

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

*Pour l'Obtention du Diplôme
D'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics*

Thème

ETUDE DE MODERNISATION DE LA RN90 RELIANT
HACHASTA - SIDI ALI
SUR 10.8 KM AVEC CONCEPTION DES DEUX
CARREFOURS

Encadré par :

M^r : HOUNAT RABAH

Présenté par :

*BAGHDADI ABDESSAMED
BERROU YUCEF*

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu clément et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage et la volonté pour élaborer ce modeste travail.

En second lieu, nous adressons mes remerciements et reconnaissances à mes parents qui nous ont toujours soutenus, et aussi à tous ceux qui ont attribué de prêt ou de loin, afin que ce modeste travail puisse voir le jour.

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre encadreur M^r **HOUNAT RABAH** pour avoir accepté de nous prendre en charge.*

*Nous saisissons également cette opportunité pour remercier l'ensemble des enseignants de l'**E.N.S.T.P**, qui ont contribué à notre formation.*

*Enfin, nous ne voudrions pas terminer sans remercier également ceux, les plus sincères, adressés à tous les ingénieurs de l'**E.N.S.T.P** anciens et futurs.*

BAGHDADI ABDESSAMED

BERROU YUCEF

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux

Louange à ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

*Je dédie ce modeste travail à **ma très chère mère**, qui je ne pouvais remercier assez pour les sacrifices qu'elle a consentis pour moi. Celle qui m'inculquer la bonne éducation pour avoir la plus grande des satisfactions et me voir munie des plus grandes distinctions.*

*A mon très cher **dada (lakhder)** qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans tous les domaines.*

A mes chers frères Brahim, Hicham, Ayoub

A mes sœurs

A tous mes oncles et tantes.

A tous qui porte le nom BAGHDADI.

*A Co-Promoteur : **Guenaizi Abdelhak***

A mes confrères : Lotfi, Nassim, Moussa, Zahrane, Adel, Azou, Tarek bouraoui, Ali, yacine, Wahid, Riadh, J. Tarek, Tarek, Massi, Khaled, Nabil, Bob, Kahloch, Mamou, Ifakar, L3as, Lhach, Moh, Baha, Taki, Nounou, Bachir, Salim, Aissa, Aissam, Mouhou, salim, Halim, moh rayes, Zaki, Imad, Doho, Dhai, Tarik, Nafaa, Amine, younec, Fouzi, Mhadjri, Fares, Thamer, Mustapha, Housseem, Aissou, Hafa, Foufou et à toute ma promotion (2012) sans exception.

*A mon binôme et confrère : **YOUCEF***

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

Enfin à tous ceux qui me reconnaîtront...

BAGHDADI ABDESSAMED



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Tout d'abord je tiens à remercier le dieu .Tout Puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce modeste travail que je le dédie à:

*Je tiens à dédier ce travail aux personnes les plus chères à mon cœur, **mon père, ma mère**, mes frères (Rachid, Yacine, Houssam et Salah), et mes sœurs, (Siham et Sabrina) car c'est grâce à leurs soutiens que j'ai pu arriver à ce stade ; je souhaite que ce travail soit à la hauteur de tout ce qu'ils ont pu faire pour moi, sans oublier ma chère grand mère, mes oncles et mes tantes. et a toutes les familles*

Berrou et Ben Moussa .

ET aussi les petits : Douaa, Abdennour, Taïba, Anas.

*A mon binôme **Abdessamed** qui était mon frère.*

*A Co-Promoteur : **Guentaizi Abdelhak***

Une spéciale dédicace pour mes meilleurs amis ;Kahlouch Khouya , Oussama, Zakj, Noureddine, Nassim, Lotfi, Omar , bob, Zakj mdani, Labbi, Lzhari , Toufik, Riadh , Aissam, younsse, Amine, Blkacme, Yacine, Fahd, Abdellah, Nafaa, Imad, Azou, Moh, Takj, Houcin, Ismail, Nabil, Tarek, Salim, Bahaa, Khaled 19, Abdellah44, Nabil25 ... et à toute ma promotion (2012) sans exception

Sans oublier bien sur Khouya Zahran ,Brahim wald

khalil, FouziBaghdadi ,Hecne , Yacine, Mekkerbi , Sabri, Dhia, Okba, sakoub, Khaled, Taha, Moussa, Adel, omar , Halim, Hakim .

Les enseignants et Les travailleurs Je vous dis merci et pour tous qui mon aidés de loin ou de près pour la réalisation de ce mémoire.

BERROU YUCEF



SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre : I Présentation du projet	3
I-1-Présentation de la wilaya de MOSTAGHANEM :.....	4
I-2-Identification du projet :.....	4
I-3- Description du projet :.....	5
I-4-Objectif de L'étude:.....	5
I-5- Situation du projet :	6
Chapitre : II Etude de Trafic	7
II-1-Introduction :.....	8
II-2-Analyse du trafic :.....	8
II-3-Différents types de trafics :	9
II-4-Indicateur du trafic :.....	9
II-5-Capacité de la route :.....	10
II-6-Détermination du nombre des voies :.....	12
II-7- Application au projet :	12
II-8-Conclusion :	14
Chapitre : III Géométrie Routière	15
III-1-TRACE EN PLAN	16
III-1-1- Introduction :	16
III-1-2-Modernisation du tracé en plan :.....	16
III-1-3- Règles à respecter dans le tracé en plan :.....	17
III-1-4- Les éléments du trace en plan :.....	17
III-1-5-Dévers :.....	23
III-1-6-La vitesse de référence :	23
III-1-7-Paramètres fondamentaux :.....	24
III-1-8-CALCUL D'AXE :	25
III-2-PROFIL EN LONG	30
III-2-1- Introduction :	30
III-2-2-Modernisation du profil en long :.....	29
III-2-3- Règles à respecter dans le tracé du profil en long:.....	30
III-2-4- Tracé de la ligne rouge :.....	30
III-2-5- Coordination tracé en plan – profil en long :.....	31
III-2-6-Les éléments géométriques du profil en long:.....	32
III-2-7- Eléments nécessaires pour calcul du profil en long :.....	35
III-3-PROFIL EN TRAVERS	40
III-3-1- Introduction :	40
III-3-2-Définition:	40
III-3-3-Modernisations du profil en travers:.....	40

III-3-4-Classification de profil en travers :	40
III-3-5-: Eléments constitutif du profil en long :	41
III-3-6-Profil en travers type du projet :.....	43
Chapitre : IV Conception des carrefours	44
IV-1-Introduction :	45
IV-2- Type des carrefours urbains :.....	45
IV-3- Donnée à prendre en considération :	46
IV-4- Principes fondamentaux de conception :	46
IV-5- Types d'aménagements des carrefours giratoires :	47
IV-6-Caractéristique géométrique des carrefours giratoires	48
IV-7-Application au projet :.....	51
Chapitre : V Cubatures	54
V-1-Introduction :.....	55
V-2- Définition:	55
V-3- Méthode de calcule des cubatures :.....	55
V-4- Calcul des cubatures de terrassement :	58
Chapitre : VI Auscultation et diagnostic	59
VI-1-Introduction :	60
VI-2- Facteurs influents sur les dégradations :	60
VI-3- Description et classification des principales dégradations :	62
VI-4- L'évolution des dégradations (notion d'intensité) :	66
VI-5- Constat des dégradations relevées sur le terrain :	67
Chapitre : VII Etude Géotechnique	71
VII-1-Introduction :.....	72
VII-2-Objectifs:.....	72
VII-3-Les moyens de la reconnaissance :	72
VII-4-Donnes Concernant Le Projet :	76
Chapitre : VIII Dimensionnement du corps de chaussée	80
VIII-1-Introduction :	81
VIII-2-La chaussée :	81
VIII-3-Méthodes pratiques et démarche de dimensionnement :	84
VIII-4-Application au projet :	90
VIII-5-Renforcement de la chaussée existante:.....	96
VIII-5-1- Introduction :	96
VIII-5-2- Comportement des chaussées en service :	96
VIII-5-3- Les méthodes de dimensionnement des renforcements :	96
VIII-5-4- Etat du corps de chaussée existant :	97
VIII-5-5- Application sur le projet :	99
VIII-5-6- Conclusion :	101

Chapitre : IX Assainissement	102
IX-1-Introduction :	103
IX-2- Objectif de l'assainissement :	103
IX-3- Drainage des eaux :	103
IX-4- Description des ouvrages d'assainissement existants :	104
IX-5- Choix des ouvrages d'évacuation :	104
IX-6- Estimation des débits d'apports et débits de saturation :	104
IX-7- Dimensionnement des ouvrages d'évacuation :	108
IX-8- Application au projet :	110
Chapitre : X Equipement et service à l'utilisateur	115
X-1-Introduction :	116
X-2- Dispositif de retenue :	116
X-3- Signalisation :	117
X-4- Application au projet :	120
Devis quantitatif et estimatif	123
Conclusion	126
Bibliographie	128
Annexe	129

Introduction

Introduction

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de la majorité du volume de transport de marchandises et de voyageurs.

C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays. En vue de préserver ce patrimoine routier, l'état alloue annuellement des sommes qui certes sont considérables mais restent toujours insuffisantes au vu de l'état actuel du réseau lequel accuse des dégradations subies de par l'ancienneté des routes et les techniques de construction utilisées.

Les structures de chaussées en place non renouvelées à ce jour représentent une grande majorité du réseau qui supporte l'intense trafic actuel, c'est ce qui a poussé à mener des études de renouvellement des chaussées dégradées selon l'intensité du trafic supporté ; celles menées sur quelques sections de route dont le trafic est inférieur à deux mille cinq cent véhicules par jour ont montré que le taux de rentabilité pour les types renforcement lourd est faible, d'autres part l'état de dégradation avancé de ces sections faisait que les travaux d'entretien classique ne soient plus suffisants. C'est précisément ce type de route qu'il a été intéressant d'intégrer dans le cadre de la recherche d'une solution intermédiaire qui est la technique de modernisation.

On veut entendre par modernisation l'ensemble des actions de :

- Renforcement (problèmes de portance),
- Rectifications géométriques,
- Problèmes de dépendances de la route aux actions de sécurité (signalisation, points noirs),

Accompagnées des actions d'amélioration du système de drainage, réunies afin d'améliorer l'état et le niveau de service d'une chaussée.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail de fin d'études qui porte sur thème « Etude modernisation de tronçon de la RN90 reliant HACHASTA –SIDI ALI sur 10.826 Km avec conception des deux carrefours giratoires » et qui nous a été proposé par « le **BET-ESR-ENGINEERING** kouba Alger».

Chapitre : I

Présentation du projet

I-1-Présentation de la wilaya de MOSTAGANEM :

La wilaya de Mostaganem appartient à l'ensemble régional ouest du pays, frange littorale accessible, dynamique, par son activité touristique et commerciale dans toutes ces formes.

Le territoire de la wilaya est délimité par la zone d'Arzew à l'ouest, Mascara au sud-ouest, Tiaret au sud-est Relizane et Chlef à l'est.

La wilaya de Mostaganem, est en possession d'un important port de commerce et d'un réseau d'infrastructures aspergeant convenablement la région. Mostaganem, parmi les autres villes de la région ouest (Oran, Tlemcen, Ghazaout et Arzew) et un point d'ancrage vers les villes du bassin méditerranéen : Lisbonne, Madrid, Barcelone, Alicante, Marseille et Rome.

I-2-Identification du projet :

Le présent mémoire technique porte sur l'étude de modernisation de la RN90 au niveau de la wilaya de Mostaganem sur un linéaire d'environ 10.8 Km, Notre projet prend naissance de la région Hachasta jusqu'à Sidi Ali.

La wilaya de Mostaganem, est dotée d'un important port de commerce et d'un réseau d'infrastructures irriguant convenablement la région.



-Photo GOOGLE MAPS illustrant notre projet

I-3- Description du projet :

A l'issue de plusieurs visites et analyses effectuées sur le site du projet par notre équipe, appuyées par une campagne photographique, il a été noté les remarques suivantes :

- le projet se situe sur un site montagneux à topographie vallonnée
- la largeur de la chaussée est inférieure à six mètres sur la majorité de la section.
- la route est caractérisée par une sinuosité et une pente moyenne.
- l'emprise du projet ne peut pas répondre aux besoins de trafic qui ne cesse d'augmenter d'année en année.
- la largeur ainsi que la qualité de la chaussée qui est dégradée dans presque sa majorité ne répond pas aux exigences des caractéristiques d'une route nationale.
- une bonne partie des désordres sont dus essentiellement à un mauvais drainage des eaux de ruissellement et l'absence du système d'assainissement par endroit.
- absence de signalisation qui doit être réalisée dans sa totalité.

I-4- Objet de l'étude :

L'objectif dans notre étude est la modernisation de la RN90 au niveau de la wilaya de Mostaganem.

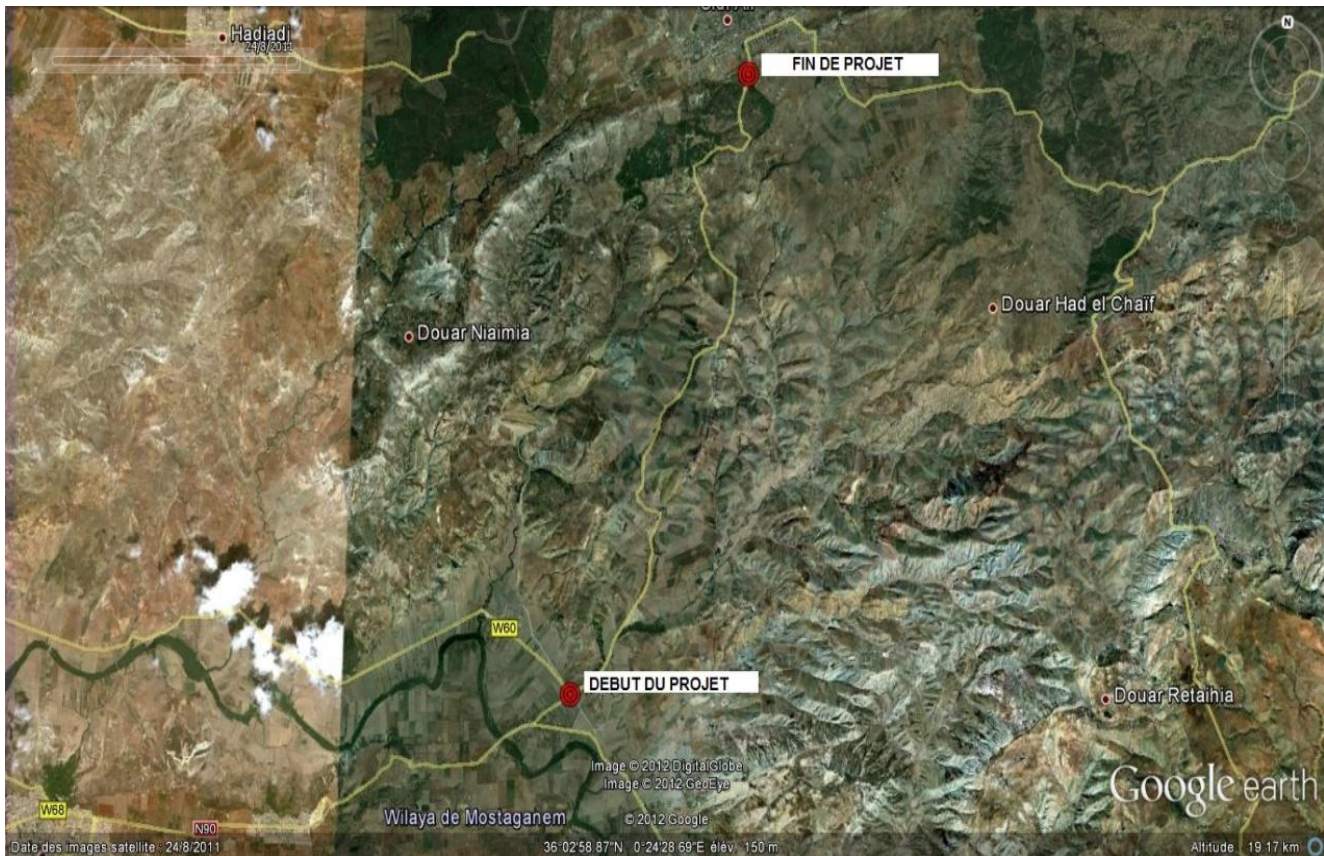
Dans notre étude nous ferons une analyse détaillée des caractéristiques géométriques existantes de la section de route en question et proposerons une amélioration en conséquence de toutes les valeurs planimétriques et altimétriques qui ne répondent pas aux normes d'une route nationale.

On choisira un profil en travers qui répondra au mieux à notre projet tenant compte des aspects topographiques, physiques et fonctionnels de la route ainsi que du budget à allouer pour la modernisation.

Nous classerons cette route dans un environnement **E3** étant donné une déclivité et une sinuosité moyennes.

I-5- Situation du projet :

Le tronçon de la route objet de la présente étude de modernisation, est une partie de la route Nationale RN90, qui prend l'origine de giratoire (RN90/CW60) de **PK28+000** jusqu'au giratoire de la rentrée de la ville SID ALI au **PK 38+826**. ON distingue la présence



- Photo satellite -

Chapitre : II

Etude de Trafic

II-1-Introduction :

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, en une planification sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers.

De ce fait, l'étude de trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement d'une infrastructure de transport, elle permet de déterminer :

- Le type d'aménagement qui convient et, au-delà, les caractéristiques à donner la route depuis le nombre de voies.
- l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.
- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.

II-2-Analyse du trafic :

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ces derniers nécessitent une logistique et une organisation appropriées.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatique).
- Enquêtes de circulation.

II-3-Différents types de trafics :

II-3-1- Trafic normal :

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

II-3-2- Trafic dévié :

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

II-3-3- Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte des nouveaux déplacements des personnes qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

II-3-4- Trafic total :

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

II-4-Indicateur du trafic :

Les résultats issus de la campagne du trafic sont exprimés sous forme d'indicateur et les plus couramment utilisés sont les suivants :

II-4-1- Trafic moyen journalier annuel (T.M.J.A.) :

Égal au trafic total de l'année divisé par le Nombre de jour ; on l'exprime en (V/J).

II-4-2- Trafic à un horizon donné:

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le TJMA évolue d'une année à l'autre

Suivant la formule :

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

avec :

TJMA₀ : le trafic à l'année zéro

TJMA_h : le trafic à l'année horizon

τ : le taux de croissance annuel du trafic

II-4-3- Trafic effectif:

C'est le trafic traduit en unités des 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 PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

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

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route et l'environnement. Il est donné par le tableau suivant :

Tableau 1-II- Coefficient P d'équivalence PL/UVP (source B 30).

L'environnement	E ₁	E ₂	E ₃
Routes à bonne caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Route étroites ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

II-4-4- Trafic aux heures de pointes:

Liées principalement aux déplacements domicile/travail ou vis versa, il se produit aux heures de pointe du matin (HPM), et les Heures de pointe du soir (HPS).

II-4-5- Trafic journalier de fin de semaine:

Il peut exprimer une augmentation de trafic liée au départ en Week-end ou aux déplacements effectués pour les achats ...etc.

II-4-6- Trafic journalier moyen d'été:

En général calculé sur les mois de juillet et aout, il exprime une pointe liée aux migrations estivales (vacances).

II-5-Capacité de la route :

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux

directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

La capacité dépend :

- Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable, il est beaucoup moins en rase campagne, où la densité de véhicules sera beaucoup plus faible).
- Des conditions météorologiques.
- Des caractéristiques géométriques de la route.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Les caractéristiques transversales réduites, par exemple largeur de voies Inférieure à 3,50m ou absence d'accotement.

II-5-1-Evaluation de la demande de capacité :

La demande de capacité est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année horizon. On prend en générale le débit de pointe horaire normale i.e. :

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

(1/ n) : Coefficient de pointe prise égale 0.12

II-5-2-Evaluation de l'offre :

L'offre est le débit admissible que peut supporter une section de route :

$$Q_{\text{adm}} = k_1 \cdot K_2 \cdot \text{Capacité th}$$

- Le paramètre K1 qui dépend de l'environnement est donné par le tableau suivant :

Tableau 2-II- Coefficient K1 (source B 30).

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

- Le paramètre K2 qui dépend de catégorie de la route et l'environnement est donné par le tableau suivant :

Tableau 3-II- Coefficient K2 (source B 30).

Environnement	Catégorie de la route				
	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

- La capacité théorique (C_{th}) pour des conditions normales de trafic prend les valeurs qui donnée par le tableau suivant :

Tableau 4-II- Capacité théorique (source B 30).

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

II-6-Détermination du nombre des voies :

On a deux cas :

II-6-1-Cas d'une chaussée bidirectionnelle:

On compare Q à Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$

II-6-2-Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport : $n = S \times Q / Q_{adm}$, Avec : S coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en général égale à $2/3$.

II-7- Application au projet :

II-7-1-Les données du trafic :

En ce basant sur les comptages du trafic de l'année **2010** par le service concerné (DTP de JIJEL), pour estimer le trafic à l'horizon. Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé nous avons :

- L'année de mise en service **2012**.
- La durée de vie de la route **20ans**
- L'Environnement **E3**
- Le pourcentage des poids lourds **Z = 13%**.
- Taux de croissance annuel de trafic $\tau = 4\%$.
- Le trafic à l'année de référence(2010) $TJMA_{2010} = 2463 \text{ V/J}$.
- La vitesse de base sur le tracé $V_B=80 \text{ km/h}$ dans certains tronçons au l'environnement est très difficile on décent jusqu'à 60km/h .

II-7-2-Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_{2032} = (1 + 0.04)^{22} \times 2463 = 5837 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2032} = 5837 \text{ v/j}$$

II-7-3- Calcul des trafics effectifs:

$$Z = 13\%$$

$$P = 12 \text{ (terrain montagneux } E_3)$$

$$TJMA_h = TJMA_{2032} = 5837 \text{ v/j}$$

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.13) + (12 \times 0.13)] \times 5837 = 14184 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}}_{2032} = 14184 \text{ uvp /j}$$

II-7-4-Débit de pointe horaire normal :

$$Q = 0.12 \times 14184 = 1702 \text{ uvp /h}$$

$$Q = 1702 \text{ uvp/h}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir « débit admissible »

II-7-5-Calcul du Capacité et nombre des voies :

Etant donnée que :

$$K_1 = 0.90 \text{ (environnement } E_3)$$

$$K_2 = 0.97 \text{ (environnement } E_3 \text{ et catégorie } C_3)$$

$$Q \leq Q_{\text{adm}} \Rightarrow Q \leq K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

$$C_{\text{th}} \geq 1702 / (0.97 \times 0.90)$$

$$\Rightarrow C_{\text{th}} \geq 1950 \text{ uvp/h}$$

On prend la capacité théorique C_{th} est égale 1950 u.v.p/h

- $C_{\text{théo}} = 1950 \text{ uvp /h}$ (cas d'une chaussée Bidirectionnelle), D'après le tableau des capacités (B30) on aura une route Bidirectionnelle de 2 voies de circulation de 3,5m chacune et d'une largeur d'accotement de 1,8 m de chaque coté.

II-7-6- Calcul de l'année de saturation :

On à :

- $Q_{2032} = 0.90 \times 0.97 \times 1950 = 1702 \text{ uvp /h}$
- $T_{\text{eff}2010} = [(1-z) + pz] \cdot T_{\text{JMA}2010}$
 $\Rightarrow T_{\text{eff}2010} = [(1-0.13) + 12 \times 0.13] \times 2463 = 5985 \text{ uvp /j}$
- $Q_{2010} = 0.12 \times T_{\text{eff}2010} \Rightarrow Q_{2010} = 0.12 \times 5985 = 718 \text{ uvp/h}$

débit de pointe horaire normal à un horizon $Q_{2032} = (1+\tau)^n \times Q_{2010}$ donc :

$$n_{(\text{nbr d'année})} = [\ln(Q_{2032}/Q_{2010})/\ln(1+\tau)] \Rightarrow n_{(\text{nbr d'année})} = [\ln(1702/718)/\ln(1+0.04)]$$

$$n_{(\text{nbr d'année})} = 22$$

Donc notre route sera saturée en **2032**.

