

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



Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Projet de Fin d'Études

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

Thème

Etude de liaison Bougoufa route Robbah-H.M.D sur 6.5 km
avec conception de deux carrefours.

Encadré par :

Mr.BAHI Abderrazak

Présenté par :

ZELACI Taha
SLIMANI Lazhari

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Toute notre gratitude, grâce et remerciement vont à dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions nos parents pour leurs aides matérielle et morale durant toute la période de notre formation.

*Nous remercions notre encadreur Mr **Bahi Abderrazak** pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.*

*Nous tenons à remercier aussi Mr **.BRAHIM BEN HENICHE***

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

Toute notre gratitude va à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation

Tout notre remerciement a nos collègues de l'Ecole National supérieur des Travaux Publics pour leurs collaboration et leurs soutient morale





DEDICACE

*TOUT D'abord je remercie le bon dieu qui ma donne le courage pour
arriver a ce stade des fin des études*

Je dédie ce modeste travail à :

*A ma plus belle étoile qui puisse exister dans l'univers ma
Chère mère*

A mon père.

Mes frères

Mes sœurs

Toute ma famille sans aucune exception.

Mon ami et binôme LAZHARI.

*A tous mes amis .surtout : MOHAMED, KACEM,
BRAHIM, MOSTAFA. CHOVAIB, ALI.*

A tout la promotion 2012.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.



TANA



DEDICACE

*TOUT D'abord je remercie le bon dieu qui ma donne le courage pour
arriver a ce stade des fin des études*

Je dédie ce modeste travail à :

*A ma plus belle étoile qui puisse exister dans l'univers ma
Chère mère*

A mon père.

Mes frères

Mes sœurs

Toute ma famille sans aucune exception.

*Mon ami et binôme **TAHA**.*

*A tous mes amis .surtout : BRAHIM, ADEL,
BAHI, SABER, SAID,
ALI ,SLIMANE,ZINHOMME,HAKHO,MOSTAFA.*

A tout la promotion 2012.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.



LAZHARI

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION GENERALE	
.....	01
PRESENTATION GENERALE	
I. Généralités sur la wilaya d’El-oued .	02
II. Présentation du projet.	07
III. CONCLUSION.....	10
PARAMETRES FONDAMENTAUX D'UN TRACE ROUTIER	
I. Niveau de service.....	11
II. Vitesse de référence.	12
III. Vitesse de projet.	12
IV. Hauteur de l’œil et des obstacles.	12
V . Temps de perception- réaction.	13
VI. Paramètres fondamentaux.	15
AVANT PROJET DETAIAIS	
CHAPITRE I. ETUDE DE TRAFIC	
I.1 Introduction.	16
I.2 Analyse du trafic.	16
I.3 Différents type de trafic.	16
I.4 Modèles de présentation de trafic.	17
I.5 Calcul de la capacité.	17
I.6 Application au projet.....	20
CHAPITRE II. TRACE EN PLAN	
II.1 Définition.	24
II.2. Règles à respecter dans le tracé en plan.	24
II.3. Les éléments du tracé en plan.	24
II.4. Combinaison des éléments de tracé en plan.	32
II.5. Paramètres fondamentaux	33
II.6. La vitesse de référence (de base).....	33
II.7. Calcul d'axe	34
CHAPITRE III. PROFIL EN LONG	
III.1. Définition.	38
III.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long.	38
III.3. les éléments de composition du profil en long	39
III.4. Coordination du tracé en plan et profil en long.	39
III.5. Déclivités	39
III.6. Raccordements en profil en long.	40

III.7.. Détermination pratique du profil en long.....	42
III.8. Exemple du calcul de profil en long.	45

CHAPITRE IV. PROFIL EN TRAVERS

IV.1. Introduction.	46
IV.2. Les éléments constitutifs du profil en travers.	46
IV.3. Le profil en travers type du projet.....	48

CHAPITRE V. LES CUBATURES

V.1. Introduction.	49
V.2. Définition.	47
V.3. Méthodes de calcul des cubatures.	47
V.4. Calcul des cubatures de terrassement.	51

CHAPITRE VI. ETUDE GEOTECHNIQUE

VI.1. Introduction.	52
VI.2. Les moyens de la reconnaissance :	52
VI.3. Caractéristiques des matériaux pour remblais.....	58
VI.4. Caractéristiques des matériaux pour corps de chaussées	59
VI.5. Programmes d'intervention géotechnique.	63

CHAPITRE VII. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VII.1. Introduction.	65
VII.2. La chaussée.	65
VII.3. Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée. ...	68
VII.4. Les principales méthodes de dimensionnement.	70
VII.5. Application au projet.	75

CHAPITRE VIII. CHOIX ET CONCEPTION DES CARRFOURS

VIII.1. Introduction.	84
VIII.2. Choix de l'aménagement	84
VIII.3. Les types des carrefours.....	84
VIII.4. Principes généraux d'aménagements d'un carrefour	86
VIII.5. Application au projet.....	87

CHAPITRE IX. ASSAINISSEMENTLES

IX.1. Introduction.	92
IX.2. Objectif de l'assainissement.....	92
IX.3. assainissement de la chaussée.	93

CHAPITRE X PROBLEME DE L'ENSABLEMENT

X.1 Introduction.	96
X.2 Définition.	96
X.3 Technique de la palissade.	97

X4. Les recommandations.	98
X5. Conclusion.	99

CHAPITRE XI. SIGNALISATION

XI.1. Introduction.	100
XI.2. Dispositifs de retenue.	100
XI.3. Signalisation.	100
XI.4. Les types de signalisation.	100
XI.5. Application au projet.	104

CHAPITRE XII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

.....	107
-------	-----

CONCLUSION GENERALE	109
BIBLIOGRAPHIE	110
ANNEXES	

Introducción generale

INTRODUCTION GENERALE

A La fin de chaque cycle de formation, l'école nationale supérieure des travaux publics (ENSTP), prévoit dans son programme du deuxième semestre de la cinquième année un travail de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois environ.

L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :

- compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
- s'intégrer au monde du travail.
- connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics.

De ce fait l'élève ingénieur est appelé à fournir beaucoup d'effort, faire des observations; des remarques afin de présenter un travail qui est digne de son nom.

C'est dans ce cadre que la direction des travaux publics d'El-Oued nous a proposé un projet de fin d'étude qui consiste en :

Etude de liaison Bougoufa route Robbah-H.M.D sur 6.5 km avec conception de deux carrefours

Le projet consiste à réaliser une liaison de 6.5km, débutant au niveau du village de Bougoufa (CC251) et met une fin au niveau de la route hmd-Robbah.

Les avantages qui découlent de notre projet sont de deux ordres à savoir:

Les avantages directs : qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

Les avantages indirects : qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

Presentation générale

I. Généralités sur la wilaya d'El-oued :

I.1 Situation géographique :

La wilaya d'El-Oued se situe au Sud Est du pays à une distance de 650 km de la capitale, elle occupe une superficie de 54573 km² avec une population qui avoisine 673 934 habitants soit une densité de 13 habitants par km².

Sur le plan administratif, la wilaya comporte 12 daïras et 30 communes, elle est limitée administrativement par :

- La wilaya de BISKRA et TEBESSA et KHENCHELA au Nord.
- La wilaya de DJELFA à l'Ouest.
- La wilaya D'OUARGLA au Sud et au Sud-ouest.
- La frontière TUNISIENNE en Est.

La longueur de sa frontalière avec la Tunisie est de 300 Kms environ

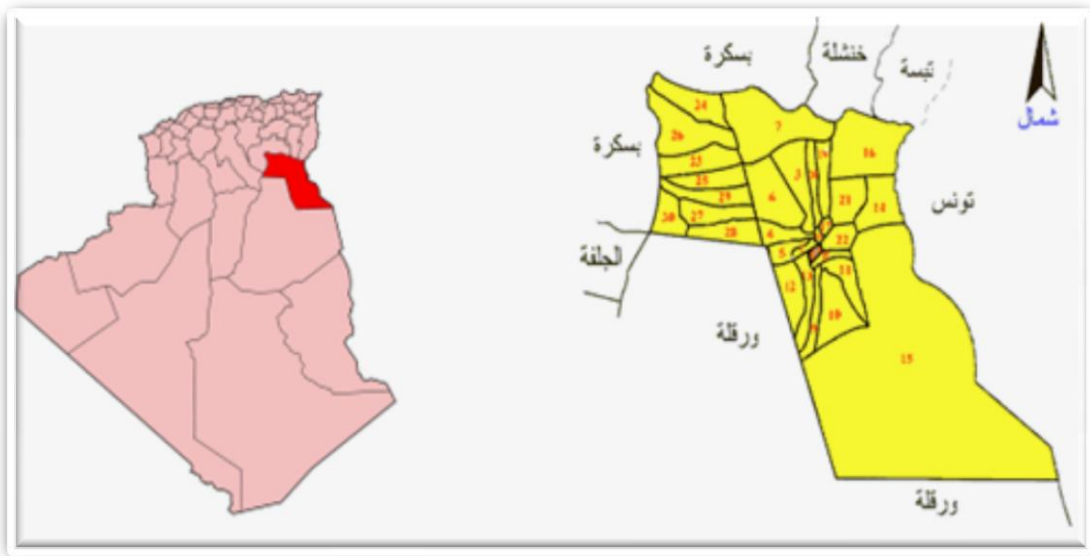


Fig (a): plan de situation wilaya d'el-oued

Plan de situation wilaya d'El-oued

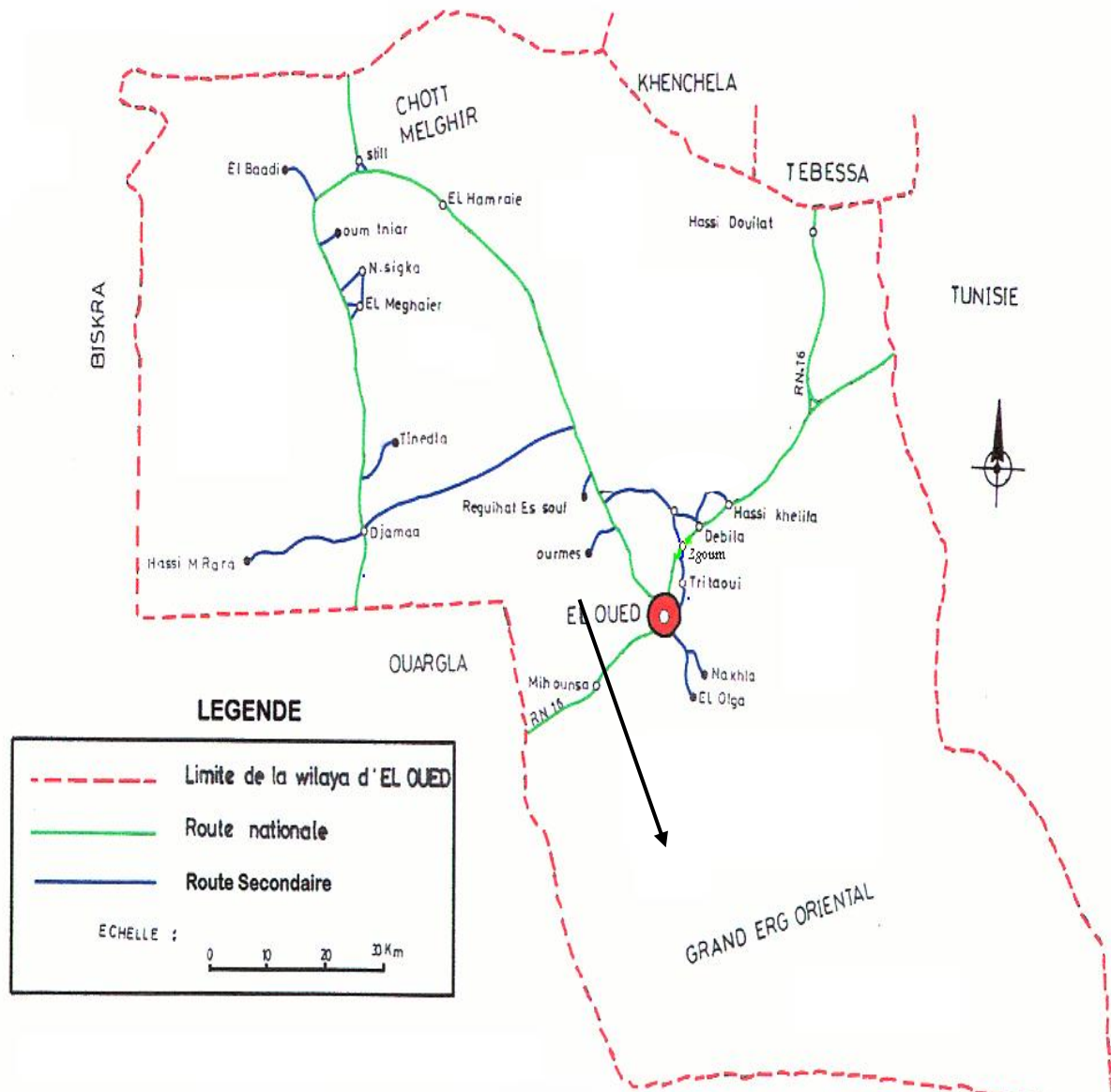


Fig (b): plan de situation wilaya d'el-oued

1.2 le Relief D'El-oued :

Elle est couverte par le grand Erg Oriental sur les 2/3 de son territoire. La configuration du relief se caractérise par trois grands ensembles à savoir :

- Une région de sable qui couvre la totalité du Souf, ainsi que les parties Est et Sud de l'Oued Righ.
- Un plateau rocheux qui longe la RN3 et s'étend vers le Sud.
- Une région de dépression, la zone des chotts qui sont situées au Nord de la Wilaya et se prolonge vers l'Est pour rejoindre le chott Djerrid en Tunisie.
- Les vallées : sont représentées par la vallée fossile d'Oued Mya et la vallée d'Oued Righ, assez prospères.
- Les plaines : assez réduites, se rencontrent à la limite occidentale de la wilaya.

