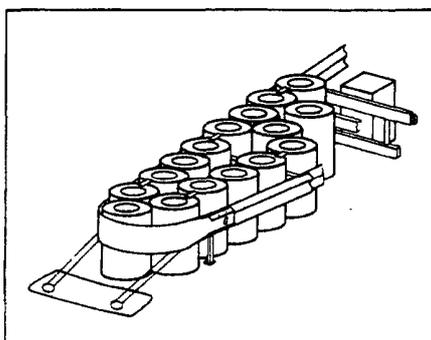


Fig X-12: atténuateur de choc à déformation métallique.

Fig X-13: atténuateur de choc inertiel à eau.

II-5-APPLICATION AU PROJET

a) Sur le T.P.C :

Le TPC sera constitué de **séparateurs en béton** de type **GBA** (glissière en béton adhérent) tout le long de l'itinéraire .ce sont des dispositifs rigides qui ne peuvent être implantés qu' en présence d'un TPC de 3m et sur un sol stabilisé pour éviter tout risque de rupture par tassement différentiel.

Ils sont capables de retenir les poids lourds de **12**. Pour les voitures légères, le profil, par sa forme particulière, limite le frottement de la carrosserie sur le dispositif.

b) Sur accotement :

Le même type de glissière sera disposé à droite de chaque voie à la limite de la bande d'arrêt d'urgence pour délimiter la chaussée roulable et protéger les usagers de la route des risques éventuels de sortie.

c) Au niveau de l'échangeur :

Nous prévoyons pour chaque bretelle des glissières de sécurité métalliques.

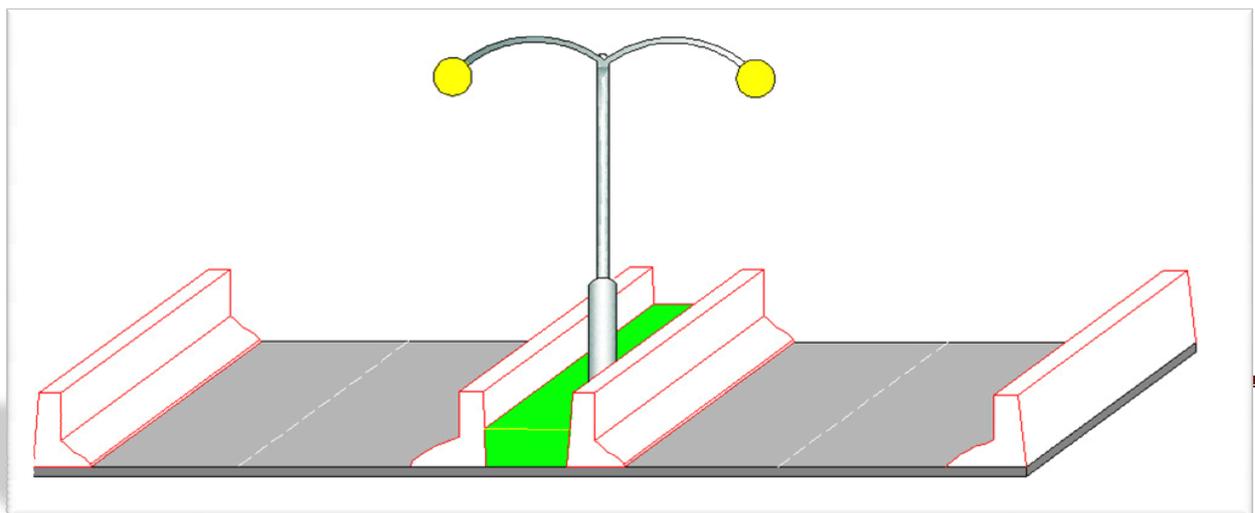


Figure X-14 : Séparateurs projetés sur la route

III .ECLAIRAGE

III-1 INTRODUCTION

L'éclairage nocturne des routes joue un rôle capital en matière de sécurité et de confort. Il permet aux usagers de la route de circuler tranquillement tout en évitant l'utilisation excessive des phares qui provoque l'éblouissement.

Les systèmes d'éclairage font partie des équipements électrotechniques installés sur le réseau routier. Il est donc nécessaire, lorsqu'on étudie la conception de ces systèmes, de suivre des procédures rigoureuses afin d'assurer leur fonctionnalité et la sécurité des usagers de la route (automobilistes, piétons et cyclistes).

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est -à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir, les carrefours.....etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir, des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

Classe A : éclairage général d'une route ou autoroute.

Classe B : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).