II-8-Conclusion :

En conclusion, après les calculs effectués, le profil en travers retenu pour noter projet avec les dimensions suivant :

- Chaussée : 2 voies de 3,5 m.
- Accotements : 1,8 m.

Chapitre : III

Géométrie Routière

III-1-TRACE EN PLAN

III-1-1- Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain. En tenant compte des obligations suivantes :

- Une obligation de sécurité, liée au tracé, à la qualité des véhicules admis et à l'adhérence de la surface de roulement.
- Une obligation de confort, pour diminuer la fatigue des usagers et la nuisance.
- Une obligation d'économie globale, en vue de réduire le coût social des accidents et d'exploitation.

Dans le cas de l'étude de projet routier, il faudrait tenir compte des variations considérables relatives aux conditions ambiantes (météorologie, visibilité...etc.). Les projets seront donc basés sur un certain nombre de paramètres physiques moyens choisis de telle sorte que la sécurité et le confort soient assurés dans des conditions normales d'utilisation.

III-1-2-Modernisation du tracé en plan :

Le tracé existant présente une forte sinuosité sur le majeur parti de l'itinéraire, il est caractérisé par des successions de courbes dans le même sens ainsi qu'une succession des courbes en S de faibles rayons varient entre $R=20m$ et $R=80m$

L'aménagement et la modernisation consiste en l'amélioration du tracé en augmentant les rayons des virages, élargissement de la plate forme (chaussée, accotement) tout ceci dans le tout de garantir une vitesse de référence de $80km/h$, dans les sections de route normale, et $60 km/h$ à l'approche des courbes de faible rayon.

Pour assurer les meilleures conditions d'exécution, l'élargissement de la chaussée sera réalisé le plus souvent du côté des déblais, par contre et pour préserver les constructions et les pistes d'accès l'élargissement se fera du côté de remblais.

Vu le rapprochement des courbes et le relief caractérisé par une importante sinuosité, la chaussée existante sera dévié sur des partie du tronçon.

III-1-3- Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le **B40**, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement du 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.
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.
- utiliser les grands rayons si l'état du terrain le permet.

III-1-4- Les éléments du trace en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

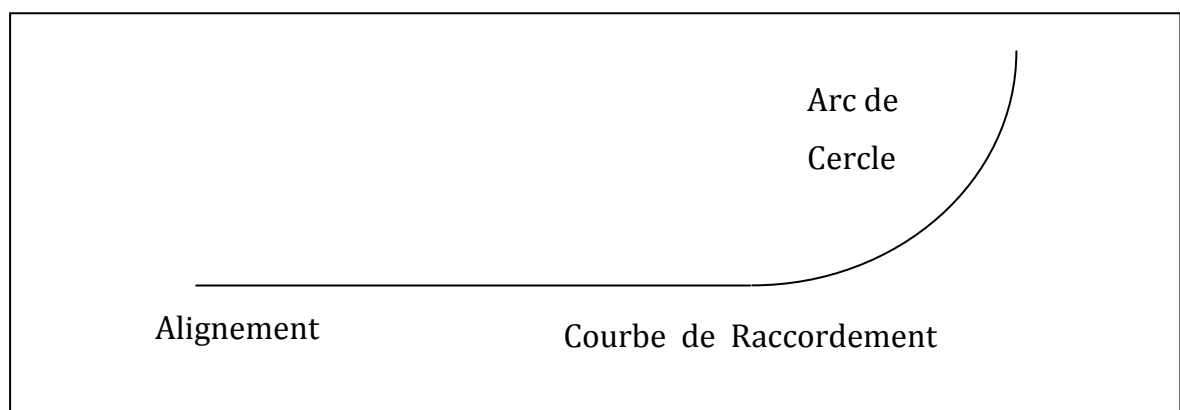


Figure 1-III Les éléments d'axe.

III-1-4-1- Les alignements:

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{\min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens. Cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le 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.

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

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

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

III-1-4-2- Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

III-1-4-2-1-Stabilité en courbe :

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

a-Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

f_t : coefficient de frottement transversal

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

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

b-Rayon minimal normal (RHN) :

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

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

c-Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

$$RHd = \frac{V_B^2}{127.2.d_{\min}}$$

Dévers associé : $d_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1 - 2

$d_{\min} = 3\%$ en catégorie 3 - 4 - 5

d-Rayon minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé tel que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_B en courbe de devers égal à d_{\min} vers l'extérieur reste inférieur à la valeur limitée.

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127.0,035} \quad \text{cat 1 - 2}$$

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127(f'' - 0,03)} \quad \text{cat 3 - 4 - 5}$$

Avec $f'' = 0.060$ cat 1-2, $f'' = 0,07$ cat 3 et $f'' = 0,075$ cat 4 - 5

III-1-4-2-2-Surlargeur :

Un long véhicule à deux 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.

Ce problème, dit de «l'inscription des véhicules» dans les virages, s'adresse aux sinuosités de faibles rayons, généralement inférieur ou égale à 200m.

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

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

R : rayon de l'axe de la route.

III-1-4-3 Les raccordements progressifs :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement, pour assurer :

- La stabilité transversale de véhicule
- Le confort des passagers de véhicule
- La transition de la chaussée

Pour un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant. Dont le piquetage sur le terrain est commode, on a retenu les trois courbes suivantes:

- Parabole cubique.
- Lemniscate.
- Clothoïde.

III-1-4-3-1- Expression de la clothoïde :

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

a-Eléments de la clothoïde :

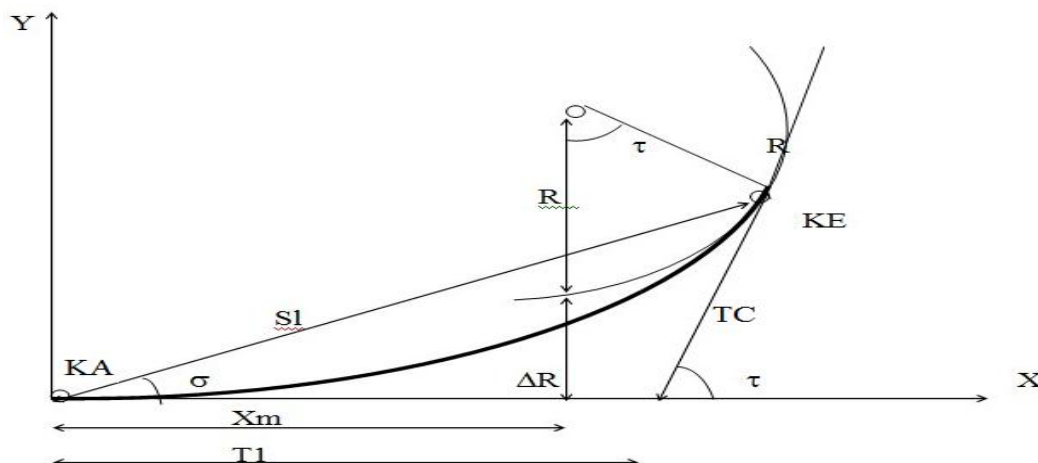


Figure 2-III Les éléments de clothoïdeur.

R : Rayon du cercle.	TC : tangente courte.
L : Longueur de la branche de clothoïde.	TL : tangente longue
A : Paramètre de la clothoïde.	σ : Angle polaire.
KA : origine de la clothoïde.	S_L : corde KE -KA.
KE : extrémité de la clothoïde.	M : centre du cercle d'abscisse X_m .
ΔR : ripage.	X_m : abscisse du centre du cercle M à partir de KA.
τ : angle des tangentes.	Y_m : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

b-conditions de raccordement :

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

✓ Condition Optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

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

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3$$

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

$$\text{Pour } R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m (éventuellement 0.5m) d'ou } L = (24 R \Delta R)^{1/2}$$

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

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

✓ Condition de confort dynamique :

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

La variation de l'accélération transversale est : $(V_R^2 / (R - g \Delta d))$. Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $K_g = 1/0.2 V_R$. On opte pour

$$L \text{ (m)} \geq V_R^2 / 18 (V_R^2 / 127 - \Delta d)$$

Où V_R est la vitesse de base (Km/h), R est le rayon en mètre (m) et Δd est la variation de divers ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$) (%)

✓ Condition de gauchissement :

La demi- chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer.

Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte $\Delta p < 0.5/V_R$. Nous avons $L = l. \Delta d . V_R$

Où l est la largeur de chaussée.

Nota : La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut ce faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours dur accordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

$\Delta d / \Delta t \leq 2 \%$ avec $\Delta t = L/v$, $v = V/3.6$ et $L \geq \frac{5x\Delta dxVr}{36}$ Δd : exprimé en valeur réelle.

III-1-4-3-2- Les différents types de courbes :

a-Courbe en sommet : C'est Une courbe utilisée pour le raccordement de deux alignements droits de direction différente sans interposition d'arc de cercle (voir figurIII-3).

b-Courbe en S : C'est une courbe relie deux arcs de cercle de sens contraire sans élément droit (voir figurIII-3).

c-Courbe en C : Une courbe utilisé pour le raccordement de deux arcs de cercle de même sens, les cercles étant extérieurs l'un à l'autre ou sécants (voir figurIII-3).

d-Courbe en Ovale : La courbe en ovale est constituée d'une suite arc de cercle-clothoïde-arc de cercle (voir figur III-3).

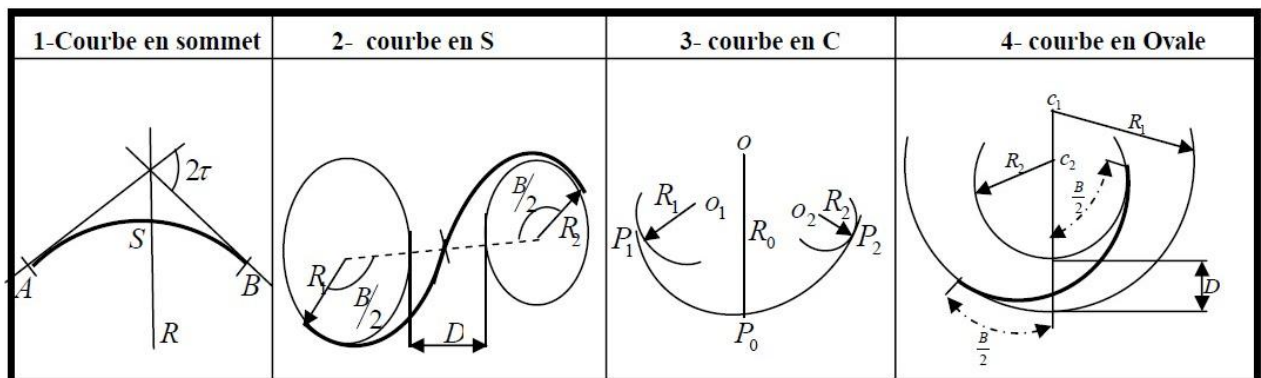


Figure 3-III Les différents types de courbes

III-1-5-Dévers :

Pour l'évacuation des eaux pluviales au droit des alignements et assure la stabilité dynamique des véhicules en courbe, la route nécessite un dévers qui est par définition la pente transversale de la chaussée, et pour les catégories 3-4-5 et tous les environnements on a :

- Pour tout rayons supérieurs à R_{Hnd} : $d = -d_{min} = -3 \%$.
- Pour $R_{Hm} \leq R \leq R_{Hn}$, le dévers est donné par la formule :

$$\frac{d - d_{(RHm)}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}} = \frac{d_{(RHm)} - d_{(RHn)}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}} \quad d = \frac{(d_{(RHm)} - d_{(RHn)})}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) + d_{(RHm)}$$

- Pour $R_{Hn} \leq R \leq R_{Hd}$:

$$d = \frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHn} \right) (d_{(RHd)} - d_{(RHn)})}{\left(\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHn} \right)} + d_{(RHd)}$$

- Pour $R_{Hd} \leq R \leq R_{Hnd}$: le dévers est vers l'intérieur du virage sont en dévers minimal d_{min} .
- Pour les rayons inférieure à R_{Hm} ; $d_{max} = 7\%$

III-1-6-La vitesse de référence :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse théorique, qui sert à déterminer les valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenant dans l'élaboration du tracé d'une route.

Elle dépend de ces caractéristiques suivant :

- Rayon minimum des sinuosités R_{min} .
- Déclivité maximum i_{max}
- Distance de visibilité minimum d_m .

III-1-6-1-Choix de la vitesse de référence :

Le choix dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic (volume, structure).
- Topographie. (degré de difficulté du terrain).
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

III-1-6-2-Vitesse de projet:

La vitesse de projet V_p est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales:

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

III-1-7-Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C3, dans un environnement E3, avec une vitesse de base $V_B = 80$ km/h. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme B40.

Tableau 1-III Paramètres fondamentaux (source B40)

Paramètres	symboles	valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	Lmin	112
Longueur maximale (m)	Lmax	1333
Devers minimal (%)	dmin	3
Devers maximal (%)	dmax	7
Temps de perception réaction (s)	t1	1.8
Frottement longitudinal	fL	0.43
Frottement transversal	ft	0.15
Distance de freinage (m)	d0	59
Distance d'arrêt (m)	d1	99

Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	dm	325
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	dn	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	200
RHm (m) (d'associe %)	RHm	230
RHN (m) (d'associe %)	RHN	400
RHd (m) (d'associe %)	RHd	800
RHnd (m) (d'associe %)	RHnd	1200

III-1-8-CALCUL D'AXE :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

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

- Calcul des gisements.
- Calcul de l'angle γ entre les alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde polaire SL.
- Vérification de non- chevauchement.
- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

III-1-8-1-Courbe avec clothoïde:

Pour le cas de notre étude on a choisi notre exemple entre D_{11} et D_{12} dans l'itinéraire dont les coordonnées (P1, P2), et le sommet S de rayon qui sont les suivants:

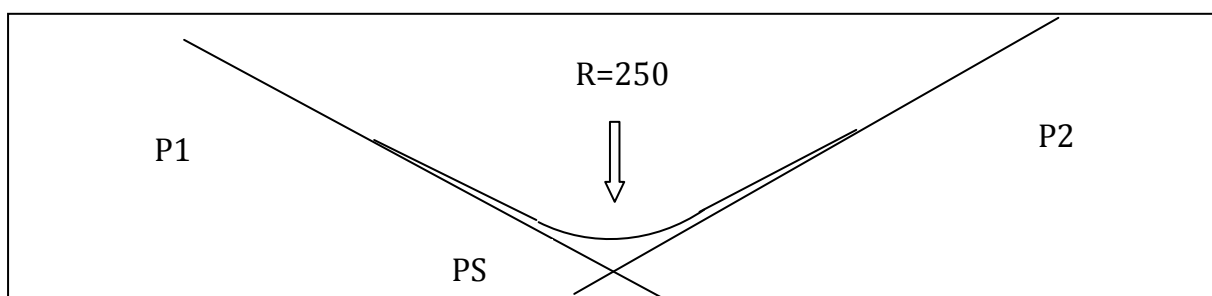


Figure 4-III Exemple de courbe en sommet

Tableau 2-III Les coordonnées d'axe

	X(m)	Y(m)
P ₁	103910.0403	505446.0199
P _S	103968.7411	505730.9702
P ₂	103739.3212	505911.5289

Avec : Rayon de sommet P_S est R= 250m

a-Détermination de A :

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

b-Détermination de L :

✓ Condition de confort optique :

$$\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R \quad \text{D'où : } 83.33 \leq A_{\min} \leq 250 \text{ m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{Comme } R = 250\text{m} < 1500\text{m} \quad \Delta R = 1$$

$$\text{Donc : } L \geq \sqrt{24 \times 250 \times 1} = 77.459\text{m} \dots\dots\dots(1)$$

✓ Condition de confort dynamique et de gauchissement :

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

$$\Delta d = ?$$

$$\Delta d = d - (-3)$$

$$R = 250 \text{ m} \Rightarrow d = 6.62 \%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 6.62 - (-3) = 9.62 \%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \times 9.62 \times 80 = 106.9 \text{ m} \dots\dots\dots(2)$$

De (1) et (2) on aura:

L=106.9 m

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 163.478 \text{ m} \quad \text{On prend:}$$

A = 163.478 m

c-Calcul de ΔR :

$$\Delta R = L^2 / 24R = (106.9)^2 / (24 \times 250) = 1.905 \text{ m}$$

$$\Delta R = 2 \text{ m}$$

d-Calcul des Gisements :

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

$$P_1 P_S \begin{cases} |\Delta X| = |X_{P_S} - X_{P_1}| = 58.7008 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |Y_{P_S} - Y_{P_1}| = 284.9503 \text{ m} \end{cases}$$

$$P_S P_2 \begin{cases} |\Delta X| = |X_{P_2} - X_{P_S}| = 229.4199 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |Y_{P_2} - Y_{P_S}| = 180.5587 \text{ m} \end{cases}$$

D'où:

$$G_{P_1}^{P_S} = \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 12.934 \text{ grades.}$$

$$G_{P_1}^{P_S} = 12.934 \text{ grades}$$

$$G_{P_S}^{P_2} = 400 - \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 342.448 \text{ grades.}$$

$$G_{P_S}^{P_2} = 342.448 \text{ grades}$$

e-Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = 400 - |G_{P_1}^{P_S} - G_{P_S}^{P_2}| = 70.486 \text{ grades.}$$

$$\gamma = 70.486 \text{ grades}$$

f-Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{106.9}{2 \times 250} \times \frac{200}{\pi}$$

$$\tau = 13.61 \text{ grades}$$

g-Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 13.61 \text{ grades}$$

$$\gamma / 2 = 70.486 / 2 = 35.243 \text{ grades.}$$

D'où : $\tau < \gamma / 2 \Rightarrow$ pas de chevauchement.

h-Calcul des distances :

$$\overline{P_1P_S} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{58.7008^2 + 284.9503^2} = 290.934 \text{ m} \quad \boxed{P_1P_S = 290.934 \text{ m}}$$

$$\overline{P_S P_2} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{229.4199^2 + 180.5587^2} = 291.95 \text{ m} \quad \boxed{P_S P_2 = 291.95 \text{ m}}$$

i-Characteristiques de la courbe de raccordement :

$$\text{On a: } \frac{L}{R} = \frac{106.9}{250} = 0.4276$$

A partir des tables de clothoides, on tire les valeurs suivantes:

$$\frac{\Delta R}{R} = 0.007608 \quad \Rightarrow \Delta R = 1.902 \text{ m}$$

$$\frac{X_m}{R} = 0.213528 \quad \Rightarrow X_m = 53.382 \text{ m}$$

$$\frac{X}{R} = 0.42576 \quad \Rightarrow X = 106.44 \text{ m}$$

$$\frac{Y}{R} = 0.030388 \quad \Rightarrow Y = 7.597 \text{ m}$$

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg} (\gamma / 2) \text{ (m)}$$

$$T = 53.382 + (250 + 1.902) \operatorname{tg} (35.243) \quad \boxed{T = 209.073 \text{ m}}$$

j-Calcul des Coordonnées S_L :

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

Avec :

$$S_L = \sqrt{(106.44)^2 + (7.597)^2} = 106.711 \text{ m}$$

$$S_L = 106.711 \text{ m}$$

k-Calcul de σ :

$$\sigma = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X} = \operatorname{arctg} \frac{7.597}{106.44} = 4.536 \text{ m} \quad \boxed{\sigma = 4.536 \text{ grades}}$$

l-Calcul de l'arc :

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2\tau)]}{200}$$

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot 250(70.486 - 2 \times 13.61)]}{200} = 169.82m$$

$$K_{E1} K_{E2} = 169.82 m$$

m-Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{p1} + (\overline{P_1 P_s} - T) \times \sin G_{P1}^{PS} \\ Y_{KA1} = Y_{p1} + (\overline{P_1 P_s} - T) \times \cos G_{P1}^{PS} \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 103910.0403 + ((290.934 - 209.073) \times \sin(12.934)) = \mathbf{103926.557m} \\ Y_{KA1} = 505446.0199 + ((290.934 - 209.073) \times \cos(12.934)) = \mathbf{505526.198m} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(G_{P1}^{PS} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos(G_{P1}^{PS} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 103926.557 + (106.711 \times \sin(12.934 - 4.536)) = \mathbf{103940.592m} \\ Y_{KE1} = 505526.198 + (106.711 \times \cos(12.934 - 4.536)) = \mathbf{505631.982m} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \times \sin G_{PS}^{P2} \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T \times \cos G_{PS}^{P2} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 103968.7411 + (209.073 \times \sin(342.448)) = \mathbf{103804.449m} \\ Y_{KA2} = 505730.9702 + (209.073 \times \cos(342.448)) = \mathbf{505860.272m} \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin(G_{PS}^{P2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos(G_{PS}^{P2} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE1} = 103804.449 - (106.711 \times \sin(342.448 + 4.536)) = \mathbf{103883.392m} \\ Y_{KE1} = 505860.272 - (106.711 \times \cos(342.448 + 4.536)) = \mathbf{505788.473m} \end{cases}$$

III-2-PROFIL EN LONG

III-2-1- Introduction :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe de tracé. il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente sur rampe) et des raccordements parabolique.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du trace et une bonne perception des points singuliers. Afin d'éviter des terrassements importants une correction de la ligne rouge sera exécutée tout en respectant les conditions technique d'aménagements des routes.

III-2-2-Modernisation du profil en long :

La route à l'état actuel comporte des déclivités moyennes localisées dans le major parti du tracé.

La modernisation du profil en long a été conduite de manière à respecter les critères arrêtés dans les hypothèses de base. La ligne rouge suit généralement celle de la route existante. et aussi dans le but d'adopter des déclivités régulières et à éliminer des éventuels sommets de cotes. à l'exception de certain profil qui nécessite des travaux de reprofilage.

III-2-3- Règles à respecter dans le tracé du profil en long:

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

- Eviter les angles entrants en déblai. car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai. qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long. la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines. les remplacer par un cercle unique. ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.
- Respecter les règles du B40 (déclivités Max et Min).

III-2-4- Tracé de la ligne rouge :

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

- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'adapter le terrain pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- De rechercher un équilibre entre le volume des déblais et le volume des remblais.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur de grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives des remblais.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- De prévoir le raccordement avec le réseau routier existant.

III-2-5- Coordination tracé en plan – profil en long :

Le respect de bonnes conditions de visibilité et la garantie d'une bonne lisibilité de l'itinéraire par l'utilisateur imposent de veiller à une bonne coordination des éléments du tracé en plan et du profil en long. C'est la combinaison des deux éléments qui conditionnent l'image offerte réellement à l'utilisateur et de ce fait est le paramètre déterminant vis-à-vis de son comportement.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'utilisateur :

- La perception des points singuliers de l'itinéraire.

- La prévision anticipée des évolutions du tracé
- L'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe -l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.

Les pertes de tracé, si elles ne sont pas gênantes pour l'usager, peuvent parfois engendrer une perception erronée du tracé routier de jour comme de nuit. En conséquence, il est nécessaire d'assurer la visibilité d'une longueur de route compatible avec la distance d'accommodation moyenne pour la vitesse pratiquée (distance conducteur – point sur lequel il fixe son attention).

Il est nécessaire d'utiliser des perspectives qui permettent une synthèse entre les deux éléments en deux dimensions. Les outils informatiques actuels incluent généralement cette fonctionnalité.

L'expérience acquise dans ce domaine permet d'édicter quelques règles simples à respecter :

- Essayer de faire coïncider les courbes de tracé en plan avec les courbes de profil en long en essayant de respecter une proportion entre le rayon en plan et le rayon en profil en long (par exemple $R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}}$)
- Eviter qu'un début de courbe faible (< 300m) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage.
- Eviter de positionner des carrefours ou accès en point haut, courbes ou zone de visibilité réduite (éventuellement côté externe des courbes non déversées après vérification des conditions de visibilité).

III-2-6-Les éléments géométriques du profil en long:

- lignes droites (déclivités)
- Les arcs de cercle tangents aux droites, constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

III-2-6-1-Déclivités:

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizon .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

III-2-6-2-Déclivité minimum :

Les tronçons de route absolument horizontaux. pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas. donc il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 0.5%. de préférence inférieures à 1%.