SEBHKA



Fig (c): chotts



Fig (d): le grand Erg Oriental



Fig (e): la vallée d'Oued Righ

I.3 Le Patrimoine minier :

Les gisements de minéraux sont principalement exploités pour la production de matériaux de construction.

L'Argile : la région de Oued Righ dans la wilaya d'El Oued est une zone argileuse elle est exploitée par d'unités de productions de briques

Le plâtre : une exploitation traditionnelle de ce produit est moyennement développée par des fours à plâtre traditionnels, et également une unité dispose d'un four rotatif mais la qualité de la production est améliorée

Des tests ont été faits dans d'autres régions de la wilaya qui ont abouti à des résultats étonnants comme dans la localité de Djamaa par exemple où la roche est composée de plus de 90 % de plâtre.

Ce produit peut être développé pour la production de plaques de décorations, de plâtre médical et de la pierre silico-calcaire pour bâtiment.

Matières premières	Capacités de production (possibles)
Sel	1500 000t/an, renouvelables
Sable	300 000 m3/an
Tuf	1 000 000 m3/an
Argile	200 000 t/an
Gypse	50 000 t / an

Tableau (a) Gisements exploités.

I.4 Climatologie:

- Nous sommes dans un contexte climatique saharien, les pluies sont rares et surviennent généralement sous forme d'orages, (pluviométrie < 100mm).
- Les températures moyennes journalières oscillent entre 30 et 50°C à l'ombre pendant l'été.
- En hiver les moyennes journalières oscillent entre 5 et 10°C la nuit et entre 20 et 25°C le jour.

Les vents de sable sont fréquents dans la région, il atteint ses valeurs maximales durant la période de Mars à Mai avec des vitesses de 20 à 30 m/s.

II. PRÉSENTATION DU PROJET:

II.1 DEFINITION DE PROJET :

La route objet de l'étude est une liaison reliant la région Ouest du Souf à la route de Robbah – Hassi Messaoud, c'est à dire relier les villes de Oued Alenda et Mih Ouensa et leurs environs à la route Robbah - Hassi Messaoud,

Rappelons que le linéaire total étudié est de 10130.22 ML, composé par deux tronçons, le premier sous titré Tronçon principal sur un linéaire de 6543.676ml et le deuxième c'est le Tronçon secondaire sur un linéaire de 3636.09 ml.

Tronçon principal :

L'origine du tronçon principal se situe à l'entrée du village de Bougoufa (C.C 251), puis traverse l'aire de jeux (un espace aménagé en tuf), ensuite contourne le village de Bougoufa du côté Est, et après passe jusqu'à l'arrivée à la fin du projet PK 6+543,

notons que l'intersection avec la route de Robbah - H.M.D est située au Pk:26+700, on signale aussi l'existence d'un Ghôt de palmeraies au Pk 5+200 à gauche du tracé à une distance de 100 m, ce tronçon est d'un linéaire de 6543.676 ml,



Fig (f): Ghôt de palmeraies

Tronçon secondaire :

Le tronçon secondaire c'est le complément de la liaison des villages avoisinants, sur un linéaire de 3636.09 ml, qui va relier le village de Mih Moulehoum à Khobna Essafra et Bougoufa par l'intermédiaire des C.C 251 et C.C 204, l'origine du tronçon c'est le point d'intersection du C.C 251 avec C.C 204,

La fin du tronçon à Pk:3+636 (intersection avec le C.C 252 au village de Mih Moulahoum).

Mais Dans cette étude, nous présentons une étude de la **Tronçon principal** qui relie Bougoufa (C.C 251) avec la route de Robbah - H.M.D sur une longueur d'environ 6543.676ml, avec conception de deux Carrefours.

II.2 BUT DE PROJET :

Le but de cette étude est de projeter une route qui va améliorer les possibilités de contacts et d'échanges, désenclaver plusieurs localités limitrophes tel que les villages de Khobna Essafra, Bougoufa et Mih Moulehoum, créer des nouvelles zones agricoles, ainsi que la liaison directe de la région Ouest du Souf à Hassi Messaoud.

La réalisation de cette route dans cette région influe directement sur le développement de l'économie des communes Mih Ouensa et Oued El-Alenda.

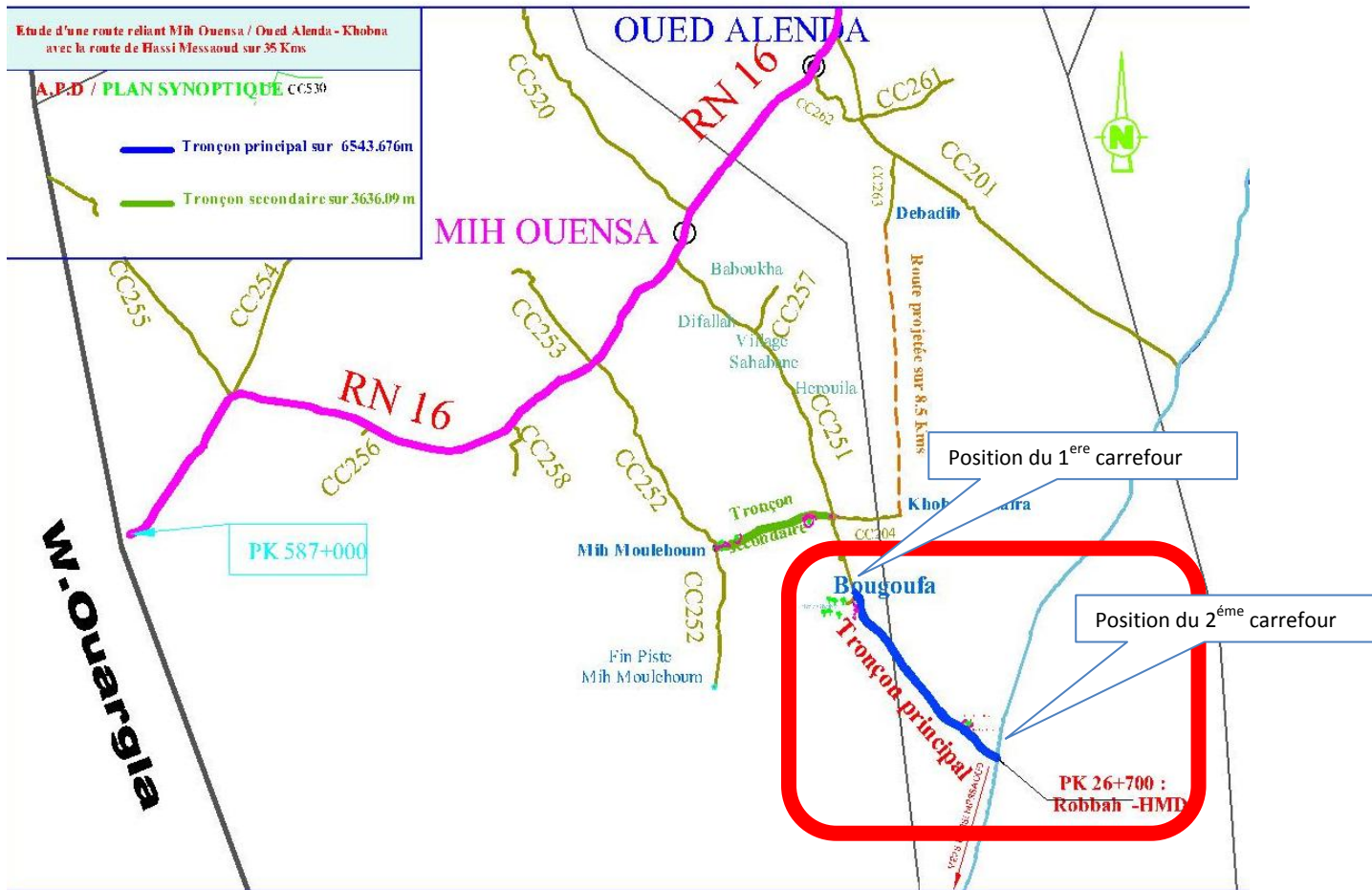
II.3 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU PROJET :

La route objet de l'étude est située au Sud Ouest de la Ville de El-Oued (chef lieu de la Wilaya) à environ 37 Kms; située dans la carte d'Afrique (Sahara) Touggourt NI 32-SO, sur un linéaire de 10.130 Kms.

II.3.1 La géomorphologie :

Le terrain de notre tracé se situe dans la partie Nord-est du grand erg oriental, la nature du sol selon carte et d'après les observations faites sur site est composée essentiellement par un sable vif de dune.

Fig (g): présente la zone d'étude projet



Le sectionnement géomorphologique du tronçon principal est comme suit:

Section n°01:

Début à l'origine du projet au PK 0+000 à l'entrée du village de Bougoufa et se termine près de la localité de Mih M'barek au PK 1+300, caractérisée par un terrain moyennement accidenté (zone de sifs de moyenne hauteur, avec une dénivelée de ± 4.5 m).

Section n°02: Début près de la localité de Mih M'barek au PK 1+300, et se termine à la fin du projet (intersection avec la route de H.M.D – Robbah) au PK 6+543,

caractérisée en général par un terrain d'une dénivelée ± 2 m.



1^{ère} Section d'une dénivelée de ± 4.5 m



2^{ème} Section d'une dénivelée de ± 2 m

II.3.2 L'hydrographie :

La zone traversée par le couloir du tracé est de nature sableuse et d'un climat sec (zone semi aride) avec une pluviométrie faible, donc pas d'écoulement d'eau même aux moments des crues (l'eau est absorbée par le sable), et aucune trace d'Oued.

La nappe phréatique dans cette zone est d'une profondeur variable de 10 à 13 m.

III. CONCLUSION :

Avantages rapportés par le projet pour les autres secteurs (Agriculture – Elevage).

- **Coté social :**

- Désenclavement (Education, santé, transport) des villes d'Oued Alenda et Mih Ouensa et leurs environs.

- **Coté stratégique :**

- Axe important, relier la route Robbah/H.M.D avec les villes et les villages d'ouest de la wilaya d'El-Oued et les villes et les villages Est de la wilaya d'Ouargla.

- **Coté environnement :** Impact du projet sur l'environnement

Parametres fondamentaux d'un trace routier

I.Niveau de service :

Dans chaque catégorie de liaison, la route est caractérisée par des conditions minimales d'aménagement dépendant de :

- ❖ La qualité de service assurée à l'utilisateur.
- ❖ L'intensité du trafic et de sa composition.
- ❖ Caractéristiques topographiques.

I.1.Environnement de la route :

L'environnement de la route est caractérisé par deux indicateurs :

La dénivelée cumulée moyenne et la sinuosité.

❖ **La dénivelée cumulée moyenne :**

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire, le rapport de la dénivelée cumulée total H à la longueur total de l'itinéraire L permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

❖ **Sinuosité :**

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

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

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

SINUOSITE	FAIBLE ($\Delta < 0.1$)	MOYENNE $0.1 < \Delta < 0.3$	FORTE $\Delta > 0.3$
RELIEF			
Plat ($H/L < 1.5\%$)	E1	E2	
Vallonné ($1.5\% < h/L < 4\%$)	E2	E2	E3
Montagneux ($h/L > 4\%$)		E3	E3

Tableau (b) Environnement de la route.

I.2. La catégorie de la route :

Le ministère a subdivisé ses routes en cinq (05) catégories suivant leurs finalités économiques et administratives des itinéraires considérés.

Notre projet est une liaison reliant directement la région Ouest du Souf à la route de Robbah – Hassi Messaoud

Ce qui place notre projet dans une catégorie (2).

II. Vitesse de référence :

La vitesse de référence est le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire et pour la corrélation de ses paramètres entre eux ; elle dépend de la catégorie, de l'environnement et de la politique économique du pays.

Le choix de la vitesse de référence joue un rôle très important sur le coût du projet. Choisir une vitesse de base élevée nécessite un aménagement plus approprié et adapté à cette vitesse.

III. 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.

✓ Remarque :

On conclure que Nous sommes dans un environnement E1, catégorie C2, la vitesse de référence sera de 80Km/h.

IV. Hauteur de l'œil et des obstacles :

Les hauteurs de l'œil et des obstacles sont des paramètres intervenant dans les calculs de distance de visibilité en point haut et bas, elles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel dans le plan vertical.

HAUTEUR DE L'ŒIL (H0)	HAUTEUR DE L'OBSTACLE EVENTUEL (H1)	HAUTEUR DE L'OBSTACLE PERMANENT(H2)
1.1m	0.15m	1.2m

Tableau (c) Hauteur de l'œil

V.Temps de perception- réaction :

Le temps de perception – réaction est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement.

