

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département Génie civil et Hydraulique

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de
Master en Génie civil

Option : Voies et Ouvrages d'art (VOA)

Thème :

Etude géométrique et géotechnique d'un tronçon routier reliant Rabbah à Hassi -Messaoud sur 16 km du pk92 au pk108. Lutte contre les dunes

Présenté par :

- BOUHICHA Mohamed Lamine
- GUERRIDA Lakhdar

Dirigée par :

Mr. HAFSI Nouh

Soutenu publiquement devant le jury :

Président : Mr AOUAM Abdou

Examineur : Mr BENTATA Aissa

Promotion 2017

Remerciements

Nous exprimons toute notre gratitude et sincère dévouement à Dieu tout

Puissant qui grâce à son aide nous avons terminé ce modeste travail.

Nous remercions nos parents, la source de toutes nos forces.

*Nous tenons à remercier chaleureusement notre encadreur Mr. HAFSI NOUH
grâce à il's grandes efforts qu'il effectuer pour suivi et guidé et succès ce travail.*

*Nous remercions les ingénieurs de Laboratoire des Travaux Publique de Sud
Ouargla « L.T.P.S » et les ingénieurs de la DTP d'Ouargla, Ghardaïa.*

*Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et
d'examiner ce modeste travail.*

*Nous remercions la faculté des sciences applique et le département génie civil et
hydraulique.*

*Également, nous remercions nos amies et collègues de la promotion filière de
2^{em} master génie civil option Voies et Ouvrages d'Art pour leurs collaboration
et soutient morale.*



Dédicace

*Je dédie ce mémoire A mes chers parents ma mère et mon père pour
leur patience, leur amour,*


Leur soutien et leurs encouragements.

A mes chers sœurs et mes frères Youcef, Aziz.

*A tout ma grande famille et toute qu'a une relation avec elle
soit proche ou lointain.*

A mes amies et les collègues de l'université.

*sans oublier tout les enseignants qui ont contribué à mon soutien
scolaire.*



Bouhicha Mohamed Lamine



Dédicace



*Je dédie ce mémoire A mes chers parents ma mère et mon père pour
leur patience, leur amour,
leur soutien et leurs encouragements.*

A mes sœurs et mes frères

*A tout ma grande famille et toute qu'a une relation avec elle
soit proche ou lointain.*

A mes amies et les collègues de la classe.

*sans oublier tout les enseignants qui ont contribué à mon soutien
scolaire.*



GUERRIDA
LAKHDER



SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE.I. PRESENTATION DE PROJET	02
1. GENERALITE SUR LA VILLE DE TAIBET_.....	02
2. DESCRIPTION DU PROJE.....	04
3. OBJECTIF DU PROJE.....	04
CHAPITRE II. ETUDE DU TRAFIC.....	06
1- INTRODUCTION	06
2.L'ANALYSE DE TRAFIC	06
3. DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS	06
4.MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC.....	07
5.CALCUL DE LA CAPACITE.....	08
6.CONCLUSION	11
CHAPITRE III. TRACE EN PLAN.....	12
1.DÉFINITION	12
2.RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN	12
3.LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN	13
4.LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT	19
5.COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN.....	20
6.NOTION DE DEVERS.....	22
7.LA VITESSE DE RÉFÉRENCE (DE BASE).....	24
8.PARAMÈTRES FONDAMENTAUX.....	25
9.CALCUL D'AXE.....	26
CHAPITRE IV . PROFIL EN LONG.....	31
1- DÉFINITION	31
2- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG.....	31
3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG.....	32
4- DECLIVITES_	32

5- RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG	33
6- DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG_	35
7- APPLICATION AU PROJET	36
8- REGLES RESPECTEES DANS L ELABORATION DU PROFIL EN LONG.....	37
CHAPITRE V. PROFIL EN TRAVERS.....	38
1. DÉFINITION.....	38
2 - DIFFERENT TYPE DE PROFIL EN TRAVERS	38
3-LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS.....	38
4.APPLICATION AU NOTRE PROJET	40
5. PROFIL EN TRAVER TYPE.....	40
CHAPITRE VI. CALCUL DES CUBATURES.....	41
1- INTRODUCTION	41
2- CUBATURES DES TERRASEMENTS	41
3- Méthode utilisée	41
4- Méthode classique	43
CHAPITRE VII. ETUDE GEOTECHNIQUE.....	44
1-INTRODUCTION	44
2 - LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE.....	44
3 - CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS.....	47
CHAPITRE VIII. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.....	48
1. INTRODUCTION	48
2. LA CHAUSSEE_	48
3. LES DIFFERENTS FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT.....	51
4. METHODES DE DIMENSIONNEMENT_	53
5. APPLICATION AU PROJET	54
6. CONCLUSION	57

CHAPITRE IX. ASSAINISSEMENT.....	58
1- INTRODUCTION	58
2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT_	58
3-ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE	59
4- DEFINITION DES TERMES HYDRAULIQUE	60
5- APPLICATION AU PROJET	61
CHAPITRE X. SIGNALISATION.....	62
1- INTRODUCTION_	62
2 - L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE_	62
3- CATÉGORIES DE SIGNALISATION.....	62
4 - RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION_	62
5- TYPES DE SIGNALISATION.....	63
6- CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MARQUES.....	65
7-APPLICATION AU PROJET.....	65
CHAPITRE XI. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	68
CONCLUSION GENERAL.....	71

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES		
FIGURES	TITRE	PAGE
CHAPITRE : I		
FIG.I.1	Photo Satellitaire de la zone du projet	5
CHAPITRE : III		
FIG.III.1	Les éléments du tracé en plan	13
FIG.III.2	Stabilité En Courbe	14
FIG.III.3	Zone de dérasement	16
FIG.III.4	Courbe de raccordement parabole cubique	18
FIG.III.5	Courbe de raccordement clothoïde	19
FIG.III.6	Courbe en S	21
FIG.III.7	Courbe à sommet	21
FIG.III.8	Courbe en C	22
FIG.III.9	Courbe en ovale	22
FIG.III.10	l'élément de la clothoïde	26
CHAPITRE : IV		
FIG.IV.1	La courbe du profil en long	35
CHAPITRE : V		
FIG.V.1	Le profil en travers	39
CHAPITRE : VI		
FIG.VI.1	Profil adopté pour tracé en long	42
CHAPITRE : VIII		
FIG.VIII.1	Les éléments du tracé en plan	50
FIG.VIII.2	types de chaussées	51
FIG.VIII.3	La structure de chaussée I	55
FIG.VIII.4	La structure de chaussée II	57
CHAPITRE : IX		
FIG..IX.1	l'emplacement des ouvrages d'assainissements	61
CHAPITRE : X		
FIG.X.1	Types de modulation	64
FIG.X.2	Signalisation verticale	67

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX		
TABLEAUX	TITRE	PAGE
CHAPITRE : II		
TAB.II.1	Coefficient d'équivalence« P »	10
CHAPITRE : III		
TAB.III.1	rayons du tracé en plan	25
TAB.III.2	Paramètres fondamentaux	25
CHAPITRE : IV		
TAB.IV.1	valeur de I _{max} Selon le B40	33
TAB. IV.2	Caractéristique des rayons verticaux	37
CHAPITRE : VIII		
TAB. VIII.1	Les valeurs des coefficients d'équivalence	54
TAB. VIII.2	sur classement avec couche de forme en matériau non traité	56
CHAPITRE : X		
TAB.X.1	Caractéristiques des lignes discontinues	65

INTRODUCTION GENERALE

Dans la plupart des pays, le réseau routier représente le patrimoine le plus important qui appartient essentiellement à l'état. Chaque jour plusieurs kilomètres de rues, de routes, d'autoroutes, de pistes d'aéroports sont construits pour accroître les échanges et donner un dynamisme aux régions. Les administrations routières doivent entretenir, exploiter, améliorer, remplacer et préserver ce patrimoine tout en gérant avec soin les ressources financières et humaines qui doivent servir à réaliser ces objectifs

Pour ces raisons, l'Algérie a consenti un grand effort pour la construction d'infrastructures au niveau sud dont l'objectif est de relier toutes les régions éloignées et même celles souffrant l'enclavement.

Actuellement la population algérienne est en croissance rapide, et qui parle de l'augmentation de la population parle aussi du trafic routier, qui a rendue la capitale inaccessible pendant les heures de pointes. Pour cet effet, plusieurs projets de routes et d'autoroutes sont en cours de réalisation et d'autre en phase d'études, ces projet consistent essentiellement a :

- L'amélioration de la circulation dans de bonnes conditions (c'est-à-dire le confort et la sécurité des usagers).
- Pour atteindre cet objectif notre projet a pris une place importante dans le projet national de modernisation des infrastructures de transport.

PRESENTATION DU PROJET

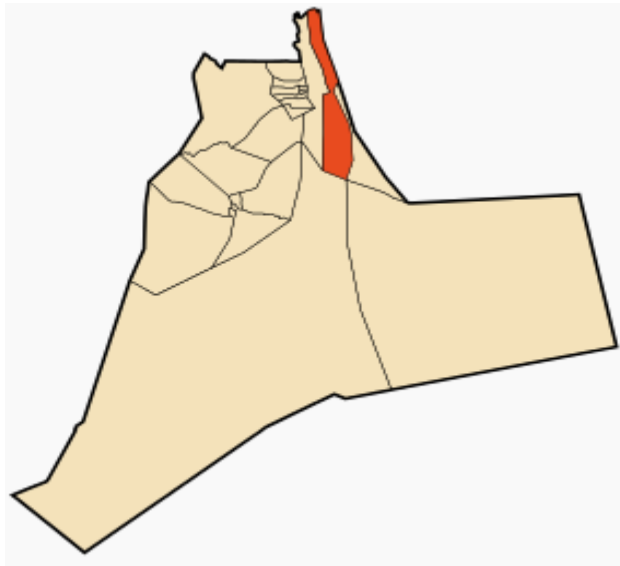
I. GENERALITE SUR LA VILLE DE TAIBET

Le tronçon de route se situe à la wilaya de Ouargla au territoire de la commune de Taïbet est située sur les bords de la route nationale n ° 16 menant de la partie orientale de la Wilaya d'El Oued passant communes Ben Nasser, et l'Occident à la ville de Touggourt en passant la communes de M'Naguer , elle se trouve au 60km de la ville d'El Oued,et de 40 kilomètres de la ville de Touggourt.

Taïbet est l'une des communes d'oasis autrefois l'état et sont donc considéré comme Vieillissant à travers la Découpage administratif en 1975.Elle est devenue une filiale de wilaya de Ouargla jusqu'à ce jour.

En 1984, la communes a été divisée après avoir Une croissance considérable aux trois communes de Taïbet, Ben Nasser, M'Naguer, le District de Taïbet les gérer.

Ce changement a eu un impact positif sur la région sur le milieu administratif et social, aussi l'architecture, elle a bénéficié de plusieurs projets, y compris : le projet aménagement du territoire et reconstruction.



Localisation de Taïbet



la carte administrative d'Algérie

I.1 - Quelques informations sur la ville d'El Taibet

- Superficie : 4 562 km²
- Population : 20 174 (2008)
- Coordonnées : 33° 5' 2.11" N, 6° 23' 59.87" E

I.2 - La proximité du projet

Localisation géographique et administratif de la municipalité :

Borné au nord : Wilaya d'El Oued

Borné au sud : municipalité El Borma et HMD (wilaya de Ouargla).

Borné à l'est : municipalité Ben Nasser(wilaya de Ouargla).

Borné à ouest : la municipalité de M'Naguer (wilaya de Ouargla).

I.3 - Situation géologique

Au niveau du quartier général municipal, ainsi que les rassemblements stables, il est généralement plat et sable

Le phénomène de la montée de la nappe phréatique tout au long de l'année ainsi que le facteur d'évaporation dans le climat sec contribuent à l'émergence d'une couche de sel et de gypse sur la surface, Grâce à la carte géologique de la région étudiée on remarque que ses couches reviennent aux Léré quaternaire et celle-ci résultant de:

- Les lacs
- Le marécage
- Chotts
- Sebkhass

I.4 - Le climat

Le climat de la région Taibet est semi-désertique Continental, il est fortement caractérisé par la froideur dans la nuit pendant l'hiver et il est chaud pendant la journée d'été, on peut dire que cette région vive deux saisons, lequel : - l'hiver et l'été.