III-2-6-3-Déclivité maximum :

Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tout les véhicules. et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd .et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée a la vitesse de base.

Tableau 1-III-Tableau qui donne la valeur de la déclivité maximale (source B40)

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

D'après le tableau ci dessus pour une vitesse $V_B=80$ Km/h. la déclivité maximale et de :
 $I_{max}=7\%$

nota : l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburante Faible vitesse.
- Gène des véhicules.

III-2-6-4-Raccordements verticaux

Les changements de déclivités constituent des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet. le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordements paraboliques dont la conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort.

On distingue donc deux types de raccordement :

a)Accordement convexe (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain.

Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

✓ Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable. qu'elle est limitée à (0.3m /s² soit g /40). le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$R_{vmin} \geq 0.3 V^2 \quad (\text{cat. 1-2}).$$

$$R_{vmin} \geq 0.23 V^2 \quad (\text{cat 3-4-5}).$$

Tel que :

R_{vmin} : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km /h).

Nota : La première condition est valable pour les points bas angle rentrant aussi bien que l'angle saillant.

✓ Condition de visibilité :

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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


d : distance de visibilité nécessaire (m)

h_a : hauteur de l'œil (m)

h_g : hauteur de l'obstacle (m)

Notre projet a les rayons suivants :

Tableau 2-III- Les valeurs des rayons convexes (source B40)

symbole		valeur
Rayon en angle saillant (Rv) 	Vitesse de référence Vr (km/h)	80
	minimal absolu Rvm (m)	3500
	minimal normal Rvn (m)	8000
	Dépassement Rvd (m)	9000

b) raccordements concaves (angle rentrant) :


Dans le cas de raccordement dans les points bas. la visibilité du jour n'est pas déterminante. plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir.

Un obstacle. la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

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

A notre projet les valeurs des rayons suivantes :

Tableau 3-III- Les valeurs Rayons concaves (sourceB40)

symbole		valeur
Rayon en angle rentrant (R'v) 	Vitesse de référence Vr (km/h)	80
	minimal absolu R'vm (m)	1600
	minimal normal R'vn (m)	2100

III-2-7- Eléments nécessaires pour calcul du profil en long :

Après la projection des pentes du profil en long on procède au calcul des coordonnées des points de tangence en coordonnées rectangulaires (voir figure 1-III).

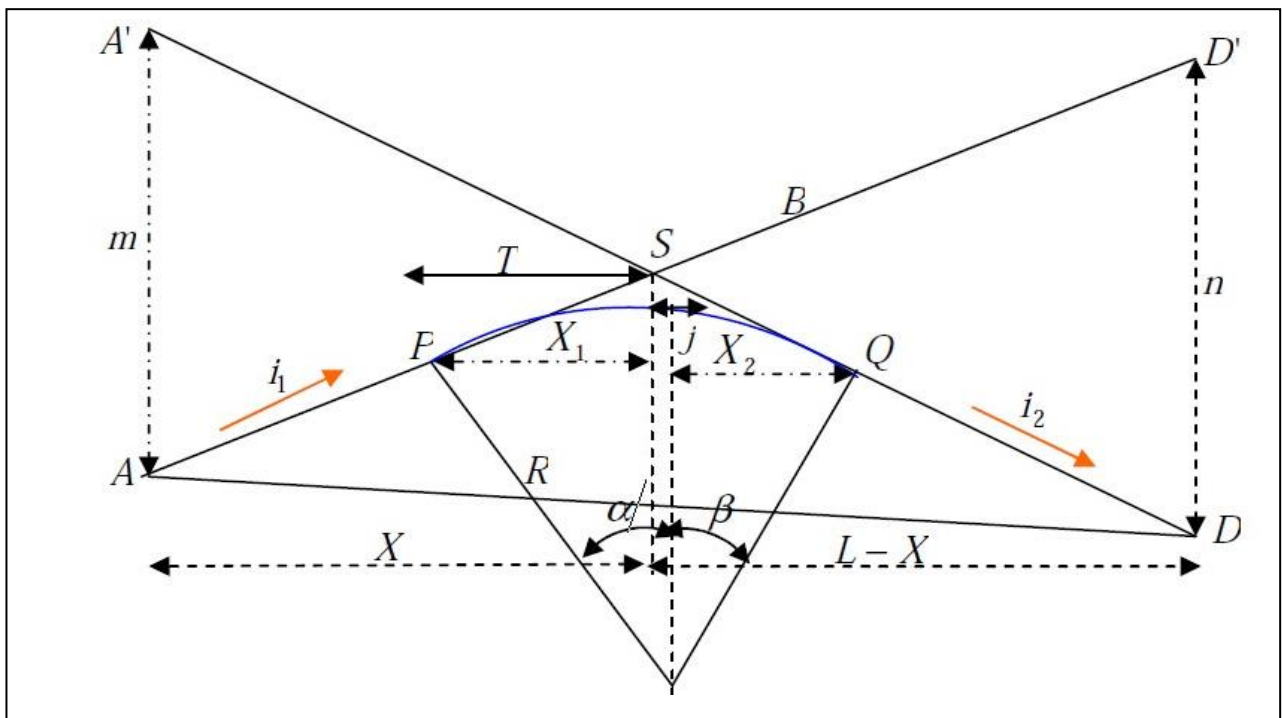


Figure 1-III-Schéma de la courbe du profil en long

Avec :

- **A** et **B** : extrémités du raccordement.
- **T** : tangente de part et d autre du sommet.
- **G** : milieu de raccordement situé sur la variante.
- **B** : Bissectrice.
- **P. Q** : deux points connus sur P₁ et P₂.
- **O**: centre du cercle de rayon R.
- **X** : distance entre le sommet et un point P sur P₁.
- **S** : sommet ou point de changement de déclivité.
- **L** : distance entre les deux points P et Q.

III-2-7-1-Détermination de la position du point de rencontre (s) :

On a:

$$Z_A = Z_{D'} + L p_2 \quad . \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_D = Z_{A'} + L p_1 \quad . \quad n = Z_D - Z_{D'}$$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc :

$$m/n = x / (L-x) \Rightarrow x = m \cdot L / (n + m)$$

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

III-2-7-2-Calcul de la tangente :

$$T = R/2 (p_1 \pm p_2)$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires. on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

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

$$B \quad \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T p_1 \end{cases}$$

$$C \quad \begin{cases} X_C = X_S + T \\ Z_C = Z_S + T p_2 \end{cases}$$

III-2-7-3-Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR=2T$$

III-2-7-4-Calcul de la flèche :

$$H=T^2/2R$$

III-2-7-5-Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \begin{cases} H_x = x^2/2R \\ Z_M = Z_B + X p_1 - X^2/2R \end{cases}$$

- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T)

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

$$X_1 = R.P_1$$

$$X_2 = R.P_2$$

$$J \begin{cases} X_j = X_B - R.P_1 \\ Z_j = Z_B + X_1.P_1 - X_1^2/2R \end{cases}$$

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

III-2-7-6-Exemple de calcul manuel:

Dans les études des projets. on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2R Y = 0.$$

à l'équation du parabole $X^2 - 2R Y = 0 \Rightarrow Y = X^2/2R$

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

- Donnée les coordonnées (abscisse. altitude) les points A. D.
- Donnée La pente P_1 de la droite (AS)
- Donnée la pente P_2 de la droite (DS)
- Donnée le rayon R.

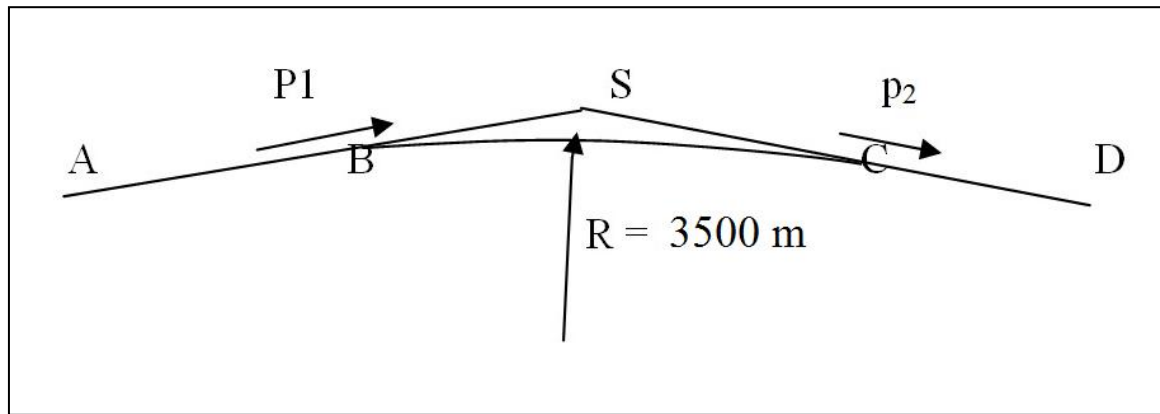


Figure 2-III- Exemple de courbe du profil en long

$$\begin{array}{ccc}
 \left. \begin{array}{l} \text{A} \\ \text{PK}=647.8127 \\ \text{Z}=213.8019 \end{array} \right\} &
 \left. \begin{array}{l} \text{S} \\ \text{PK}=720.4928 \\ \text{Z}=220.2707 \end{array} \right\} &
 \left. \begin{array}{l} \text{D} \\ \text{PK}=828.6360 \\ \text{Z}=193.4552 \end{array} \right\}
 \end{array}$$

a-Calcul des pentes :

$$P_1 = \Delta Z_1 / \Delta S_1$$

$$P_2 = \Delta Z_2 / \Delta S_2$$

$$P_1 = \left(\frac{220.2707 - 213.8019}{720.4928 - 647.8127} \right) = 8.9\%$$

$$P_2 = \left(\frac{193.4552 - 220.2707}{828.636 - 720.4928} \right) = -24.8\%$$

b-Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| \pm |P_2|)$$

$$T = 3500 \times (0.089 + 0.248) / 2 = 589.75 \text{ m}$$

c-Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = 49.686 \text{ m}$$

d-Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$\left. \begin{array}{l} \text{B} \\ X_B = X_S - T = 720.4928 - 589.75 = 130.743 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 = 220.2707 - (589.75 \times 0.089) = 167.783 \text{ m} \end{array} \right\}$$

$$C \begin{cases} S_C = X_S + T = 720.4928 + 589.75 = 1310.243 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T.P_2 = 220.2707 + (589.75 \times 0.248) = 74.013 \text{ m} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = X_B + R.P_1 \\ Z_J = Z_B + X_1.P_1 - X_1^2/2R \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = 130.743 + (3500 \times 0.089) = 442.243 \text{ m} \\ Z_J = 167.783 + (3500 \times 0.089^2) - ((3500 \times 0.089)^2/2 \times 3500) = 181.645 \text{ m} \end{cases}$$

III-3-PROFIL EN TRAVERS

III-3-1- Introduction :

D'une façon générale le profile en travers d'une route est déterminé après des études préalables prenant en compte des données de trafic, des objectifs de niveau de service et des éléments économique et politiques tous ces études la sont faites au niveau du précédents chapitre.

III-3-2-Définition:

Le profil en travers c'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances, le choix du nombre de voies de circulation, celui de leur largeur et celui de la structure générale du profil en travers est à la fois dicté par les débits que l'on souhaite écouler et par la fonction que l'on souhaite faire jouer à la route comme on le verra par la suite.

III-3-3-Modernisations du profil en travers:

La route existante présente un profil en travers caractérisé par une chaussée de largeur variable. En effet La sortie sur site nous a permis, en premier de relevé que la largeur de la chaussée existante n'est pas fixe le long de tracé (varie entre 5met 6m), en second lieu de constater une insuffisance des accotements et leur absences au niveau de certaines sections de la route.

La modernisation du profil en travers du tronçon en question de RN 90 nécessite des solutions délicates d'élargissement du profil en travers actuel, mais le coté d'élargissement est variable le long de l'itinéraire, il est en fonction des contraintes rencontrés aux bords de la plate forme.

III-3-4-Classification de profil en travers :

On distingue deux types de profils :

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

III-3-4-1-Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m...), qui servent à calculer les cubatures.

III-3-4-2-Le profil en travers type :

C'est une pièce de base dessinée dans les projets, nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la route, dans toutes les situations (en remblais, déblais ou mixte).

III-3-5-: Eléments constitutif du profil en long :

Les éléments constituant du profil en travers pour une routes à deux voies sont représentées dans le schéma suivant :

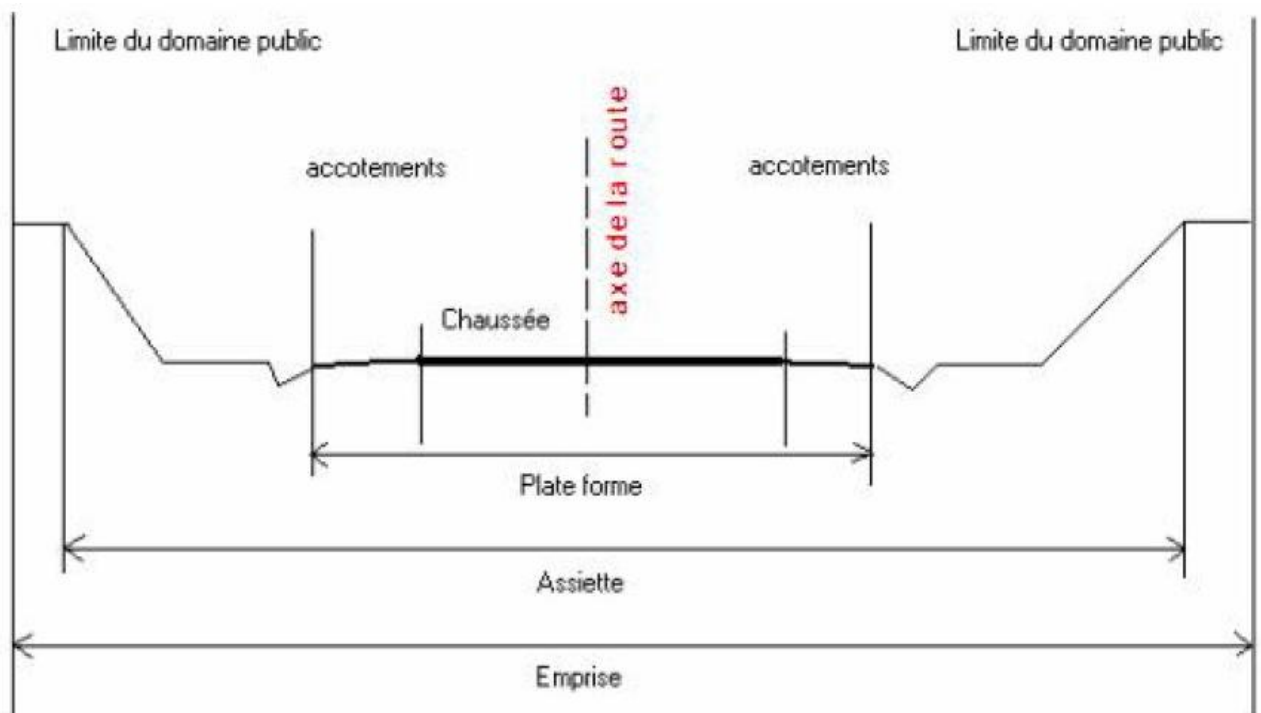


Figure 1-III-Eléments constitutif du profil en long

✓ 1). Emprise :

C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route ou ses dépendance, elle coïncidant généralement avec le domaine public.

✓ 2). Assiette :

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

✓ 3). Plate forme :

C'est la chaussée, elle comprend la ou les deux chaussées, les accotements et éventuellement les terres pleins.

✓ 4). Chaussée :

Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

✓ 5). Accotement :

Se sont les zones latérales de la plate forme que bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasé ou sur élevés.

✓ 6). Fosse :

Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus)

✓ 7). Bande Dérasé :

Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle ; elle comporte le marquage en rive

✓ 8). berme :

Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.

✓ 9). Sur largeur S :

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

III-3-6-Profil en travers type du projet :

Comme nous avons déjà fait les études de trafics le nombre de voies est fixé à 2 voies, donc reste à déterminer les différentes largeurs ou dimension des éléments de notre profil :

- Chaussée de 7 m, au sens géométrique du terme, est limitée par les bords externe de marquage, les réservations du marquage est compté hors les 7 m du chaussée.
- Un accotement de 1.8 m qui est divisée en bond dérasée de 1.3 m et une berme de 0.5 m.

Nota : Pour évite l'inscription des véhicules dans les virages inférieur à 200m on donne à la voie parcourue par ces dernier une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement égale à $50/R$.

Chapitre : IV

Conception des carrefours

IV -1-Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes en même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité des usagers (piétons et véhicules) sont indispensables.

IV -2-Type des carrefours urbains :

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

IV -2-1-Carrefour en T (type T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires unique et orthogonale, ou aussi ($\pm 20^\circ$), à l'axe principal. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

IV -2-2-Carrefour en Y (type Y) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°)

IV -2-3-Carrefour en croix :

C'est un carrefour plan à quatre branches où celles là sont alignées deux à deux formant une intersection en forme de croix.

IV -2-4-Carrefour giratoire ou rondpoint:

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

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

La circulation se fait à sens unique autour d'un anneau (circulaire ou ovale). Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°).

En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

IV -3- Donnée à prendre en considération :

Les données ci-dessous sont généralement à prendre en considération lors d'une étude de conception ou d'aménagement d'un carrefour existant. Toutes ces informations ne doivent pas, pour autant, faire l'objet d'un recueil de données systématique a priori.

Les données les plus importantes à examiner sont les suivantes :

- La fonction des itinéraires et la nature du trafic qui les emprunte.
- L'intensité et la composante des différents courants.
- Les vitesses d'approche pratiquées ;
- Les informations concernant le nombre, le type, l'emplacement et la cause des accidents qui ont pu se produire au carrefour considéré avant l'aménagement ;
- Les conditions topographiques, notamment la visibilité en plan et en profil en long.

IV -4- Principes fondamentaux de conception :

La conception des carrefours doit prendre en compte dans les différentes étapes de sa démarche, qu'il s'agisse de la conception générale ou de la conception géométrique, les principes fondamentaux suivants :

- Le respect de la compatibilité avec le type de route, et les comportements que ce type induit.
- L'intégration et homogénéité des aménagements, contribution au rythme et au sectionnement de l'axe.
- La lisibilité de l'aménagement, en favorisant une reconnaissance facile, rapide et non ambiguë du fonctionnement du carrefour abordé.
- L'optimisation des conditions de sécurité pour tous les flux de trafic, y compris pour les courants très secondaires.
- Le respect d'un niveau élevé de fluidité des flux prioritaires.
- La prise en compte des usagers particuliers (piétons, cyclistes, transports en commun, poids lourd).
- La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possible, à cet effet il est préconiser d'atteindre des vitesses d'approche à vide

- En cas la visibilité insuffisante il faut prévoir :
 - ✓ Une signalisation appropriée dont le but est d'imposer une réduction de vitesse ou de changer les régimes de priorité.
 - ✓ Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlots séparateurs ou débouché les voies non prioritaires).

IV -5- Types d'aménagements des carrefours giratoires :

Les giratoires sont généralement moins coûteux que les intersections à niveau mais ils requièrent une grande surface de terrain et un îlot central de grandes dimensions, en plus, ils se prêtent mal à la circulation des piétons dont il faut prévoir des traversés appropriés.

La priorité dans les giratoires est généralement à gauche (priorité au giratoire).

IV -5-1- Les avantages et les inconvénients du carrefour giratoire :

- *Les avantages :*

- ✓ Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace,
- ✓ Modération de la vitesse,
- ✓ Amélioration de la sécurité,
- ✓ Accroissement de la capacité,
- ✓ Diminution des nuisances,
- ✓ Faciliter d'insertion d'un grand nombre des branches,
- ✓ Economie de régulation et d'exploitation,
- ✓ Permet d'autre par des demi-tours.

- *Les inconvénients :*

- ✓ Empiètement d'emprise important,
- ✓ Entretien de l'îlot central et éventuellement les îlots séparateurs.
- ✓ Traversée difficile des piétons,
- ✓ Absence de régulation du trafic, par le non-respect par les usagers de la route du régime de priorité.

IV -5-2- Principaux critères de choix:

- *La sécurité :*

C'est un critère prioritaire sur une route principale, le giratoire présente toujours un meilleur niveau de sécurité qu'un carrefour plan ordinaire : le nombre et la gravité des accidents sont en générale beaucoup plus faibles.

Il faut cependant noter que le réaménagement d'un carrefour plan ordinaire (voie de tourne à gauche, îlot sur la route secondaire, par exemple) peut permettre d'améliorer très sensiblement le niveau de sécurité (parfois à coût modéré).

- *Le Coût :*

Les coûts des carrefours plans sont très variables selon les contraintes locales, la réutilisation plus ou moins importante de la chaussée existante (dans le cas de réaménagement), leur niveau d'équipement, la réalisation de voies rabattement, etc.

Certains éléments de l'aménagement (éclairage, aménagements paysagers, choix des matériaux ...) peuvent majorer très sensiblement le coût du projet. En outre, il convient de tenir compte des coûts de fonctionnement (l'entretien, éventuellement la consommation électrique due à l'éclairage).

- *Le temps perdu :*

Ce critère est également important sur les axes où circule un trafic de longue ou moyenne distance (rarement prédominant mais que l'on peut décider de privilégier). Il faut aussi tenir compte du trafic d'intérêt local sur les axes d'importance secondaire.

Le temps perdu comprend, en substance, deux composantes dont la part respective varie en fonction des niveaux de trafic en présence :

Le retard lié au trafic, dit retard de congestion, il est dû au non priorité et aux intersections entre les véhicules. Il peut être assimilé au temps d'attente en file et en tête de file.

Le retard géométrique. C'est le retard subi par un véhicule en franchissant l'aménagement, en l'absence de toute gêne due au trafic. En effet un carrefour impose à certains flux des ralentissements

Pour un giratoire, le temps d'attente sont en générale négligeable en rase campagne.

IV-6-Caractéristique géométrique des carrefours giratoires :

IV -6-1-Forme et dimension de l'îlot central :

- *La forme :*

L'îlot central est circulaire (la sécurité étant meilleur), plusieurs études de sécurité ont montré un taux d'accidents anormalement élevé sur les giratoire de forme non circulaires (ovales ou autres).

- *Les Dimensions :*

Le diamètre de l'îlot central d'un carrefour giratoire diffère d'un type à l'autre. Certaines généralités peuvent cependant être élaborées.

Le diamètre de l'îlot central d'un carrefour à entrecroisement dépendra de la distance disponible pour l'entrecroisement ainsi que du débit et de la vitesse de circulation souhaitée. Ainsi, plus on cherche à atteindre des débits élevés et une circulation rapide, plus la longueur d'entrecroisement doit être grande.

Ce qui engendre une augmentation du diamètre de l'îlot central, et donc de l'emprise nécessaire pour l'aménagement du carrefour.

Ce type de carrefour est donc utilisé principalement aux entrées et sorties des autoroutes, surtout en milieu périurbain ou rural, là où l'espace est largement disponible.