❖ On a une route de catégorie C3 et d'environnement E1, donc on aura :

$t_1 = 1.8s$ pour $V > 80 \text{ km/h}$

$t_1 = 2s$ pour $V \leq 80 \text{ km/h}$.

❖ **Coefficient de frottement longitudinal f_l :**

Ce coefficient varie avec la vitesse, il intervient dans la détermination des distances théoriques de freinage.

Pour notre projet $f_l = 0.39$, fonction de la vitesse de base et la catégorie.

❖ **Coefficient de frottement transversal f_t :**

Ce coefficient dépend de la vitesse de base et utilisé pour déterminer le rayon en tracé en plan associé à un devers donné et inversement.

Dans notre cas on a : $f_t = 0.13$.

✓ **Distance élémentaire de freinage d_0 :**

C'est la distance parcourue par le véhicule pendant le freinage, sans la distance de perception- réaction :

Sur une route en palier :

$$d_0 = \frac{V^2 (Km/H)}{260f_l}$$

• **Application au projet :**

$$d_0 = \frac{V^2 (Km/H)}{260f_l} \quad \text{Avec } V_B = 80 \text{ km/h et } f_l = 0.39$$

$$d_0 = 63.12m$$

➔ en se référant au tableau B40 et avec une vitesse de base 80Km/h :

$$d_0 = 65 \text{ m.}$$

Sur une route en déclivité :

$$d_0 = \frac{V^2 (\text{Km/h})}{260(f_l \pm i)}$$

❖ **La distance d'arrêt d_1 :**

Avant de s'arrêter le véhicule parcourt deux distances :

- ➔ Distance parcourue pendant le temps nécessaire au conducteur pour percevoir l'obstacle et pour réagir sur ses freins (temps perception -réaction) qui égale à :

$$v \times t_1 = \frac{V}{3.6} \times t_1$$

- ➔ Et la distance sur laquelle devrait s'exercer le freinage pour obtenir l'arrêt :

$$d_i = \frac{V^2}{260f_l}$$

$$d_1 = \frac{V}{3.6} \times t_1 + \frac{V^2}{260f_L} \quad \text{en palier et en alignement}$$

• **Application au projet :**

$$d_1 = \frac{V}{3.6} \times t_1 + \frac{V^2}{260f_L}, \quad (V_B = 80\text{km/h}, f_l = 0.39 \text{ et } t_1 = 2\text{s})$$

$$d_1 = 107.5\text{m}$$

D'après le B40, et avec $t_1 = 2\text{s}$ et $(V=80\text{Km/h})$

$$\Rightarrow d_1 = 109\text{m}$$

Sur une route en déclivité :

$$d_1 = \frac{V}{3.6} \times t_1 + \frac{V^2}{260(f_L \pm i)}$$

VI.Paramètres fondamentaux :

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Environnement	E	E ₁	
catégorie	C	C (2)	
Vitesse	V _B	80	km/h
Temps de perception réaction	t ₁	2	s
Frottement longitudinal	f _L	0.39	
Frottement transversal	f _t	0.13	
Distance de freinage	d ₀	65	m
Distance d'arrêt	d ₁	109	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	d _m	320	m
Distance de visibilité de dépassement normale	d _N	480	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	d _{Md}	200	m

Tableau (d) Paramètres fondamentaux

CHAPITRE I

Etude de Trafic

1.1. Introduction:

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic et son agressivité, et aussi le type d'aménagement à réaliser.

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routiers, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donnée sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autres termes de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

1.2. 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 appropriée.

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

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

1.3. Différents types des trafics:

On distingue quatre types de trafic:

I.3.a) Trafic normal: C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

I.3.b) Trafic induit: C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

I.3.c) Trafic dévié: C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée.

La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

I.3.d) Trafic total: C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

I.4. MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC:

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humains.

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.

► 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

✓ Remarque:

Pour notre cas, nous utilisons la méthode « **prolongation de l'évolution passée** » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

I.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.

I.5.a) 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.
- ✓ **TJMA₀** : trafic journalier moyen à l'année 0.
- ✓ **τ** : taux d'accroissement annuel.
- ✓ **n** : nombre d'années à partir de l'année d'origine.

I.5.b) Trafic effectif:

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

$$T_{eff} = [(1-Z) + PZ]$$

Tel que :

Z : le pourcentage de poids lourds.

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

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « **P** » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Tableau .1.1 : Coefficient d'équivalence « P »

ROUTES	E ₁	E ₂	E ₃
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

I.5.c) Evaluation de la demande:

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$Q = 0.12T_{\text{eff}} \quad (\text{UVP/h})$$

I.5.d) Evaluation de l'offre:

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

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

Tel que :

C_{th} : la capacité théorique.

K_1 : coefficient qui dépend de l'environnement.

K_2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Tableau .1.2 : Coefficient « K_1 »

ENVIRONNEMENT	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau .1.3 : Coefficient « K_2 »

	CATEGORIE DE LA ROUTE				
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau .1.4 : Capacité théorique « C_{th} »

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

I.5.e) Calcul du nombre de voies :

☒ Chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

☒ Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :

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

Tel que :

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

I.6. Application au projet :**I.6.a) Les données de trafic:**

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par le DTP d'El-Oued qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année **2008** $TJMA_{2008} = 2516v/j$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80km/h$
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 20\%$
- L'année de mise en service sera en **2013**
- La durée de vie estimée de **20** ans

I.6.b) Projection future de trafic :❖ **Trafic l'année de mise en service (2013) .**

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

Avec : $TJMA_h$: année de mise en service **2013**

TJMA₀ : trafic à l'année zéro 2008

$$TJMA_{2013} = 2516 \times (1 + 0,04)^5 = 3061 \text{ v/j.}$$

Donc :

$$TJMA_{2013} = 3061 \text{ v/j}$$

❖ **Trafic l'année horizon (2033) ;**

La durée de vie estimée de **20 ans**

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

Avec : **TJMA_h : trafic à l'année de horizon 2033**

TJMA₀ : trafic à l'année de mise en service 2013

La durée de vie estimée de **20 ans**

$$TJMA_{2033} = 3061 \times (1 + 0,04)^{20} = 6707 \text{ v/j.}$$

Donc :

$$TJMA_{2033} = 6707 \text{ v/j.}$$

I.6.c) Calcul du trafic effectif :

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

Avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds.

Pour une route à deux voies et un environnement **E₁** on a **P=3**

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à **20%**

$$T_{\text{eff } 2033} = [(1 - Z) + Z.P].TJMA_{2033}$$

$$T_{\text{eff } 2033} = [(1 - 0.2) + 0.2 \times 3] .6707 = 9390 \text{ uvp/J.}$$

Donc :

$$T_{\text{eff}} = 9390 \text{ uvp/J}$$

I.6.d) Débit de pointe horaire normale :

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

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

$$Q = 0.12 \times 9390 = 1127 \text{ uvp/h}$$

Donc:

$$Q_{2033} = 1127 \text{ uvp/h}$$

I.6.e) Calcul de la capacité et nombre des voies

Le débit que supporte une section donnée :

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

Avec :

K_1 : coefficient correcteur pris égal à **0.75** pour E_1

K_2 : coefficient correcteur pris égal à **1** pour environnement (E_1) et catégorie (C_2)

C_{th} : capacité théorique

On compare $Q_{prév}$ à Q_{adm} des différents types de route et on choisit le type où

$$Q_{adm} \geq Q_{prév}$$

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

$$\text{D'où } C_{th} \geq Q_{prév} / (K_1 \times K_2) = 1127 / (0,75 \times 1) = 1503 \text{ uvp/h}$$

$$C_{th} \geq 1503 \text{ uvp/h}$$

D'après le tableau des capacités B40, on trouve :

$C_{th} = 2000$ (d'après le **B40** pour E_1 , C_2 et pour une chaussée à **2 voies**).

$$Q_{adm} = 0,75 \times 1 \times 2000 = 1500 \text{ uvp/h}$$

Donc :

$$Q_{adm} = 1500 \text{ uvp/h}$$

Donc on est besoin de réaliser une route de deux voies de 3,5m de largeur

$$N = 1 \text{ voie /sens}$$

I.6.f) - Calcul de L'année de Saturation De 2 Voies:

$$T_{eff} (2013) = [(1 - 0.2) + 3 \times 0.2] \times 3061$$

$$T_{eff} (2013) = 4286 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2013} = 0,12 \times 4286 = 514 \text{ uvp/h.}$$

$$\text{Donc : } Q_{2013} = 514 \text{ uvp/h}$$

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

$$Q_{\text{saturation}} = 1500 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2013}$$

$$\Rightarrow n = \frac{\ln(Q_{\text{saturation}} / Q_{2013})}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{1500}{514})}{\ln(1 + 0.04)} = 27.30 \approx 27 \text{ ans}$$

$$\text{Donc : } n = 27 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée 27 ans après la mise en service donc l'année de saturation est :
Année : 2040

Tableau 1.5: Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA ₂₀₁₃ (V/J)	TJMA ₂₀₃₃ (V/J)	T _{EFF} 2033(UVP/J)	Q ₂₀₃₃ (UVP/H)	N
3061	6707	9390	1127	1

☒ **Conclusion**

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que son profil en travers est de:

Chaussée de **1** voie par sens (**2×3.50 m**) Donc **bidirectionnelle**.

CHAPITRE II

Trace en plan

II.1 DÉFINITION:

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route, c'est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route.

II.2 RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN :

Le tracé en plan doit assurer aux usagers un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à R_{Hnd} (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- valeurs des rayons supérieur ou égal au rayon minimum normal.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant
- Eviter le franchissement des oueds en minimise au maximum le nombre d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé

II.3 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 qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles, il se fait à l'aide de Clothoïdes qui assurent un raccordement progressif.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

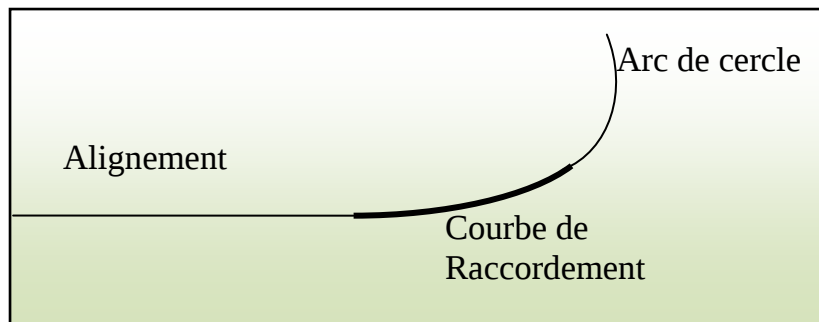


Figure (1): Éléments géométriques constituant le tracé en plan.

II.3.a) Les alignements :

La droite est 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 où, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- 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 *cinq* (5) secondes à la vitesse de base permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6} \quad V_B: \text{vitesse de base en km/h}$$

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

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

• Donc :

$$111.11\text{m} < L \text{ (m)} < 1333.33\text{m}$$

II.3.b) Arcs De Cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- ❖ Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulants 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.

II.3.b.i) 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 cette force, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

II.3.b.ii) Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal.

f_t : coefficient de frottement transversal.

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

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

II.3.b.iii) Rayon minimal normal (RHN) :

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

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

II.3.b.iv) 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_B serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé **dmin** = 2.5% en catégorie 1 – 2

dmin = 3% en catégorie 3 - 4

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

II.3.b.v) 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_B une courbe de devers égal à dmin vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

- Pour les catégories 1-2

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.0035}$$

- Pour les catégories 3-4-5

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

Avec :
 $f^{\wedge} = 0.07$ cat 3
 $f^{\wedge} = 0.075$ cat 4 - 5

Pour notre projet dans un environnement (E_1), et classé en catégorie (C_2) avec une vitesse de base de **80km/h**, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

Tableau 2.1 rayons du tracé en plan

PARAMETRES	SYMBLES	VALEURS
Vitesse (km/h)	V	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

II.3.b.vi) Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon $\geq$ à RHN.
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près.

Si $RHm < R < RHN$:

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

Si $RHN < R < RHd$

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

- Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal d_{min} .
- Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.

✓ Remarque :

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

II.3.b.vii) Surlargeur.

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.

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

L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10 m).
R : rayon de l'axe de la route.

II.3.c) Les Courbes De Raccordement :

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

- ✓ La stabilité transversale de véhicule.
- ✓ Le confort des passagers.
- ✓ La transition de la chaussée
- ✓ Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Il y a beaucoup des courbes de raccordement Pour assurer ce confort. Mais la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

II.3.c.i) Expression de la clothoïde :

La courbure est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L (où L longueur de la clothoïde).