I.4 -1 Température

Le moyen de température annuel dépasse 22 ° C et la variation de température annuelle est de 42.5 ° C, Le taux de réchauffement en Janvier diminue jusqu'à 12 ° C et il se monte dans le mois de Juillet à 36 ° C.

II. DESCRIPTION DU PROJET

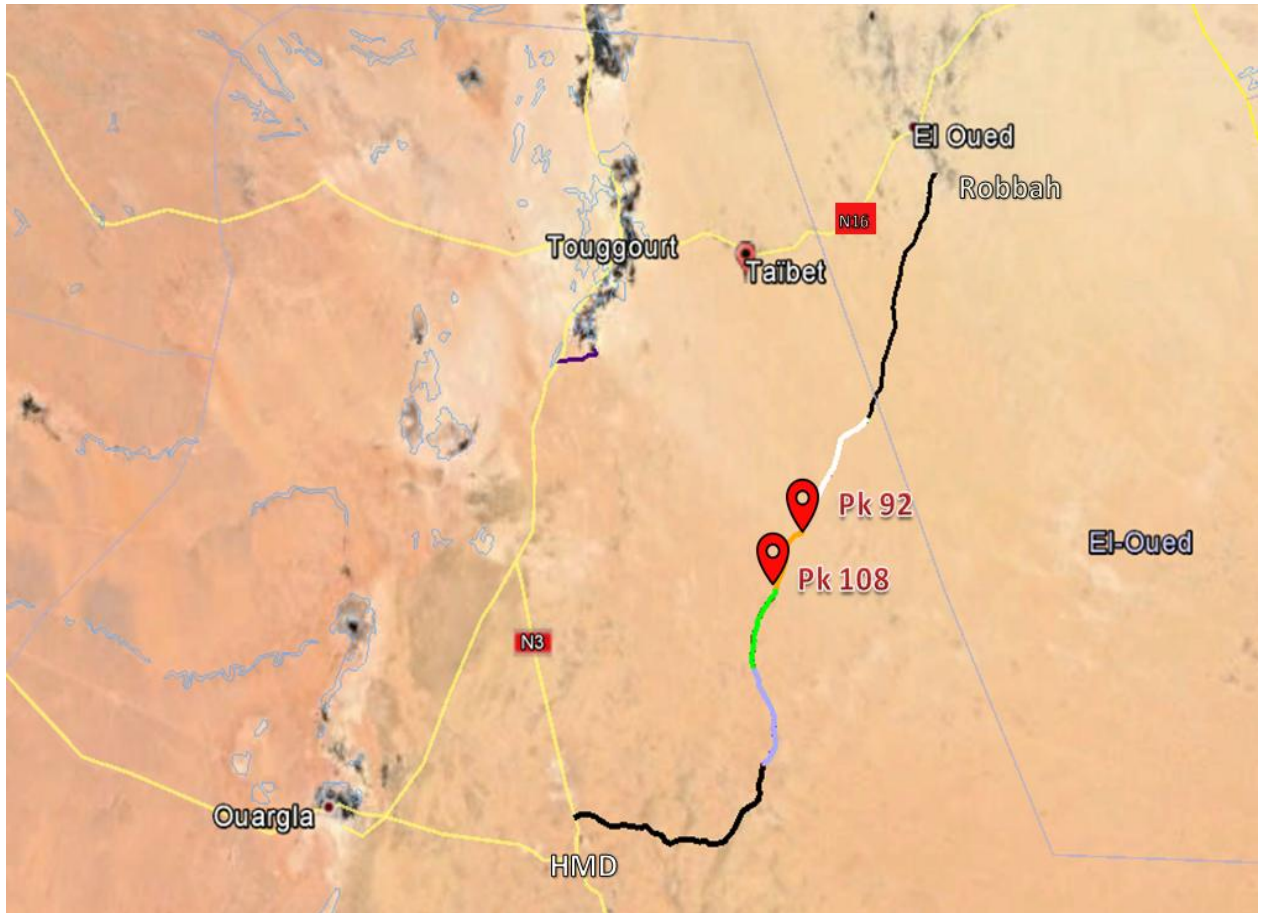
L'étude a été initiée par la direction des travaux publics de la wilaya Ouargla, faisant l'objet du présent mémoire et qui s'intitule :

Étude géométrique et géotechnique d'un tronçon routier reliant rabbah à hassi messaoud sur 16 km du PK 92 au PK108.

L'étude traite un nouveau tracé de route et qui est implanté dans un environnement topographique complexe présence zone des dunes de sables.

III. OBJECTIF DU PROJET

Ce projet est pour objectif la liaison entre la ville de Hassi Messaoud et Rabbah et encore la répartition de taux de trafic de la RN03 et étudié la lutte contre les dunes.



III - ETUDE DE TRAFIC

II.1- INTRODUCTION

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

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Cette conception repose, sur une partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

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

II.2 - ANALYSE DU TRAFIC

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation approprié.

Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- ✓ La statistique générale.
- ✓ Le comptage sur route (manuel et automatique).
- ✓ Une enquête de circulation.

II.3 - DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS

On distingue quatre types de trafic:

II.3.1 - Trafic normal:

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

II.3.2- Trafic induit:

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

II.3.3 - Trafic dévié:

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfère entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

II.3.4 -Trafic total:

C'est le trafic annuel moins le trafic dévié.

II.4 - MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

II.4.1 - Prolongation de l'évolution passée:

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

Le trafic T_n à l'année n sera:

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

Ou :

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

τ : est le taux de croissance

II.4.2 - Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques:

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

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

Vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation.

II .4.3 - Modèle gravitaire:

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

II.4.4 - Modèle des facteurs de croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine - destination.

La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

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

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

❖ Données de trafic dans notre projet :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par la **DTP** d'Ouargla qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année 2016 $TJMA_{2016} = 3277 \text{ v/j}$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4 \%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80 \text{ km/h}$
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 42 \%$
- L'année de mise en service sera en **2018**
- Environnement **E2** – Catégorie **C2**
- La durée de vie estimée de **20 ans**

II.5 - CALCUL DE LA CAPACITE

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passé 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.

II .5.1 - Procédure de détermination de nombre de voies:

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la dixième année d'exploitation.

II.5.2 - Trafic à un horizon donné:

Du fait de la croissance annuelle du trafic.

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

Tel que:

- ✓ $TJMA_n$: trafic journalier moyen à l'année n.
- ✓ $TJMA_0$: trafic journalier moyen à l'année 0.
- ✓ τ : taux d'accroissement annuel.
- ✓ n : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

Application:

L'année de mise en service (2018)

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

Avec :

$TJMA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2018)

$TJMA_o$: trafic à l'année zéro (origine 2016)

$$TJMA_{2018} = 3277 (1 + 0,04)^2 \approx \mathbf{3544} \text{ v/j.}$$

Trafic à l'année (2038) pour une durée de vie de 20 Ans

$$TJMA_{2038} = 3544 \times (1 + 0,04)^{20} = \mathbf{7765} \text{ v/j.}$$

II.5.3 - Trafic effectif:

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement

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

Tableau .II.1 : Coefficient d'équivalence« P »

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

Selon les données en notre possession en autres levé topographique notre route peut être considérée comme étant une route ayant un environnement E2 et de bonnes caractéristiques d'où la valeur de P est de : 4.

En appliquant la formule

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

avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds. Pour une route à deux voies et un environnement E₂ on a P=4

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 42%

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0,42) + 4 \times 0,42] \times 7765$$

$$T_{\text{eff}} = 17549 \text{ uvp/h}$$

II.5.4 - Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

Q : est exprimé en UVP/h

AN :

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

Avec:

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

$$Q = 0.12 \times 17549 = 2106 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 2106 \text{ uvp/h}$$

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

	TJMA ₂₀₁₆ (v/j)	TJMA ₂₀₁₈ (v/j)	TJMA ₂₀₃₈ (v/j)	T _{eff} (uvp/j)	Q (uvp/h)	N
Valeur	3277	3544	7765	17549	2106	2

II.6 – CONCLUSION :

D'après les résultats de calcul du trafic, notre future route est une route bidirectionnelle de 7 mètre de largeur, avec des accotements de 1.8 mètres de largeur dans les deux cotés.

III. LE TRACE EN PLAN

III.1 - DÉFINITION

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

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

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

III.2 - RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN

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

III.3 - LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN

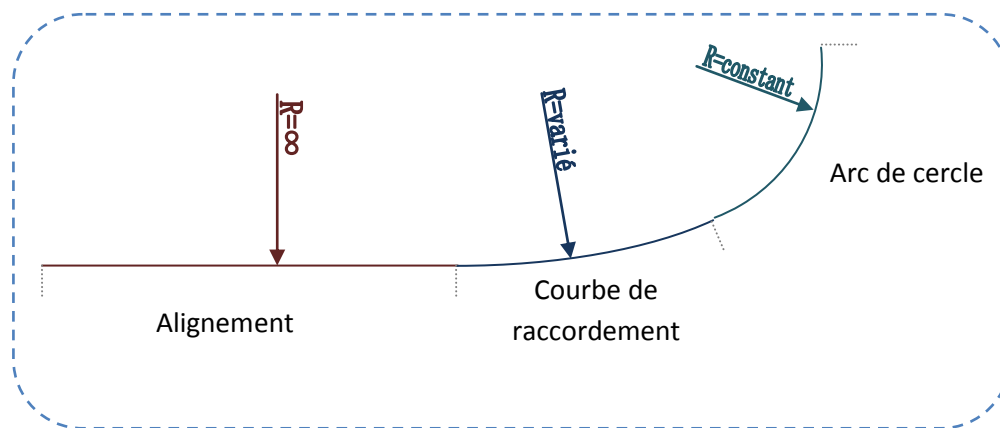


Fig. (III-1) : Les éléments du tracé en plan

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

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

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

III. 3.1 – Les Alignements :

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

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

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

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

- ✚ En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- ✚ Dans des vallées étroites.

Pour donner la possibilité de dépassement. Donc la longueur des alignements dépend de:

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

Règles concernant la longueur des alignements :

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

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

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

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

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

III. 3.2 – Arcs De Cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

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

III. 3.2.1 – Stabilité En Courbe

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

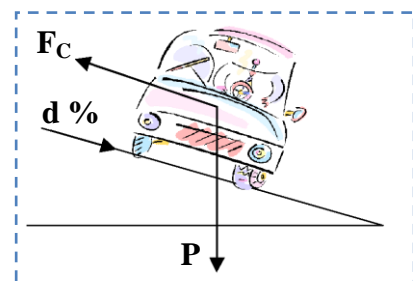


Fig. (III-2) : Stabilité En Courbe

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

a) - Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal :

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

f_t : coefficient de frottement transversal

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

b) - Rayon minimal normal (RHN) :

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

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

c) - Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

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

$d_{\min} = 3\%$ en catégorie 3 – 4

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

d) - Rayon minimal non déversé (RHnd) :

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

Avec :

$f' = 0.06$ cat 1 et 2

$f' = 0.07$ cat 3 et 4 E1

$f' = 0.075$ cat 4 -5 E2 E3

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

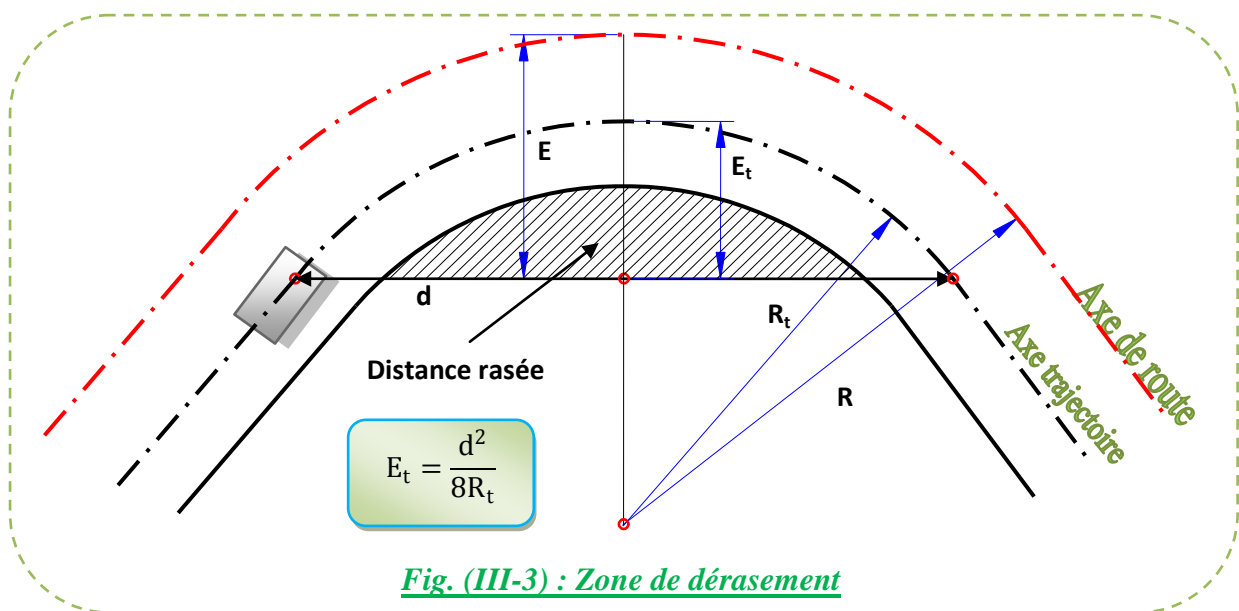
e) - Visibilité masquée dans une sinuosité :

Un virage d'une route peut être masqué de côté intérieure de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou un foret, pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer.