Classe C : éclairage des voies dessertes.

Classe D : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

III-2- ÉCLAIRAGE D'UN POINT SINGULIER

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- ✓ A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- ✓ A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- ✓ A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- ✓ A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

III-3- PARAMÈTRE DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES

- ✓ L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- ✓ La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- ✓ La largeur (L) de la chaussée
- ✓ La porte à faux (P) du foyer par rapport au support.
- ✓ L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (S) par rapport au bord de la chaussée.

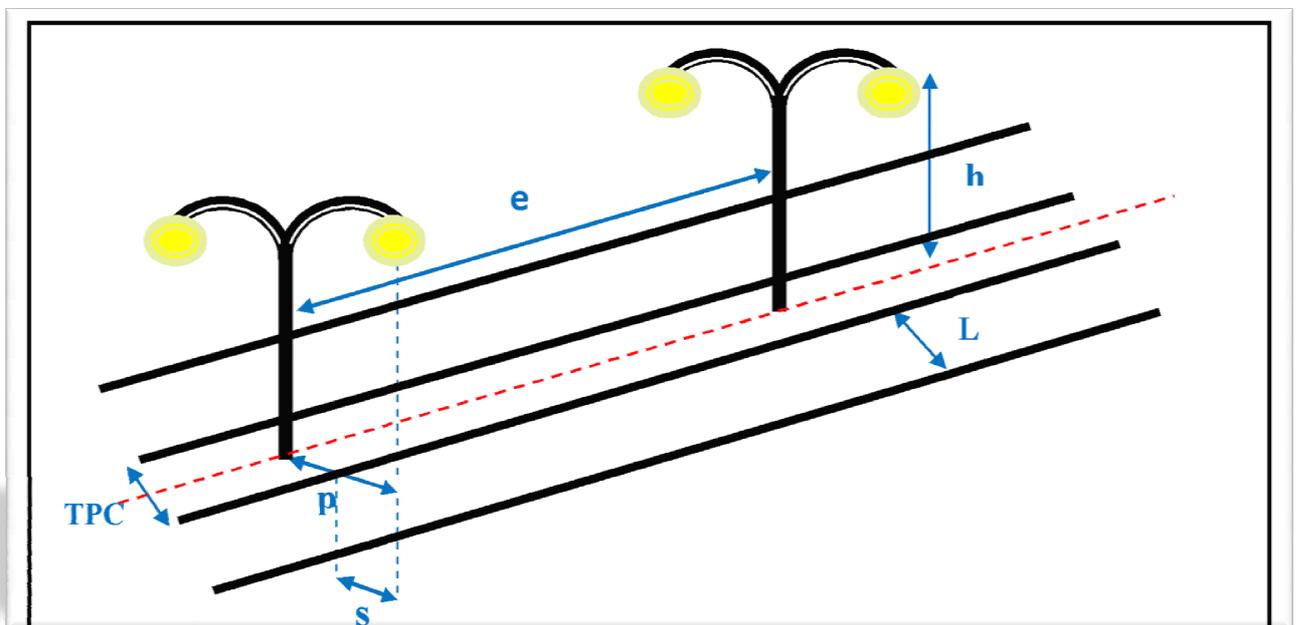


Figure X.15- Paramètres de l'implantation des luminaires.

III-4- APPLICATION AU PROJET

Éclairage de la voie (le long du tronçon étudié) :

Pour l'éclairage de la voie des lampadaires sont implantés dans le terre plein central avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

Éclairage des trottoirs et passage pour piétons :

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux et on place des foyers l'ordre de 12m de hauteur pour tous les sens. On prévoit aussi plusieurs foyers pour assurer un bon éclairage aux passages pour piétons placés de part et d'autre.

Echangeur:

En ce qui concerne l'échangeur on mettra des lampadaires à un seul foyer, avec une hauteur de 8 m et un espacement de 20 m de à droite de chaque chaussée au niveau des bretelles.

I- INTRODUCTION

La réalisation d'une route est une tâche délicate à accomplir et elle est perçue aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement.

En effet l'extraction de matériaux, les déboisements, l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles.

L'effort technologique vise à maîtriser, contrôler et minimiser les différents impacts dus à ce type d'aménagement, qu'il s'agisse de la protection des eaux, de la protection contre le bruit, ou de la conservation de la faune et de la flore.

II- CADRE JURIDIQUE

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

1°) Une analyse de l'état initial du site et de son environnement portant, notamment, sur les richesses naturelles et les espaces agricoles, forestiers, maritimes, hydrauliques ou de loisirs, affectés par les travaux, aménagements ou ouvrages.