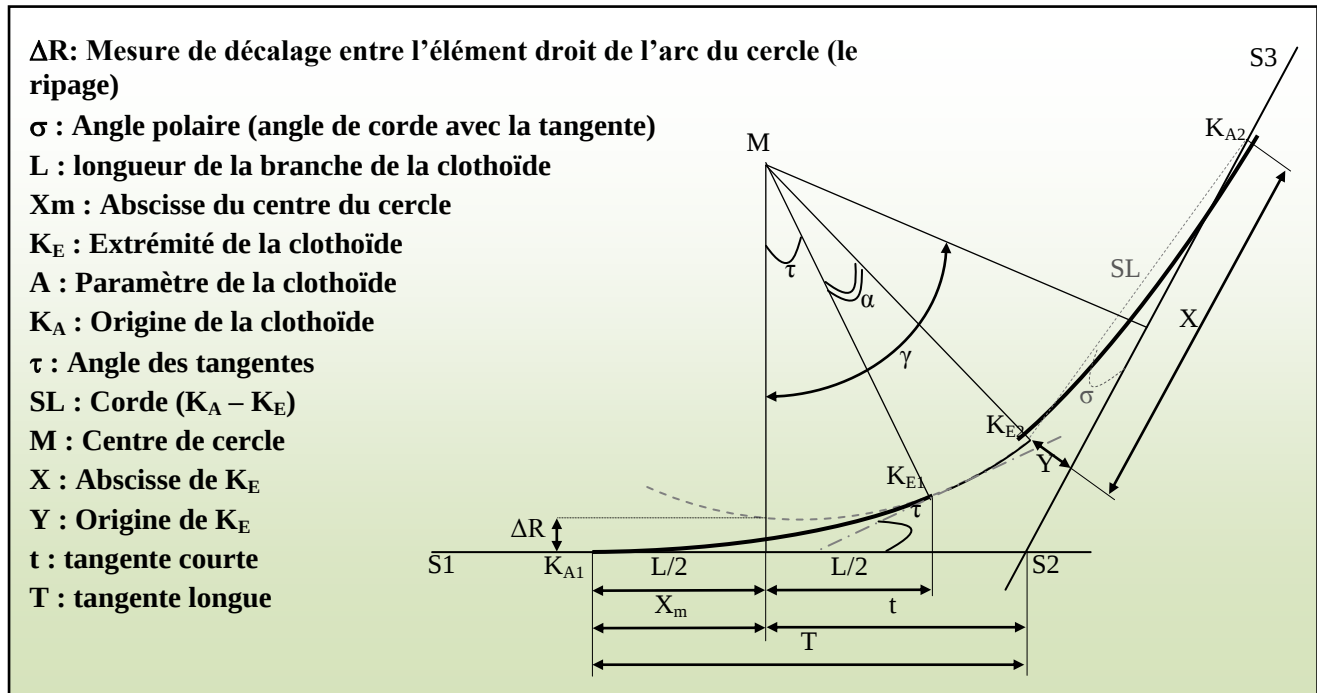
$$\Rightarrow K = C \cdot L ; K = \frac{1}{R} \quad L \cdot R = \frac{1}{C}$$

On pose : $\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow$

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

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

II.3.c.ii) Les éléments de la clothoïde :



Figure(2).éléments de la clothoïde

II.3.c.iii) Les conditions de raccordement :

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

❖ Condition optique :

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

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

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

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

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

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

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

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

❖ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule. La variation de l'accélération transversale est : $(\frac{V_B^2}{R} - g \cdot \Delta d)$ Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg=g/0$. Avec une gravitation $g = 9.8m/s$ on opte :

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

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

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

❖ **Condition de gauchissement :**

La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule, le raccordement doit assurer Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet, on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte $\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$

Nous avons :

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

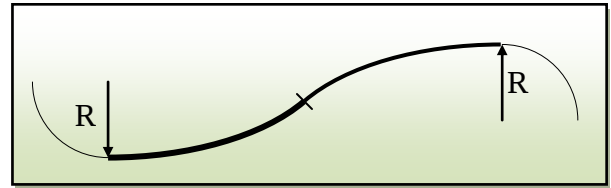
l : largeur de chaussée

II.4 Combinaison des éléments de tracé en plan :

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

II.4.a) Courbe en S :

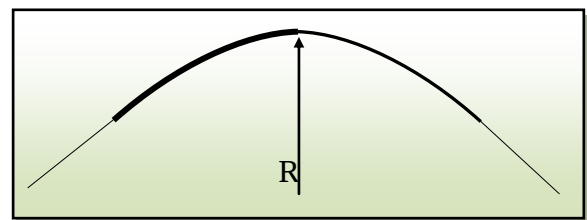
Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.



Figure(3). Courbe en S

II.4.b) Courbe à sommet :

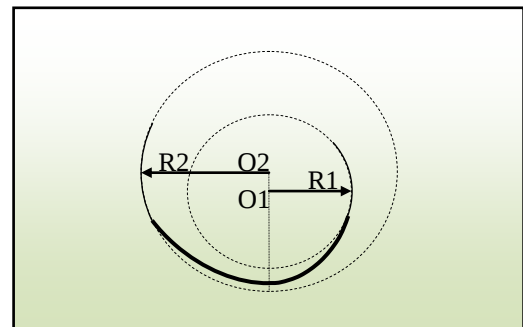
Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.



Figure(4). Courbe en sommet

II.4.c) Courbe en Ovale:

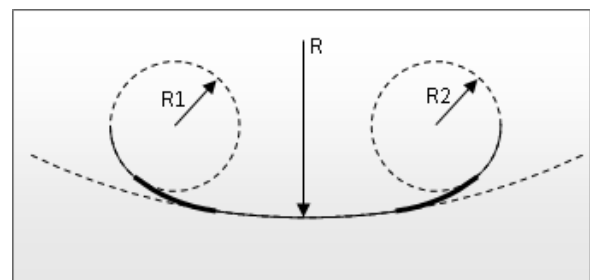
Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.



Figure(5). Courbe en Oval

II.4.d) Courbe en C :

Une courbe constituée 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.



Figure(6). Courbe en C

II.5. Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C2, dans un environnement E1, avec une vitesse de base $V_B = 80$ km/h.

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes B40.

PARAMETRES	SYMBOLES	VALEURS	UNITES
Vitesse de base	V_B	80	km/h
Longueur minimale	L_{min}	111.11	m
Longueur maximale	L_{max}	1333.33	m
Devers minimal	d_{min}	2.5	%
Devers maximal	d_{max}	7	%
Temps de perception réaction	t_1	2	S
Frottement longitudinal	f_L	0.39	
Frottement transversal	f_t	0.13	
Distance de freinage	d_0	65	m
Distance d'arrêt	d_1	109	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	d_m	320	m
Distance de visibilité de dépassement normale	d_N	480	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	d_{Md}	200	m

Tableau 2.2 Paramètres fondamentales

II.6 La vitesse de référence (de base) :

La vitesse de référence (V_B), c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers

Pour assurer 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 (traverser d'une ville, modification du relief, etc...).

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.

II.7. Calcul d'axe :

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

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

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

II.7.a) Exemple de calcul :

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, la liaison que l'on a choisie se situe à la fin de notre projet. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit:

➤ Dévers de rayons de projet :

RAYON (M)	300	350	700	600
Devers associé (%)	6.25	5.73	3.39	3.95

Tableau 2.3 Dévers de rayons

↗ S1 → PK=0Km+00.00m

$V_B=80\text{KM/H}$	X (M)	Y (M)	R (M)
S1(p1)	10056.5023	8303.1757	300
S2(p2)	10243.5916	8010.3506	
S3(p3)	10241.579	7483.4276	

Tableau 2.4 coordonnées des situations

➤ Caractéristiques de la courbe de raccordement

❖ Détermination de L :

i. Condition de confort optique :

$$R \leq 1500\text{m} \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

On prendre $\Delta R = 0.5\text{m}$

$$\text{Donc } L \geq \sqrt{24 \times 300 \times 0.5} = 60\text{m} \dots\dots\dots 1$$

ii. Condition de (confort dynamique+gauchissement) :

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

$$\blacksquare R_{HM} \leq R \leq R_{HN}$$

$$\Delta d = d - (-2.5), d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HM}}\right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{R_{HM}} - \frac{1}{R_{HN}}} \Rightarrow d = 6.25\%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \cdot (6.25\% - (-2.5\%)) \cdot 80$$

$$L \geq 97.22\text{m} \dots\dots\dots 2$$

$$\boxtimes L = \max(97.22, 60).$$

L = 98m

❖ calcul du paramètre A

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

$$\Rightarrow A = \sqrt{L \cdot R} = 171.46\text{m}$$

On prend : **A = 172m** donc **L = 98.61m**.

La condition $\frac{R}{3} \leq A \leq R$ elle est vérifiée, ($100 \leq 172 \leq 300$).

❖ Calcul des Gisements :

Calcul des Gisements :

$$\begin{aligned} S_1 S_2 \quad |\Delta X_1| &= |X_{S2} - X_{S1}| = 187.0893\text{m} \\ |\Delta Y_1| &= |Y_{S2} - Y_{S1}| = 292.8251\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2 S_3 \quad |\Delta X_2| &= |X_{S3} - X_{S2}| = 2.0126\text{m} \\ |\Delta Y_2| &= |Y_{S3} - Y_{S2}| = 526.923\text{m} \end{aligned}$$

D'où:

$$G_{s2}^{s1} = \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 163.80 \text{ grades}$$

$$G_{s1}^{s2} = 363.8 \text{ grades}$$

$$G_{s3}^{s2} = \arctg \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 200.24 \text{ grades}$$

$$G_{s2}^{s3} = 0.24 \text{ grades}$$

❖ Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s1}^{s2} - G_{s2}^{s3}| = 36.44 \text{ gr}$$

❖ Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{98.61}{2.300} \times \frac{200}{\pi} = 10.47 \text{ gr}$$

❖ Vérification de non chevauchement :

$$\begin{aligned} 2.\tau &= 20.94 \text{ gr.} \\ \gamma &= 36.44 \text{ gr} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad 2.\tau \leq \gamma \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

❖ Calcul des distances :

$$\overline{s1 s2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{187.0893^2 + 292.8251^2} = 347.4895 \text{ m.}$$

$$\overline{s2 s3} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{2.0126^2 + 526.923^2} = 526.9268 \text{ m.}$$

❖ Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = 49.305 \text{ m.}$$

❖ Abscisse de KE :

$$x = L \left(1 - \frac{L^2}{40.R^2} \right) = 98.344 \text{ m.}$$

❖ Origine de KE :

$$y = \frac{L^2}{6.R} = 5.4022 \text{ m.}$$

❖ Calcul de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \text{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 137.938 \text{ m.}$$

❖ Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{98.344^2 + 5.4022^2} = 98.49 \text{ m.}$$

❖ Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg\left(\frac{y}{x}\right) = \arctg\left(\frac{5.4022}{98.344}\right) = 3.49\text{gr.}$$

❖ Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 36.44 - 20.94 = 15.5\text{gr.}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{300 \times \pi \times 15.5}{200} = 73.005\text{m.}$$

❖ Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - (\overline{s1 s2} - T)\cos(300 - G_{S1}^{S2}) = 10169.326\text{m.} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} - (\overline{s1 s2} - T)\sin(300 - G_{S1}^{S2}) = 8126.589\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} - T\cos(300 - G_{S2}^{S3}) = 10243.065\text{m.} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} - T\sin(300 - G_{S2}^{S3}) = 7872.414\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - SL\cos(300 - \sigma - G_{S1}^{S2}) = 10217.733\text{m.} \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - SL\sin(300 - \sigma - G_{S1}^{S2}) = 8040.810\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + SL\sin(G_{S2}^{S3} - \sigma - 200) = 10238.049\text{m.} \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL\cos(G_{S2}^{S3} - \sigma - 200) = 7872.414\text{m.} \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

CHAPITRE III

Profil en long

III.1 DÉFINITION :

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

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

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte –sauf dans des cas exceptionnels- lors de la conception du profil en long, l'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente de 0.5% du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

III.3 LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

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

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

III.4 COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

Il faut signaler toute fois et dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan, on devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.

Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :
 $R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}}$ pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

III.5 DÉCLIVITÉS :

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

III.5.a) Déclivité Minimum :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

III.5.b) 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

Donc, la déclivité maximale dépend de :

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

☒ **Selon les B40** : Pour notre cas la vitesse $V_B=80 \text{ Km/h}$ et environnement E1 et catégorie C3 donc la pente maximale $I_{\max}=5\%$.

III.6 RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

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

III.6.a) Raccords Convexes (Angle Saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

➤ Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2/R_v < g/40 \quad \text{avec} \quad g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ et } v = V/3.6.$$

D'où :

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

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

Tel que :

R_v : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km/h).