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

Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à la visibilité soit bonne, mais nous partons de l'idée que le tracer adopter qu'il est nécessaire de « déraser » l'intérieur du virage. en plan, la limite de ce dérasement sera donner par la projection vertical de la courbe enveloppe des rayons visuel partons de l'œil du conducteur.

Le niveau du dérasement tiendra compte du niveau admis de l'œil du conducteur ou du niveau des obstacles à percevoir « objet ou voiture » prendre une marge pour la végétation la largeur et de dérasement et comptée a partir de l'axe de la route, mais le calcul se fait au droit de la trajectoire des véhicule côté intérieure du virage.



Avec: d : longueur de visibilité = Md (chaussée bidirectionnel) et $R_t = R - 2,50 \text{ m}$

$d = d_{\text{arrér}} = d_1$ (chaussée unidirectionnel) et $E = E_t + 2,50 \text{ m}$

Les distances en question devraient en réalité se mesurer selon l'arc de trajectoire, mais pour simplifier on peut admettre (comme le fait la norme) qu'elles sont mesurées sur la corde de l'arc.

f) - Sur largeur:

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

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

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

R : rayon de l'axe de la route.

III. 3.3 – Les Courbes De Raccordement :

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

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

III.3.3.1 - Rôle Et Nécessité Des Courbes De Raccordement :

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

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

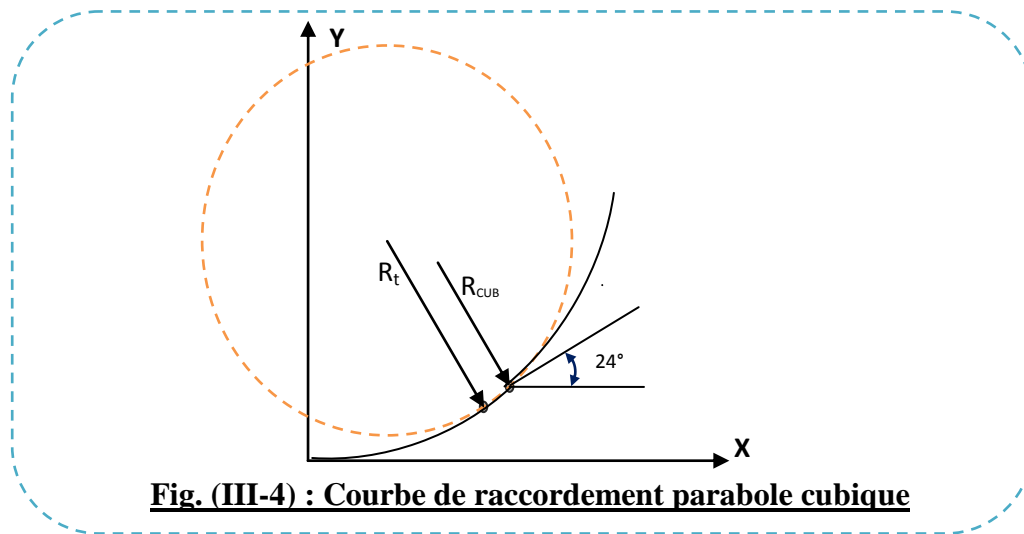
III. 3.3.2 - Types De Courbe De Raccordement :

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

- ✚ Parabole cubique
- ✚ Lemniscate
- ✚ Clothoïde

a) - Parabole cubique :

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



Equation générale : $Y = \text{constant} \cdot X^3$

b) Lemniscate :

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

c) Clothoïde :

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

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

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

c).1 - Expression mathématique de la Clothoïde:

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

$$K = C \cdot L$$

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

$$L \times R = A^2$$

c).2 - Eléments de la Clothoïde :

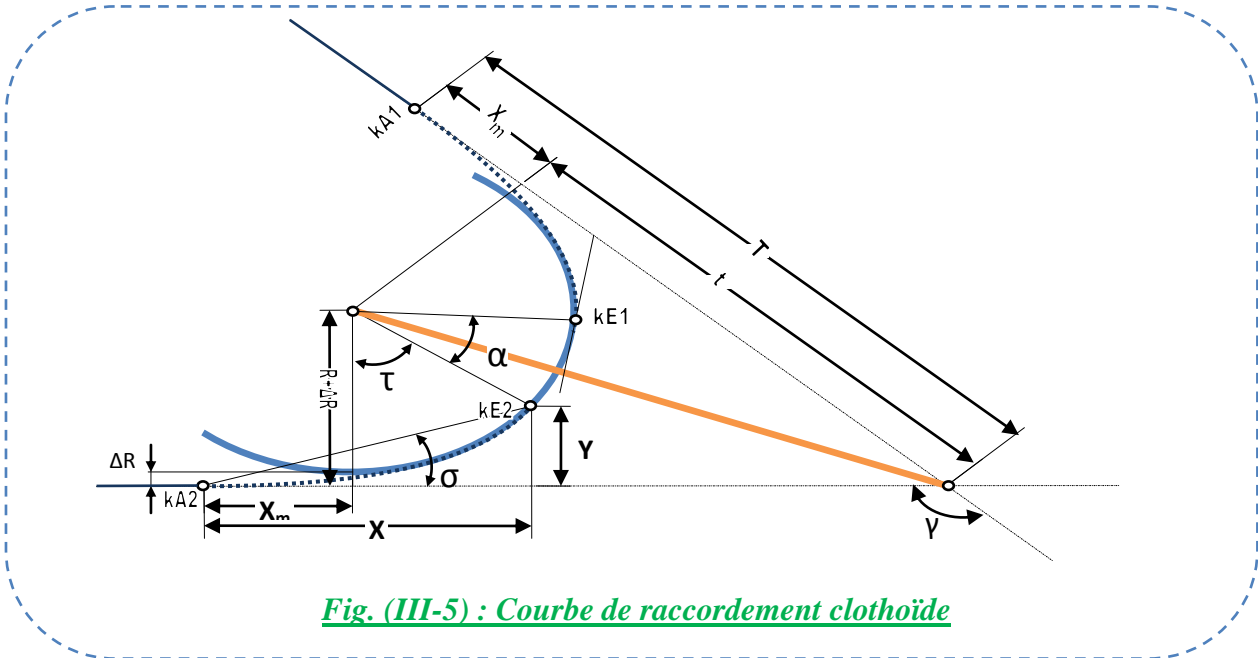


Fig. (III-5) : Courbe de raccordement clothoïde

γ : Angle entre alignement.
T : Grande tangente.
 ΔR : Ripage.
KA : Début de clothoïde.
KE : Fin de clothoïde.
 σ : Angle polaire.

X_m : Abscisse du centre de cercle.
X : Abscisse de KE.
Y : Ordonnée de KE.
 α : Angle d'arc de cercle.
 τ : Angle de tangente.

III.4 - LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT

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

a) - Condition de confort optique :

La Clothilde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible a l'œil.

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

REGLE GENERALE (B40) :

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

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

➤ $1500 < R \leq 5000m$

$$L \geq R/9$$

$$\triangleright R > 5000\text{m} \quad \Delta R = 2.5 \text{ m}$$

$$L = 7.75$$

b) - Condition de confort dynamique :

Cette condition Consiste a limite pendant le temps de parcoure Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

Vr : vitesse de référence en (Km /h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

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

C) - Condition de gauchissement :

Cette condition à pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique dans la rapport à son axe.

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_R$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

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

Cette variation est limitée à 2%.

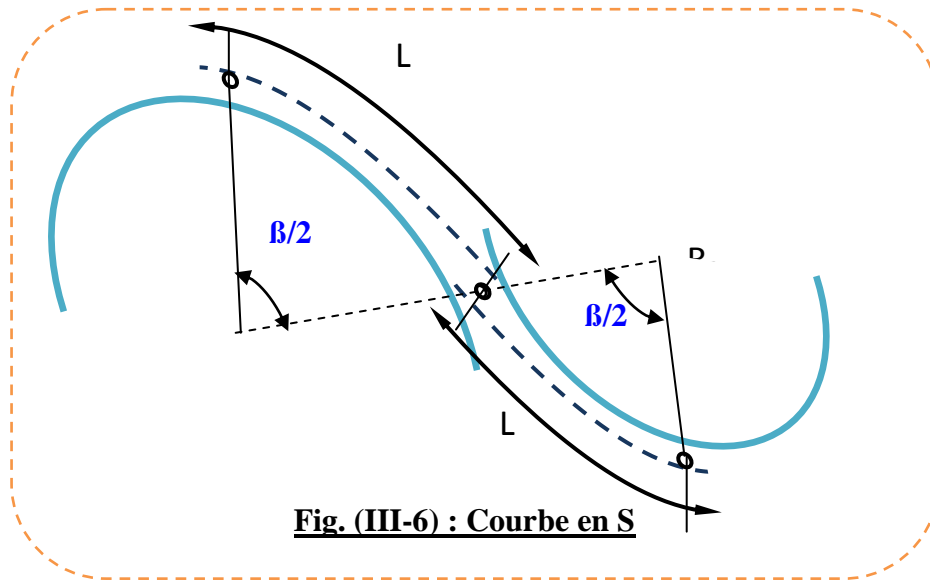
$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$$

III.5 - COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN

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

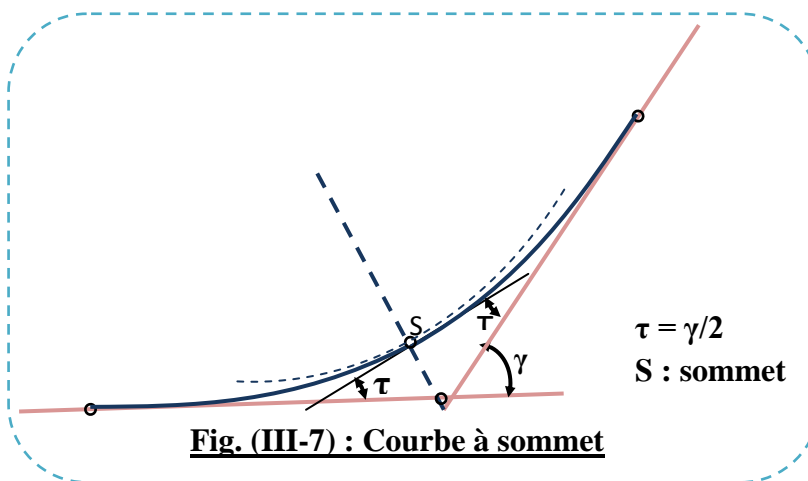
a) - Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de **Clothoïde**, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.