2°) Une analyse des effets sur l'environnement et en particulier sur les sites et paysages, la faune, la flore, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, fumées, émissions lumineuses...) ou sur l'hygiène et la salubrité publique.

3°) Les raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu.

4°) Les mesures envisagées par le maître de l'ouvrage ou le pétitionnaire pour supprimer, réduire et compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.

III-L'UTILITE DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

L'étude d'impact sur l'environnement(EIE) a pour objet :

- ❖ Optimiser l'intégration du projet dans le milieu naturel.
- ❖ Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain et ainsi proposer des solutions.

- ❖ d'évaluer de manière méthodique et préalable, les répercussions éventuelles, les effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement et en particulier sur l'homme, la faune, la flore, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et des monuments historiques, le cas échéant sur la commodité du voisinage, l'hygiène, la salubrité publique et la sécurité tout en prenant en considération les interactions entre ces facteurs.
- ❖ de supprimer, d'atténuer et de compenser les répercussions négatives du projet .
- ❖ de mettre en valeur et d'améliorer les impacts positifs du projet sur l'environnement.
- ❖ d'informer la population concernée sur les impacts négatifs du projet sur l'environnement.

IV- LES IMPACTS DU PROJET

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné.

C'est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit peut être aussi les conséquences de cette intervention.

Ces impacts sont :

IV-A- LES IMPACTS POSITIFS

1) IMPACTS SOCIOECONOMIQUE

- ❖ la fluidité de la circulation (gain de temps).
- ❖ Favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées.
- ❖ La réduction des coûts de transport (gain de temps, sécurité, carburant ...).

- ❖ Désenclavement des régions limitrophes.
- ❖ La création des postes d'emplois temporaire (durant la phase de réalisation).
- ❖ Une réponse aux besoins de confort, et la sécurité des usagers ;
- ❖ L'Amélioration des conditions économiques de la population de la zone du projet.
En effet, la mobilité des travailleurs sera nettement améliorée et l'activité de la population sera probablement développée.
- ❖ Attraction des activités agricoles, pastorales et touristiques.

2) IMPACTS SUR LES HABITATIONS

Le tracé de notre projet se situe dans une zone rurale et ne traverse aucune habitation (pas de destruction de maisons).

IV-B-LES IMPACTS NEGATIFS

♣ LES IMPACTS PERMANENTS

1) IMPACT SUR LE PAYSAGE

L'infrastructure portera une défiguration au paysage naturel malgré les efforts de l'ingénieur à adapter le tracé géométrique à la topographie du site.

2) IMPACT SUR LES RESSOURCES EN EAU

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique, et la pollution de cette dernière, par le déversement des sédiments et des matières polluantes (fuites d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant, Les débris résultants de l'usure des plaquettes de freins et des pneus).

3) IMPACT SUR L'AIR

La nouvelle infrastructure générera un trafic important ce qui augmentera la pollution de l'air dans les zones traversées.

La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux. La circulation routière est la principale source de CO₂.

4) IMPACT SUR 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 atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que le transport routier génère la pollution, le bruit et la lumière artificielle ce qui affectent la vie animale par :

- ❖ réduction des populations d'oiseaux vivants dans les abords routiers.
- ❖ génération des perturbations comportementales.
- ❖ provoquer des collisions des animaux, favorisés par la lumière des phares.

5) IMPACT SUR LA FLORE

Ces zones naturelles, en outre leurs contributions à l'absorption du gaz carbonique contenu dans l'air, leur production végétale est le premier élément de la chaîne alimentaire des insectes et des oiseaux.

Notre projet risque d'atténuer le rôle de la zone dans ce concept et ce par :

- ❖ Les terrassements du sol conduit à un déséquilibre dans l'aération des racines et empêche ainsi leurs développement
- ❖ Diminution du couvert végétal.
- ❖ Destruction et contamination de la végétation.
- ❖ Recolonisation des espaces par des nouvelles phytocénoses.

Enfin, la connaissance de la flore locale s'avère indispensable dans l'orientation du choix des espèces à planter sur les talus.

6) IMPACT SUR L'AGRICULTURE

Le tracé de dédoublement traverse des terrains agricoles qui seront perdus suite à la réalisation de cette infrastructure.

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peuvent se regrouper en trois éléments qui sont :

- ❖ L'effet de la substitution du sol à vocation agricole, et la diminution 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 de cheminements).
- ❖ L'effet de modification du régime agricole.