➤ Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_g + 2 \times \sqrt{h_a h_g})} \approx 0.27 D^2$$

d : Distance de visibilité nécessaire (m)

h_0 : Hauteur de l'œil (m)

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et de la catégorie,

Dans notre cas; $V_B=80\text{km/h}$ et de catégorie C_2

RAYON	SYMBOLE	VALEUR
Min-absolu	R_{vm}	4500
Min- normal	R_{vN}	10000
Dépassement	R_{vd}	11000

Tableau 3.1 Valeurs des rayons verticaux (angle saillant)

III.6.b) Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

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

Pour une vitesse $V_B = 80 \text{ Km/h}$ et catégorie C_3 on a le tableau suivant :

RAYON	SYMBOLE	VALEUR
Min-absolu	R'_{vm}	2400
Min -normal	R'_{vn}	3000

Tableau 3.2 Valeurs des rayons verticaux (angle rentrant)

III.7 DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

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

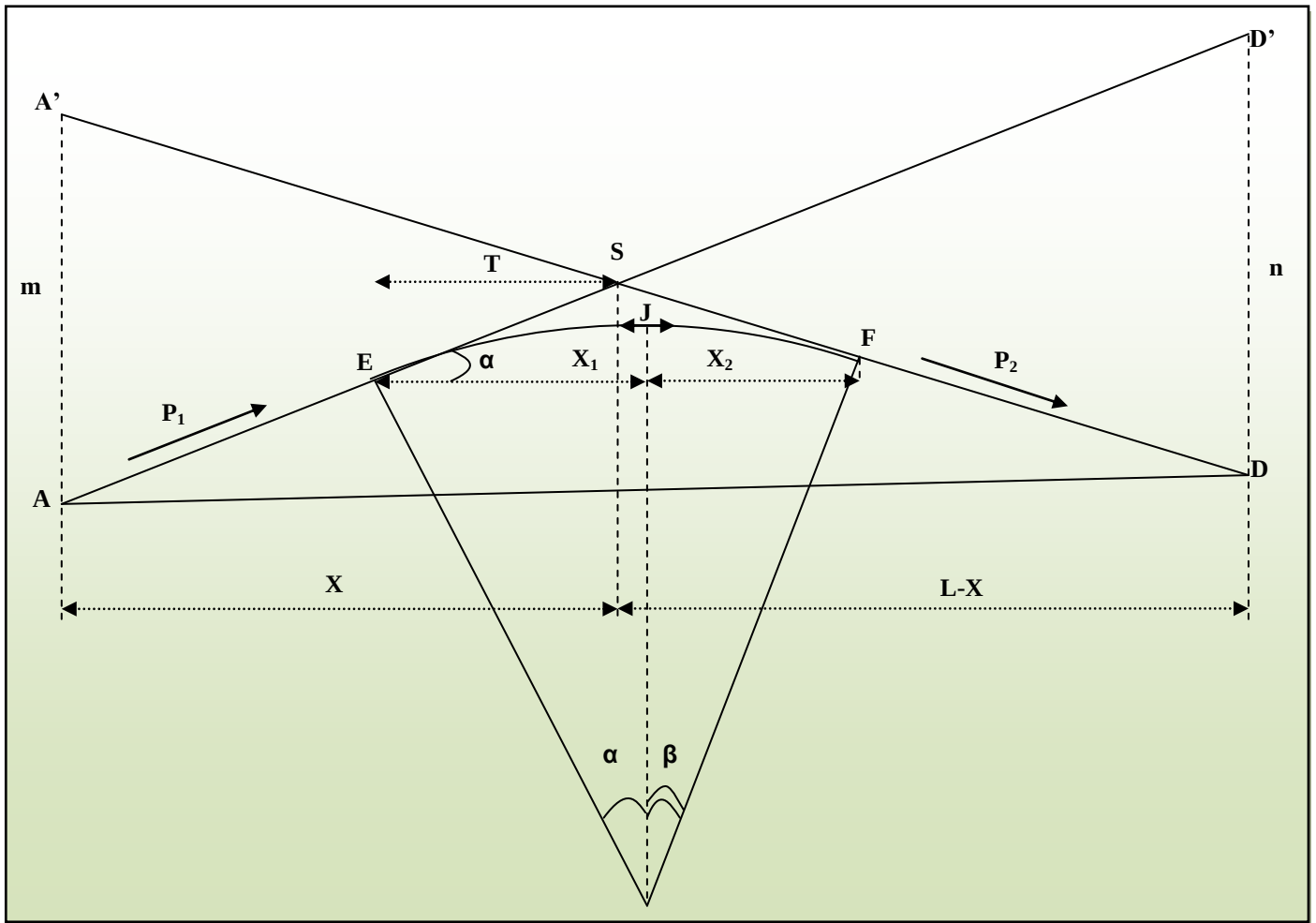
$$X^2 + Y^2 - 2 RY = 0.$$

$$\text{À l'équation de la parabole } X^2 - 2 RY = 0 \quad \Rightarrow \quad Y = \frac{X^2}{2R}$$

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

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

Figure (7) la courbe dans le profil en long



III.7.a) Détermination de la position du point de rencontre (s) :

On a:
$$\begin{aligned} Z_{D'} &= Z_A + L \cdot P_2 & , & & m &= Z_{A'} - Z_A \\ Z_{A'} &= Z_D + L \cdot P_1 & , & & n &= Z_{D'} - Z_D \end{aligned}$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

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

$$S \left\{ \begin{aligned} X_S &= x + x_A \\ Z_S &= P_1 \cdot x + z_A \end{aligned} \right.$$

III.7.b) Calcul de la tangente :

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

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

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

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = x_S - T \\ Z_E = z_S - T.P_1 \end{array} \right. \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = x_S + T \\ Z_F = z_S + T.P_2 \end{array} \right.$$

III.7.c) Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

III.7.d) Calcul de la flèche :

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

III.7.e) Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_x = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + X.P_1 - \frac{X^2}{2R} \end{array} \right.$$

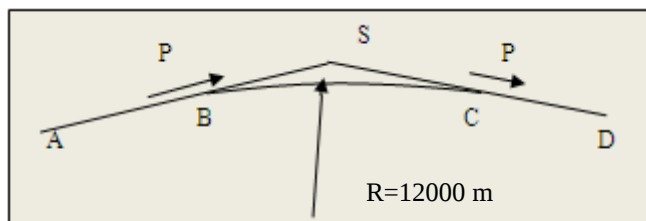
III.7.f) Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R.P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1.P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

$$\text{Avec : } \begin{array}{l} X_1 = R.P_1 \\ X_2 = R.P_2 \end{array}$$

III.8 Exemple Du Calcul Du Profil En Long :



$$\begin{array}{l}
 A \left\{ \begin{array}{l} PK_A = 0.00 \text{ m} \\ Z_A = 100.0095 \text{ m} \end{array} \right. \quad S \left\{ \begin{array}{l} PK_S = 355.0003 \text{ m} \\ Z_S = 104.69849 \text{ m} \end{array} \right. \quad D \left\{ \begin{array}{l} PK_D = 752.1402 \text{ m} \\ Z_D = 100.19798 \text{ m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

❖ Calcul des pentes :

$$P_1 = \Delta Z_1 / S_1 \Rightarrow P_1 = \frac{104.69849 - 100.0095}{355.0003 - 0} = \mathbf{1.32\%}$$

$$P_2 = \Delta Z_2 / S_2 \Rightarrow P_2 = \frac{752.1402 - 355.0003}{100.69849 - 100.19798} = \mathbf{-1.13\%}$$

❖ Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 12000 \times (1.32 + 1.13) / 2 = \mathbf{147.24 \text{ m}}$$

❖ Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = \mathbf{0.903 \text{ m}}$$

❖ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \left\{ \begin{array}{l} X_B = X_S - T = 355.0003 - 147.24 = \mathbf{207.756 \text{ m}} \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 = 104.69849 - 147.24 \times 1.32 = \mathbf{102.754 \text{ m}} \end{array} \right.$$

$$C \left\{ \begin{array}{l} X_C = X_S + T = 355.0003 + 147.24 = \mathbf{502.245 \text{ m}} \\ Z_C = Z_S + T \cdot P_2 = 104.69849 - 147.24 \times 1.13 = \mathbf{103.030 \text{ m}} \end{array} \right.$$

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_B - R \cdot p_1 \\ Z_J = Z_B + R \cdot p_1 \cdot p_2 - (R \cdot p_1)^2 / 2R \end{array} \right.$$

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = 207.756 + 12000 \times 0.0132 = \mathbf{160.477 \text{ m}} \\ Z_J = 102.754 + 12000 \times 0.0132 \times 0.0113 - (12000 \times 0.0132)^2 / 2 \times 12000 = \mathbf{119.0776 \text{ m}} \end{array} \right.$$

Les résultats de calcul de la ligne rouge sont joints en annexe

CHAPITRE IV

Profil en travers

IV.1 INTRODUCTION:

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Le profil en travers contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, trottoirs)

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 type » 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....).

On distingue trois types de profil :

1. profil en déblai.
2. profil en remblai.
3. profil mixte.

IV.2 Les éléments constitutifs du profil en travers

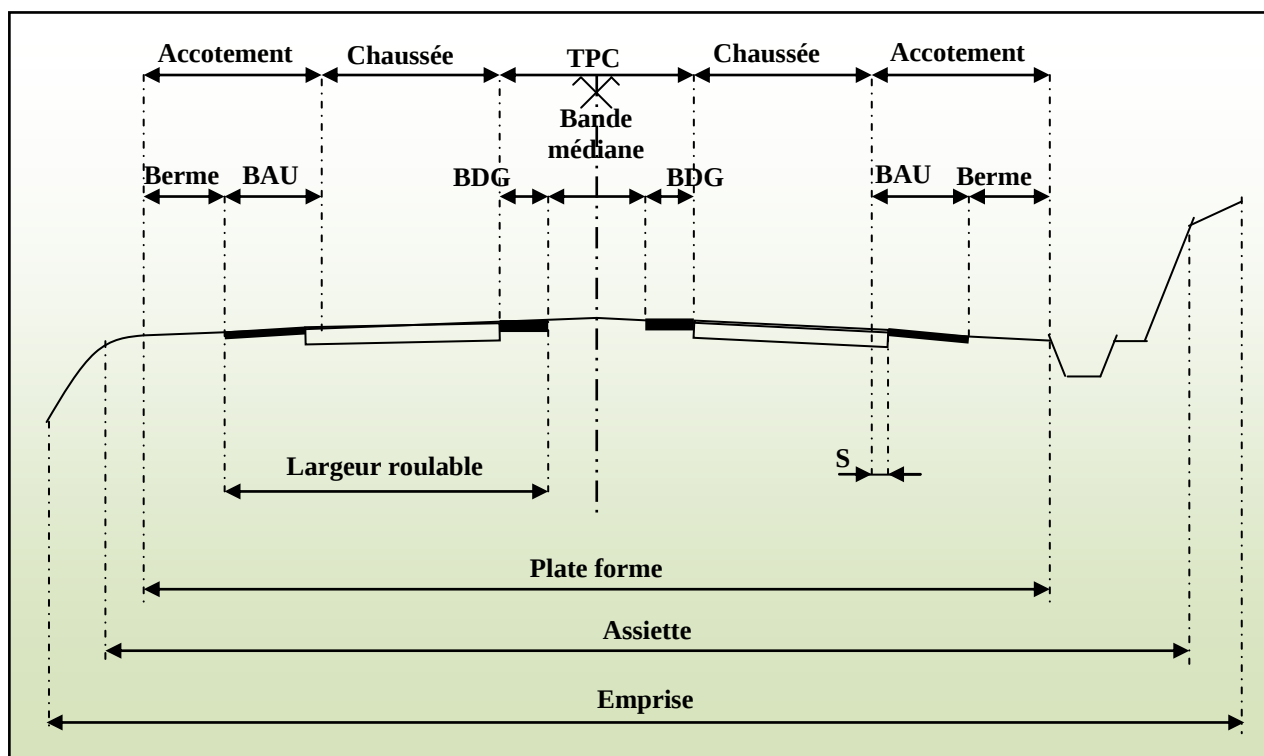


Figure (8) Eléments constitutifs du profil en travers

- **Emprise** : c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- **Assiette** : c'est la surface de la route délimité par les terrassements.
- **Plate forme** : elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein central et bande d'arrêt.
- **Chaussée** : c'est la partie de la route affecté à la circulation des véhicules.
- **Terre- plein central (T.P.C)** : Il assure la séparation matérielles des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
 - ❖ **bande dérasée de gauche (B.D.G)** : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.
 - ❖ **bande médiane** : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.
- **Accotement** : Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.
 - ❖ **bande d'arrêt d'urgence** : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
 - ❖ **la berme** : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..), sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- **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.

1. IV.3 Le profil en travers type du projet :

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

- ✓ chaussées de deux voies de 3.5m chacune : $2 \times 3.5 = 7.00\text{m}$.
- ✓ bande d'arrêt d'urgence (BAU) de 1 m.
- ✓ une berme de 0.75m
- ✓ un accotement de 1.75 m pour chaque coté. : $2 \times 1.75 = 3.5 \text{ m}$.

☒ La largeur de la plate forme est de 10.5m.