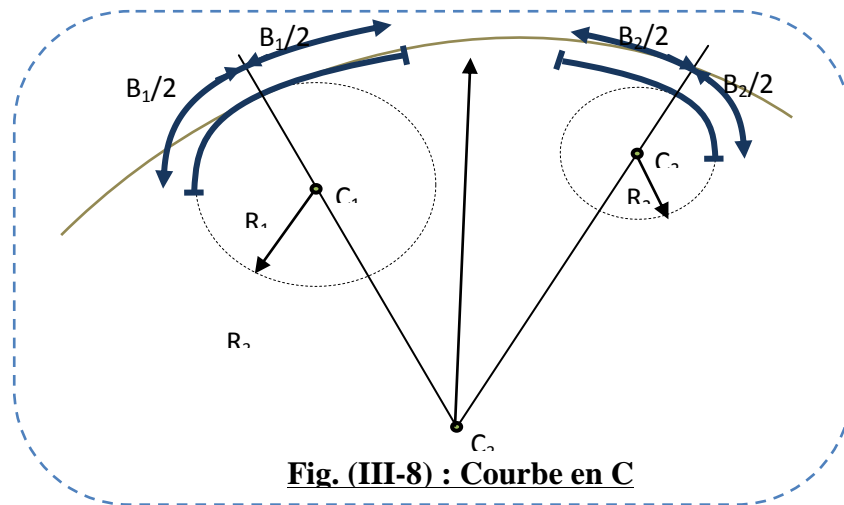
b) - Courbe à sommet :

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



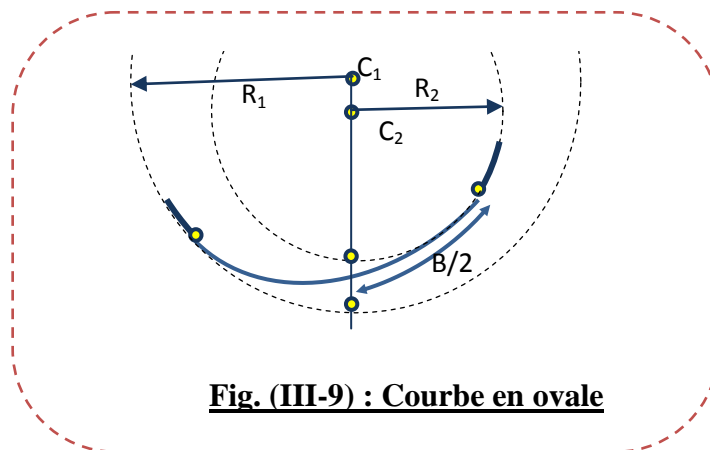
c) - Courbe en C :

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



d) - Courbe en Ove:

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



III. 6 - NOTION DE DEVERS

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

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

a) - Devers en alignement :

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

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

b) - Devers en courbe :

En courbe permet de :

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

c) - Rayon de courbure :

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

d) - Calcul des devers :

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

$RHm < R < RHn$ on a:

$$\frac{d(R) - d(RHm)}{1/R - 1/RHm} = \frac{d(RHm) - d(RHn)}{1/RHm - 1/RHn}$$

$RHn < R < RHd$ on a:

$$\frac{d(R) - d(RHd)}{1/R - 1/RHd} = \frac{d(RHn) - d(RHd)}{1/RHn - 1/RHd}$$

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

Raccordement de devers :

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

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

- ✚ Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la **Clothilde** jusqu'au début de l'arc de cercle.
- ✚ Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance D_{min} .

Appelée longueur de gauchissement.

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

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

III.7 - LA VITESSE DE RÉFÉRENCE DE BASE:

La vitesse de référence (**V_r**) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traversée d'une ville, modification du relief, etc.....).

a) - Choix de la vitesse de référence:

Le choix de la vitesse de référence dépend de:

- ✚ Type de route.
- ✚ Importance et genre de trafic.
- ✚ Topographie.
- ✚ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

b) - 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.

Remarque :

La vitesse de référence dans notre projet (donnée DTP de OUARGLA)

*Et de **V_r = 80 Km/h.***

Pour notre projet, situé dans un environnement (**E2**), et classé en catégorie (**C2**) avec une vitesse de base de **80km/h**, donc à partir du règlement **B40** on peut avoir le

tableau suivant:

Tableau .III.1 : rayons du tracé en plan

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

III. 8 PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement **E2** et une catégorie **C2**, avec une vitesse de base de **80km/h**, on définit les paramètres suivants :

Tableau .III.2 : Paramètres fondamentaux

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

III.9.1 - Exemple De Calcul D'axe Manuellement :

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe.

Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit:

$V_r=80\text{Km/h}$	$X (m)$	$Y (m)$	$R (m)$
$S0(P1)$	270090.790	3603002.940	1200
$S1(P2)$	269964.190	3602043.670	
$S2(P3)$	269747.970	3601466.250	

III.9.2 - Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :

a)- Calcul du paramètre A :

On sait que :

$$A^2 = L \times R$$

b)- Détermination de L :

b).1- Condition de confort dynamique et de gauchissement :

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

➤ $RHd \leq R \leq RHnd$

$\Delta d = ?$

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

$\Delta d = 2.5 - (-2.5) = 5\%$

$L \geq \frac{5}{36} \times 5 \times 80 = 55.555 \text{ m} \dots\dots\dots(1)$

b).2- Condition confort optique :

$\frac{R}{3} \leq A \leq R$ D'où $400 \leq A \leq 1200$

➤ $1000 < R \leq 1400\text{m}$

$$L \geq R/9$$

$L \geq 1200 / 9 = 133.33\text{m} \dots\dots\dots(2)$

De (1) et (2) on aura : $L \geq 134 \text{ m}$

$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = (133.33 \times 1200)^{1/2} = 400 \text{ m}$

On prend: $A = 400 \text{ m}$

$L = A^2/R$ donc

$$L = 133 \text{ m.}$$

Calcul de ΔR :

$\Delta R = L^2 / 24R = 133^2 / (24 \times 1200) = 0.614 \text{ m}$

$$\Delta R = 0.614\text{m}$$

c)- 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.

$$S_0 S_1 \begin{cases} |\Delta X| = |X_{S1} - X_{S0}| = 126.57 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = 959.27 \text{ m} \end{cases}$$

$$S_1 S_2 \begin{cases} |\Delta X_1| = |X_{S2} - X_{S1}| = 216.22 \text{ m} \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 577.42 \text{ m} \end{cases}$$

D'où:

$$G_{s_0}^{s_1} = 200 - \text{arc tg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 191.650 \text{ grades}$$

$$G_{s_1}^{s_2} = 200 - \text{arc tg} \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 177.190 \text{ grades}$$

$$\begin{aligned} G_{s_0}^{s_1} &= 191.693 \text{ grades} = 172.485^\circ \\ G_{s_1}^{s_2} &= 177.190 \text{ grades} = 159.471^\circ \end{aligned}$$

c).1- Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s_1}^{s_2} - G_{s_0}^{s_1}| = 14.46 \text{ grades}$$

c).2- Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{133}{2 \times 1200} \times \frac{200}{3.14} = 3.530 \text{ grades}$$

c).3- Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 3.53 \text{ grades}$$

$$\gamma / 2 = 14.46 / 2 = 7.23 \text{ grades}$$

D'où :

$$\tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

c).4- Calcul des distances

$$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2} = 967.584 \text{ m}$$

$$\overline{S_2 S_1} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = 616.575 \text{ m}$$

d)- Caractéristiques de la courbe de raccordement**d.1). Calcule de l'abscisse du centre du cercle :**

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = 66.5 \text{ m.}$$

d.2). Abscisse de KE :

$$x = L \left(1 - \frac{L^2}{40.R^2} \right) = \mathbf{133 \text{ m.}}$$

d.3). Origine de KE :

$$y = \frac{L^2}{6.R} = \mathbf{2.460m.}$$

d.4). Calcule de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) = \mathbf{218.811 \text{ m.}}$$

d.5). Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{133^2 + 2.460^2} = \mathbf{133 \text{ m.}}$$

d.6). Calcul de σ :

$$\sigma = \operatorname{arctg} \left(\frac{y}{x} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{2.46}{133} \right) = \mathbf{1.773 \text{ gr.}}$$

d.7). Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 14.46 - (3.53 \times 2) = \mathbf{7.4 \text{ gr.}}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R.\pi.\alpha}{200} = \frac{1200 \times \pi \times 7.4}{200} = \mathbf{139.416 \text{ m.}}$$

d.8). Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S0} - (S_0 S_1 - T) \times \sin(G_{S0}^{s1} - 200) \\ Y_{KA1} = Y_{S0} - (S_0 S_1 - T) \times \cos(G_{S0}^{s1} - 200) \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = \mathbf{270078.786 \text{ m}} \\ Y_{KA1} = \mathbf{3602269.914 \text{ m}} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(G_{S0}^{s1} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos(G_{S0}^{s1} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = \mathbf{270057.726 \text{ m}} \\ Y_{KE1} = \mathbf{3602138.592 \text{ m}} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \times \sin(200 - G_{S1}^{s2}) \\ Y_{KA2} = Y_{S1} - T \times \cos(200 - G_{S1}^{s2}) \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = \mathbf{269921.035 \text{ m}} \\ Y_{KA2} = \mathbf{3601838.775 \text{ m}} \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin(G_{S1}^{s2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos(G_{S1}^{s2} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = \mathbf{269997.768 \text{ m}} \\ Y_{KE2} = \mathbf{3601838.755 \text{ m}} \end{cases}$$

Note : Les résultats de calcul de l'axe sont calcul automatique par logiciel piste 5.05 et joints en annexe de (axe en plan).

IV. PROFIL EN LONG

IV.1- DÉFINITION :

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

C'est en général une succession d'alignement droit (rampes et pentes) raccordés par courbe circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturelle
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet ... etc.

IV.2- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG:

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

✚ Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.

✚ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.

✚ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.

✚ Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.

✚ Eviter une hauteur excessive en remblai.

✚ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.

✚ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.

- ✚ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- ✚ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV. 3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :

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

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

IV. 4 - DECLIVITES :

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

IV. 4.1 - Déclivité minimum :

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

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

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

IV. 4.2 - Déclivité maximum :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances

inférieures à **1500m**, à cause de :

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

Donc, La déclivité maximale dépend de :

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

Tableau .IV.1 : valeur de I_{max} Selon le B40

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

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

IV.5 - RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types :

IV. 5.1- Raccordement convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements parabolique en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et visibilité d'autre part.

a)- Condition de confort :

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

Limitation de l'accélération verticale :

$$g/40 : \text{pour } C 1-2 \quad g/30 : \text{pour } C 3-4-5$$

$$\frac{V_R^2}{RV} < \frac{g}{40}$$

Pour : $g= 10$ m/s

$$RV_{min} = \begin{cases} 0.3 V_R^2 & \text{pour } C (1-2) \\ 0.23 V_R^2 & \text{pour } C (3-4-5) \end{cases}$$

Dans notre cas :

$$RV_{min} = 0.3 V_R^2$$

Avec :

RV : rayon vertical (m).

V_R : vitesse référence (km/h)

Pour noter cas Vr=80km/h

$$RV = 0.3 \times 80^2 = 1920\text{m}$$

b) - Condition de visibilité :

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

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

Le rayon de raccordement est donné par l'expression :

$$RV = \frac{d_0^2}{2} (h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 \times h_1})$$

Avec :

d₀ : distance d'arrêt (m).

h₀ : hauteur de l'œil (m).

h₁ : hauteur de l'obstacle (m).

IV. 5.2- Raccordement concave (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 :

$$R'V = \frac{d_0^2}{(1.5 + 0.035 \times d_0)}$$

Avec :

d₀ : distance d'arrêt (m).