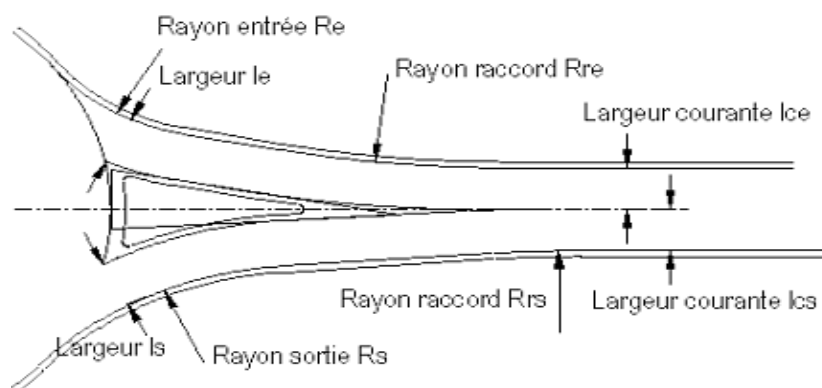
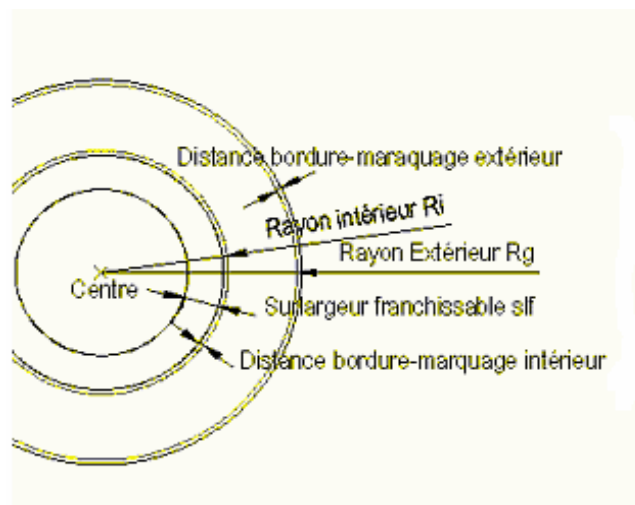
- *Dévers :*

Le dévers de l'anneau de 1 à 2% est dirigé vers l'extérieur, pour les trois raisons suivantes:

- ✓ Amélioration de la perception de la chaussée annulaire
- ✓ Absence de la rupture dans le raccordement des dévers sur les voies d'entrées et de sorties.
- ✓ Facilité de gestion et d'écoulement des eaux de surface.

Récapitulatif des différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie.

	Notions	Paramétrage	Valeur courantes (m)			
Rayon du giratoire	Rg	$12 \leq Rg \leq 25m$	12	15	20	25
Largeur de l'anneau	la	$6 \leq la \leq 9m$	7	7	7	7
Sur largeur franchissable	Sl _f	1.5m si $Rg \leq 15m$	1.5	1.5	-	-
Rayon intérieur	Ri	$Rg - la - Sl_f$	3.5	6.5	13	18
Rayon d'entrée	Re	$10 \leq Re \leq 15m$ et $\leq Rg$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	le	le 4m	4	4	4	4
Rayon de sortie	Rs	$15 \leq Rs \leq 30m$ et $> Ri$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	ls	$4m \leq ls \leq 5m$	4	4	4.5	5
Rayon de raccordement	Rr	$Rr = 4Rg$	48	60	80	100



IV -6-2-Ilots séparateurs :

- *Fonctions :*

Les îlots séparateurs remplissent 6 fonctions principales :

- ✓ Favoriser la perception du carrefour en situation d'approche ;
- ✓ Servir de refuge aux piétons, leur permettant de traverser en deux temps ;
- ✓ Éviter des collisions entre les deux sens de circulation des branches (surtout lorsque les rayons de sortie sont faibles), en séparant les courants entrants et sortants ;
- ✓ Favoriser la capacité, en permettant aux conducteurs en attente devant la ligne d'effet du CEDEZ LE PASSAGE de discriminer plus tôt les véhicules sortants et ceux auxquels ils devront céder la priorité ;
- ✓ Permettre l'implantation de la signalisation de direction ; limiter le risque de « prise à contresens » de l'anneau.

- *Aménagement de l'îlot séparateur*

L'îlot séparateur doit être ceint de bordures basses, de préférence rétrofléchis santés. Le marquage de rive des voies d'entrée et de sortie longent les bordures de l'îlot séparateur à une distance de 0,50 m (5 u au minimum), y compris le marquage de 3 u.

Il ne doit pas supporter d'élément (de décor, de balisage ou de signalisation superflue)

dans la zone de visibilité.

La couleur de la surface des îlots séparateurs est de préférence claire, et doit présenter un contraste suffisant (de jour comme de nuit) avec la surface de la chaussée.

Pour les branches très secondaires, il est possible de matérialiser l'îlot séparateur par un simple marquage.

Les courbes qui permettent d'évaser la base de l'îlot sont respectivement parallèles aux bords droits des voies d'entrée et de sortie.

Construction des îlots séparateurs sur les branches des giratoires.

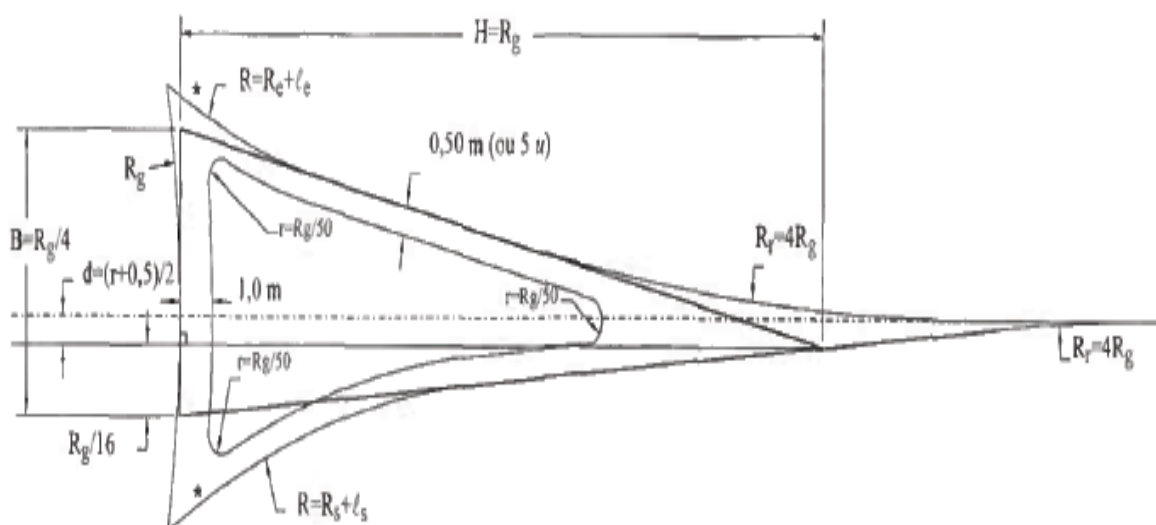


Tableau récapitulatif des différents paramètres de construction des îlots séparateurs

	notati on	paramétrage	Values courantes (m)			
			Rg<1 5	Rg=1 5	Rg=2 0	Rg=25
Rayon giratoire	Rg		Rg<1 5	Rg=1 5	Rg=2 0	Rg=25
Hauteur du triangle de construction	H	H=Rg	12à1 5	15	20	25
Base du tringle de construction	B	B=Rg/4	3à3.7 5	3.75	5.00	6.25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d=(0.5+Rg/50)/2$ ou 0	0	0.40	0.45	0.50
Rayon de raccordement des bordures	r	$r=Rg/50$	0.25	0.30	0.40	0.50

IV -7-Application au projet :

Le dévers de l'anneau de 2% est dirigé vers l'extérieur.

- **Géométrie de l'entrée :**

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir d'entrée sont les suivantes :

Rayon d'entrer de 15 à 20 m, largeur de 4m.

En tout cas, il ne doit pas dépasser le rayon extérieur du giratoire.

Pour notre cas on prend un rayon de 15m avec une largeur d'entrée de 4m. Pour notre carrefour.

- **Géométrie de sortie :**

La sortie est généralement limitée à une seule voie .la largeur de cette voie est comprise entre 4 et 5m.

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir de sortie sont les suivantes :

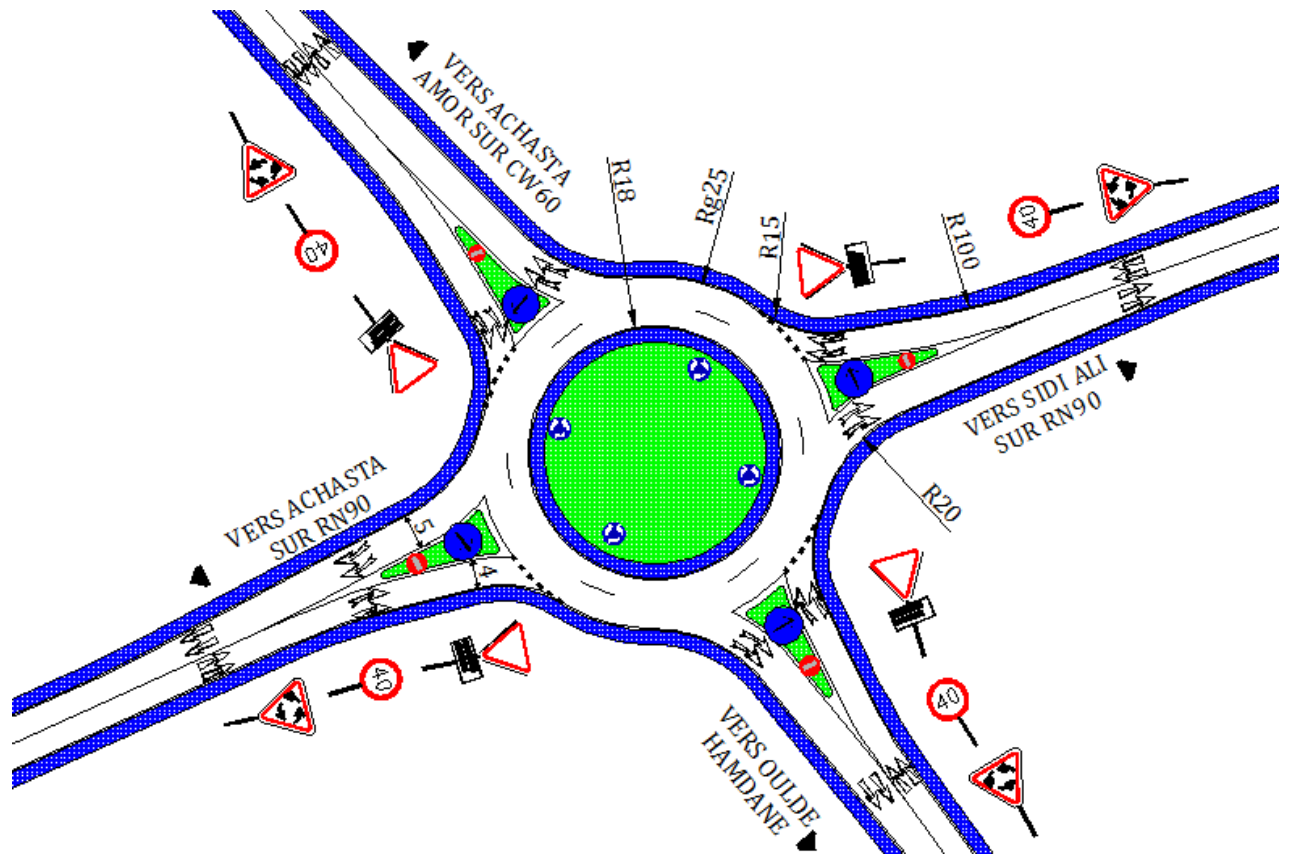
Un rayon de sortie de 20 m

Une largeur de sortie de 5 m

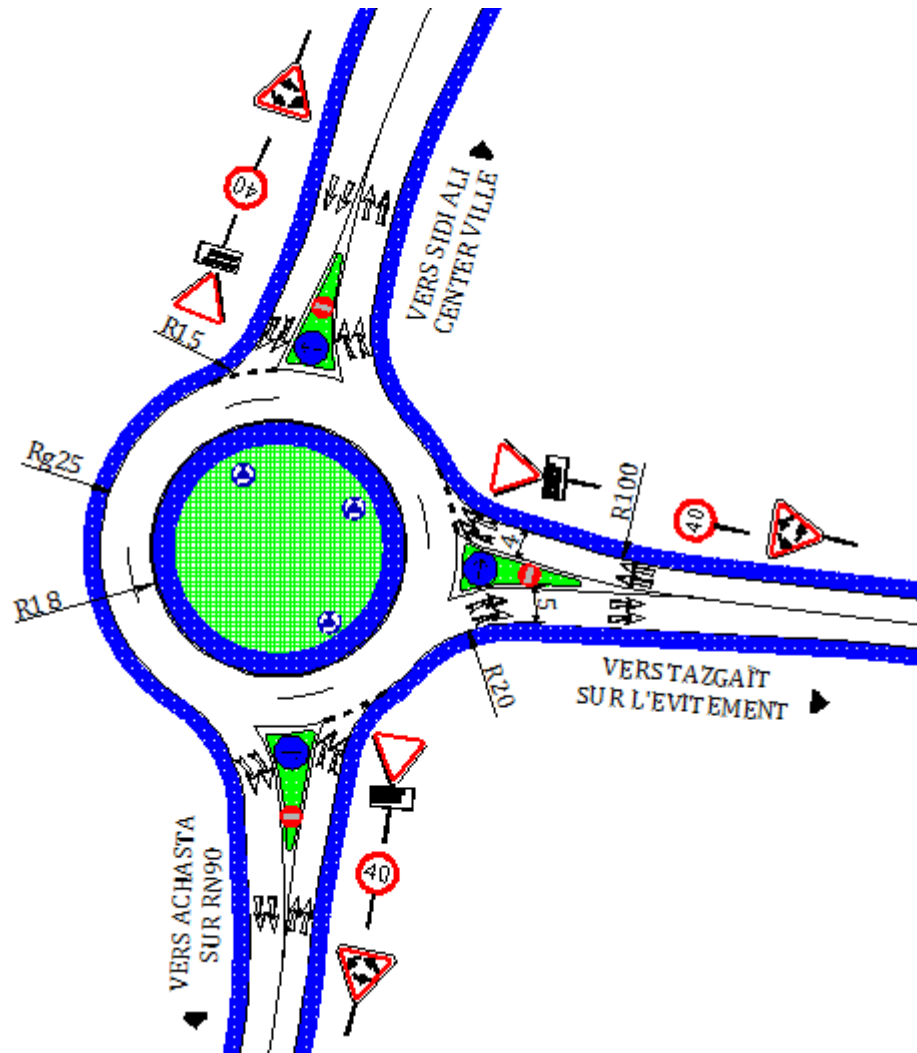
- **La visibilité :**

En milieu interurbain, pour donner la visibilité sur le véhicule prioritaire et pour assurer une vision suffisamment, il est utile de maintenir dégagée la zone suivante.

La zone ainsi définie doit être dégagée de tout obstacle à la vue de plus de 1m de hauteur, on peut admettre cependant un obstacle visuel (arbre isolé)



CARREFOUR GIRATOIRE N°1



CARRFOUR GIRATOIRE N°2

Chapitre : V

Cubatures

V-1-Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général. Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

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

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle « les cubatures des terrassements ».

V-2- Définition:

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet. Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

V-3- Méthode de calcul des cubatures :

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

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

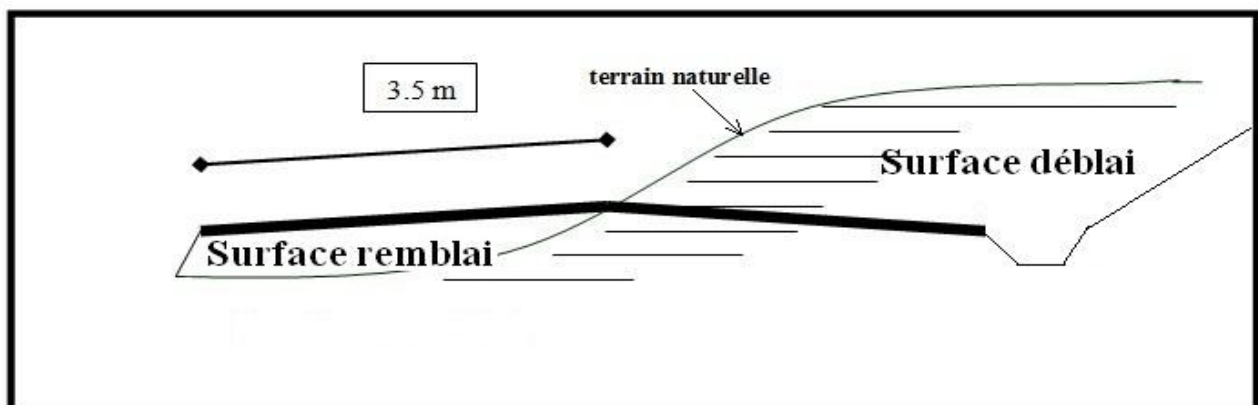


Figure 1-IV-Coupe transversale d'une chaussée démontré les surfaces des déblai et remblai.

V-3-1-Formule de SARRUS :

Elle consiste à On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde Le volume V compris entre S₁ et S₂ est égale à :

$$V = h/6(S_1+S_2+4S)$$

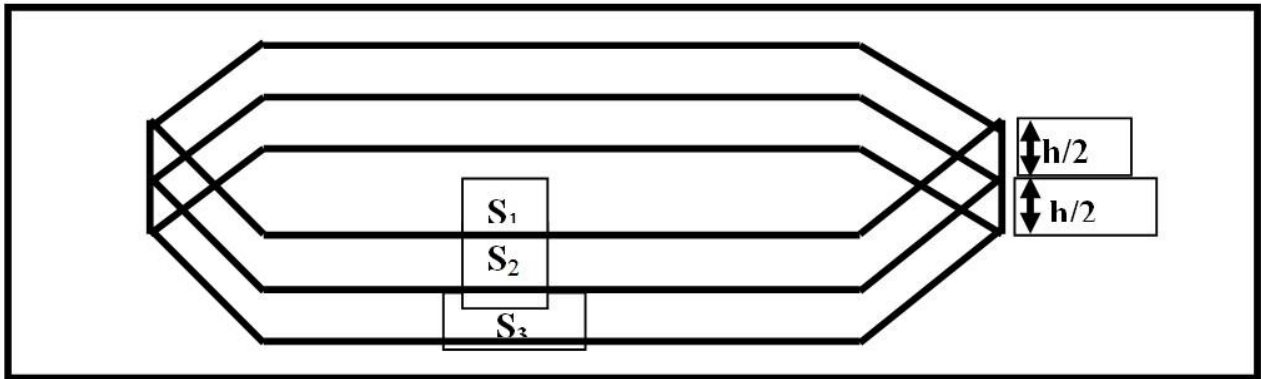


Figure 2-IV-Schéma présente les volumes de déblai , remblai

S₁ et S₂ : les surfaces des sections parallèles.

h : la hauteur ou la distance entre ces deux sections.

S : la section équidistante des deux bases.

Le volume V sera soit totalement en déblai soit totalement en remblai

✓ Exemple de calcul

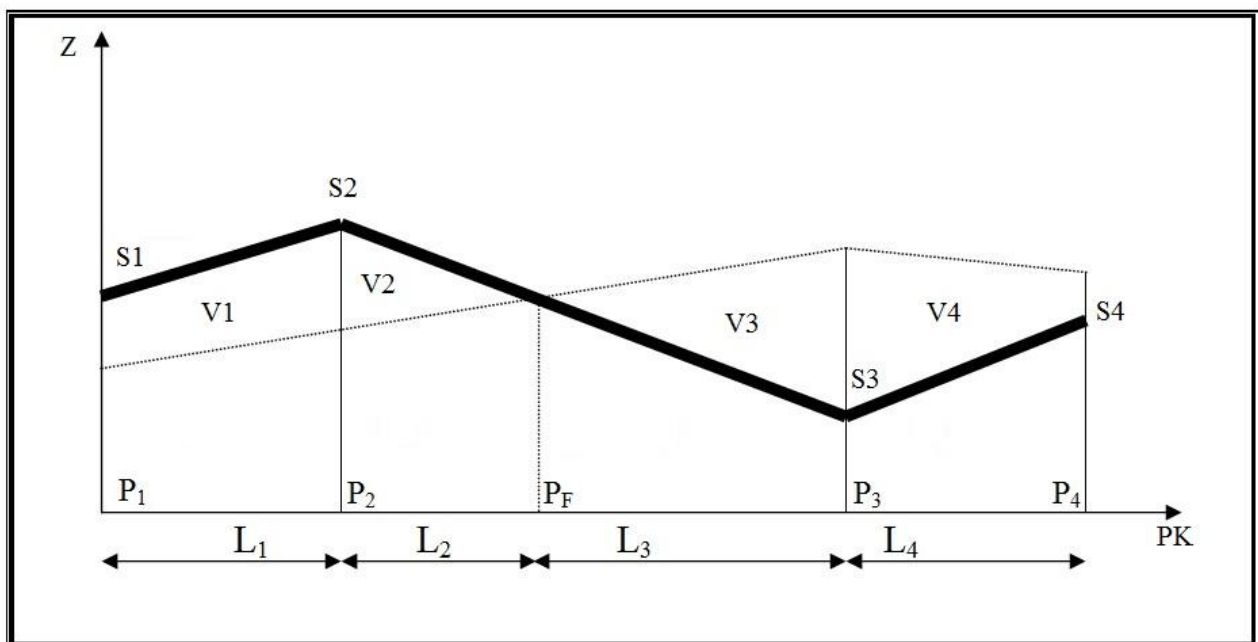


Figure 3-IV-Coupe longitudinale d'une chaussée

Pf : profil fictif, c'est le profil ou le volume des terrassements est nul

S1 et S2 : surface des deux profils en travers P1 et P2

L₁ : distance entre ces deux profils

S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P1 et P2)

Si on applique la formule de SARRAUS, le volume entre P1 et P2 de surface S1 et S2 sera :

$$V_1 = L_1 / 6(S_1 + S_2 + 4S)$$

On serait conduit à calculer chaque fois un profil en travers intermédiaire équidistant des profils en travers initiaux.

Pour éviter ce calcul fastidieux, on simplifié la formule en :

$$S \approx \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Ce qui donne : } V_1 = \frac{L_1}{6} \times \left(S_1 + S_2 + 4 \frac{(S_1 + S_2)}{2} \right) \Rightarrow V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

Le volume total du terrassement pour la figure de l'exemple ci -dessus est :

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

C'est la méthode de la moyenne des aires la plus utilisées en travaux publics. Elle est utilisée avec la moyenne des distances partielles.

Ou : $\frac{L_1}{2}$, $\frac{L_1 + L_2}{2}$etc...sont appelées : longueur d'application

V-3-2-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-3-3-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 du 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 figure 4-IV).

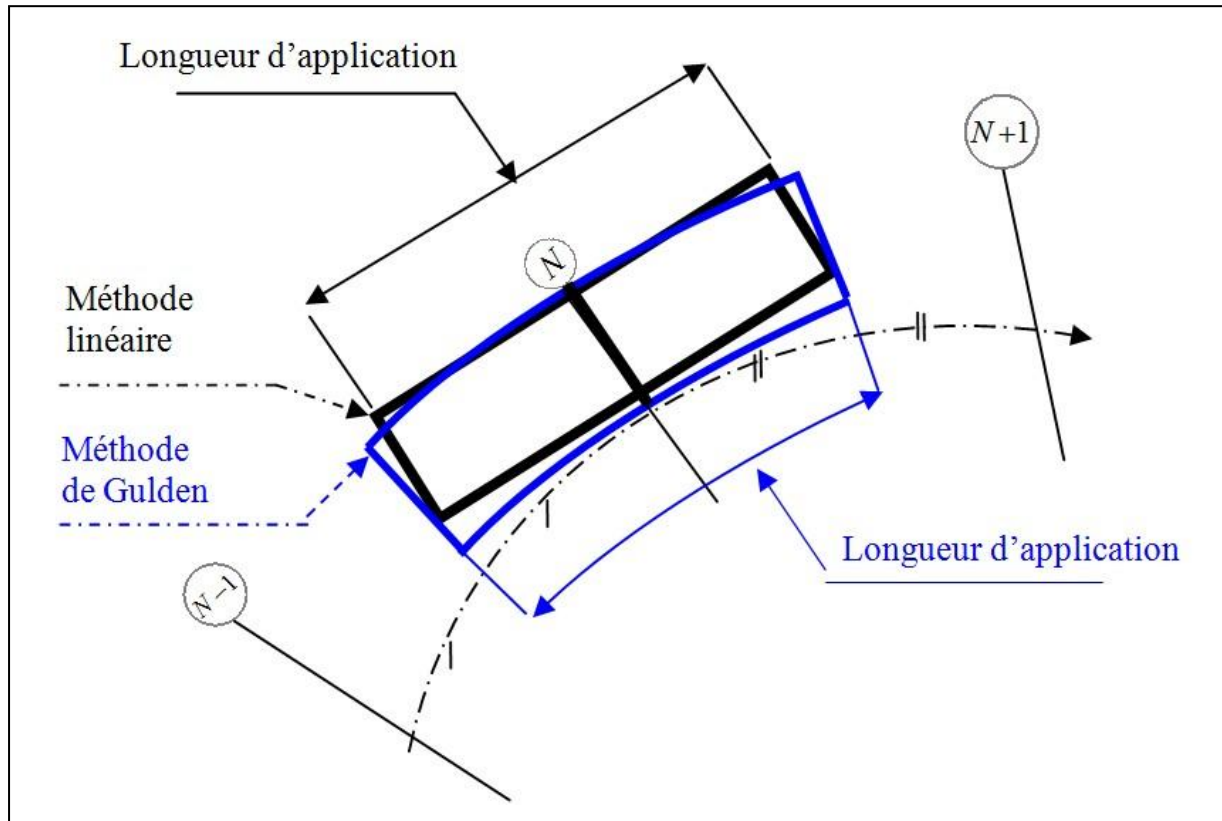


Figure 4-IV-Schéma démontré la longueur d'application.