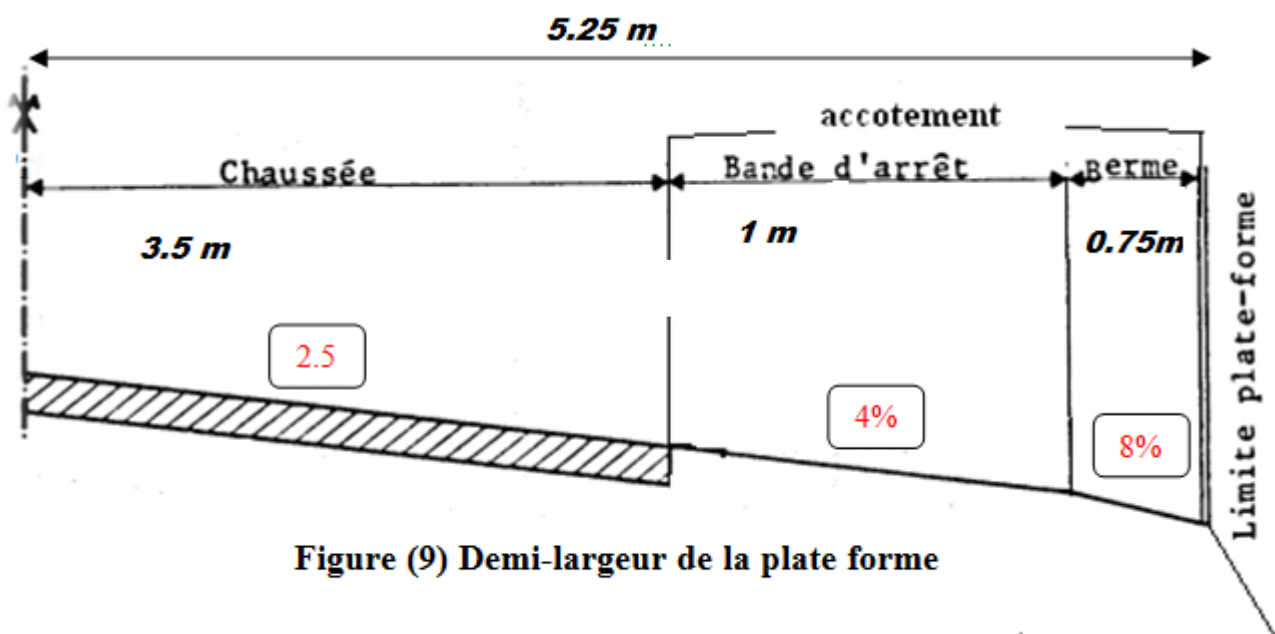


Figure (9) Demi-largeur de la plate forme

CHAPITRE V

Cubature

V.1 Introduction:

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont un objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

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

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

V.2 Définition :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

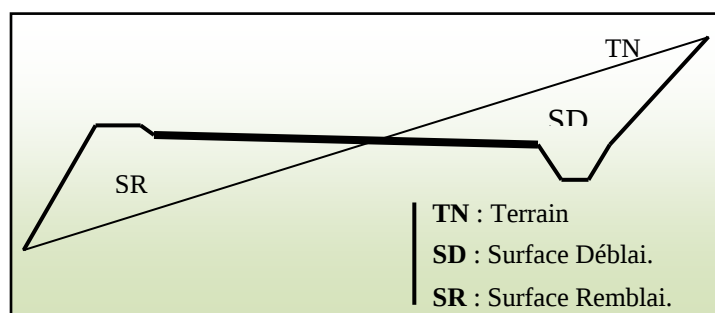
Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

V.3 Méthode de calcul des cubatures :

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

Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

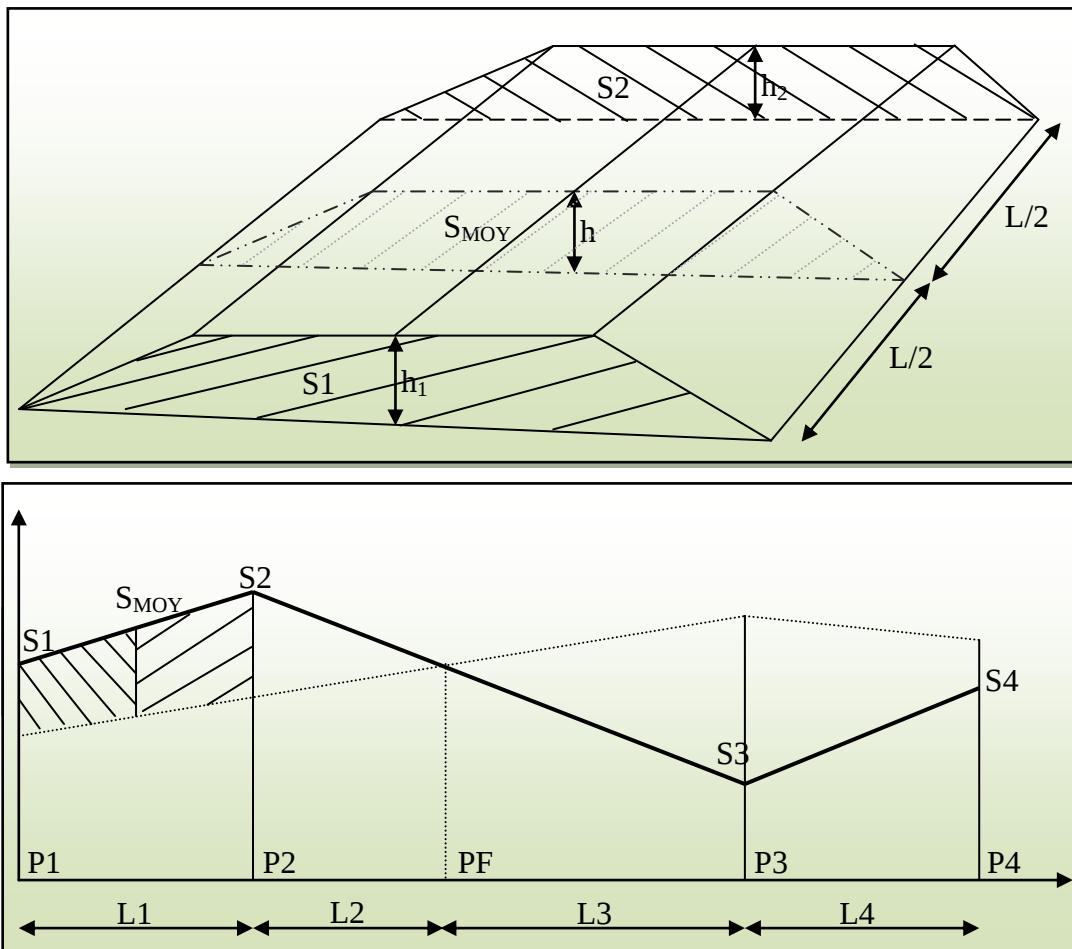
On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs



V.3.a) Formule de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume de déblai ou de remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

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



- ✓ PF: profil fictive, surface nulle
- ✓ Si: surface de profil en travers Pi
- ✓ Li : distance entre ces deux profils
- ✓ S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

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

Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

V.4 Calcul des cubatures de terrassement :

Voir L'Annexe

➡ Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel « Piste **5.05** »

CHAPITRE VI

Etude

geotechnique

VI.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; Et qui s'exige des reconnaissances géotechniques.

VI.2-LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :

Au cours d'une étude géotechniques, se succéderont plusieurs phases :

- Une phase bibliographique (étude des documents, archives, rapports);
- Deux ou trois phases de travaux de terrain qui comprendront :
 - Les visites sur site;
 - Le recensement de toutes les particularités géologiques et hydrogéologiques locales et régionales;
 - L'établissement d'un levé : schéma itinéraire;
 - L'implantation des gîtes de reconnaissance et des échantillons, en tenant compte des éléments suivants :
 - Caractéristiques, quantités et types de matériaux recherchés;
 - Moyens de reconnaissances mis à disposition;
 - Rayon d'investigation défini à partir du lieu d'utilisation;
 - Accessibilité du site;
 - Difficulté d'exploitation;
- Une phase de laboratoire qui portera sur le choix du programme des essais et leur suivi;
- Une phase de synthèse et de rédaction du rapport d'étude

VI.2.a)-L'étude Des Archives Et Documents Existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

VI.2.b)-Les Visite Sur Site Et Les Essais « in-situ » :

- La reconnaissance du tracé;
- La reconnaissance géologique du sol support (effectuée par l'ouverture des puits à ciel ouvert creusés à l'aide d'une pelle mécanique sur tout le long du tracé (un puits d'une profondeur de plus de 2 m tous les 3 kms, et à chaque changement de nature du terrain)
- Prélèvement des échantillons issus du sol support : le nombre des échantillons à prélever de chaque puits, sera déterminé après l'excavation du puits de reconnaissance (selon coupe géologique), dans tous les cas un minimum de deux (2) prélèvements est indispensable.
- La prospection des carrières dans la zone limitrophe du tracé a pour but de rechercher des matériaux susceptibles d'être utilisées en corps de chaussée (effectuée par l'ouverture des puits à ciel ouvert creusés à l'aide d'une pelle mécanique sur tout le long de la zone limitrophe du tracé)
- Prélèvement des échantillons issus des carrières d'emprunts : un minimum de 03 échantillons sera prélevés de chaque carrière découverte
- Cette reconnaissance nous permet de connaître la nature des matériaux constituant le sol support et de localiser les carrières d'emprunts susceptibles d'être utilisées en corps de chaussée

VI. 2.c) - Les Différents Essais En Laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

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

Les essais d'identification:

- ✚ Teneur en eaux et masse volumique.
- ✚ Analyse granulométrique.
- ✚ Limites d'Atterberg.
- ✚ Equivalent de sable.
- ✚ Essai au bleu de méthylène (ou à la tache).

Les essais mécaniques :

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

VI.2.c.i) - Les Essais D'identification :

a)-Masse volumique et teneur en eau:

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

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

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

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

But de l'essai: le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

Domaine d'utilisation: cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

b) -Analyses granulométriques :

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

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

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

Domaine d'utilisation: la granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

c)-Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (W_p) : caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité.

Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

Limite de liquidité (W_L) : caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

$$W_L = \omega (N/25)^{0.121}$$

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups

N: nombre de coups

L'indice de plasticité (I_p), $I_p = W_L - W_p$

Principe de l'essai : la détermination de W_L et W_p nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudiée, elle permette de le classé grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

But de l'essai : cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

Domaine d'application: l'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme)

d)-Equivalent de sable :

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

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

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

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

Domaine d'application: cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants :

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

e)-Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) :

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

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

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

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

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

VI.2.c.ii)-Les Essais Mécaniques :

a) - Essai PROCTOR :

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

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposé en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compactée avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage.

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

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

Domaine d'utilisation: 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 Ratio): On réalise en général trois essais :

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

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

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

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

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

Domaine d'utilisation: cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

c)- Essai Los Angeles :

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

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

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

Domaine d'application: l'essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de roulement

d)- Essai Micro Deval :

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide).

On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à **1.6 mm**

(Tamis de **1.6 mm**) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.

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

Domaine d'application: choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

VI.3 Caractéristiques des matériaux pour remblais

Les matériaux pour remblais seront constitués le plus souvent par des matériaux sablonneux ou tufeux en provenance de gîtes ou de déblais effectués pour la mise à la

cote de la plate forme.

Pour les sols sableux avec des fines, le pourcentage d'éléments inférieurs à 80 microns ne dépassera pas 35% et l'indice de plasticité sera inférieur à 15.

Les remblais seront effectués par couches successives de matériaux portés à la teneur en eau OPM par arrosage et compactés avec soins, le compactage devra atteindre au moins les valeurs suivantes:

✓ 95% du Proctor modifié pour les 20cm supérieurs.

Le terrain de notre tracé se situe dans la partie Nord-Est du grand erg oriental, la nature du sol selon carte et d'après les observations faites sur site est composée essentiellement par un sable vif de dune (sable dunaire), donc le sable extrait du déblai peut être mis en remblai.

VI.4Caractéristiques des matériaux pour corps de chaussée:

VI.4.a) Sable gypseux SG1:(couche de fondation)

Le sable gypseux est un encroûtement gypseux tendre situé le plus souvent dans les grandes étendues dunaires.

Les gîtes en sable gypseux ne sont pas homogènes, ce qui exclut une exploitation étendue sur de grandes surfaces.

La granularité et les performances mécaniques du sable gypseux, sont les suivantes:

❖ Matériaux s'inscrivant dans le fuseau 0/5

TAMIS (MM)		5	2	1	0.4	0.08
Tamisat	Min	86	64	48	30	4
(%)	Max	100	82	70	52	22

Tableau 6.1 caractéristiques granulométriques du sable gypseux

- ✓ Indice de plasticité: $I_p \leq 10$.
- ✓ Taux de gypse+carbonates: $\geq 45\%$.
- ✓ Résistance à la compression simple: $R_c > 15 \text{ kg/cm}^2$ à 95% de la densité OPM et à teneur en eau nulle.
- ✓ Equivalent de sable > 25 .

VI.4.b) Grave bitume GB:(couche de base)

La grave bitume 0/20 est un enrobé bitumineux à chaud; c'est à dire un mélange à chaud de granulats séchés et de bitume pur.

Les matériaux pour couche de base devront répondre aux spécifications suivantes :

VI.4.b.i) Granulats:

- Coupures granulométriques: 0/3, 3/8, 8/14, 14/20
- Indice de concassage: $I_c=100$
- D max 20mm
- Los Angeles ≤ 25
- Micro Deval humide ≤ 20
- Coefficient d'aplatissement ≤ 25
- Propreté ≤ 2

VI.4.b.ii) Bitume:

- La classe de bitume est le 40/50

VI.4.b.iii) Mélange bitumineux (GB 0/20);

- Les classes granulaires : 0/3, 3/8, 8/14, 14/20
- Les limites du fuseau de référence:

- la granulométrie du grave bitume doit s'insérer dans le fuseau 0/20 dont les valeurs sont reprises ci-dessous:

TAMIS (MM)		20	10	6.3	2	0.08
Tamisat	Min	85	65	45	25	6
(%)	Max	100	75	60	40	9

Tableau 6.2 caractéristiques granulométrique de grave bitumineux

- La teneur en liant: $K \alpha 5 \Sigma 1/5$

Σ : Surface spécifique conventionnelle

K : module de richesse

$\alpha = 2.65 / MvRg$ (coefficient destiné à tenir compte de la masse volumique réelle des granulats).