Condition esthétique

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

$$RV_{min} = 100 \times \frac{50}{\Delta d (\%)}$$

Avec :

Δd : changement de dévers

RV_{min} : rayon verticale minimale

V.6 - DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

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

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

A l'équation de la parabole

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

Pratiquement le calcul de raccordement se fait de la façon suivante :

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

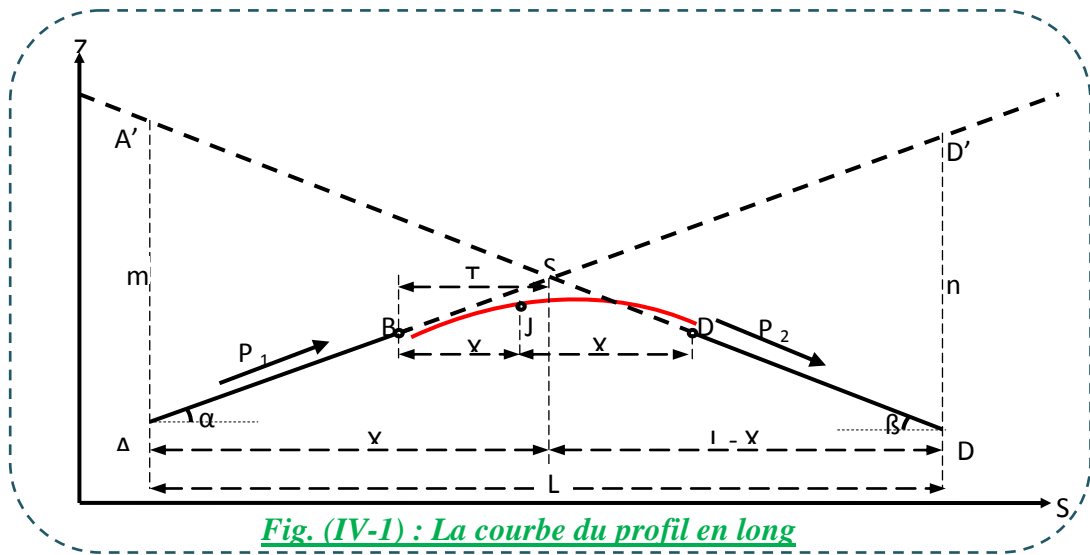


Fig. (IV-1) : La courbe du profil en long

1) - Détermination de la position du point d'encontre (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 :

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

$$S_S = S_A + x$$

$$Z_S = Z_A + x.P_1$$

2) - Calcul des points de tangente :

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

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 position les pentes de tangente B et C.

$$\begin{array}{l}
 \text{B} \left\{ \begin{array}{l} S_B = S_S - T \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 \end{array} \right. \quad \text{C} \left\{ \begin{array}{l} S_C = S_S + T \\ Z_C = Z_S - T \cdot P_2 \end{array} \right.
 \end{array}$$

3) - Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J) :

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

$$X_1 = R \times P_1$$

$$X_2 = R \times P_2$$



$$\text{J} \left\{ \begin{array}{l} S_j = S_B - X_1 \\ Z_j = Z_B + X_1 \times P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

Dans le cas des pente 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 des 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 du j , c'est-à-dire les pentes des fossés descendants dans les sens j(A) et j(D).

IV. 7- APPLICATION AU PROJET :**IV.7.1- Caractéristiques des rayons en long :**

Pour notre projet on a les paramètre géométrique concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableaux suivant (selon le B40) :

Tableau (IV-2) : Caractéristique des rayons verticaux

Catégorie		C2
Environnement		E2
Vitesse (km/h)		80
Rayon en angle saillant RV 	Route bidirectionnelle : (2voies)	
	R_{vm} (minimal absolu) en m	4500
	R_{vn} (minimal normal) en m	10000
Rayon en angle rentrant RV 	Route bidirectionnelle : (2voies)	
	R_{vm} (minimal absolu) en m	2400
	R_{vn} (minimal normal) en m	3000
Déclivité maximale I _{max} (%)		6

Note : Les résultats de calcul de la ligne rouge Sont calcul automatique par logiciel piste 5.05 et joints en annexe de (profil en long).

IV. 8 Règles respectées dans l'élaboration du profil en long

Lors d'élaboration du profil en long on y essayer de respecter quelques notions pour éviter le problème d'ensablement, les principaux normes sont :

- Eviter les zones des déblais au maximum.
- Eviter les grandes pentes verticales.
- Essayer au maximum d'épouser le terrain naturel.
- Réalisation des accotements et la route dans le même niveau.
- Limitation des zones dunaires pour la réalisation des futures brises vent près des accotements ou la réalisation d'un remblai sur un hauteur de 3 m pour retarder l'ensablement et donne plus de temps pour l'intervention.
- Réalisation d'un système d'assainissement adéquat pour minimiser les risques d'ensablement dans les futurs fossés.

V. PROFIL EN TRAVERS

V. 1 – DÉFINITION:

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

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

V. 2 - DIFFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS :

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

V. 2.1 - profil en travers type :

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

V. 2.2 - profil en travers courants :

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

V. 3 - LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS:

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

a) - La chaussée :

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

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

b) - La largeur roulable:

Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Surlargeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

c) - La plate forme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terres-pleins et les

bandes d'arrêts.

d) - Assiette :

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

e) - L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances elle coïncidant généralement avec le domaine public.

f) - Les accotements :

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- ✚ Une bande de guidage.
- ✚ Une bande d'arrêt.
- ✚ Une berme extérieure.

g) - Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

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

h) - Le fossé :

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

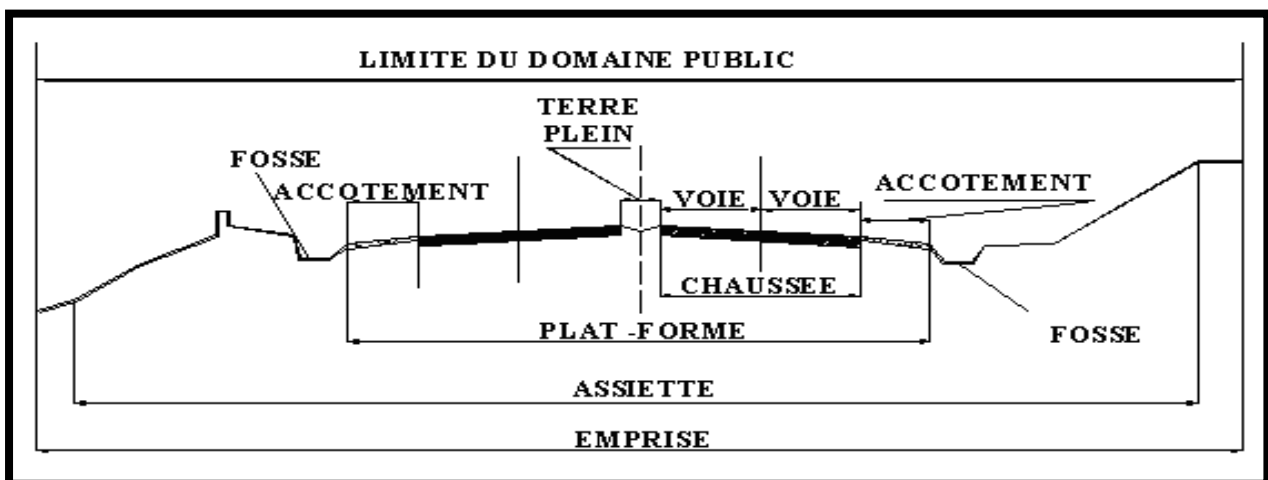


Fig. (V-1) : Le profil en travers

V.4 - APPLICATION AU NOTRE PROJET :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la route de Hassi Massoud- Rabah sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : $3.5 \times 2 = 7.00$ m
- Accotement : $2 \times 1.8\text{m} = 3.60\text{m}$
- Plate forme : 10,60 m

V.5 – PROFIL EN TRAVER TYPE:

Sur le long de l'axe de la route, on distingue un seul type de profil en travers caractérisé par :

- ✓ un devers en toit de 2.50%.
- ✓ Une chaussée de 7.00 mètres de large.
- ✓ un accotement de 1,8 mètres de large (départ et d'autre de l'emprise de la chaussée).
- ✓ Un talus de déblais de 2/3.
- ✓ Un talus de remblais de 2/3.

V.5.1 – Le profil en travers type a été choisi de manière à:

- ✓ Assurer un équilibre transversal des véhicules.
- ✓ Assurer l'introduction progressive des dévers au niveau des courbures de façon à respecter les conditions de stabilité.
- ✓ Eviter la stagnation des eaux.

Note : Les résultats de calcul des éléments du profil en travers sont calcul automatique par logiciel piste 5.05 et joints en annexe de (profil en travers).

VI. CALCUL DES CUBATURES

VI.1- INTRODUCTION

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

- ✚ les profils en long
- ✚ les profils en travers
- ✚ les distances entre les profils.

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

VI.2 - CUBATURES DES TERRASEMENTS

On entend par cubature le calcul des volumes déblais remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des travaux.

Comme notre est réutilisable, on cherche un équilibre entre les volumes déblais remblais.

Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des surfaces.

VI.3 - Méthode utilisée

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

VI.3.1 - Description de la Méthode

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

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Où h, S₁, S₂ et S₀ désignant respectivement :

- ✚ Hauteur entre deux profils.
- ✚ Hauteur des deux profils.

Surface limitée à mi-distances des profils.

ici à la figure ci-dessous on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.

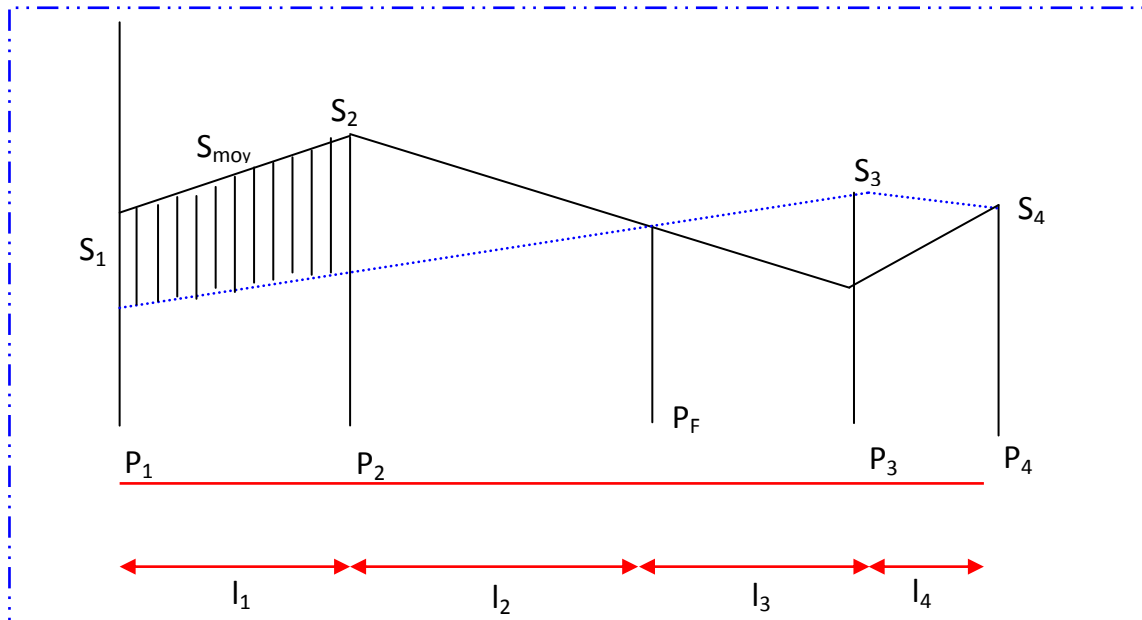


Fig. (VI-1) : Profil adopté pour tracé en long

Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 et S_2 sera égale à :

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines

les deux expressions S_{moy} et $\frac{(S_1 + S_2)}{2}$.

Ceci donne : $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Donc les volumes seront :

Entre P_1 et P_2 $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P_2 et P_F $V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre P_F et P_3 $V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$

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

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

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

VI.4 - Méthode classique

Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de **GULDEN** où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Pour notre calcul automatique des courbures par le logiciel **Piste 5.05** nous avons utilisé la méthode de **GULDEN** et les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci – dessous) nous donnons les résultats final du volume de remblais et déblais.

- ✚ Le volume de déblais est de: $V_D = 141477 \text{ m}^3$
- ✚ Le volume de remblai est de: $V_R = 384596 \text{ m}^3$

Voir l'annexe

VII. ETUDE GEOTECHNIQUE

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.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés; Ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

VII.2- LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de notre projet sont :

- Des essais d'identification.
- Des essais mécaniques.

1) Les essais d'identification:

- Analyses chimiques sommaires.
- Analyse granulométrique.

2) Les essais mécaniques :

- Essai PROCTOR et PROCTOR MODIFIE.
- Essai CBR imbibé.