7) GEOLOGIE ET PHYSIOGRAPHIE

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

♣ IMPACTS TEMPORAIRES

Les impacts négatifs générés par le projet sont essentiellement persistants durant la phase de chantier.

Ces impacts sont temporaires, et disparaissent après l'achèvement des travaux, les plus importants sont définis comme suit :

- ❖ Perturbation de la circulation automobile (embouteillage).
- ❖ Dégagement de poussières dans l'atmosphère.
- ❖ Déversement de boues (bentonite) dans l'espace urbain.
- ❖ Emission de bruit lors des travaux, Cette nuisance est due à l'usage des engins.
- ❖ Opposition des propriétaires des terrains agricole face à la destruction de leur bien agricole ce qui engendre un retard dans l'avancement des travaux.

V- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES

V-I- Mesures d'atténuation particulières

1-Milieu physique

- ❖ Limiter les interventions sur les sols sensibles à l'érosion, fragiles, en pente ou peu portants. Désigner les aires de circulation à privilégier.

- ❖ S'assurer, par un avis géotechnique préalable aux travaux, que le secteur ne risque pas de subir un glissement de terrain pendant et à la suite des travaux.
- ❖ N'obstruer en aucun temps le passage de l'eau et s'assurer de la présence d'un canal d'écoulement pour évacuer les crues subites. Tout batardeau doit être conçu de manière à permettre l'écoulement en tenant compte des débits maximums susceptibles de survenir pendant la période des travaux.
- ❖ Implanter des mesures tel l'enrochement (perré) ou l'aménagement de bassins de rétention pour ralentir la vitesse d'écoulement de l'eau et pour protéger la surface des fossés dans les secteurs en pente, particulièrement là où le sol est sensible à l'érosion et dans les zones de mouvement de terrain.

2-Milieu biologique

- ❖ Éviter de rediriger les eaux de ruissellement directement vers les cours d'eau et habitats humides, aménager plutôt des bassins de rétention au sommet des talus afin de limiter l'apport de matières en suspension ou tout autres substances en provenance de la chaussée.
- ❖ Durant et après les travaux de construction, s'assurer que les abords de la route de contournement soient bien drainés afin d'éviter la formation de mares stagnantes favorisant la formation de salines.

3-Milieu humain

- ❖ Baliser les infrastructures temporaires ou permanentes (par exemple les zones de déblais, les fossés, etc.) qui présentent un risque d'accident.
- ❖ Utiliser une signalisation adéquate, s'assurer d'une vitesse maximale appropriée pour la circulation de la machinerie et des véhicules lourds.
- ❖ Prévenir et informer les propriétaires dont le terrain va être modifié lors des travaux
- ❖ Maintenir l'accès aux résidences et aux secteurs utilisés pour des activités récréo-touristiques, de même qu'aux terres en culture durant les travaux.
- ❖ Baliser les infrastructures publiques (par exemple les lignes électriques, les réseaux d'AEP et d'assainissement) qui se situent à l'intérieur des aires de travaux ou à proximité.

4-Milieu sonore

- ❖ protéger les résidences touchées à proximité de l'autoroute(mur anti bruit).

5-Milieu visuel

- ❖ Réaliser les travaux de terrassement des pentes selon les normes et le recouvrement des surfaces à l'aide d'une couche de terre végétale suffisante pour la reprise de la végétation.
- ❖ Effectuer des travaux de reboisement à l'aide d'espèces arborescentes et arbustives d'essences variées compatibles avec les usages et fonction de l'infrastructure routière. Si possible, utiliser des espèces représentatives des espèces environnantes et adaptées à la nature et aux taux d'humidité des sols en présence, de même qu'aux embruns salins.

V-II- Mesures d'atténuation générales

- ❖ Les chemins d'accès au chantier, aux aires d'entreposage ou à tout autre aménagement temporaire doivent être à au moins 60 m du milieu hydrique .
- ❖ Utiliser une machinerie en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement accidentel et l'émission de polluants atmosphériques.
- ❖ L'abattage doit être fait de façon à ne pas endommager les arbres et les arbustes à conserver.
- ❖ Végéter toutes les surfaces déboisées ou défrichées durant les travaux qui sont situées à l'extérieur de l'emprise de la nouvelle route.
- ❖ S'assurer de l'efficacité de la reprise végétale sur une période de 24 mois après la fin des travaux.
- ❖ S'assurer que le réseau de drainage ne modifiera pas les conditions hydrologiques des propriétés voisines de l'emprise (assèchement de zones marécageuses ou création de zones d'accumulation d'eau).
- ❖ S'assurer que les fossés et les ponceaux sont de dimensions suffisantes pour évacuer les eaux de ruissellement provenant de l'autoroute et des cours d'eau traversant l'emprise. Pour ce faire, se référer à l'étude hydrologique et hydraulique portant sur le type de ponceau à installer et leur dimension.