Les valeurs usuelles de K sont données dans le tableau ci-dessous:

TYPE D'ENROBE	VALEUR DE K			
GB 0/20	2.45	2.60	2.75	2.90

Tableau 6.3 valeurs usuelles de module de richesse

- Les performances mécaniques:
Les performances mécaniques sont:

CARACTERISTIQUES	SEUILS	
	Min	Max
• Stabilité Marshall (kN)	10.5	-
• Fluage Marshall (mm)	-	4
• % de vides	4	8

Tableau 6.4 caractéristiques des performances mécaniques

VI.4.c) Béton bitumineux BB:(couche de roulement)

Le béton bitumineux est un enrobé bitumineux à chaud; c'est à dire un mélange à chaud de granulats séchés et de bitume pur.

Les matériaux pour couche de roulement devront répondre aux spécifications suivantes :

VI.4.c.i) Granulats:**❖ granularité :**

Pour la fabrication de béton bitumineux, on utilisera exclusivement l'une des compositions suivantes : 0/2 – 2/6 – 6/14 ou 0/4 – 4/6 – 6/14

Ce granulat devra avoir une granulométrie homogène et constante.

❖ Angularité:

Les granulats précédemment définis devront être constitués d'éléments concassés ayant les caractéristiques suivantes :

E.S 0/2 ou de la fraction 0/2 du sable 0/4 sera:

- >45 si teneur en fines de ce sable < 12%
- >40 si teneur en fines de ce sable > 12% et < 15%
- >35 si teneur en fines de ce sable > 15%
- Coefficient de forme > 85
- Los Angeles <25
- Coefficient de polissage accéléré (CPA) > 0.50

VI.4.c.ii) Bitume:

- La classe de bitume est le 40/50

VI.4.c.iii) Mélange bitumineux (BB)

- La teneur en liant: $K \propto \Sigma^{1/5}$

Σ : Surface spécifique conventionnelle

K : module de richesse

$\alpha = 2.65 / MvRg$ (coefficient destiné à tenir compte de la masse volumique réelle des granulats).

↗ Les valeurs usuelles de K sont données dans le tableau ci-dessous:

TYPE D'ENROBE	VALEUR DE K			
BB	3.45	3.60	3.75	3.90

Tableau 6.5 valeurs usuelles de module de

- Les performances mécaniques sont :

CARACTERISTIQUES	SEUILS	
	Min	Max
• RC min en bars	70	-
• Rapport immersion compression	0.75	-
• Compacité Marshall en %	-	96

Tableau 6.6 caractéristiques des performances

VI.5 PROGRAMME D'INTERVENTION GEOTECHNIQUE

VI.5.a) Etude de recherche de carrière et gîtes à matériaux:

Avant la réalisation du projet, une étude de recherche de carrière doit être lancée pour localiser les matériaux nécessaires à la réalisation, en opérant comme suit:

- évaluer la quantité de matériaux à exploiter.
- situer les carrières par rapport au lieu du projet.
- analyser les matériaux au laboratoire, en vue de déterminer leurs caractéristiques géotechniques.

- Interpréter les résultats et dresser le rapport de l'étude.

Les gisements avoisinants de sable gypseux, déjà exploités au projet Robbah – H.M.D, sont de qualité admissible en couche de fondation, et à priori seul le gisement de Foulia peut être exploité en couche de base, donc le problème de la disponibilité des matériaux pour ce projet ne se pose pas, mais une étude géotechnique approfondie devra être lancée pour la recherche des carrières et l'identification de leurs caractéristiques géotechniques, ainsi que l'analyse du sol support.

VI.5.b) Contrôle géotechnique:

Pendant la réalisation du projet, un contrôle géotechnique est nécessaire in situ et au laboratoire.

En opérant comme suit:

- contrôler le compactage des différentes couches en déterminant la compacité, la densité sèche et la teneur en eau.
- analyser les matériaux mis en place.
- analyser le bitume fluidifié 0/1 et déterminer le taux d'épandage.
- analyser le bitume 40/50 et déterminer le pourcentage par rapport au revêtement mis en place.
- analyser les différents granulats 15/25, 7/15 et 3/8 utilisés dans l'enduit superficiel monocouche et l'enrobé.
- interpréter les résultats et dresser le rapport de contrôle

CHAPITRE VII

Dimensionnement du corps de chaussée

VII.1 INTRODUCTION :

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure, est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent, le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier, cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

VII.2 LA CHAUSSEE:

VII.2.a) 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.

VII.2.b) Les différents types de chaussée :

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

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

VII.2.b.i) 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 :

❖ Couche de roulement (surface) :

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

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

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

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

❖ Couche de base :

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

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

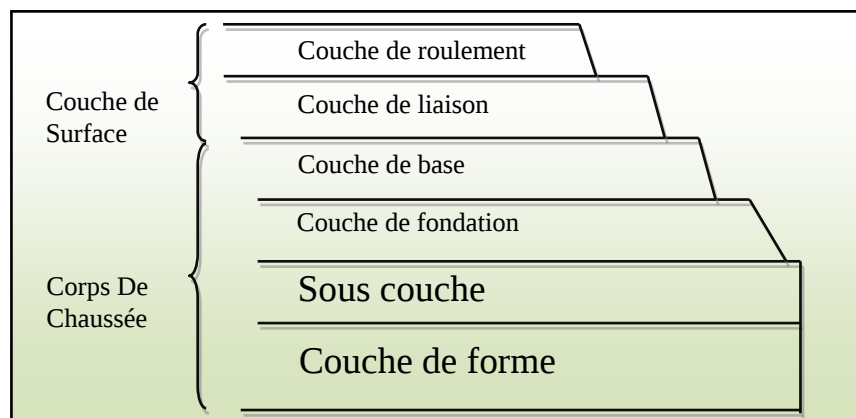
❖ Couche de fondation :

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

❖ 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



Figure(13) Coupe type d'une chaussée

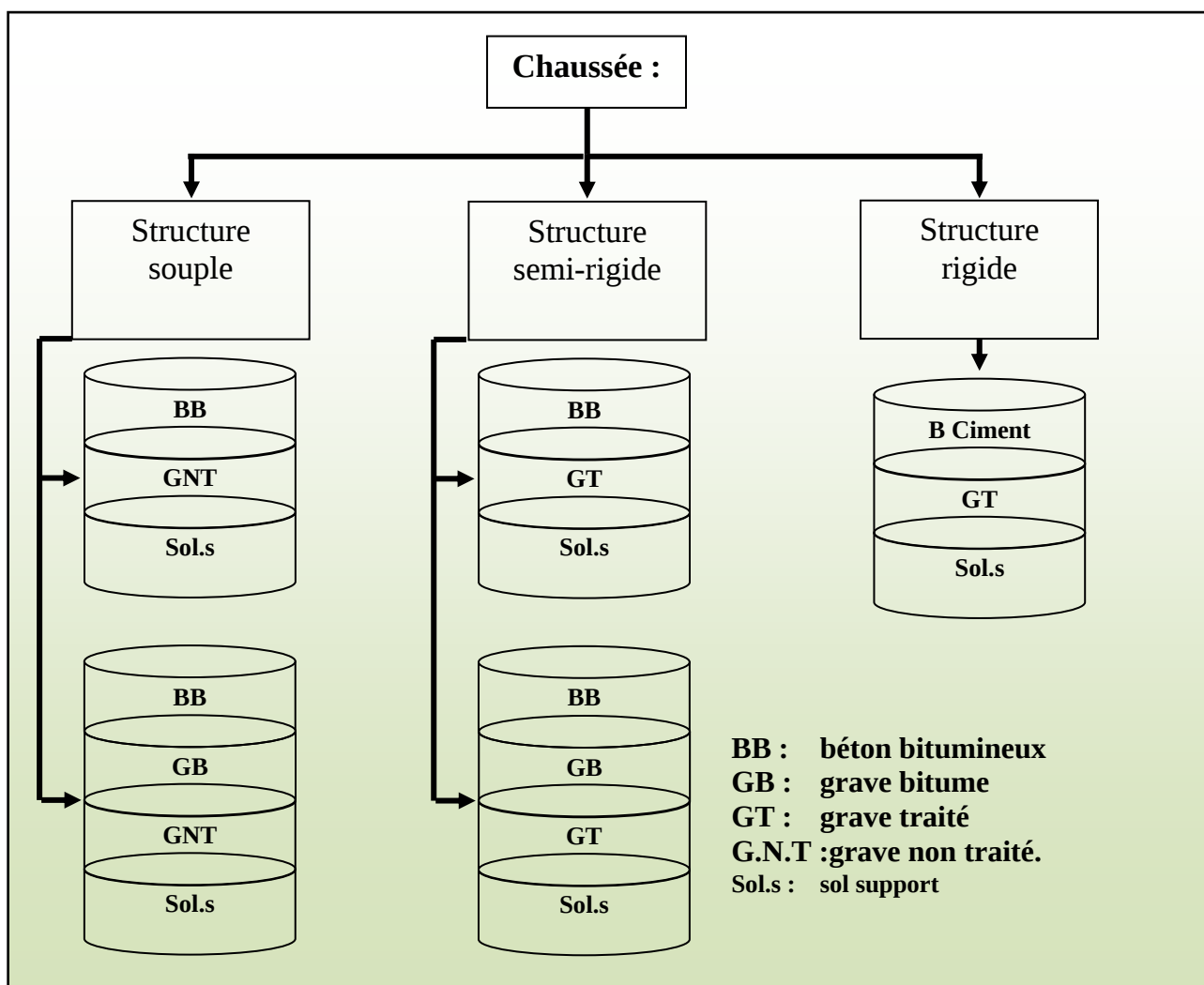
VII.2.b.ii) Chaussée semi-rigide :

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.

VII.2.b.iii) Chaussée rigide :

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



Figure(14). Schéma récapitulatif

VII.3 LES DIFFERENTS FACTEURS DETERMINANTS POUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE :

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

VII.3.a) Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5tonnes) .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 :

$$N = T.A.C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

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

τ : Taux de croissance du trafic.

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

VII.3.b) 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 des matériaux bitumineux.

VII.3.c) Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitue 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.

VII.3.d) Matériaux :

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

VII.4 Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées

Les méthodes rationnelles, basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

VII.4.a) 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

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

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

n: désigne le nombre journalier de camion de plus 3.5 tonnes 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 :

MATERIAUX UTILISES	COEFFICIENT D'EQUIVALENCE
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
Sable gypseux	0.8
Tuf	0.60

Tableau .7.1 : Coefficients d'équivalence

VII.4.b) Méthode A.A.S.H.O: (American **A**ssociation of **S**tate **H**ighway **O**fficials)

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

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

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'influence des charges et de leur répétition.

VII.4.c) Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :

Elle est basée sur les résultats obtenus des essais «AASHO », on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches. L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue.

VII.4.d) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Le catalogue des structures type neuves est établi par «SETRA »

- Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).
- Il classe le trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens.
- Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.
- Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :
 - Trafic cumulé de poids lourds à la 20ème année T_j .
 - Les caractéristiques de sol (S_j).

VII.4.d.i) Détermination de la classe du trafic

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

Les classes de trafics

CLASSE DE TRAFIC	TRAFIC POIDS LOURDS CUMULE
T1	$T < 7.3.10^5$
T2	$7.3.10^5 < T < 2.10^6$
T3	$2.10^6 < T < 7.3.10^6$
T4	$7.3.10^6 < T < 4.10^7$
T5	$T > 4.10^7$

Tableau .7.2 : La classe de trafic

Le trafic cumulé « T_c » est donné par la formule:

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

TPL : trafic poids lourds à l'année de mise en service

n : durée de vie.