IV.2.1- Définitions des Essais D'identification :

a) - Analyses chimiques sommaires

Le but des essais chimiques est de déterminer les différents pourcentages des : insolubles, gypse, calcaire, chlorures des matériaux du sol support.

b) - Analyses granulométriques :

Les résultats des analyses granulométriques sont des courbes dite courbe

granulométrique et construite emportant sur un graphique, cette analyse se fait par une série des tamis.

1) Principe d'essai :

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

2) But de l'essai :

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

3) Domaine d'utilisation:

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

VII.2.2-Définitions des Essais Mécaniques :

a) - Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai de compactage, il s'effectue à l'aide d'un moule normale ou un moule modifiée.

1) Principe de l'essai :

L'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol dispose en trois couches dans un moule dit moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacte avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage pour obtenu la meilleure teneur en eau que ronde la meilleur portance de sol.

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

2) But de l'essai :

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

3) Domaine d'utilisation:

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

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

On réalise en général trois essais :

« CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ».

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

1) Principe de l'essai :

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

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

2) But de l'essai :

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

3) Domaine d'utilisation:

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

Les Résultats des essais :

A travers les échantillons prélevés sur toute la longueur du projet on peut distinguer une seule formation qui est :

1- sable de dune

Ce matériau se trouve en alternance avec la dalle calcaire au niveau du plateau.

Il présente les caractéristiques géotechniques suivantes :

- Un pourcentage des fines (<0.08 mm) allant de 1 % a 16 %
- Analyse chimique :
 - ❖ % d'insoluble : entre 82.78 et 97.37%
 - ❖ % Sulfates gypse: entre 0.02 et 2.52 %
 - ❖ % Carbonates: entre 0 et 4 %
 - ❖ % Chlorure: entre 0.003 et 0.023

- Les caractéristiques mécaniques :
 - $\gamma_{d \max} = 1.64 - 1.77 \text{ t/m}^3$.
 - $W_{OPM} = 4 - 8.6\%$.
 - $\text{CBR} = 9.33 - 21.89 \%$ (imbibé a 4 heures).

Classification des matériaux :

Selon la classification R.T.R (Recommandation pour les terrassements routiers), les matériaux issus des puits axes font partie de la classe suivant :

Classe D : principalement la sous -classe D₁₂

VII. 3 - CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

Les matériaux dans la région d'étude est constitue essentiellement de sable de dunes et selon le GTR les conditions d'utilisation de ce sable est:

La seul condition exigé et donne l'intensité du compactage, dans notre cas le GTR exige un compactage moyen.

- pas de conditions particulières dans les taches de l'extraction, granulométrie, teneur en eau, le traitement, le réglage du fond, et selon les expériences la hauteur des remblais est limitée à 4 mètre.

VIII. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VIII.1 - INTRODUCTION :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc..... Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. 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 la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

- ✚ Le trafic.
- ✚ L'environnement de la route (le climat essentiellement).
- ✚ Le sol support.

VIII.2 - LA CHAUSSEE :

VIII.2.1 - Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

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

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

VIII.2.2 - Différents types de chaussées :

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

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

VIII.2.2.1 - Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

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 03 couches suivantes :

a)- Couche de roulement (surface) :

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) 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

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

b)- Couche de base :

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

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

c)- Couche de fondation :

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

d)- Couche de forme :

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

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

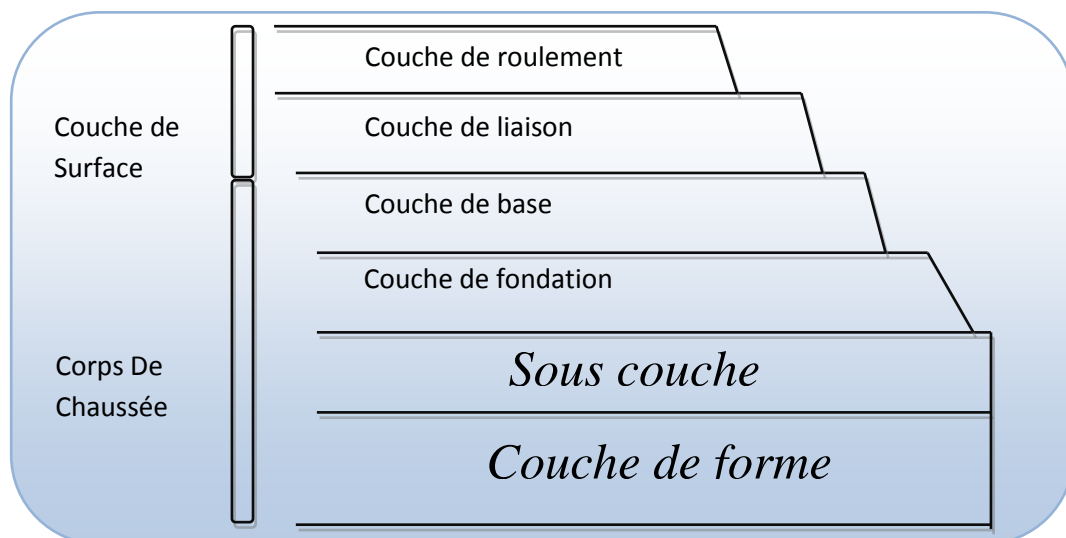


Fig. (VIII-1) : Les éléments du tracé en plan

VIII.2.2.2 - Chaussée semi-rigide :

On distingue :

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

- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

VIII.2.2.3 - Chaussée rigide :

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

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).

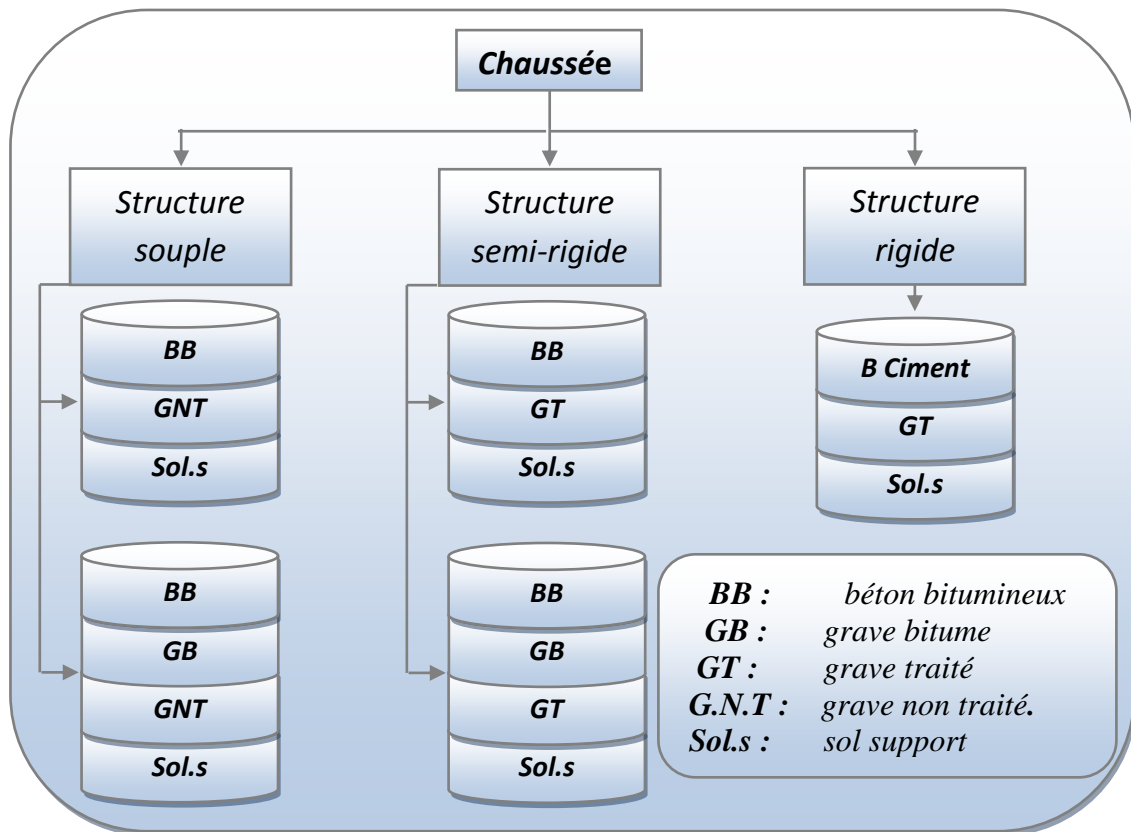


Fig. (VIII-2) : types de chaussées

VIII.3 – LES DIFFERENTS FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT :

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

VIII.3.1 - Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5 tonnes) .il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.

De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T.A.C$$

Avec : *N* : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

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

Avec : τ : Taux de croissance du trafic.

p : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

VIII.3.2 - Environnement :

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

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

VIII.3.3 - Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol ;
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

VIII.3.4 - Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

VIII.4 - METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Nous avons deux grandes familles de méthodes :

- Celle qui utilise la structure de la chaussée à travers un modèle mécanique pour la détermination des contraintes et déformations, cette méthode est dite rationnelle.
- L'autre qui consiste à observer le comportement sous trafic des chaussées (réelles ou expérimentales) et d'en déduire les règles pratiques du dimensionnement, et c'est la méthode empirique.

Cette dernière contient elle-même les méthodes suivantes :

VIII.4.1 - Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

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

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

- Pour un trafic en voiture particulier : **TMJA×365×1.5t < 100000 t/ans**

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I_{CBR} + 5} \quad (\text{cm})$$

- Pour un trafic en voiture particulière: **TMJA×365×1.5t ≥ 100000 t/ans**

Avec:

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

- **e**: épaisseur.
- **I_{CBR}**: indice CBR (sol support).
- **N**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide
- **P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

- **Log**: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

Où:

C_1, C_2, C_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence :

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

Tableau .VIII.1 : Les valeurs des coefficients d'équivalence

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

VIII.5 - APPLICATION AU PROJET :

VIII.5.1 - Méthode de l'indice CBR :

1) Données de l'étude :

- Le trafic à l'année 2016 $TJMA_{2016} = 3277$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4$ %
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 42$ %
- L'année de mise en service sera en 2018
- La durée de vie estimée de 20 ans

2) Répartition de trafic :

- $TJMA_{2016} = 3277$ (V/j).
- $TJMA_{2018} = 3277 \times (1+\tau)^2 = 3544$ (V/j).

- $T_{PL2018} = 0,42 \times 3544 = 1489 \text{ PL/j/sens}$
- $T_{JMA2018} = 1489 \times 0,5 = 745 \text{ (V/j/sens)}$
- $T_{PL2038} = (1+\tau)^{20} \cdot T_{JMA2018} = (1+0,04)^{20} \times 745 \approx 1632 \text{ (PL/j/sens)}$

3) Calcul d'épaisseur:

On a **C.B.R= 9**

$TMJA \times 365 \times 1,5t \geq 100000 \text{ t/ans} \Rightarrow 3277 \times 365 \times 1,5 = 1794157,5 \text{ (t/ans)} > 100000 \text{ (t/ans)}$

Donc : $e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \Rightarrow e = \frac{100 + \sqrt{6,5}(75 + 50 \log \frac{1632}{10})}{9 + 5} = 40,94 \text{ cm}$

L'épaisseur totale :

$e = 40,94 \text{ cm} \approx 41 \text{ cm}$

4) Epaisseur équivalente :

$e_{\text{équivalente}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante :

$a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 41$

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3^{ème}

- **Couche de roulement** en béton bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ cm}$.
- **Couche de base** en grave concassé (GC) : $a_2 \times e_2 = 20 \times 1 = 20 \text{ cm}$.