V-4- Calcul des cubatures de terrassement :

Nota : Les résultats de calcul automatique des cubatures sont joints en annexe, effectuée par logiciel PISTE 5.06 (voir annexe).

Chapitre : VI

Auscultation et diagnostic

VI-1- Généralité :

Les structures de chaussée sont constituées de différentes couches de matériaux traités ou non qui remplissent des rôles bien déterminés :

- Les couches inférieures : ce sont la couche de base et la couche de fondation qui ont un rôle de résistance mécanique aux efforts verticaux, éventuellement on prévoit une couche de forme qui sert comme un lit drainant où une couche anticontaminante ou encore pour améliorer la portance dans les zones où le sol support présente une faible portance.

- Quand à la couche supérieure (couche de roulement) : elle assure le confort et la sécurité de l'utilisateur en reprenant les efforts tangentiels.

VI-2- Facteurs influents sur les dégradations :

Il arrive que les couches de la chaussée subissent des dégradations dues à des agressions des facteurs externes et finissent par ne plus accomplir leurs rôles convenablement.

Ces facteurs sont simultanément causes et effets, c'est-à-dire que la ou les dégradations apparues deviennent la cause de nouvelles dégradations.

Chaque facteur a une action prépondérante mais temporaire et aléatoire et il convient d'être très prudent quant à la valeur de cette influence, faire un bilan de ces facteurs en fonction des différents types de dégradation ne constitue qu'une approche du problème.

Il est possible de classer les causes de dégradations suivant quatre critères.

VI-2-1- Le trafic :

L'influence du trafic s'illustre à travers les sollicitations verticales et tangentielles. Les efforts verticaux produits par le poids des véhicules et les chocs répétés causés par le rebondissement des roues du à la non planéité de la surface de roulement sont bien ressentis par les couches superficielles et faiblement ressentis par les couches en profondeur. Les dégâts à noter sont les écrasements, les dislocations et déplacements des matériaux. Les efforts tangentiels amplifient les arrachements des matériaux de la couche de surface et engendrent le décollement de la couche de roulement (voir figure1-V-).

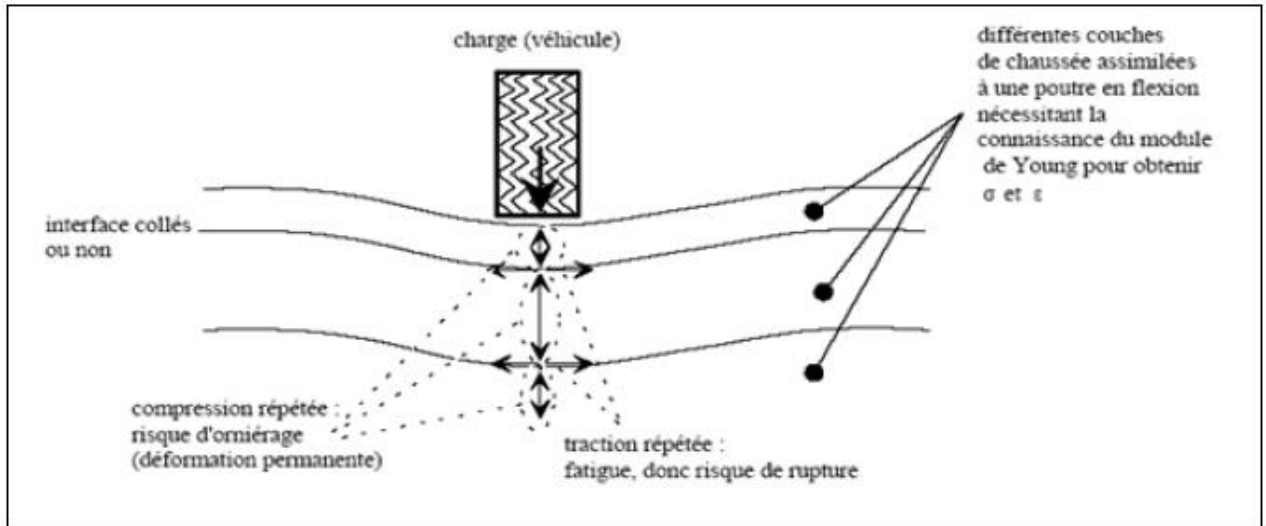


Figure 1- Schématisation des sollicitations induites par le trafic.

VI-2-2- Environnement :

Cette action se distingue en majeure partie par les conditions climatiques ainsi que par la présence d'eau qui s'infiltré par percolation et remontées capillaires au niveau des accotements, mais aussi le cycle de gel et dégel qui inflige des chocs thermiques sur les matériaux constituant le corps de chaussée et provoquant des phénomènes de traction et de contraction, ce qui favorise l'apparition des fissures.

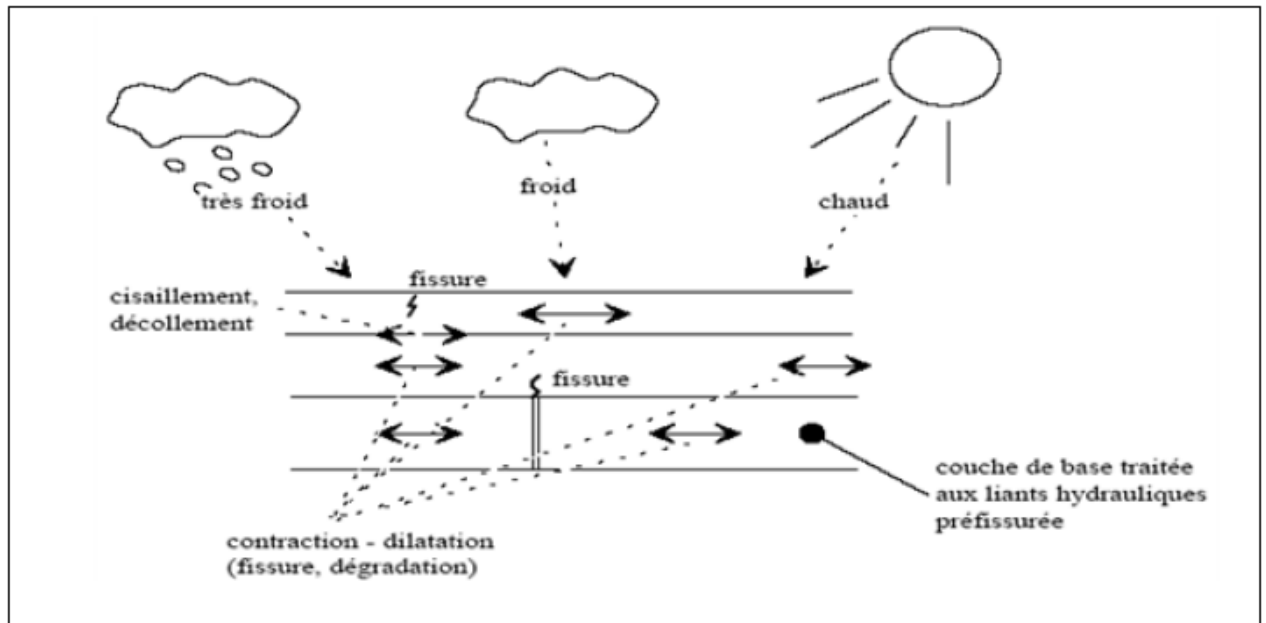


Figure 2- Schématisation des sollicitations induites par la température.

VI-2-3- Défaut de conception et/ou d'exécution :

Le défaut peut être sur la route en elle-même : une mauvaise conception ou une erreur de lors de la réalisation pourrait avoir des répercussions graves sur l'état de la durée de vie d'une route tels que les sous dimensionnement par rapport au trafic, la répartition inadéquate du liant, le compactage insuffisant, le mauvais choix des matériaux.

VI-2-4- Le manque d'entretien :

Les conséquences directes de la négligence d'une route se répercute automatiquement sur son état et de ce fait sur l'utilisateur, en effet le sous entretien d'une route entraîne l'apparition de dégradations qui se propagent à une grande vitesse.

VI-3- Description et classification des principales dégradations :

Les principales dégradations relevées sur la chaussée souple peuvent être classées en quatre grandes familles qui sont :

1. Les déformations.
2. Les fissures.
3. Les arrachements.
4. Les remontées.

VI-3-1- Les déformations :

Il s'agit de dégradations entraînant une modification de la route donnant à la surface de la chaussée un aspect différent de celui désiré. Ces déformations qui prennent naissance dans le corps de la chaussée, affectent en générale les couches inférieures pour atteindre ensuite la couche de roulement. ils peuvent se distinguer selon leur forme ou leur localisation comme suit :

-**Tassement** : Abaissement du niveau de la chaussée.

-**Affaissement** : Variation du niveau du profil longitudinal aussi bien suivant l'axe que la rive ou transversal, ils peuvent être localisés ou généralisés.

-**Flache** : dépression localisée en forme arrondie ou ovale.

-**Bourrelet** : Renflements apparaissant à la surface de la chaussée suivant un profil longitudinal ou transversal.

-**Tôle ondulée** : Ondulations régulières et reprochés perpendiculaires à l'axe de la chaussée, rencontrées fréquemment sur les routes non revêtues.

-**Bosses** : Soulèvement localisé de la chaussée.

-**Ornières** : Dépression longitudinale se développant sous le passage des roues.

VI-3-2- Les fissures :

Elles sont définies comme étant une cassure du revêtement suivant une ligne avec ou sans rupture du corps de chaussée, elles peuvent intéresser bien la couche de roulement seule, qu'une partie ou la totalité du corps de chaussée. Elles peuvent se distinguer comme suit.

-**Faiencages** : Cassures en mailles du revêtement ; on distingue dans ce type de fissure deux cas : faiencage à mailles fines ou peaux de crocodile lorsque le coté varie de 10 à 40 cm et faiencage à mailles larges ou le coté dépasse 40 cm.

-**Fissures paraboliques de glissement** : Fissure ou déchirements de la chaussée en forme de demi-lune ou de croissant à l'axe longitudinal.

-**Fissures fines** : Petites fissures superficielles rapprochées et fines.

-**Fissures longitudinales et transversales** : Suivant l'axe ou la rive ou transversales.

VI-3-3- Les arrachements :

Il s'agit de désordres affectant en général la couche de roulement.

-**Dés enrobage** : Décollement de la pellicule de liant enveloppant le matériau enrobé.

-**Plumage ; Peignage** : Arrachement de gravillons de revêtement.

-**Tête de chat (perte de matériaux)** : Apparition excessive de granulats durs en relief par usure du mortier les entourant.

-**Nids de poule** : Cavités de tailles variées et de forme arrondies à bords francs ; créées à la surface de la chaussée par enlèvement des matériaux.

-**Pelades** : Arrachements par plaques plus ou moins grandes de l'enrobé de la couche de roulement.

-**Epaufures (dégradation de rive)** : Cassure du revêtement au bord de la chaussée.

VI-3-4- Les remontées :

Il s'agit d'apparition en surface de matériaux (eau ; boue ; liant et sel) proviennent en générale des couches inférieures et affectent la couche de surface sauf le ressuage qui, pour les cas des chaussées souples se développe dans la couche de roulement.

-**Les remontées d'eau** : zone humide à la surface du revêtement.

-**Les remontées de la boue** : Arrivée de l'argile à la surface du revêtement provienne des couches inférieures.

-Les remontées du liant (ressuage) : Zone plus ou moins localisée ou un excès de liant s'apparaisse en surface.

Tableau récapitulatif :

Quelques causes probables en fonction de la plupart des dégradations considérées indépendamment les uns des autres.

dégradation	Causes probables
Affaissement	<ul style="list-style-type: none"> -Sous dimensionnement des couches inférieures -Tassement des couches inférieures -Niveau très élevé de la nappe phréatique -Pollution du corps de chaussée -Drainage insuffisant
Bourrelet	<ul style="list-style-type: none"> -fluage -zone de décélération brutale -température élevée dans l'enrobé
Dés enrobage	<ul style="list-style-type: none"> -Action de l'eau -Action de l'argile (granulats pollués) -Action mécanique des véhicules -Action du sel en zone désertique -Mauvaise adhésivité liant granulats -Erosion éolienne
Epaufrure	<ul style="list-style-type: none"> -Mauvais épaulement des rives -Accotement en contre bas -Chaussée trop étroite ou partiellement obstruée -Accotement dont la pente dirigée vers la chaussée (stagnation d'eau)
Faiencage	<ul style="list-style-type: none"> -Dégradation des couches inférieures (désagrégation ; tassement) -Mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base. -sous dimensionnement de la couche de roulement -perméabilité de la couche de base inférieure à celle de la couche de roulement ; remontée de l'eau
Remontée du liant (ressuage)	<ul style="list-style-type: none"> -température élevée dans le revêtement. -bitume trop mou. -bitume entraîné par l'évaporation intense d'eau en provenance du corps de chaussée.
Fissures	<ul style="list-style-type: none"> -joint de deux bandes d'épandage -reprise d'un travail au finisseur -retrait du matériau constituant les couches inférieures à celle de roulement -mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base -zone de décélération brutale -gélivité du corps de chaussée

Flache	<ul style="list-style-type: none"> -compacité insuffisante de la couche de roulement en un point. -compacité insuffisante de la couche de base en un point. -pollution du corps de chaussée -drainage insuffisant. -tassement du matériau ayant servi à reprofiler un trou de la chaussée
Glaçage	<ul style="list-style-type: none"> -usure du revêtement -polissage trop rapide des granulats, dureté insuffisante (calcaire polissable)
Nid de poule	<ul style="list-style-type: none"> -stade ultime de nombreuses dégradations -pelade localisée du revêtement sous effet mécanique -pollution du corps de chaussée. -forte proportion d'eau dans la chaussée
Orniérage	<ul style="list-style-type: none"> -compacité insuffisante de la couche de roulement. -fluage de l'enrober. -sur compactage sous l'action d'une circulation lourde canalisée. -surdosages de l'enrobé en liant. -sous dimensionnement des couches inférieures entraînant le poinçonnement du sol. -bitume trop mou pour la région ou température élevée dans l'enrobé. -niveau de la nappe phréatique trop élevé. - granularité incorrecte.
Pelade	<ul style="list-style-type: none"> -Epaisseur insuffisante de la couche de roulement. -mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base. -perméabilité de la couche de base inférieure à celle de la couche de roulement.
Remontée de mortier	<ul style="list-style-type: none"> -excès de liant et de fines.
Plumage	<ul style="list-style-type: none"> - rupture du liant sous action mécanique. -dés enrobage des granulats sous action chimique. -ségrégation des granulats à la mise en ouvre. -ressuage facilitant l'arrachement des gravillons. -Enrobé de mauvais qualité.
Tête de chat	<ul style="list-style-type: none"> -usure de revêtement. -granulométrie incorrecte.
Remontée d'eau	<ul style="list-style-type: none"> -source sous le corps de chaussée. -drainage insuffisant.

VI-4- L'évolution des dégradations (notion d'intensité) :

L'évolution des dégradations peut se dérouler de deux façons différentes :

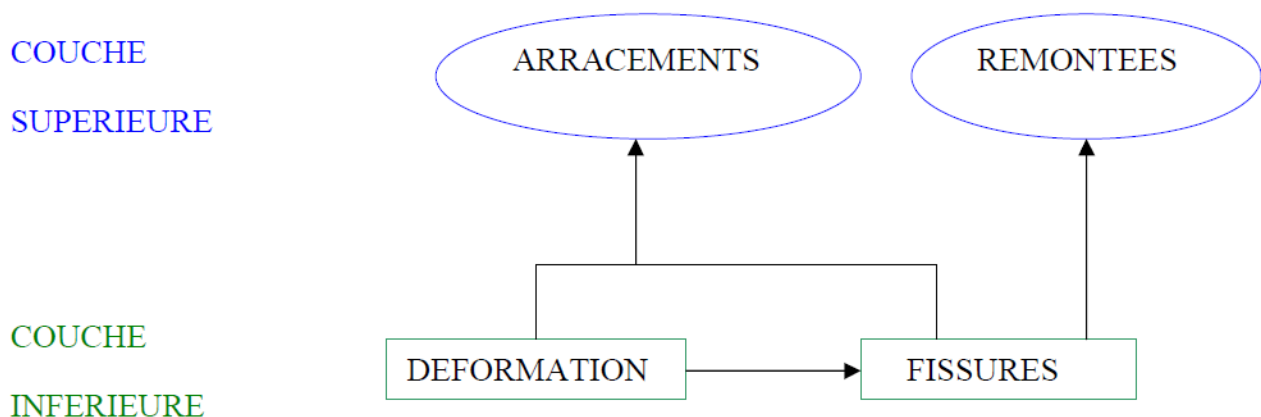
- L'évolution d'une dégradation unique.
- L'évolution d'une dégradation ; cause de l'apparition d'autres dégradations.

VI-4-1- L'évolution d'une dégradation unique :

L'évolution d'une dégradation seule est la moins fréquente, l'évolution en surface se déroule plus ou moins rapidement ; mais peut être suivie quantitativement : par exemple, dans le cas de faïençage il est aisé de connaître la dimension moyenne de la maille, et la surface de la couche de roulement atteinte. Il est très rare à moins de détruire la chaussée de connaître la profondeur à laquelle s'arrêtent la dégradation et les conséquences qu'elle a entraînées. Dans ce cas ; il n'est possible de prendre en compte que l'intensité « surfacique ».

VI-4-2- L'évolution d'une dégradation ; cause de l'apparition d'autres dégradations :

Ce cas le plus fréquemment rencontré ; reste le plus complexe, les évolutions sont très difficiles à suivre car elles ne sont pas toujours constantes. Une dégradation qui a rapidement évoluée, peut rester dans un état stationnaire ou évoluer lentement tandis qu'une autre prend naissance. Il est à remarquer toutefois, que dans de nombreux cas, il existe des chaînes de dégradations (affaissement \Rightarrow fissures \Rightarrow faïençage \Rightarrow nid de poule).



Naissance et évolution des dégradations dans le corps de chaussée

VI-5- Constat des dégradations relevées sur le terrain :

Afin d'apporter des solutions et des réparations appropriées à notre étude, une description des défauts de la chaussée et un des éléments importants à prendre en compte pour établir un diagnostic à partir duquel nous choisirons la technique d'entretien à mettre en œuvre.

L'auscultation visuelle, nous a permis lors de notre visite d'évaluer l'état actuel de la chaussée, et de faire un constat sur les différentes anomalies et dégradations relevées sur la route qui sont réparties comme suite :

VI-5-1- Tracé en plan :

La nature de relief topographique a conduit à un tracé en plan de faible sinuosité et de déclivité, avec l'existence de longueur d'alignement droit dépassant les 1500m.

Ceci n'empêche pas la présence de quelques virages qui sont en deçà des normes dont le rayon est inférieur à 200m.

VI-5-2- Profil en long :

Le tracé en plan se développe en parallèle aux courbes de niveau des hauteurs de la région. Les déclivités (pentes ou rampes) maximales au début et à la fin du tronçon avoisinent 5 % le long de courtes distances. Toutefois, il y a lieu de signaler quelques anomalies ou des points noirs liés à la coordination entre le profil en long et le tracé en plan.

VI-5-3- Profil en travers :

La sortie sur site nous a permis, en premier lieu de relever une insuffisance du gabarit de la chaussée existante (la largeur de la chaussée est en moyenne de 5.5m à 6m). En seconde lieu on a constaté une insuffisance dans la largeur des accotements (la largeur des accotements varie entre 0.5m et 1.5m) ainsi que le non respect des dévers en certains endroits.

VI-5-4- Etat actuel de la chaussée :

Afin de donner une description générale de l'état actuel de la chaussée, nous sommes allés lors de notre visite à faire un relevé photographique des différentes sections touchées de la route, accompagnées par des commentaires illustrant le type et les causes probables de chaque dégradation essayant par cela de formuler des solutions adéquates au profit de cette route.

- Premier cas :

Dans ce cas nous avons affaire à un faïençage à mailles Large. Ce type de dégradation a touché un linéaire d'environ 700 m, d'après l'historique de la route et les informations relatives au corps de chaussée nous avons cernés les causes à :

1. durcissement et retrait de l'enrober.
2. fatigue et vieillissement de la couche de surface (faible épaisseur).
3. mauvais accrochage de la couche de surface sur la couche inférieure.



- Deuxième cas :

Il s'agit d'un arrachement de type épaufrure (dégradation des rives), plusieurs Sections de chaussé plaignent de ce type de dégradation , les causes que nous pouvons envisager sont :

1. mauvais épaulement des rives.
2. largeur insuffisante en quelques endroits
3. déformation de l'accotement.



- Troisième cas :

Nid de poule : nous avons remarqués que ce type de dégradation et très localisé, il se manifeste généralement suite à l'évolution d'un autre défaut, se traduisant par une désintégration avec arrachement du matériau, provoquer par la circulation sur les points faibles du revêtement



- **Quatrième cas :**

Nous voyons si dessous la présence des fissures longitudinales et transversales, ce type de dégradation qui a touché plusieurs sections du tracé, les causes que nous avons pus tirés sont :

1. non accrochage de la couche de roulement sur la couche de base
2. retrait de la couche de base



VI-5-5- Etat actuel du réseau d'assainissement :

Un examen détaillé du réseau d'assainissement existant au niveau du tronçon étudié a permis de faire les constatations suivantes :

- Les fossés naturels quant ils existent, sont en général mal calibrés, peu profonds avec une mauvaise pente longitudinale.
- Malgré leur nécessité par endroits, l'ensemble du tronçon est dépourvu des fossés revêtus en béton excepté au niveau des agglomérations.
- Les accotements sont généralement moyens, mal entretenus et parfois au même niveau que la chaussée, caractérisés par une mauvaise pente ce qui entrave le bon écoulement transversal des eaux et favorise les stagnations.

De ce qui suit nous pouvons avancer que le réseau d'assainissement et de drainage ainsi que les accotements au niveau de ce tronçon présente des insuffisances qui sont parfois dues au mauvais entretien de ces dépendances pourtant d'une grande importance quant à la bonne tenue de la chaussée ainsi nous pouvons relever :

Le mauvais écoulement longitudinal des eaux superficielles par le fait des gabarits des fossés existants

La nécessité des fossés revêtus en béton, vu le relief du tronçon et le sol support.



Photo sur état actuel du réseau d'assainissement.



Photo sur l'endommagement et bouchées des fossés.

Chapitre : VII

Etude Géotechnique

VII-1-Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs. Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

VII-2-Objectifs:

Le programme de reconnaissance a pour objet :

- La prospection litho stratigraphique aussi bien en affleurements qu'en profondeur aux moyens de puits de reconnaissance.
- La détermination des caractéristiques physico mécaniques de différents facies.

Les résultats obtenus constitueront un guide dans le choix des variantes de Renforcement et d'élargissement de la chaussée.