Remarque : Mesures tirées en tout ou en partie du Cahier des charges et devis généraux – Infrastructures routières, Construction et réparation, Édition 1997 (révisée le 10 décembre 2001), ministère des Transports du Québec.

VI-APPLICATION AU PROJET

♣ Traitement sur terrain :

Pour lutter les glissements on doit :

- ❖ Implanter des arbres au niveau des talus et des pentes.

♣ La sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- ❖ Implanter des passerelles au niveau d'agglomération.
- ❖ Equiper les frontières des ouvrages par des dimensionnements convenables (largeur de trottoir, hauteur de la glissière, etc...)
- ❖ Pour les sorties d'engins des chantiers, des carriers et des usines, des panneaux de signalisation seront implantés

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- ❖ Réduire la vitesse au niveau des intersections.
- ❖ aménagement des arrêts le long de la route au niveau des points stratégiques pour les transports en commun.
- ❖ Des panneaux de signalisation seront implantés.
- ❖ La sécurité des animaux : réalisation des dalots ; cela vas permettre le passage des animaux sauvages de nuit et les animaux domestiques en période diurne. L'aménagement de tels ouvrages évitera au maximum la traversée d'animaux et par conséquent le risque d'accidents.

VII-CONCLUSION

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

I-INTRODUCTION

Pour une évaluation du cout réel d'un projet routier, on doit connaître son impact sur la collectivité, les responsables du chantier doivent équiper leur étude d'un plan d'exécution de l'ouvrage (PEO) qui comprend un devis quantitatif et estimatif.

II- DEVIS ESTIMATIF

Lors des soumissions a des marchés, le service technique prévoit toutes les dépenses de projet par le biais du devis estimatif.

III- DEVIS QUANTITATIF

C'est le classement rationnel et récapitulatif des quantités des matériaux nécessaire à la construction des ouvrages de la route.

<i>N</i>	<i>DESIGNATION</i>	<i>UNIT E</i>	<i>QUANTITE</i>	<i>PRIX UNITAIRE HT</i>	<i>MONTANT HT</i>
<i>1</i>	<i>Acquisition de Terrain</i>	<i>M²</i>	<i>190 000</i>	<i>1 000,00</i>	<i>190 000 000,00</i>
<i>Total(1)=190 000 000,00</i>					
<i>2</i>	<i>L'installation de Chantier et Replieement</i>	<i>F</i>	<i>1</i>	<i>2 000 000,00</i>	<i>2 000 000,00</i>
<i>Total(2)=2 000 000,00</i>					
<i>3</i>	<i>Préparation de Terrain</i>				
<i>3.1</i>	<i>Débroussaillage et abatage d'arbres</i>	<i>M²</i>	<i>60 000</i>	<i>2 000,00</i>	<i>120 000 000,00</i>
<i>3.2</i>	<i>Déplacement des poteaux électriques</i>	<i>U</i>	<i>500</i>	<i>12</i>	<i>6 000,00</i>
<i>Total(3)=120 006 000,00</i>					
<i>4</i>	<i>Terrassement</i>				

4.1	Décapage de terre végétale épaisseurs de 20 à 30 cm	M ²	190 000	800,00	152 000 000,00
4.2	Déblais (extraction transport et mise en dépôt)	M ³	316 875	700,00	221 812 500,00
4.3	Remblais en provenance d'emprunts	M ³	333 918,1	1 000,00	333 918 100,00
Total(4)=707 730 600,00					
5	Chaussée				
5.1	Mise en place d'une Couche de forme en matériaux sectionnés (TUF) Ep = 0,40 m	M ³	46 200	800,00	36 960 000,00
5.2	Couche de fondation en grave bitume Ep = 0.15 m	M ³	17 325	5 500,00	95 287 500,00
5.3	Couche de base en grave bitume GB Ep= 0.14m	T	16 000	5 500,00	88 000 000,00
5.4	Couche d'imprégnation au cut-back 0/1	M ²	110 000	150,00	16 500 000,00
5.5	Couche d'accrochage dosée 200à300g/m2	kg	37 000	150,00	5 550 000,00
5.6	Couche de roulement en béton bitumineux Ep= 0.08 m	T	9 000	5 500,00	49 500 000,00
5.7	Rechargement d'accotement en matériaux sectionnés Ep= 0.15 m	M ³	5 000	800,00	4 000 000,00
5.8	Rechargement du TPC en terre végétale	M ³	8 000	800,00	6 400 000,00
Total(5)= 302 197 500,00					
6	Ouvrage Courant et Assainissement	F	10% du total (3+4+5)		
Total(6)= 112 993 410,00					
7	Impact sur l'Environnement	F	1% du total (3+4+5)		
Total(7)=11 299 341,00					
8	Déviations des Réseaux	F	3% du total (3+4+5)		