Donc L'épaisseur de la **couche de fondation** e_3 en (TUF) est de : $a_3 \times e_3 = 20 \times 0,60 = 12 \text{ cm}$

$e_{\text{équivalent}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 6 \times 2 + 20 \times 1 + 20 \times 0,60 = 44 \text{ cm}$

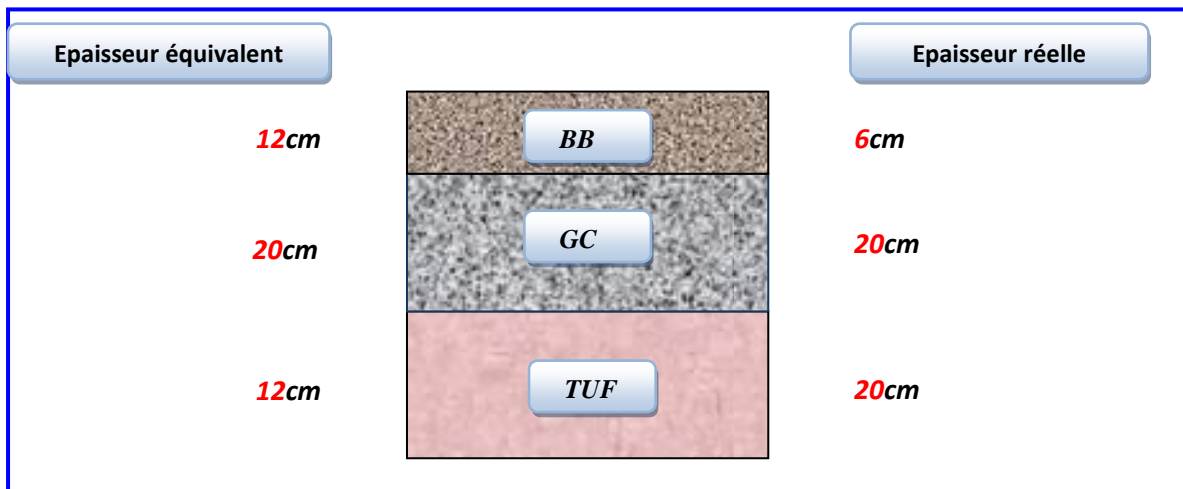


Fig. (VIII-3) : La structure de chaussée I

VIII.5.2. Méthode de catalogue des chaussées Neuves (CTTP) :

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

Détermination de la classe de trafic :

Réparation transversal de trafic

Chaussée Bidirectionnel à deux voies.

$$T_c = (3544 \times 0.42) \times 0.5 = 744.24 \quad T_c \approx 745 \text{ pl/j/sens}$$

- Trafic poids lourds : **Tc est compris entre 600 et 1500**

Donc : la classe de trafic est : **TPL5**

Détermination de la classe du sol :

- $I_{CBR} = 9 \rightarrow I_{CBR} (5 - 10)$

Donc : Le sol est classe sur la classe **S₃**.

D'après le catalogue des structures on trouve la structure suivante:

Structure souple (s, fiche n° 2) on a sol **S3** et trafic **TPL5**

on a besoin de faire une couche de forme de 40 cm pour augmenté la portance de sol.

Tableau .VIII.2 : sur classement avec couche de forme en materiau non traité

Classe de portance de sol terrassé (S _i)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (S _j)
< 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

La route est classe dans La zone climatique IV (Ouargla).

Dans notre cas la structure ne figure pas dans le catalogue des structures (fascicule 3 du catalogue algérien) dans ce cas on y obliger de sur classer le sol support pour aller pour une couche de classe S1 et pour ce la catalogue exige de poser une couche de forme de 70cm d'

épaisseur sur 2 couche comme stipuler dans le tableau ci-dessus, donc la structure de notre projet est composé de:

- **Couche de roulement** : Béton bitumineux (**BB**) = **6 cm**
- **couche de base** : Grave bitumineux (**GB**) = **14 cm**
- **Couche de fondation** : Tuf = **30 cm**

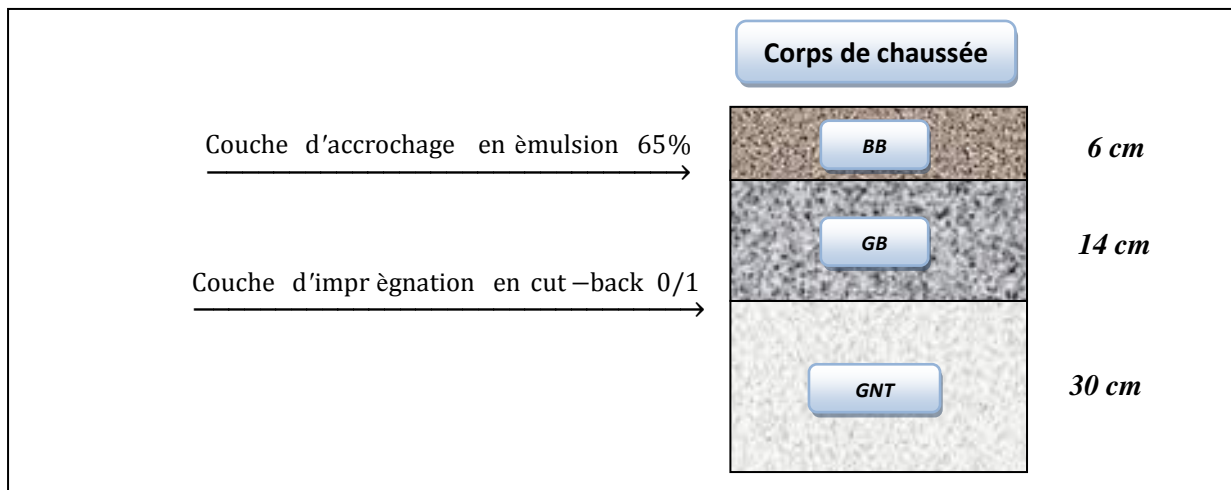


Fig. (VIII-4) : La structure de chaussée II

VIII.6 - Conclusion :

A la lumière de résultats obtenus par les deux méthodes, on adopte pour la totalité des travaux neufs les épaisseurs obtenues à travers la méthode CBR, pour des raisons économique :

- **Couche de roulement (BB)** de 6 cm.
- **Couche de base (GC)** de 20 cm.
- **couche de fondation en (TUF)** de 20 cm.

IX. ASSAINISSEMENT

IX.1 - INTRODUCTION:

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

1) Pour les chaussées :

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

2) Pour les talus :

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

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

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 coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.

- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

IX.3 - ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE:

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

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

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

a) Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

b) Fossé de crête de déblai :

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

c) Fossé de pied de talus de remblai :

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

d) Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un

tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

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

e) Descentes d'eau :

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

IX.4 - DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUE :

a) Bassin versant :

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

b) Collecteur principal (canalisation) :

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

c) Chambre de visite (cheminée) :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

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

d) Sacs :

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

e) Fossés de crêtes :

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

f) Décante d'eau :

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

g) Les regards :

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

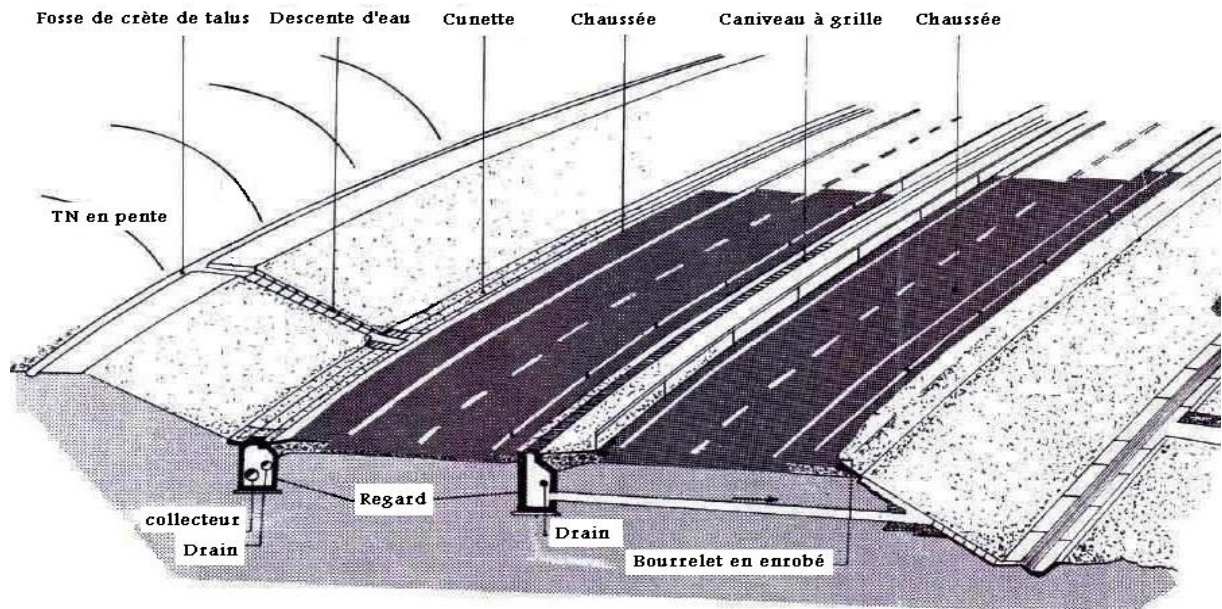


Fig. (IX-1) : l'emplacement des ouvrages d'assainissements

IX.5 - APPLICATION AU NOTRE PROJET :

Dans notre projet on y propose un système d'assainissement simple qui basé sur les pentes horizontales et verticales, ce systèmes est suffisant pour notre zone climatique caractérise par une faible pluviométrie et une sol support très perméable (sable de dune) qui ne pose aucune problème de stagnation.

X. SIGNALISATION

X.1 - INTRODUCTION :

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

X.2 - L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE :

La signalisation routière a pour objet :

- + De rendre plus sûre la circulation routière.
- + De faciliter cette circulation.
- + D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- + De donner des informations relatives à l'usage de la route.

X.3 - CATÉGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

- + La signalisation par panneaux.
- + La signalisation par feux.
- + La signalisation par marquage des chaussées.
- + La signalisation par balisage.
- + La signalisation par bornage.

X.4 - RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- + Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- + Cohérence avec les règles de circulation.
- + Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- + Éviter la publicité irrégulière.
- + Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

X.5 - TYPES DE SIGNALISATION :

X.5.1- Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.




Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a) - Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).





b) - Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

-  L'interdiction.
-  L'obligation.
-  La fin de prescription.

c) - Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

-  Signaux d'indication.
-  Signaux de direction.
-  Signaux de localisation.
-  Signaux divers.

d) - Signaux de position des dangers :

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

X. 5.2 - Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

a) - Marquage longitudinal :

Lignes continue :

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

Lignes discontinues :

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- ✚ lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- ✚ lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ✚ ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la longueur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

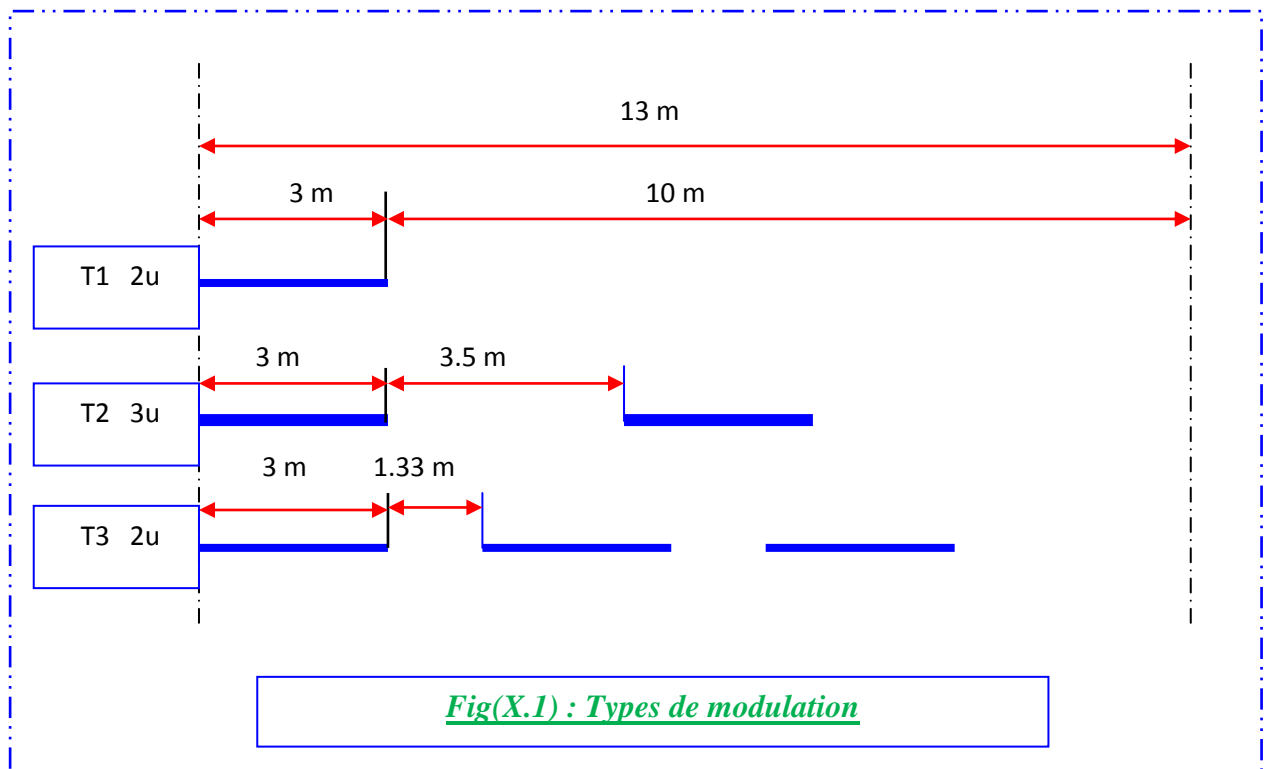


Tableau.X.1 : Caractéristiques des lignes discontinues

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
$\approx 1/3$	10 5	3 1.5	T ₁ T' ₁
≈ 1	3.5 0.5	6 0.5	T ₂ T' ₂
≈ 3	1.33 6	3 20	T ₃ T' ₃

b) - Marquage transversal :**Lignes transversales continue :**

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

Lignes transversales discontinue :

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

X.6 - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MARQUES :

- ✚ Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- ✚ La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
 - U = 7.5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
 - U = 6cm sur les routes et voies urbaines.
 - U = 5cm pour les autres routes.