VII-3-Les moyens de la reconnaissance :

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

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

VII-3-1-L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés. Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée e la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

VII-3-2-La visite de site et les essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise

des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « **in-situ** » permettant :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d' échantillons pour les besoins d' essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

VII-3-2-1- La reconnaissance « in-situ » :

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance « **in-situ** » en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis. Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

a- Les forages :

C' est le seul moyen précis pour reconnaître l' épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d' essais de laboratoire.

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l' aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés :

✓ Manuellement :

Ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m. Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d' échantillons intacts et/ou remaniés.

✓ A la tarière :

La tarière est un outil hélicoïdal que l' on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à la l' état remanié.

La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement.

✓ A la sondeuse :

On peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.

Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire.

b- Les essais de pénétration :

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trousse coupante à son extrémité et de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétromètres sont utilisés :

- Pénétromètre dynamique.
- Le standard pénétromètre test ou SPT.
- Pénétromètre statique.

VII-3-3-Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Les essais d'identification.
- Les essais mécaniques.

VII-3-3-1-Les essais d'identification:

a- Masse volumique et teneur en eau:

Teneur en eau : exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit $\omega = W_w/W_s$

Masse volumique : (γ) est la masse d'un volume unité de sol : $\gamma = W/V$.

On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$

b- Analyses granulométriques :

Est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

c-Limites d'Atterberg :

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

WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité.

IP = WL - WP, est donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

d- Equivalent de sable :

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

e- Essai au bleu de méthylène:

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 100 gramme de sol s'appelle

« Valeur Au Bleu » du sol et est notée VBs, la VBs reflète globalement :

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

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

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

$$VBs = VBs(0/d) \times C(0/d) / 100C(0/d)$$
 étant le pourcentage de la fraction 0/d du sol étudié.

VII-3-3-1-Les essais mécaniques :

a- Essai Proctor :

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

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

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner le corps de chaussée et orienter les travaux de terrassements.

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

c- Essai Los Angeles :

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

d-Essai Micro Deval :

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

VII-4-Donnes Concernant Le Projet :

VII-4-1-Sondage in situ :

Pour avoir le maximum, d'informations, des sondages alternes ont été effectués sur les deux rives de la chaussée, Chaque sondage a fait l'objet des opérations suivant :

- Mesure l'épaisseur de chaque couche rencontrée.
- Mesure de la densité et de la teneur en eau des couches et du terrain naturel.
- Détermination de l'indice CBR sur le toit du terrain naturel.
- Prélèvement d'une quantité suffisante de matériaux de chaque couche pour les besoins des essais au laboratoire.

Piquetage des sondages est résumé dans le tableau suivant:

Tableau 1-V-Nombre des sondages

N° Sondage	pk
Son N° : 01	29+357
Son N° : 02	33+873
Son N° : 03	34+013
Son N° : 04	34+281
Son N° : 05	35+475
Son N° : 06	36+350
Son N° : 07	37+638

VII-4-2-Interprétation des essais :

VII-4-2-1- Les puits :

Les différents puits au nombre de sept (7), effectués sur l'itinéraire de la route, montrent d'une part que la structure de chaussée existante ne répond pas aux critères de Dimensionnement d'une route nationale, et fait ressortir d'autre part que cette route n'a pas été renforcée ou réhabilitée depuis sa construction.

La chaussée existante est composée d'une faible structure

VII-4-2-2- Les essais Proctor :

Les essais Proctor font ressortir des densités relativement variables de 1.78 T/m³ à 1.98 T/m³. Les teneurs en eau optimum varient de 10% à 20% et le degré de saturation passe de 50% à 60%

VII-4-2-3- Le C.B.R :

Le CBR après immersion à 4 jours, compactage 55c/c $I_{CBR}=0.5$.

VII-4-2-4-Indice de plasticité :

L'indice de plasticité est variable de 16 % à 30%.

VII-4-2-5- Granulométrie :

Le sol support est composé essentiellement par une formation hétérogène représentée par des argiles et des marno-calcaire, parfois on a une présence du sable en faible pourcentage.

VII-4-3-Identification des prélèvements des échantillons :

D'après les différents essais en laboratoire (essais d'identifications, mécaniques), sur matériaux prélevés et les différents sondages nous avons permis de déterminer la structure et les épaisseurs de la chaussée existante, ainsi que la nature géologique du sol support et ses caractéristiques résumées dans le tableau suivant :

Tableau 2-V-Identification des prélèvements des échantillons

N° Sondage	PK	caractéristiques	la nature du sol support
Son N° : 01	PK 29+357	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur : 2.80m. • Terre végétale : Ep =40m. 	Argile brunâtre finement sableuse, a passées sableuse par endroits, légèrement concrétionné et compacte vers la base.
Son N° : 02	PK 33+873	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur : 2.70m. • Terre végétale : Ep=30cm. 	Argile brunâtre finement sableuse, a passées sableuse et graveleuse par endroits, légèrement concrétionné et a quelques traces de gypse .
Son N° : 03	PK 34+013	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur : 2.60m. • Terre végétale : Ep=40cm. 	Argile brunâtre finement sableuse, a passées sableuse et graveleuse par endroits, légèrement concrétionné et a quelques traces de gypse.
Son N° : 04	PK 34+281	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur : 2.70m. • Terre végétale : Ep=20cm. 	Argile brunâtre finement sableuse, a passées sableuse et graveleuse par endroits, légèrement concrétionné et a quelques traces de gypse.
Son N° : 05	PK 35+475	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur : 1.50m • Revêtement :Ep = 4cm • Macadam :Ep=11cm • TUF :Ep=20cm 	Argile brunâtre finement sableuse, concrétionné.
Son N° : 06	PK 36+350	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur : 1.50m • BB :Ep=1cm • TUF : Ep = 39 cm 	Argile brunâtre a rougeâtre vers la base finement sableuse, a passées sableuse et graveleuse par endroits, légèrement concrétionné.

Son N° : 07	PK 37+638	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur : 2.90m • Terre végétale : Ep=20cm. 	Marnes brun jaunâtre a verdâtre vers la base finement sableuse et graveleuse a certains niveaux.
-------------	-----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau 3 : Interprétation des essais

N°Essai In site	Limite d'Atterberg %			Bleude méthylène	Proctor modifié	CBR	
	WL	LP	IP			Imbibé	Immédiat
PUIT 01	37.93	21.27	16.66	2.76	1.98 t/m ³ Wopm : 10.1%	0.50	25.0
PUIT 02	47.92	26.81	21.11	3.00	1.92 t/m ³ Wopm : 10.2	0.50	22.0
PUIT 03	70.37	41.16	29.20	1.67	1.92 t/m ³ Wopm : 10.5	0.50	15.0
PUIT 04	62.78	41.36	21.42	2.33	1.91 t/m ³ Wopm : 12.5	0.50	16.2
PUIT 05	63.55	33.25	30.30	1.00	1.80 t/m ³ Wopm : 10.9	0.50	20.0
PUIT 06	42.73	24.50	18.23	1.25	1.80 t/m ³ Wopm : 10.3	0.50	33.0
PUIT 07	56.18	32.05	24.13	1.30	1.78 t/m ³ Wopm : 9.50	0.50	30.0
PUIT 08	60.11	34.31	25.80	1.91	1.96 t/m ³ Wopm : 8.30	0.50	12.5

Chapitre : VIII
Dimensionnement du corps
de chaussée

VIII-1-Introduction :

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier. Actuellement, dans beaucoup de pays développés, on parle le plus souvent de « projet chaussée » compte tenu de son importance sur le plan technique et économique de l'ensemble de 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. Tout cela, en fonction des paramètres fondamentaux. Il est aussi nécessaire de définir, dès le départ, une stratégie politique (investissement-entretien) en fonction des données économiques.

VIII-2-La chaussée :

VIII-2-1-Définition :

Au sens structural, une chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges extérieures.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans des conditions de confort et de sécurité voulues, et de reprendre les contraintes provoquées par les charges extérieures et de les répartir sur le sol- support de façon à ne pas provoquer de déformations excessives. Cet aspect se traduit, sur le plan mécanique, par le comportement des différentes couches composant la structure de la chaussée.

VIII-2-2- Les différents types de chaussée :

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

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

Pour notre chaussée nous avons une chaussée souple.

Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.

Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

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

En principe une chaussée peut avoir en ordre les trois couches suivantes :

✓ Couche de surface :

La couche de surface constituant la chape de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés. Composée en générale d'une couche de roulement et d'une couche de liaison :

- La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

✓ Couche de base :

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

✓ Couche de fondation :

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

✓ Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les assises de chaussée.

La couche de forme est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature de sol support :

- Sur un sol rocheux, la couche de forme aura un rôle de nivellement afin d’aplanir la surface avant de mettre en œuvre la couche de fondation.
- Sur un sol peu portant, la couche de forme est mise en œuvre essentiellement pour assurer une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

En fin voici un schéma qui récapitule les trois types de chaussées :

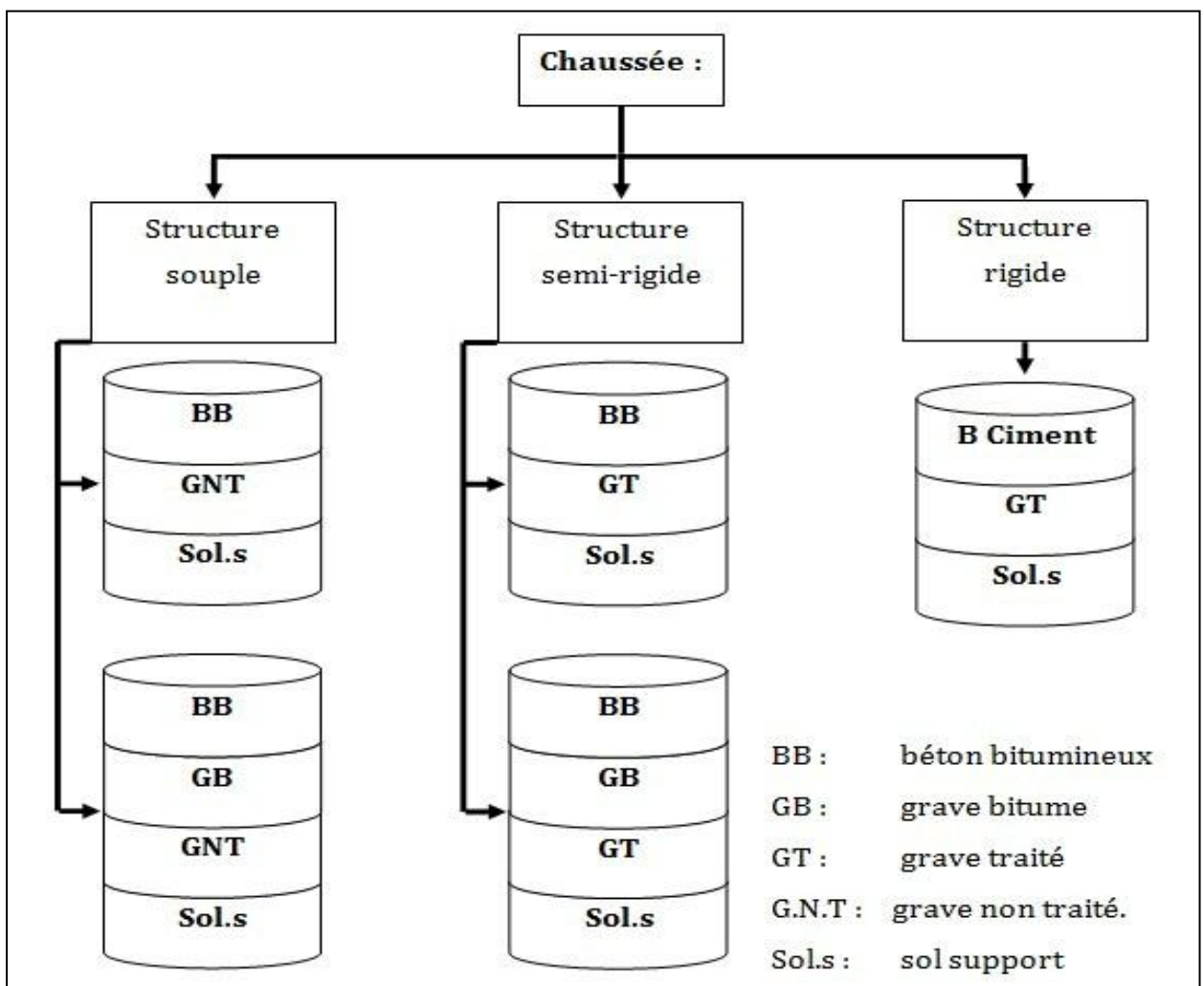


Figure 1-VI-Schéma récapitulatif de la chaussée

VIII-3-Méthodes pratiques et démarche de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

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

VIII-3-1- Méthode de CBR :

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

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINEQ, soit inférieur à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

- L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

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

I_{CBR} : indice CBR

- En tenant compte de l'influence du trafic :

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

N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide/par voie

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

Log : logarithme décimal.

- L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$E = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$$

Où :

- a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.
- e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

- **L'épaisseur équivalente** : La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches de matériaux.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau 1-VI- Les épaisseur équivalente

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment	1.50 à 1.70
Grave bitume – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Tuf	0.60
Sable	0.50

✓ *Remarque* : Généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB =6cm à 8 cm, GB= 10 cm à 20 cm, GNT =15 cm à 25 cm. GC =15cm a 30 cm , TVO= 25cm et plus.

VIII-3-2- Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTTP » :

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées neuves sont: le trafic, le sol support, L'environnement et la zone climatique.

VIII-3-2-1-Trafic :

C'est le trafic de poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes), dont l'unité PL/J.

a- Le réseau principal noté RP : Il se compose de route reliant :

- Les chefs-lieux de wilaya.
- Les ports, les aéroports et les postes frontaliers.
- Les principales agglomérations et les zones industrielles importantes.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

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

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

b- Répartition transversale du trafic :

On adoptera les valeurs suivantes :

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

c-Détermination de la classe de trafic TPLi :

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

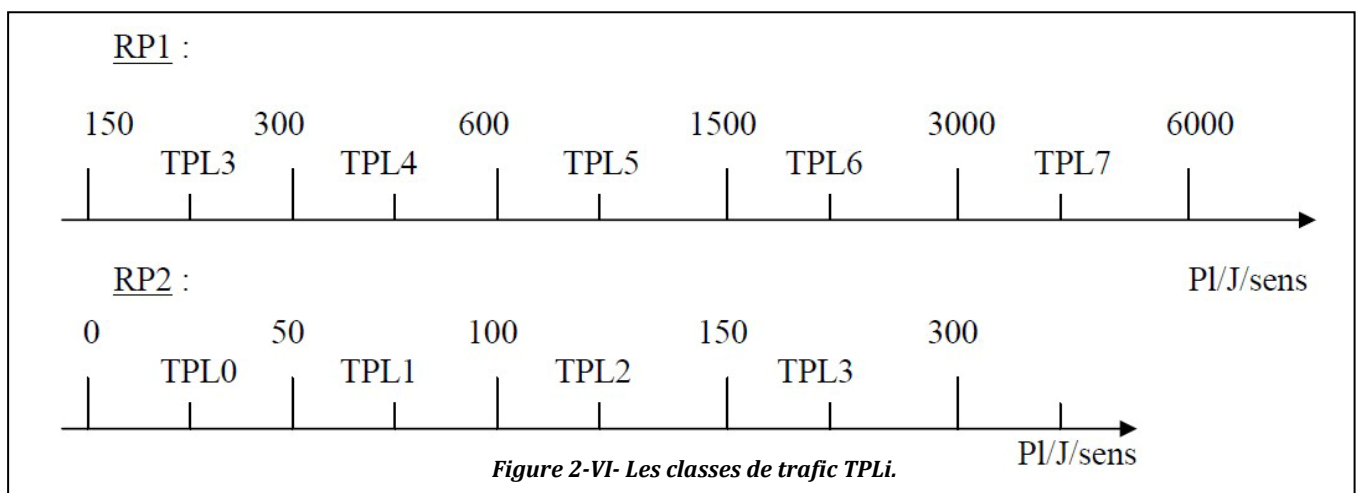


Figure 2-VI- Les classes de trafic TPLi.

VIII-3-2-2-Détermination des classes de portance de sols :

Le tableau -2-VI- regroupe les classes des sols par ordre croissant de S_4 à S_0 . Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Tableau 2-VI- Classes de portance de sols S_i .

Portance S_i	S_4	S_3	S_2	S_1	S_0
CBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

VIII-3-2-3-Détermination des classes de portance de sols support :

a- Pour les sols sensibles à l'eau : la portance du sol support est déterminée par :

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

b-Pour les sols insensibles à l'eau: sables et graves propres, sols grossiers contenant plus de 25% d'éléments supérieurs à 20mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque, ou des mesures de déflexion à condition que l'état hydrique au moment de l'essai soit représentatif (c'est-à-dire : **Wnat ≥ Wopm**) :

Le module de sol **EV2** et la déflexion caractéristique **dc** sont reliés par la relation empirique suivante :

$$EV2 \times dc = 10340, \text{ avec } EV2 \text{ en MPA et } dc \text{ en } 1/100 \text{ mm.}$$

✓ Les différentes expériences ont fait ressortir la relation: **E (MPa) = 5×CBR**

Tableau 3-VI- Classes de portance de sol-support.

Classe de sol-supports	S3	S4	S1	S0
Module(MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé (Si) et la classe du sol support visée (Sj).

c- Sur classement des sols support de chaussée :

Lorsque des cas de sols de faible portance (<S4 en RP2, <S4 et S3 en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptables.

Tableau 4-VI- Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.

classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol support visée (Sj)
<S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

Matériaux non traités () : Grave naturelle propre (T.V.O, Tufs, G.N.T...), Matériaux locaux.*

VIII-3-2-4-Les zones climatiques :

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau 5-VI- Zones climatiques & Températures équivalentes.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	climat	Teq(°)	région
I	>600	Très humide	20	nord
II	350-600	humide	20	Nord, Hauts-plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts-plateaux
IV	<100	aride	30	sud

VIII-3-2-5-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 statique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante:

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

VIII-3-2-6-Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses

($\epsilon_{t,ad}$):

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$: déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.

K θ : facteur lié à la température.

K $_{ne}$: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

K $_r$: facteur lié au risque et aux dispersions.

K $_c$: facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

Avec : **K $_{ne}$** = $(10^6 / TCEi)^b$, **K $_r$** = $10^{-tb\delta}$, **K θ** = $\sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}}$

b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).

E(10 $^\circ\text{C}$) : module complexe du matériau bitumineux à 10°C .

E(θ_{eq}) : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée .

δ : La dispersion / $\delta = \sqrt{Sn^2 + (\frac{c}{b} Sh)^2}$

SN : dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : dispersion sur les épaisseurs.

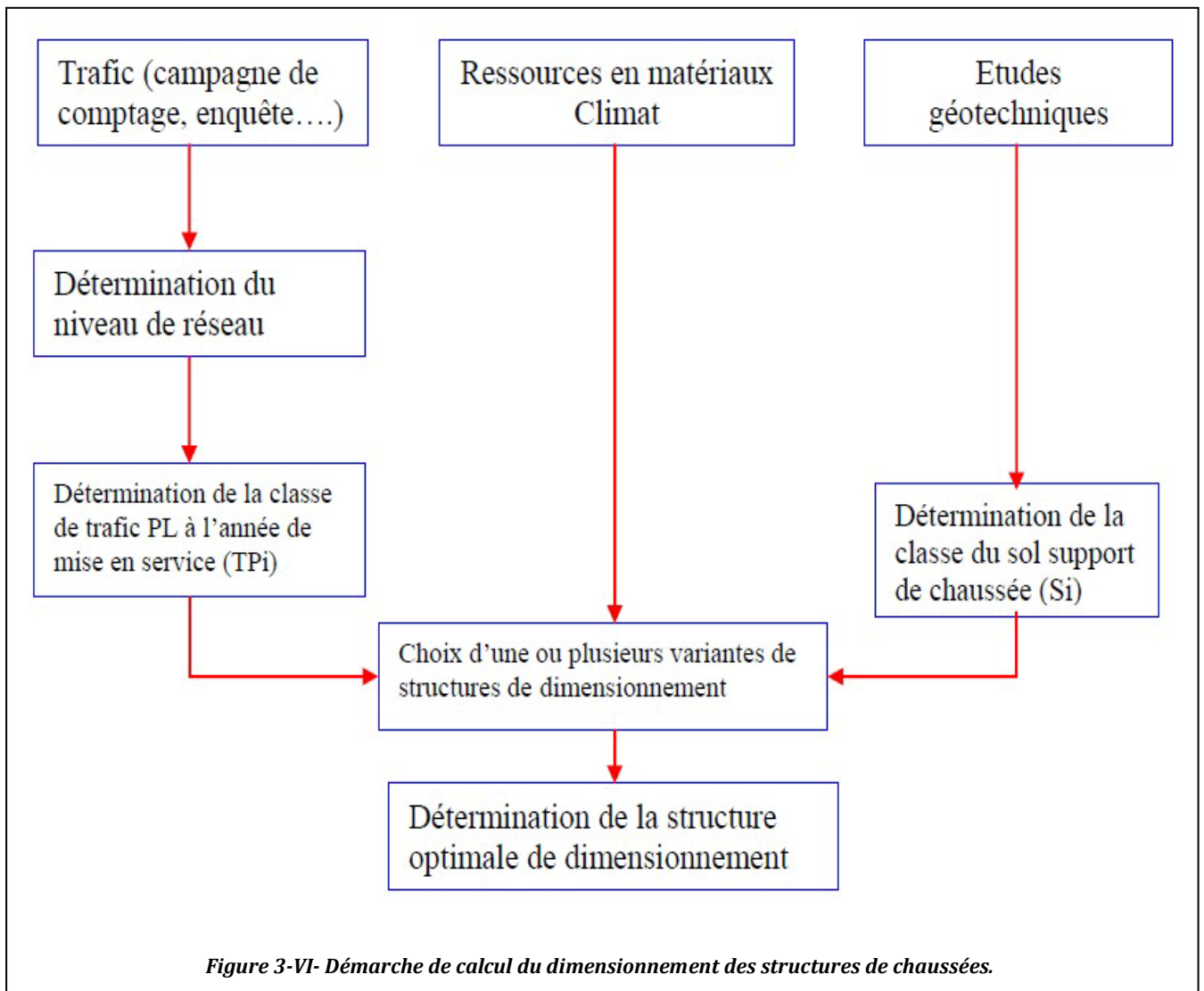
C : coefficient égal à 0.02.

t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r%).

Finalemment : $\epsilon_{t adm} = \epsilon_6 (10^{\circ}c, 25hZ) \times (10^6/TCE_i)^b \times \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C)}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc.$

VIII-3-2-7-La démarche du catalogue :

Rappel sur la démarche de calcul du dimensionnement des structures qui est schématisée ci-dessous.



VIII-4-Application au projet :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on a opté les deux méthodes qui sont: La méthode dite CBR et la méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP ». Les plus répandues en Algérie.

VIII-4-1- Méthode CBR :

Données du projet :

- $I_{CBR} = 0.5$
- $TJMA_{2010} = 2463 \text{ V/J}$
- $\tau = 4 \%$.
- $Z = 13\%$.
- $TJMA_{2032} = 5837 \text{ V/J}$
- $TPL = 13\% \times TJMA_{2032} \Rightarrow TPL = 759 \text{ PL/J}$

On suppose une répartition équivalente de poids lourd sur les deux voies (50% du trafic PL par voie).

TPL = 380 PL /J/sens.

L'ordre de portance de sol est de **S4**, Donc il nécessite un sur classement avec une couche de forme en matériau non traitée de 60 cm en deux couches pour obtenir la classe **S2**.

Donc en prend $I_{CBR} = 10$.

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50 \log \frac{380}{10})}{10 + 5} = 33$$

Donc : **e = 33 cm**

Le choix de la structure :

On a $E = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$

On propose les épaisseurs de la mis en œuvre comme suite :

$$\left\{ \begin{array}{l} e_1 = 6 \text{ cm,} \\ e_2 = 10 \text{ cm,} \\ e_3 = 15 \text{ cm,} \end{array} \right.$$

Tableau 6-VI- Choix de la structure.