Total(8)=33 898 023,00					
9	<i>Eclairage: Signalisation et Equipements routiers</i>	F	5% du total (3+4+5)		
Total(9)=56 496 705,00					
10	<i>Contrôle (Bureau d'étude et laboratoire)</i>	F	2% du total (3+4+5)		
Total(10)=22 598 682,00					
				TOTAL EN HT	1 559 220 261,00 DA
				TVA 17%	265 067 444,37 DA
				TOTAL EN TTC	1 824 287 705,37 DA

Remarque :

Les prix unitaires pris en compte lors de l'élaboration de ce devis sont les plus couramment utilisés pour les travaux routiers, aussi l'absence des détails sur le mode d'exécution de certains postes et le manque de donnée font de notre montant une estimation approximative.

Conclusion :

Le montant de notre projet est arrêté à : *Un Milliard Huit Cent Vingt Quatre Million Deux Cent Quatre Vingt Sept Mille Sept Cent et Cinq Dinars Et Trente Sept Centimes.*

CONCLUSION

Ce projet de fin d'études a été, pour nous, une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Notre étude a été faite en se basant sur les données suivantes:

- Le trafic à l'année 2007 $TJMA_{2007} = 7\,824$ v/j .
- Le trafic à l'année 2017 $TJMA_{2017} = 11\,581$ v/j .
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4$.
- La vitesse de base sur le tracé $VB=80$ km/h .
- Le pourcentage de poids lourds $Z= 10$.
- L'année de mise en service sera en 2017.
- La durée de vie estimée de 20ans.
- Catégorie C2.
- L'environnement E2.

On a abouti au résultats suivants:

- Une longueur d'axe de 5.34 Km .
- Un accotement de 2 m pour chaque coté. $2 \times 2 = 4.00$ m .
- Deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune $(2 \times 3.5) \times 2 = 14.00$ m, on ajoutant l'accotement de 6 m et le terre - plein central de 3 m , on obtiens une largeur de plate-forme de 21 m

le corps de chaussée est le suivant :

- Couche de roulement : $BB = 6$ cm.
- Couche de base : $GB = 20$ cm.
- Couche de fondation : $GNT = 30$ cm.
- Couche de forme : $TUF = 40$ cm.

Enfin, par la réalisation de cette liaison; la RN73 ne sera plus un corridor de congestion encore moins une infrastructure moins sécurisée pour les usagers.

BIBLIOGRAPHIE

- [01] **ARP**, Aménagement des routes principales (recommandations techniques), **août 1994** Ministère de l'équipement des transports et du logement. Direction des routes **SETRA**
- [02] **B40**, Normes techniques d'aménagement des routes, **Ministère des Travaux Publics Algérien**.
- [03] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (**C.T.T.P.**) fascicule 1 ,2 et 3.
- [04] **I.C.T.A.A.L** (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison), Ministère de l'équipement des transports et du logement. Direction des routes **SETRA**
- [05] Thèses de fin d'études précédentes de l'UMMTO
- [06] Thèses ENTP Alger.
- [07] Cours de routes 1ère année master.
- [08] Cours de routes de KALLIE FATIMA ZOHRA.
- [09] Enquête de comptage du trafic 2007 fournie par la **DTP**.
- [10] Etude géotechnique et reconnaissance des sols (revue française de géotechnique)
- [11] Guide des terrassements routiers (GTR-de **SETRA**).
- [12] Conception et dimensionnement des structures des chaussées (SETRA ,LCPC)
- [13] Recommandation pour l'assainissement routier (**SETRA**).
- [14] Assainissement routier par B. KERLOCH
- [15] Dispositifs de retenue des véhicules 1.2.3 et 4 (**DTRF**)
- [16] Code algérien de la route.
- [17] Instruction interministérielle sur la signalisation routière
- [18] Décret exécutif n° 90-78 du 27 février 1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement,