X.7- APPLICATION AU PROJET :**✓ En allant D'El Rabah Vers Hassi Messaoud :**

PK 92+868.000.....A1a

PK 93+522.000..... A1a

PK 94+006.000.....A1a

PK 94+642.000..... A1a

PK 95+313.000.....	A1b
PK 98+545.000.....	A1b
PK 100+187.000.....	A1b
PK 102+881.000.....	A1a
PK 104+649.000.....	A1a
PK 106+273.000.....	A1a
PK 107+130.000.....	A1b
PK 107+712.000.....	A1b

✓ En Allant de Hassi Messaoud Vers Rabbah :

PK 93+337.000.....	A1a
PK 93+991.000.....	A1a
PK 94+474.000.....	A1a
PK 95+014.000.....	A1a
PK 96+286000.....	A1b
PK 99+772.000.....	A1b
PK 100+651.000.....	A1b
PK 103+564.000.....	A1a
PK 105+294.000.....	A1a
PK 106+614.000.....	A1a
PK 107+954.000.....	A1b
PK 108+675.000.....	A1b

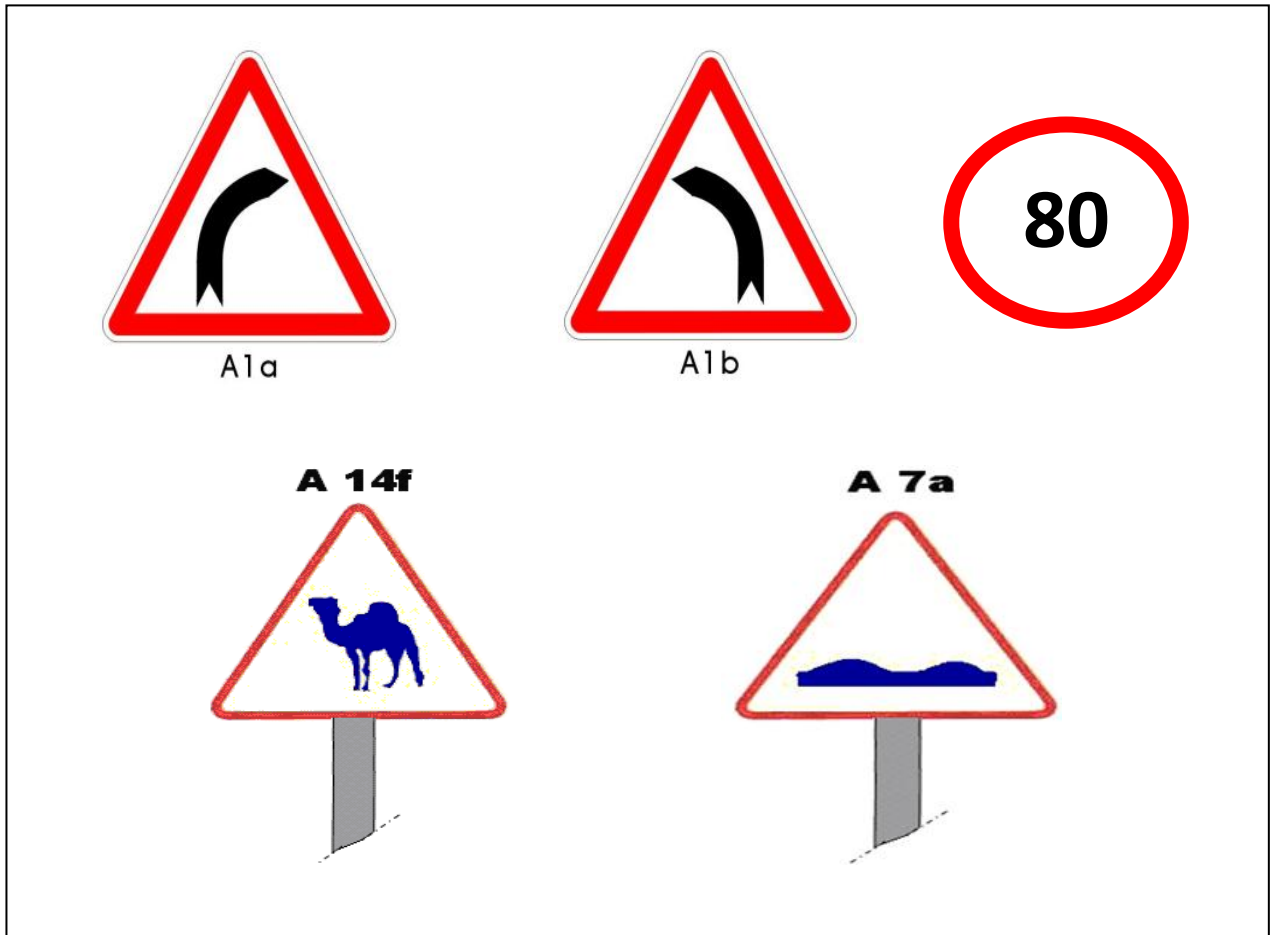


Fig. (X-2) : Signalisation verticale

1. Devis estimatif et quantitatif de la première variante (Méthode CBR):

COD	DESIGNATION DES OUVRAGES	UM	QUANTITE MARCHE	PRIX UNITAIRE	MONTANT
1	<u>Terrassement</u>				
1-01	Décapage de la terre superficielle	M ²	200498.16	80.00	16 039 852.80
1-02	Déblai en terrain meuble mise dépôt y compris transport à la décharge	M ³	81983.5	350.00	28 694 225.00
1-03	Déblai mise en Remblai	M ³	3191555.5	200.00	63 831 100.00
1-04	Remblais en provenance d'emprunt y compris transport	M ³	319155.5	400.00	12 766 200.00
2	<u>Chaussé</u>				
2-01	Couche de fondation en TUF	M ³	23391.45	450.00	10 526 152.00
2-02	Couche de base en grave concassée	M ³	23391.45	1900.00	44 443 755.00
2-03	Couche d'imprégnation en cut-back 0/1	M ²	177106.7	90.00	15 939 603.72
2-04	Revêtement en bâton bitumineux 0/14	T	16841.84	4200.00	70 735 728.00
2-05	Rechargement des accotements en TUF	M ³	12030.00	500.00	7 819 426.00
2-06	Revêtement des accotements en enduit superficiel monocouche	M ²	60149.45	300.00	18 044 835.00
3	<u>Signalisation</u>				
3-1	Signalisation horizontale	M ²	6005.4	120	720 648.00

3-2	Signalisation verticale	f	1	500000	500 000.00
				TOTAL HT	404957526.02
				TVA 19%	76941929.94
				TOTAL TTC	481899455.96

2. Devis estimatif et quantitatif de la deuxième variante (Méthode catalogue):

COD	DESIGNATION DES OUVRAGES	UM	QUANTITE MARCHE	PRIX UNITAIRE	MONTANT
1	<u>Terrassement</u>				
1-01	Décapage de la terre superficielle	M ²	200498.16	80.00	16 039 852.80
1-02	Déblai en terrain meuble mise dépôt y compris transport à la décharge	M ³	81983.5	350.00	28 694 225.00
1-03	Déblai mise en Remblai	M ³	3191555.5	200.00	63 831 100.00
1-04	Remblais en provenance d'emprunt y compris transport	M ³	319155.5	400.00	12 766 200.00
2	<u>Chaussé</u>				
2-01	Couche de forme en TUF	M ³	123974.7	450.00	55 788 615.00
2-02	Couche de fondation en GNT	M ³	35087.18	1800.00	63 156 920.40
2-03	Couche d'imprégnation en cut-back 0/1	M ²	177106.71	90.00	15 939 603.72
2-04	Couche de base en grave bitume	T	40083.6	5000.00	200 118 000
2-05	Couche d'accrochage en émulsion 65%	M ²	120299	110.00	13 232 890.00
2-06	Revêtement en bton bitumineux 0/14	T	16841.84	4200.00	70 735 728.00
2-07	Rechargement des accotements en TUF	M ³	12029.88	500.00	6 014 940.00
2-08	Revêtement des accotements en enduit superficiel monocouche	M ²	60149.45	300.00	18 044 835.00

3	<u>Signalisation</u>				
3-01	Signalisation horizontale	M ²	6005.4	120.00	720 648.36
3-02	Signalisation verticale	F	1	500000.00	500 000.00
				TOTAL HT	680779558.28
				TVA 19%	129348116.07
				TOTAL TTC	810127674.35

- Après avoir déterminé l'épaisseur de notre chaussée, et vue les différents résultats nous constatons que la première variante est la plus économique et pour des raisons technique et économiques nous avons opté pour les épaisseurs obtenues à travers la méthode CBR.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce projet de fin d'études a été une opportunité pour nous pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'université.

Dans notre démarche d'étude on a essayé de respecter tous les normes existantes qu'on ne peut négliger et on prend en considération, le confort et la sécurité des usagers.

Notre étude géotechnique et géométrique en phase APD nous a donné une occasion; De cerner tous les problèmes théoriques qui peuvent se présenter dans un projet routier en milieu saharien; de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

Ce modeste travail nous a poussé mieux à maîtriser l'outil informatique en l'occurrence le PISTE 5 et l'Autocad. Compte tenu de leur traitement rapide et exact des données, cet outil nous permettons de bien exploiter l'espace qui nous est réservé et d'éviter les contraintes existantes avec une détermination d'un meilleur tracé.

Finalement, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel par acquisition de plusieurs connaissances dans notre domaine.

Résumé

Le présent travail a pour but de présenter une étude géométrique et géotechnique détaillée sur un tronçon de route de 16 Km reliant la route national N° 03 et RN 16 la région TAIBAT (OURGLA) entre le PK 92+000 etPK108+000, ce tronçon est. Situé ZONE DE DUNE.

Le but de l'étude du projet est. de tronçon une solution technique et socioéconomique a fin de rapprocher la distance entre hassi Massoud et rabbah.

La route doit être construite avec beaucoup de So in et de rigueur, de façon à équilibrer entre la bonne conception, la sécurité et le confort des usages d'une part et les aspects économiques d'autre part. Les études techniques à partir de fond topographique avec le logiciel Piste 5.06 ont permis, en fonction des vitesses de référence, de dresser le différent profil : le profil en long, les profils en traverse et le trace en plan.

La détermination des différentes épaisseurs de chaussée fait suite à l'analyse des données géotechniques et à l'utilisation des différent méthodes de dimensionnement. et finalement on conclure par une estimation financière de projet en basant sur un devis quantitatif et estimatif récapitule tout les travaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Réalisation des remblais et couches de forme (GTR)
- B40 B41 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité 1972).
- Fascicule 3 du catalogue algérien.
- Coure de route.