Structure	Epaisseur réelle (e _i)	Epaisseur équivalent
BB	6 cm	12 cm
GB	10 cm	15 cm
GNT	15 cm	15 cm
TOTAL	31 cm	42 cm

Donc la structure proposée constitué de : 6BB+10GB+15GNT

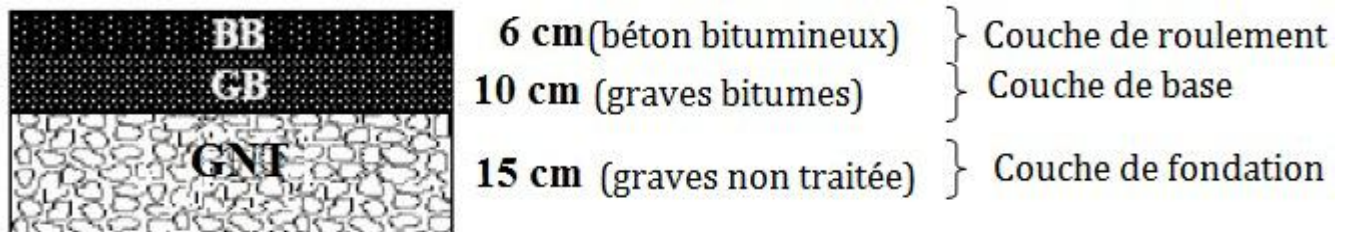


Figure 4-VI- La structure proposée (méthode de CBR).

VIII-4-2- Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTTP » :

a - Détermination du type de réseau :

On a: $TJMA_0 = 2463 \text{ V/J} > 1500 \text{ V/J}$.

La route principale présentant intérêt économique et stratégique.

Donc on est dans le réseau principal de niveau 1 (RP1).

b- Choix des structures types par niveau de réseau principal :

D après le catalogue de dimensionnement notre choix se fixe sur une structure de type

GB/GNT

c-Détermination de la classe de trafic :

- Zone climatique : **II**
- Durée de vie : 20 ans, taux de d'accroissement : **4 %**.
- $TJMA_0 = 1332 \text{ V/J/sens}$. (2012 c'est l'année de mise en service).
- $TPL = 1332 \times 13\% = 173 \text{ PL/ J / sens}$.
 ➤ Donc **TPL = 173 PL/ J / sens**.
- D après le classement donné par le catalogue des structures (voir Figure 5-VI-), notre trafic est classé en **TPL 3**.

d- Détermination de la portance de sol support de chaussée :

Le sol doit être classé selon la valeur de CBR de densité Proctor modifié maximal.

On a le cas des sols sensibles à l'eau : CBR imbibé à 4 jours (zone climatique **II**) = 0.5.

⇒ **E_{sol} = 50 Mpa** (après la sur classement) **I_{CBR} = 10**

D'après le catalogue (voir Tableau 7-VI-), l'ordre de portance de sol est de : **S4**.

- ✓ Il nécessite un surclassement avec une couche de forme en matériau non traité de 60 cm en deux couches (voir Tableau 8-VI-) pour obtenir la classe **S2**.

e- Détermination de l'épaisseur :

D'après le catalogue (*fascicule3*) notre chaussée est une structure de type **MTB**, et on a sol-support **S2** et de trafic **TPL₃** donc le catalogue (*fascicule3*) propose la structure suivante (*fiche 02, GB/GNT*) :

- 6 cm : couche de roulement en (BB): béton bitumineux.
- 15 cm : couche de base en (GB): grave bitume.
- 30 cm : couche de fondation en (GNT): Grave non traitée.



Figure 5-VI- La structure proposée (méthode de Catalogue).

f-Condition aux interfaces:

Le type de structure **BB/GB/GNT/Sol Support** alors toutes les interfaces sont collées.

g- 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.

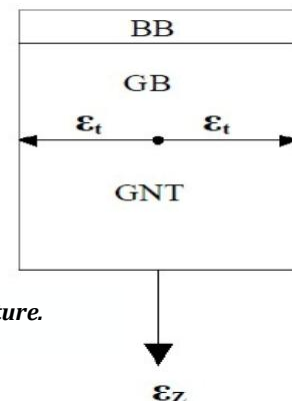


Figure 6-VI- Mode de fonctionnement pour le type de structure.

h-Durée de vie adoptée:

Réseau principal **RP1** et structure type **GB/GNT**, alors durée de vie égale à **20 ans**.

i-Risque de calcul:

Classe de trafic **TPL₃** et la chaussée **GB/GNT** on adopte un **risque = 20 %**

j- Zone climatique:

D'après le catalogue la route existe dans la **zone II**

k- Choix de température équivalente:

Zone climatique **II** \Rightarrow température équivalente $\theta_{eq} = 20$ (°C).

I-Calcul du trafic cumulé de pl (TCi) :

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

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

- I= taux d'accroissement géométrique.
- n=durée de vie considérée.

$$\text{Donc : TCi} = 173 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} = 1.88 \times 10^6$$

m-Calcul du trafic cumulé équivalent(TCEi) :

Le **TCEi** est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalent de 13 tonne sur la durée de vie considérée :

$$\text{TCEi} = \text{TCi} \times \text{A}$$

A : coefficient d'agressivité des **PL** par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

A partir le catalogue (**RP1,GB/GNT**) donc : **A=0.6**

$$\text{Donc : TCEi} = 1.128 \times 10^6$$

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

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \times 10^{-3} \times (1.128 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\text{Donc : } \epsilon_{z, ad} = 831.97 \times 10^{-6}$$

o-Calcul de sollicitations admissibles de GB :

$$\epsilon_{t, ad} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times \text{Kne} \times \text{K}\theta \times \text{Kr} \times \text{kc}$$

- $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$
- $\text{Kne} = \left(\frac{10^6}{1.128 \times 10^6} \right)^{-0.146} \quad \text{Kne} = 1.017$
- $\text{K}\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} \quad \text{K}\theta = 1.33$

q- Vérification des Résultats:

	Déformations calculées	Déformations admissibles	L'état	vérification
ξ_Z sol support	437.2×10^{-6}	831×10^{-6}	$\xi_Z < \xi_{z, adm}$	vérifie
ξ_t à la base de GB	119.9×10^{-6}	148×10^{-6}	$\xi_t < \xi_{t, adm}$	vérifie

Tableau 9-VI- Vérification des Résultats

D'après la vérification des résultats des déformations calculée par AlizeIII on trouve la structure suivante:

- 6 cm : couche de roulement en (BB): béton bitumineux.
- 15 cm : couche de base en (GB): grave bitume.
- 30 cm : couche de fondation en (GNT): Grave non traitée.
- 60 cm : couche de forme réalisée en deux couches de 30 cm pour sur classement (S2).

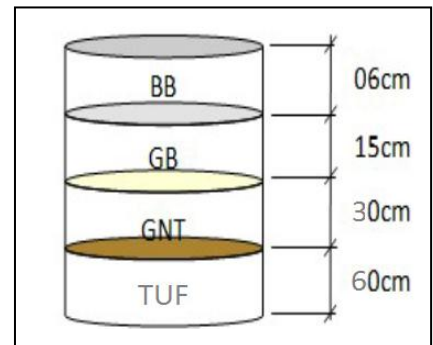


Figure 8-VI- La structure calculée par AlizeIII.

Conclusion :

D'après la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de Chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes et différentes selon l'indice portant du sol support.

- ✓ La méthode CBR c'est une méthode empirique ne prend pas en considération le comportement physique et mécanique de la chaussée.
- ✓ La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, **nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :**

- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges son cesse croissantes
- Augmentation de la longévité de la route.
- Minimiser les coûts d'entretien.
- Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.

VIII-5-Renforcement de la chaussée existante:

VIII-5-1- Introduction :

La chaussée se fatigue tout au long de sa durée de service et se dégrade. Si la chaussée atteint un état de ruine faisant chuter considérablement le niveau de service et mettant en danger la sécurité des usagers. Il est nécessaire de construire une nouvelle chaussée, non pas à côté de l'ancienne (ce qui revient trop cher), mais sur l'ancienne. Cette nouvelle chaussée sera appelée «renforcement ».

Quant faut-il renforcer une chaussée ?

Une chaussée peut être renforcée pour différentes raisons. Les principales sont :

- L'amélioration de la portance
- Le niveau de service
- Les coûts d'entretien élevés

VIII-5-2- Comportement des chaussées en service :

Une chaussée traverse, généralement, trois périodes de comportement lors de sa durée de vie : - Une période de compactage complémentaire

- Une période de comportement élastique
- Enfin, une période de fatigue : sous l'action des sollicitations répétées du trafic.

La dégradation de la chaussée survient alors assez rapidement avant d'atteindre son stade ultime de ruine complète. à ce moment là, les déformations ne sont plus réversibles et leur amplitude augmente rapidement.

VIII-5-3- Les méthodes de dimensionnement des renforcements :

Le renforcement des chaussées en épaisseur consiste à construire sur la structure existante une ou plusieurs couches .en général, on se limite à une ou deux couches : soit la couche de surface uniquement, soit la couche de surface et la couche de base. Pour le dimensionnement des renforcements, plusieurs méthodes existent. Ces méthodes sont basées sur l'hypothèse la plus souvent propre à chaque pays ou région suivant le type du sol, le trafic et le climat. Les méthodes de renforcement utilisées en Algérie sont :

- Méthode du guide des renforcements CTPP.
- Norme Espagnole 6.3 IC.
- Méthode SETRA-LCPC type de renforcement.

Le dimensionnement du renforcement se base sur les données concernant la route à renforcer (l'état visuel, mesure de déflexion et l'uni), ceci d'une part, d'autre part sur celles concernant le trafic actuel et son évaluation dans le futur en exploitant les résultats des différentes études se rapportant au trafic (détermination du taux d'accroissement, le pourcentage de poids lourds....).

VIII-5-4- Etat du corps de chaussée existant :

L'état de corps de chaussée de noter projet est résumé dans le chapitre auscultation et diagnostic (voir chapitre auscultation et diagnostic).

VIII-5-5- Application sur le projet :

Pour noter projet on utilise la méthode de guide des renforcements (CTTP 1992).

VIII-5-5-1- Détermination du type de renforcement :

Il n'est pas possible de définir une règle précise pour la détermination du type de renforcement qui reste une affaire de jugement de l'ingénieur, d'expérience et connaissance des matériaux et du comportement des chaussées.

- De l'importance du trafic (classes de trafic définies précédemment).
- Des critères d'auscultation de la chaussée (dégradation, uni, déflexion).

VIII-5-5-2- calcul de trafic :

a- Trafic poids lourds à l'année de mise en service :

$$T_{ms} = (1+i)^n \times TPL$$

Avec $TPL = (TJMA/2) \times \% PL$

n : nombre d'année s'écoulant entre l'année de comptage et celle de mise en service.

i : taux de croissance.

b- Trafic cumulé prévisionnel :

$$T_{cp} = 365 \times T_{ms} \times C \times ((1+i)^N - 1) / i$$

N:la durée de vie escomptée.

C: le coefficient de charge égale 0.70

c- Trafic cumulé écoulé:

C'est le nombre de poids lourds de charge utile supérieur à 5 tonnes supporté par l'ancienne chaussée.

$$T_{ce} = 365 \times T_{mse} \times C \times ((1+i)^n - 1) / i$$

n : est l'âge (en année) de la chaussée depuis la construction ou le dernier renforcement qu'a subit jusqu' à l'année de la mise en service après le renforcement.

Tmse : trafic à l'année de mise en service après la construction de la chaussée ou après le dernier renforcement dont elle a fait l'objet.

$$T_{mse} = T_{JMA} \times \% PL / 2(1+i)^n$$

Avec T_{JMA} : trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service.

d- Trafic global:

C'est le trafic cumulé é coulé rajouté au trafic cumulé prévisionnel pour la durée de vie escomptée, qui est utilisé pour déterminer les seuils de déflexions admissibles.

$$TG = T_{cp} + T_{ce}$$

e- Détermination des classes de trafic :

Les classes de trafic considérées pour le dimensionnement des structures de renforcement sont celles définies à partir du trafic cumulé pour la durée de vie escomptée :

Classes de trafic	Trafic cumulé à la fin de la durée de vie escomptée en nombre cumulé poids lourd de CU > 5 t
T0	< 3,5. 10 ⁵
T1	3,5. 10 ⁵ à 7,3. 10 ⁵
T2	7,3. 10 ⁵ à 2,0. 10 ⁶
T3	2,0. 10 ⁶ à 7,3. 10 ⁶
T4	7,3. 10 ⁶ à 4,0. 10 ⁷
T5	>4,0. 10 ⁷

Tableau 1-VI- Détermination des classes de trafic.

VIII-5-5-2-1- Application numérique :**a- Les données du trafic :**

L'année de comptage **2010**.

L'année de mise en service **2012**.

La durée de vie de la route **20ans**

L'Environnement **E3**

Le pourcentage des poids lourds **Z = 13%** .

Taux de croissance annuel de trafic $\tau = 4\%$.

Le trafic à l'année de référence(2010) **TJMA₂₀₁₀ = 2463 V/J**.

La vitesse de base sur le tracé **V_B=80 km/h**.

b- Trafic poids lourds à l'année de mise en service :

$$\text{TPL} = (2463/2) \times 13 \% = 160 \text{ PL/J/sens}$$

$$\Rightarrow \text{Tms} = (1+0.04)^2 \times 160 = 173 \text{ PL/J/sens.}$$

c- Trafic cumulé prévisionnel :

$$\text{Tcp} = 365 \times 173 \times 0.7 \times ((1+0.04)^{20} - 1) / 0.04 = 1.316 \times 10^6 \text{ essieux éq de 13 T}$$

d- Trafic cumulé écoulé:

$$\text{Tmse} = 2463 \times 13 \% / 2 (1+0.04)^{20} = 73 \text{ PL/J.}$$

$$\Rightarrow \text{Tce} = 365 \times 73 \times 0.7 \times ((1+0.04)^{50} - 1) / 0.04 = 2.847 \times 10^6 \text{ essieux éq de 13 T.}$$

e- Trafic global:

$$\text{TG} = 1.316 \times 10^6 + 2.847 \times 10^6 = 4.163 \times 10^6 \text{ essieux éq de 13 T.}$$

D'après le tableau Détermination des classes de trafic, la classe de noter projet est **T3**

VIII-5-5-3-Structures types de renforcement :

Le catalogue des structures types de renforcement qui suit propose des structures suivant :

Tableau 2-VI- Structures types de renforcement.

Type de renforcement / classes de trafic	Léger	Moyen	lourd	Très lourd
T0	ES 8 GB	ES 12 GB	ES 16 GB	ES 20 GB
T1	ES 10 GB	ES 16 GB	ES 20 GB	ES 25 GB
T2	5BB 8GB	5BB 16GB	5BB 20GB	5BB 25GB
T3	5BB 12GB	5BB 16GB	5BB 20GB	5BB 25GB
T4	5BB 16GB	5BB 20GB	5BB 25GB	5BB 30GB
T5	5BB 16GB	5BB 20GB	5BB 25GB	5BB 30GB

✓ D'après le tableau des structures types de renforcement (voir tableau 11-VI-):

En aura la structure suivante : **5 BB + 16 GB.**

VIII-5-6- Conclusion :

Le renforcement des chaussées est une opération délicate et demande beaucoup de reconnaissances du site pour le relevé des dégradations et des essais plus ou moins approfondies pour la détermination des caractéristiques intrinsèques des matériaux en place. Cependant toutes ces investigations sont utiles au sens économique et du point de vue de la rentabilité du projet.

Pour des considérations pratiques de mise en œuvre des différentes couches aussi bien de l'épaulement que du renforcement de la chaussée existante, on adoptera la structure suivante :

Pour l'épaulement (structure neuve) :

Couche de roulement en BB **06cm**

Couche de base en GB **15cm**

Couche de fondation en GNT **30 cm**

Pour le renforcement de la chaussée existante :

Couche de roulement en BB **05cm**

Couche de base en GB **16 cm**

Chapitre : IX

Assainissement

IX-1-Introduction :

La présente étude a pour établir, d'une part, un diagnostic du réseau d'assainissement existant sur la section du RN90. Pour cela nous traitons le phénomène d'interaction entre l'eau et la route.

Le rétablissement des écoulements naturels se fait moyennant d'ouvrages buses ou maçonnerie. Les écoulements franchissant la route proviennent des bassins versants et des eaux de pluie reçues sur la plate forme de la route. L'assainissement de ce dernier est assuré par des fosses trapézoïdales en terre selon les pentes des profils en long.

La présente étude d'assainissement a consisté principalement en :

Relève de l'assainissement existant au niveau de la route (ouvrage buses, ouvrage en maçonnerie, fosses en terre).

Calcul des débits d'apport (naturels) et dimensionnement des ouvrages de franchissement.

Assainissement de la plate forme de la route.

IX-2- Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).

Le maintien de bonne condition de viabilité.

Réduction du cout d'entretien.

Eviter les problèmes d'érosions.

La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

IX-3- Drainage des eaux :

Les méthodes de calcul des débits de ruissellement utilisent généralement un modèle Statique de la relation "pluie - ruissellement" ($Q = f(I)$) et leur application présente la difficulté d'apprécier les caractéristiques physiques et géographiques du bassin versant tels que forme, pente et superficie de l'impluvium; longueur du cours d'eau principal, temps de parcours; coefficient de ruissellement, ...etc.

IX-4- Description des ouvrages d'assainissement existants :

Lors de notre visite sur site, il à été remarque ce qui suit :

La majeure partie des ouvrages d'assainissement sur le tronçon sont dans un état de délabrement avance.

En effet les fosses inexistantes quant au dalot et autres passages buses, ils sont envahis par toute sorte de végétation provoquant ainsi leurs obstructions.

IX-5- Choix des ouvrages d'évacuation :

Les ouvrages d'évacuation projetés dans le cadre de ce projet sont repartis en deux types :

Les ouvrages de franchissement des écoulements permanents ou transitoires (Dalots et buses).

Des fausses trapézoïdale implantées au droit des déblais sur la plate forme routière et aux abords pour collecter les eaux de ruissellement et les évacuer en dehors de l'emprise.

IX-6- Estimation des débits d'apports et débits de saturation :

IX-6-1- Débits d'apports :

Le débit d'apport est calcule en appliquons la formule de la **méthode Rationnelle** :

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

K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s)

I_t : intensité moyenne de la pluie de fréquence détermine pour une durée égale au temps de concentration.

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant.

Remarque importante :

D'après SETRA: cette formule est empirique elle a été faite pour les unités suivantes :

✓ Q_a en (m³/s) valable pour : i en (mm/h) ; A en (km²) ; K= 0.2778

✓ Q_a en (L/s) valable pour : i en (mm/h) ; A en (ha) ; K= 2.778

IX-6-1-1-Coefficient de ruissellement 'C':

Le coefficient de ruissellement d'une surface donnée est le rapport du volume d'eau qui ruisselle de cette surface au volume d'eau tombée sur elle, sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobes	0,80 à 0,95	0,95
accotement (sol légèrement perméable)	0,15 à 0,40	0,40
Talus	0,10 à 0,30	0,30
Terrain naturel	0,05 à 0,20	0,20

Tableau 1-VIII- Coefficient de ruissellement 'C'.

IX-6-1-2-L'intensité de la pluie 'It' :

$$It = I. (tc / 24) B$$

La détermination de l'intensité de pluie comprend différentes étapes de calcul qui sont :

a-Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle 'Pj' :

$$Pj = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{\left(u \cdot \sqrt{\ln(\sqrt{c_v^2 + 1})}\right)}$$

Avec :

Pj moy : pluie moyenne journalier

ln : Log. Népérien.

Cv : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

Tableau 2-VIII- Variation de Gauss.

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 dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

b- Hauteur de pluie de dure ' Pt ' :

On la déterminé par la formule :

$$Pt (\%) = 1.13 Pj (\%) (tc/24)^b$$

Pj : hauteur pluie journalière maximale annuelle (mm).

b : l'exposant climatique de la région.

tc : temps de concentration.

✓ Temps de concentration ' tc ' :

La durée « t » de l'averse produisant le débit maximum Qa est calcule a l'aide : de la formule **VENTURA**, dont la surface du bassin versants varie entre 0 et 5 Km².

$$tc = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$$

Avec : $A < 5 \text{ km}^2$

Il est calculé à l'aide de la formule **GIANDOTTI**, dont la surface du bassin Versants varie entre 5 et 25 Km².

$$tc = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}}$$

Avec : $5 \text{ km}^2 \leq A \leq 25 \text{ km}^2$

Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ suivant la formule de **PASSINI**.

$$tc = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

Ou :

tc : Temps de concentration (h).

A : Superficie du bassin versant (km²).

L : Longueur de bassin versant (km).

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

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

c- L'intensité horaire :

Ou :

$$I = \left(\frac{pt}{tc} \right)$$

I : Intensité de la pluie (mm/h).

tc : Temps de concentration (h).

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

IX-6-2-Débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de GRACCKELER-MANNING et STRICKLER :

$$Q_s = K_{st} I^{1/2} S_m Rh^{2/3}$$

Tel que :

K_{st} : Coefficient de Manning Strickler.

I : Pente de pose de l'ouvrage (m.p.m).

S_m : Section mouillée (m^2).

R_h : Rayon hydraulique moyen (m)

Avec : $R_h = \text{Section mouillée} / \text{Périmètre mouille}$

a- Pente de pose des ouvrages :

La pente maximale de pose des ouvrages est celle qui correspond a une vitesse maximale de 4m/s selon le document SETRA (1984) et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuses et la formation de dépôts (pierres, terres, ...etc.) qui peuvent conduire a l'obstruction des outrages, et pour assurer aussi l'auto curage.

b- Section et périmètre mouilles :

Pour les buses, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,75 \varnothing \text{ si } \varnothing < 1\text{m}$$

$$H_r = 0,80 \varnothing \text{ si } \varnothing > 1 \text{ m}$$

\varnothing : diamètre du buse

Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,80 H \text{ si } H < 2.5 \text{ m}$$

$$H_r = H - 0,50 \text{ si } H > 2.5 \text{ m}$$

H : hauteur du dalot

c-Coefficient de Manning Strickler K_{st} :

Les ouvrages seront réalisées en béton arme, nous avons pris pour les dalots un coefficient égal a 70, et pour les buses, un coefficient égal a 80.

IX-7- Dimensionnement des ouvrages d'évacuation :

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, sa pente puis à vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, et pour cela on utilise la formule : $Q_a = Q_s$

IX-7- 1-Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses, trois paramètres à envisager, Q_a , I et Q_s

- Pour le débit Q_a , il est calculé par la formule $Q_a = k_{st} \times C \times I \times A$
- I : est la pente de radier qui est imposée par la pente du profil en travers qui prend au maximum une valeur de 13% et ceci pour éviter les glissements des conduites sous l'effet des fortes charges. Avec un rapport de remplissage ($\rho = 0,75$).
- Pour le débit Q_s , il est calculé par la formule $Q_s = K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3}$

On a : - Périmètre mouillé : $P_m = 2\pi \times \frac{R}{2}$

- Section mouillée : $S_m = \pi \times \frac{R^2}{2}$

- Rayon mouillé : $R_h = \frac{S_m}{P_m} \Rightarrow R_h = \frac{R}{2}$

- $Q_s = Q_a = K_{st} \times I^{1/2} \times S_m \times R_h^{2/3} = K_{st} \cdot I^{1/2} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (R/2)^{2/3}$, avec $k=80$, $\phi = 2 \times R$.

Une fois le diamètre est calculé. On adoptera un diamètre normalisé commercial tel que : f 500.f 800.f 1000, f 1500...etc.

IX-7- 2-Dimensionnement des dalots :

La section de dalot est calculée comme 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 $a = 0.8h$.

On a :

• Périmètre mouillé : $P_m = (1,6 \times h) + L$

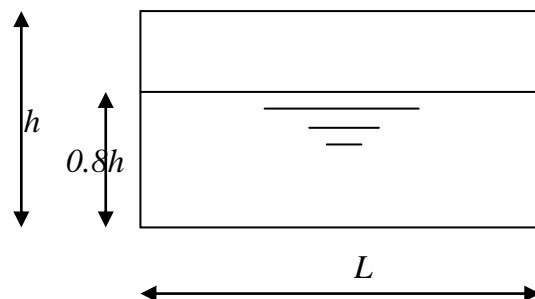
• Section mouillée : $S_m = 0,8 \times h \times L$

• Rayon mouillé : $R = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0,8 \times h \times L}{(1,6 \times h) + L}$

• Or: $Q_s = K_{st} \times I^{1/2} \times S_m \times R_h^{2/3}$

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

• I : Pente longitudinale de l'ouvrage et I tire en plan.



- $K_{st} = 70$ (béton).

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.

$$Q_a \leq Q_s \quad \Rightarrow \quad Q_a \leq 56 \times I^{1/2} \times h \times L \times \left(\frac{0,8 \times H \times L}{1,6 \times H + L} \right)^{2/3}$$

Et par calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

IX-7- 3-Dimensions des fossés :

Les fossés récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et du talus en zone de déblai. Pour notre projet nous proposons des fossés de forme trapézoïdale en béton légèrement armé. Dans les zones de grands déblais les fossés sont doubles par des collecteurs lorsqu'ils s'avèrent insuffisants et le contact (collecteur - fossés) se fait au moyen d'avaloirs.

Les dimensions retenues sont celles répondant à la condition suivante : $Q_a \leq Q_s$

Section mouillée : $S_m = (L + E) \times H$ avec $\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{E} = \frac{1}{n}$

$$S_m = H \times (L + n \cdot H)$$

Périmètre mouillé : $P_m = L + (2 \times B)$ avec $B = \sqrt{H^2 + E^2} = H \times \sqrt{1 + n^2}$

$$P_m = L + (2 \times H \times \sqrt{1 + n^2})$$

Rayon mouillé : $R_h = S_m / P_m = \frac{H \times (L + n \cdot H)}{L + (2 \times H \times \sqrt{1 + n^2})}$

$Q_a = Q_s = f(H)$ le calcul se fera par itération.

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times I^{1/2} \times H \times (L + n \cdot H) \times \left(\frac{H \times (L + n \cdot H)}{L + (2 \times H \times \sqrt{1 + n^2})} \right)^{2/3}$$

Avec :

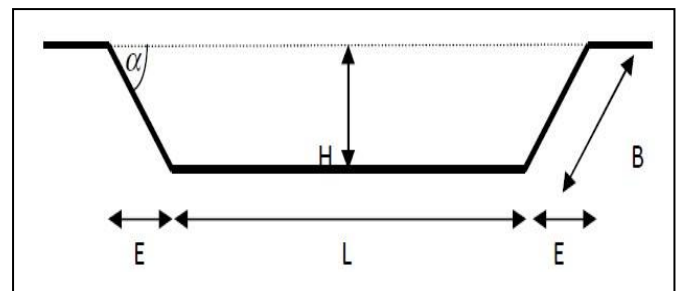
$K_{st} = 30$ fossé non revêtu (en terre).

$K_{st} = 70$ fossé revêtu (en béton).

$I = 2,5\%$

$L = 0,50\text{m}$

$n = 1$



La base du fossé ($L = 50\text{ cm}$) est fixée, la pente du talus est fixée ($1/n = 1/1$), d'où la possibilité de calculer le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

IX-8- Application au projet :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- ✓ Pluie moyenne journalière maximale $P_j = 63,5$ mm.
- ✓ Exposant climatique $b = 0,21$.
- ✓ Coefficient de variation $C_v = 0,42$.

IX-8- 1- pour les buses :

Au PK 36+443

IX-8- 1-1- Détermination de débits d'apports 'Qa':

$$Q_a = K \cdot C \cdot I_t \cdot A \quad \text{avec:} \quad \begin{array}{l} - A = 0,637 \text{ km}^2 \\ - P = 2\% \\ - C = 0,2 \text{ (Terrain naturel)} \end{array}$$

Détermination de l'intensité de la pluie 'I':

$$I_t = I \cdot (t_c / 24) \cdot B, \quad \text{avec } B = b - 1 = -0,79$$

a- Détermination de temps de concentration 'tc':

$$\text{On a : } A = 0,637 \text{ km}^2 < 5 \text{ km}^2 \quad \Rightarrow \quad t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad \Rightarrow \quad t_c = 0,717 \text{ h}$$

b- Détermination de 'I':

$$I = \left(\frac{P \cdot t}{t_c} \right), \quad \text{avec : } t = 24$$

Pendant 10 ans :

- $U = 1,282$
- $C_v = 0,42$
- $P_j = 63,5$ mm

$$P_{j(10\%)} = \frac{63,5}{\sqrt{0,42^2 + 1}} \times e^{1,282 \sqrt{\ln(0,42^2 + 1)}}$$

$$P_{j(10\%)} = 98,15 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad I = 4,089 \text{ mm/h} \quad \Rightarrow$$

$$\boxed{I_t = 65,494 \text{ mm/h}}$$

$$\boxed{Q_a = 2,317 \text{ m}^3/\text{s}}$$

IX-8-1-2- Détermination de débits de saturation 'Qs':

$$Q_a = Q_s = 80 \cdot (R/2)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot (0,04)^{1/2}, \quad \text{avec : } I = 4\%$$

$$\text{Donc : } R = 0,486 \text{ m}$$

Soit finalement : $\emptyset = 2.R$ donc : $\emptyset = 972$ mm

✓ On adoptera un diamètre normalisé commercial : $\emptyset 1000$.

IX-8-2- Les dalots :

Au pk 32+916 :

IX-8-2-1- Détermination de débits d'apports 'Qa':

Qa = K. C. It. A avec: - A = 2,356 km²
 - p = 7 %
 - C = 0,2 (Terrain naturel)

Détermination de l'intensité de la pluie 'It':

It = I. (tc / 24) B avec : B = b-1 = -0,79

a-Détermination de temps de concentration 'tc':

On a: A = 2,356 km² < 5 km² \Rightarrow tc = 0,127. $\sqrt{\frac{A}{P}}$ \Rightarrow tc = 0,736h

b-Détermination de 'I':

$I = \frac{Pt}{tc}$, avec t=24.

Pendant 50 ans :

- U=2,057
- Cv=0,42
- Pj=63,5 mm

$$p_j(02\%) = \frac{63.5}{\sqrt{0.42^2 + 1}} \times e^{2.057 \sqrt{\ln(0.42^2 + 1)}}$$

$$p_j(02\%) = 134,143 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad I = 5,589 \quad \Rightarrow$$

It= 87, 678 mm/h

Qa = 11,476 m ³ /s

IX-8-2-2- Détermination de débits de saturation 'Qs':

Qa= Qs= K_{st}×i^{1/2}×0.8×h×L× [$\frac{0,8.h.L}{(1,6.h) + L}$]^{2/3}, avec: - K_{st} = 70

- L = 1.5m
- I = 2%

Après un calcul itératif : H = 1,59 m en prend **H=1.60m**

Le tableau suivant illustre les ouvrages d'assainissement :

Tableau 3-VIII- Les ouvrages d'assainissement

Section PK	Type d'ouvrage	Dimension (mm)	Etat
28+820	Buse	1000	Dalot a remplacé
29+112	Buse	800	Existant à prolonger
29+666	Dalot	2000X2200	Existant à prolonger
30+081	Buse	1000	Existant à prolonger
30+219	Buse	1000	Existant à prolonger
30+405	Buse	1000	Existant à prolonger
30+625	Buse	1000	Existant à prolonger
30+839	Buse	800	Existant à prolonger
31+265	Buse	1000	nouveau
31+353	Buse	1000	nouveau
32+306	Buse	800	Existant à prolonger
32+600	Buse	800	Existant à prolonger
32+916	Dalot	1500X1600	Existant à prolonger
34+764	Buse	600	Existant
35+471	Dalot	2000X2000	Existant à prolonger
35+985	Buse	600	Existant à prolonger
36+150	Buse	600	Existant à prolonger
36+443	Buse	1000	Existant à prolonger
36+900	Buse	600	Existant
37+278	Buse	1000	Existant à prolonger
37+612	Buse	1000	nouveau
38+340	Buse	1000	Existant
38+222	Buse	600	Existant
38+505	Buse	1000	Existant

Les ouvrages existant sans pas suffisamment dimensionnés la plupart d'entre eux nécessitent de :

- ✓ Remplace les buses de $\Phi 600$ et $\Phi 800$ par des buses de $\Phi 1000$ mm.
- ✓ Prolongement certains ouvrage.
- ✓ Curage aussi certains ouvrage.
- ✓ Construction de nouveaux ouvrages buses ($\Phi 1000$ mm) concerne les écoulements non équipés d'ouvrages ou les sections de rectification totale du trace de la route.

IX-8-3- L'assainissement de la plate forme :

IX-8-3-1- Détermination de débits d'apports 'Qa':

$$Q_a = K.C.It .A$$

a -Détermination de coefficient de ruissellement 'C':

CC = 0,95 Chassée revêtement en enrobes.

CA = 0,35 Accotement.

CT = 0,25 Talus.

b -Détermination de l'intensité de pluie 'It':

$It = I. (t_c / 24) B$ avec $B = b-1 = - 0,79$

t_c : la durée de chute de pluie varient de 10 a 60 minutes si on prends $t_c = 15$ minute

donc $t_c = 0.25h$

c -Détermination de I :

$$I = \frac{Pt}{tc}, \text{ avec } t=24.$$

Pendant 10 ans on a :

- U=1,282
- Cv=0,42
- Pmoy=63,5mm

$$p_{j(10\%)} = \frac{63.5}{\sqrt{0.42^2 + 1}} \times e^{1.282 \sqrt{\ln(0.42^2 + 1)}}$$

$$P_{j(10\%)} = 98,15 \text{ mm} \Rightarrow I = 4,089 \text{ mm/h} \Rightarrow$$

$$It = 150,553 \text{ mm/h}$$

La surface de bassin versant « A » : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100 m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus : été prise défavorable égale (6m).

- Donc :
- $Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$
 - $Q_c = K.I.C_c.A_c$
 - $Q_A = K.I.C_A.A_A$
 - $Q_t = K.I.C_t.A_t$

d - Détermination de surface 'A' :

- $A_c = 3.5 \times 100 \times 10^{-6} = 0,035 \text{ Km}^2.$
 - $A_a = 1,8 \times 100 \times 10^{-6} = 0,018 \text{ Km}^2.$
 - $A_t = 6 \times 100 \times 10^{-6} = 0,06 \text{ Km}^2.$
- $\Rightarrow A = 0,113 \text{ Km}^2.$

e- Calcul des débits d'apport (Qa) :

- Débit rapporté par la chaussée :
- $$Q_c = 0,2778 \times 0,95 \times 150,553 \times 0,035 = 1.390 \text{ m}^3/\text{s}$$
- Débit rapporté par l'accotement :
- $$Q_A = 0,2778 \times 0,35 \times 150,553 \times 0,018 = 0.263 \text{ m}^3/\text{s}$$
- Débit rapporté par le talus :
- $$Q_t = 0,2778 \times 0,25 \times 150,553 \times 0,06 = 0.627 \text{ m}^3/\text{s}$$
- $Q_a = 2,28 \text{ m}^3/\text{s}$

IX-8-3-1- Détermination de débits d'apports 'Qa':

On prend: $Q_a = Q_s$

$$Q_a = Q_s = Kst \cdot I^{1/2} \cdot H \cdot (L+n.H) \cdot \left(\frac{H.(L+n.H)}{L+2.H.\sqrt{1+n^2}} \right)^{2/3}$$

D'après le calcul itératif ; on a trouvé : **h = 0,5 m.**

Donc en prend : $h = 0.5 \text{ m}$

Touts les sections de route en déblai nécessitent l'implantation de fosses bétonnes de type trapézoïdal de dimensions :

- Profondeur : 0,50 m
- Largeur : 0,50 m
- Pente de la paroi de la fosse : 1 / 1

Chapitre : X
Equipement et service à
l'utilisateur

X-1-Introduction :

Les équipements de signalisation et de sécurité routière constituent un langage visuel destiné à sécuriser et faciliter la tâche des conducteurs grâce à l'instauration d'une véritable communication codifiée entre l'utilisateur et la route. Dans un environnement routier souvent complexe, l'efficacité de cette communication se perçoit à travers la lisibilité et la compréhension (clarté des symboles) du système de signalisation qui, par conséquent, requiert de la part du gestionnaire de voirie, une attention toute particulière du gestionnaire à pour tâche de rendre la signalisation visible pour attirer l'attention du conducteur, d'en assurer l'immédiate compréhension et le respect par tous les usagers. Il doit en outre en garantir la cohérence et la crédibilité sur l'ensemble des itinéraires.

X-2- Dispositif de retenue :

Les dispositifs de retenue constituent eux même des obstacles, ils ne doivent être implantés que si le risque en leur absence le justifie. Les dispositifs de retenue implantés sont :

X-2-1- Glissières de sécurité :

Elles sont classées en trois niveaux, suivent leurs performances de retenue.

a- Les glissières de niveau 1 :

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.

b- Les glissières de niveau 2 et 3 :

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/h). Concernant les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants :

c- Sur accotement :

En présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives.

Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 mètre, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1 m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

Pour les autres cas, des glissières peuvent être implantées en cas de problèmes spécifiques. Il est à noter cependant :

Que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires.

Qu'il faut vérifier qu'elles n'entravent pas la visibilité.

X-3- Signalisation :

La signalisation routière joue un rôle primordial dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité), il est néanmoins rappelé que :

Les supports des panneaux de signalisation ne doivent pas empiéter sur les bandes dérasées de droites et de gauche, ils sont placés le plus loin possible des surfaces accessibles aux véhicules.

Les supports de portiques, potence etc. doivent être généralement isolés par des glissières de sécurité.

X-3-1- Objectifs de signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle :

De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.

De rappeler certaines prescriptions du code de la route.

D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.

De donner des informations relatives à l'usage de la route.

X-3-2- Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

X-3-2-1- Signalisation verticale :

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

a- Signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150 m de l'intersection.

Le signal B3 accompagne dans les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

b- Signalisation de position :

Le signal de type B2. Arrêt obligatoire. Est placé sur la route où les usagers doivent marquer l'arrêt.

c- Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils ont fixé, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75 °.

X-3-2-2- Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

a- Marques longitudinales :

✓ Lignes continues :

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf la cote où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où lorsque le dépassement est interdit.

✓ Lignes discontinues :

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elles se différencient par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :
Les lignes axiales ou lignes de délimitation des voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.

Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits dans ces cas est égale à celle de leurs intervalles.

Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, la longueur des traits de ces lignes est triple de celle de leurs intervalles.

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapports pleins-vides
T1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	Environ 1/3
T2 T'2	3.00 0.50	10.00 5.00	Environ 1
T3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	Environ 3

Tableau 1-XI- Les modulations des lignes discontinues.

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le figure suivant :

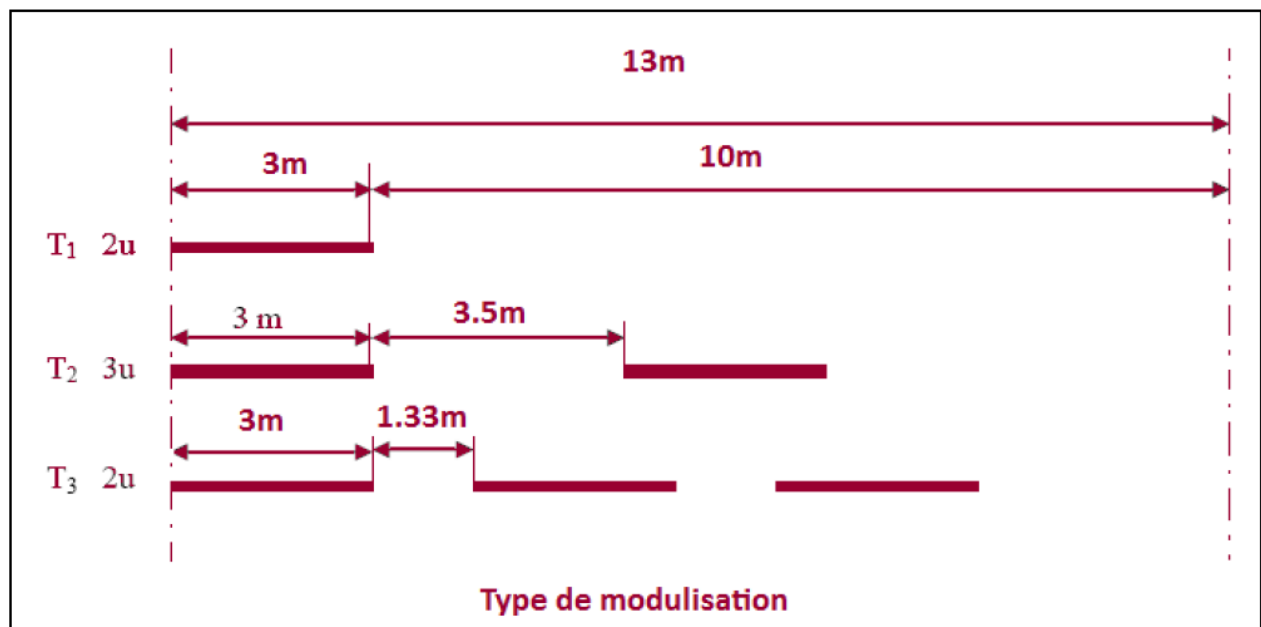


Figure 1-XI- Types de modalisation

b- Marques transversales :

Ligne stop : C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

c- Autres signalisation :

Les flèches de rabattement : Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située de la cote qu'elles indiquent.

Les flèches de sélection : Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

Largeur des lignes : La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur

Unité. U. différente suivant le type de route :

U = 7.5cm sur les autoroutes et les voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et les voies urbaines

U = 5 cm sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 5cm.

X-3-3- Les critères de conception de la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

Cohérence avec les règles de circulation.

Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).

Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

Simplicité : elle est obtenue en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

En évitant la publicité irrégulière.

X-4- Application au projet :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

a- Signalisation horizontale :

Marquage de la chaussée en ligne continue.

Ligne continue de largeur de 15cm.

Marquage de la chaussée en ligne discontinue.

b- Signalisation verticale :

Signaux d'avertissement de danger type A.

Panneaux de signalisation routière.

Signaux divers.

Signaux de direction.

c- Exemple :

Signalisation verticale :

✓ Les signaux dangereux :



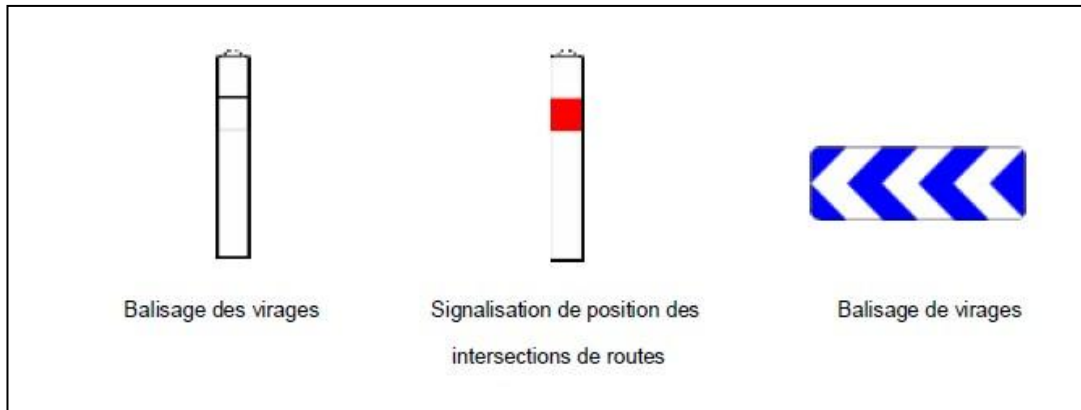
✓ Les signaux d'intersections et de priorité :



✓ Les signaux d'interdiction :



✓ Les balises :



✓ Les signaux d obligation :



Signalisation horizontale :

Ligne continue



Ligne discontinue



Devis quantitatif et estimatif

Désignation	Unité	Prix unitaire(DA)	Quantité	Montant (DA)
1) Acuisition de terrain	M²	2000	162389,25	324778500
total(1)=				324778500
2) L'installation de chantier et repliement	F	3% du total (3+4+5)		
Total(2)=				9539661,3
3) préparation de terrain				
Débroussaillage d'arbre	m²	250	75	18750
Déplacement des poteaux électriques	Unité	300000	1	300000
Total(3)=				318750
4) Terrassement				
Décapage déterre végétale épaisseurs de 20 a 30 cm	M3	150	38676	5801400
déblais mis en remblais	M3	450	0	0
déblais mis en dépôts	M3	240	163903	39336720
remblais d'emprunt	M3	600	143607	86164200
Total(4)=				131302320
5) chaussée				
Accotement en TUF + couche de forme	M3	820	77032	63166240
Couche de fondation en GNT	M3	2000	22861	45722000
Couche de base en grave bitume GB	T	4200	11367	47741400
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m²	T	100000	61	6100000
Couche d'accrochage dosée 200à 300g/m²	T	78800	23	1812400
Couche de roulement en béton bitumineux BB	T	4800	4547	21825600
Total(5)=				186367640
6) Ouvrage d'art	M2	52000	0	0
Total(6)=	0			0
7) Ouvrage d'art courant et assainissement	F	10% du total (3+4+5)		

Total(7)=				31798871
8) Impact sur l'environnement	F	1% du total (3+4+5)		
Total(8)=				3179887,1
9) Déviation des réseaux	F	3% du total (3+4+5)		
Total(9)=				9539661,3
10) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F	5% du total (3+4+5)		
Total(10)=				15899435,5
11) Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	F	2% du total (3+4+5)		
Total(11)=				6359774,2
TOTAL (HT)	719084500,4			
TVA17% (TOTAL(HT))	122244365,1			
TTC TOTAL(HT) + TVA	841328865,47			

Conclusion

Conclusion

Ce projet de fin d'étude, a été pour nous une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'école nationale supérieure des travaux publics.

Toute modification ou amélioration d'une infrastructure de transport dans une région répond à certains objectifs tel que :

- Accroître l'efficacité économique du système de transport de la région en question.
- Amélioration de la sécurité et assurer la fluidité de la circulation.
- Contribuer à l'aménagement du territoire et au développement économique.

Dans cette étude on a essayé de moderniser un tronçon de 10.8 km du RN90. Les résultats se résument en :

- la modernisation du tracé en plan qui s'est traduite par la correction de ses faibles rayons, avec un gain de linéaire (tracé) de 300m.
- l'amélioration du profil en long en adoucissant ses pentes.
- Un nouveau profil en travers avec une chaussée et des accotements répondants aux normes en vigueur.
- La réfection totale du réseau d'assainissement, à l'origine du forte dégradation du corps de chaussée.

La modernisation du route national permettra à coût sur d'améliorer la qualité de vie des riverains, qui souffre de la dégradation de cette infrastructure et qui se répercute sur les prix de transport.

Finalement, grâce à ce projet, on s'est immergé un peu dans le milieu professionnel et nous a permis aussi de mieux apprendre à utiliser les logiciels du domaine, On l'occurrence Piste 5.06, AutoCAD, Covadis .

Bibliographie

- B40 et B30 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- Guide des renforcements (C.T.T.P).
- Guide d'aménagement des carrefours interurbain du SETRA.
- E.N.S.T.P anciennes mémoires de Fin d'Etude.
- Cours de routes de 4^{ème} année ENSTP.
- Cours hydraulique de 4^{ème} année ENSTP.
- Cours de routes de 5^{ème} année ENSTP.
- Les sites web.

Introduction

Chapitre : I

Présentation du projet



Chapitre : II

Etude de Trafic



Chapitre : III

Géométrie Routière

Chapitre : IV

Conception des carrefours



Chapitre : V

Cubatures

Chapitre : VI

Auscultation et diagnostic

Chapitre : VII

Etude Géotechnique

Chapitre : VIII

Dimensionnement du corps de chaussée



Chapitre : IX

Assainissement

Chapitre : X

Équipement et service à l'utilisateur

Devis quantitativ et estimatif

Conclusion

Annexe