τ : taux d'accroissement

VII.4.d.ii) Détermination de la classe du sol :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante, après immersion de quatre jours, le classement sera fait d'après le tableau ci-contre:

CLASSE DE SOL	INDICE C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

Tableau .7.3 : La classe du sol

VII.4.e) La méthode LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussée)

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

$$T_{eq} = TJMA. a. 0.75. p. 365. \frac{[(1+z)^n - 1]}{[(1+z) - 1]}$$

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

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

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

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

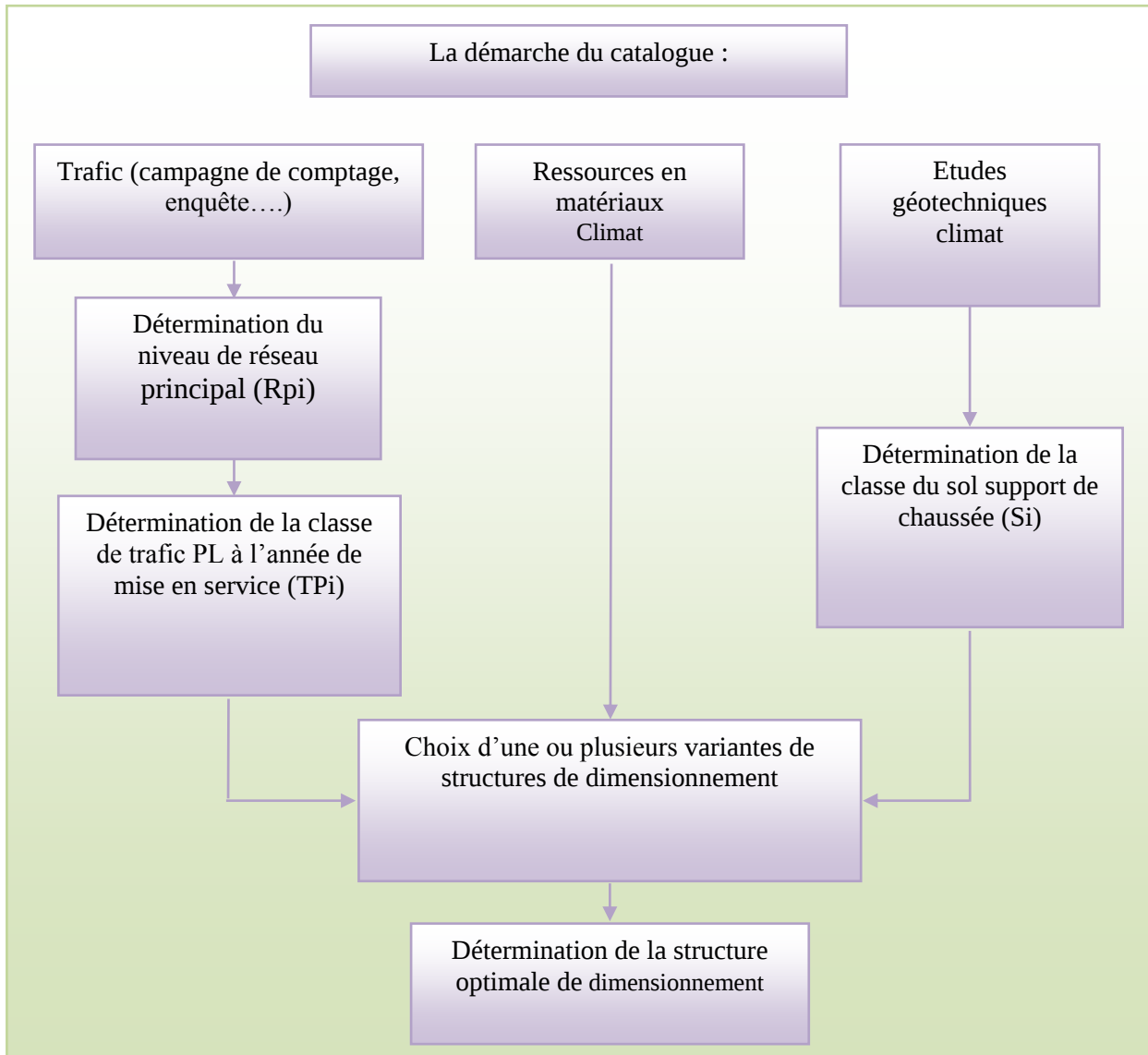
L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

VII.4.f) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

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

- ✓ Approche théorique
- ✓ Approche empirique



VII.5 Application au projet :

VII.5.a) Méthode C.B.R :

❖ Données de l'étude :

- Année de comptage : 2008.
- TJMA2008=2516 v/j
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 20\%$
- C.B.R=10

$$TJMA_{2033} = 6707 \text{ v/j.}$$

$$PL = 20\%.$$

$$N(PL) = 1342PL/j.$$

$$N(PL) = 671PL/j/\text{sens.}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5}(75 + 50 \log \frac{671}{10})}{10 + 5} = 35 \text{ cm}$$

Lorsque le corps de chaussée est composé par des différents matériaux, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau :

$$E = \sum_{i=1}^n a_i \cdot e_i$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche:

- ▶ Couche de roulement (BB)..... $a_1 = 2$
- ▶ Couche de base (GB) $a_2 = 1.5$
- ▶ Couche de fondation (SG) $a_3 = 0.8$

Pour calculer des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

$$E = 2 \times 6 + 1.5 \times 10 + e_3 \times a_3 = 35 \text{ cm}$$

$$\text{donc } e_3 = 8 \text{ cm}$$

Couches	$r_{\text{réelles}} \text{ (cm)}$	a_i	$e_{\text{sq.}} \text{ (cm)}$
BB	06	2	12
GB	10	1.5	15
SG	15	0.8	12
Total	31		39

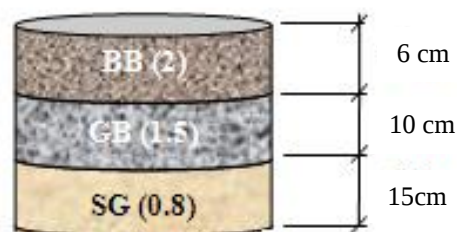
Tableau 7.4 Épaisseurs réelle et équivalent

C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de **6(BB) + 10(GB) + 15 (SG) = 31cm**

On suppose:

NOM DU COUCHE	MATERIAUX	L'ÉPAISSEUR DU COUCHE
Roulement	BB	6
Base	GB	10
Fondation	SG	15

Tableau 7.5 différents couches du corps de chaussée



VII.5.b) La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

❖ Données de l'étude :

- Année de comptage : 2008.
- TJMA₂₀₀₈=2516 v/j
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 20 \%$
- C.B.R=10

❖ Détermination du type des réseaux principaux :

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

RESEAU PRINCIPAL	TRAFFIC (VEHICULES/JOUR)
RP1	>1500
RP2	<1500

Tableau 7.6 réseaux principaux

TJMA₂₀₀₈ = 2516 (V/j).

2516 (V/j) > 1500(V/j) $\Rightarrow$ le réseau principale est RP1.

❖ Détermination de la classe de trafic :

- définition du poids lourd :

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 3.5 tonnes de poids total autorisé en charge.

TJMA₂₀₀₈ = 1258 (V/j/sens).

TPL₂₀₀₈ = 0,2×1258 = 251.6 PL/j/sens.

TPL₂₀₁₃ = $(1+\tau)^5 \cdot \text{PL}_{2008} = (1+0,04)^5 \cdot 251.6 \approx 306$ (PL/j/sens).

- répartition transversale du trafic :

En l'absence d'informations précises sur la répartition de poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur suivante :

- **chaussée bidirectionnelles** ; à 2 voies : 50% du trafic PL.

- détermination de la classe de trafic (TPL_i) :

Les classes de trafic (TPL_i) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

Classe TPL_i pour RP1 :

TPL_1	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau 7.7 La classe de trafic

$TPL = 306$ (PL/j/sens). $\Rightarrow$ La classe de trafic est TPL_4 .

❖ détermination de la portance de sol-support de chaussée :

- Présentation des classes de portance des sols :

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

:

PORTANCE (S_i)	CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Tableau 7.8 classes de portance de

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S_3 , S_2 , S_1 , S_0 . Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5.CBR$$

CLASSES DE SOL-SUPPORT	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau.7.9 classes de portance de sol-support

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times 10 = 50 \text{ (MPa)}$$

$25 < 5 \times 10 < 50 \Rightarrow$ la classe de portance de sol support est de S_2 .

❖ **Choix de différentes couches constitue de la chaussée :**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : SG.

❖ **Détermination de la zone climatique :**

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet se situe dans la zone climatique IV (<100 mm/an).

❖ **Choix de dimensionnement :**

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique IV, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL4).

On propose la structure suivante :

- couche de roulement : BB = 7 cm.
- couche de base : GB = 15 cm.
- couche de fondation : SG1 = 20 cm.

❖ **Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :**

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement $a\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$.

$$\epsilon_{z,ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

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

➔ 1. Calcul de la déformation admissible sur le sol support :

$$\varepsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

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

NIVEAU DE RESEAU PRINCIPAL(RPI)	TYPES DE MATERIAUX ET STRUCTURES	VALEURS DE A
RP₁	Chaussées a matériaux traités au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/SG	0.6
	Chaussées a matériaux traités au liants hydraulique : GL/GL, BCg / GC	1

- Coefficient d'agressivité : **A= 0.6**

Donc **TCEi = 1.99 × 10⁶ essieux équivalents de 13 tonnes**

$$\varepsilon_{z.ad} = 22 \times 10^{-3} \times (1.99 \times 10^6)^{-0.235} = 727.63.10^{-6}$$

• Choix des températures équivalentes :

	ZONE CLIMATIQUE		
Température	I et II	III	IV
équivalente θ_{eq} (C°)	20	25	30

• Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

MATE- RIAU	E(30° ,10HZ) (MPa)	E(25° ,10HZ) (MPa)	E(20° ,10HZ) (MPa)	E(10° ,10HZ) (MPa)	E ₆ (10°C,25HZ) 10 ⁻⁶	-1/B	SN	S _H	N	KC
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

➔ 2. Calcul de la déformation admissible $\epsilon_{t.ad}$ à la base de GB :

$$\epsilon_{t.ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

- θ_{eq} = température équivalent ($\theta_{eq} = 30^\circ\text{C}$)
- Classe de trafic (TP_{L4}).
- Risque adoptés pour réseau RP_1 ($R\% = 15$).
- C : coefficient égal 0.02
- t : fractale de loi normale, en fonction du risque adopté ($t = 1.036$).

$$\diamond K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6} \right)^b = \left(\frac{1.99 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0.90$$

$$\diamond K_\theta = \left(\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})} \right)^{0.5} = \left(\frac{12500}{3500} \right)^{0.5} = 1.89$$

$$\diamond K_r = 10^{-tb\delta} \text{ Avec ; } r = 15\%, d'out = 1.036, b = -0.146$$

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

$$= \sqrt{\left(0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3 \right)^2 \right)} = 0.61$$

$$\text{Donc: } K_r = 10^{0.146 \times 1.036 \times 0.61} = 1.23$$

$$\diamond K_c = 1.3$$

$$\epsilon_{t.ad} = 100.10^{-6} \times 0.90 \times 1.89 \times 1.23 \times 1.3 = 272.10^{-6}$$

➔ 3. Modélisation :

	EPAISSEUR (CM)	MODULE(MPA)	COEF DE POISSON ν
Couche de roulement	7 BB	2500	0.35
Couche de base	15 GB	3500	0.35
Couche de fondation	20 SG1	100	0.25
Sol support	Sol support	50	0.35

➡ 4. Résultats de la simulation:

PROJET 2012
POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 4

```

*****
*      *      *      *      *      *
*      Z      *      EPSILON T      *      SIGMAT      *      EPSILON Z      *      SIGMA Z      *
*****
*      .00*      *      .232E-03*      .116E+02B*      -.181E-03C*      .662E+01A*
*      *      E= 25000.      *      *      *      *      *
*      *      NU= .35      *      *      *      *      *
*      *      H1= 7.00      *      *      *      *      *
*      7.00*      *      .684E-04C*      .479E+01B*      -.776E-04C*      .552E+01B*
*      ----- COLLE -----
*      7.00*      *      .684E-04C*      .552E+01B*      -.813E-04C*      .552E+01B*
*      *      E= 35000.      *      *      *      *      *
*      *      NU= .35      *      *      *      *      *
*      *      H2= 15.00      *      *      *      *      *
*      22.00*      *      -.217E-03C*      -.101E+02B*      .202E-03B*      .542E+00B*
*      ----- COLLE -----
*      22.00*      *      -.217E-03C*      -.858E-01C*      .571E-03B*      .542E+00B*
*      *      E= 1000.      *      *      *      *      *
*      *      NU= .25      *      *      *      *      *
*      *      H3= 20.00      *      *      *      *      *
*      42.00*      *      -.231E-03C*      -.190E+00C*      .403E-03C*      .317E+00C*
*      ----- COLLE -----
*      42.00*      *      -.231E-03C*      -.516E-03A*      .619E-03C*      .317E+00C*
*      *      E= 500.      *      *      *      *      *
*      *      NU= .35      *      *      *      *      *
*      *      H4=INFINI      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *
*****
*      D      *      75.58MM/100      *      *      R*D      *
*      R      *      324.03M      *      *      24491.70M*MM/100
*****

```

Donc La structure **7BB + 15GB + 20 SG1**

Est vérifiée, car :

$$\varepsilon_t < \varepsilon_{t.ad} \text{ et } \varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}$$

☒ Résumé :

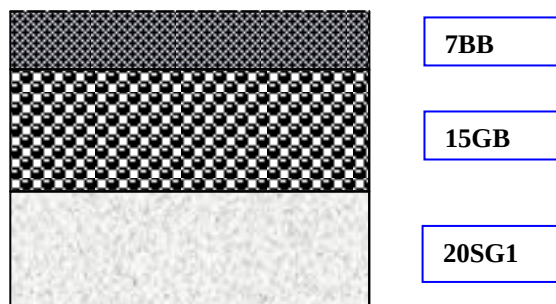
L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

	C.B.R	Catalogue des structures
Chaussée	6BB+10GB+15SG1	7BB+15GB+20SG 1

Conclusion :

On choisit la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les avantages suivants :

- ✚ Donne rapidement plusieurs solutions comparables sans avoir recours à des calculs fastidieux.
- ✚ Entrée les influents des Facteurs climatique de la région les conditions climatiques : température, gel, dégel, pluie.
- ✚ Guide construit pour dimensionnée la structure des chaussées Algérien
- ✚ Augmentation de la longévité de la route
- ✚ Minimiser les couts d'entretien
- ✚ Une meilleur comportement à l'orniérage



7 BB + 15GB + 20SG1

CHAPITRE VIII

Choix et conception des carrefours

VIII.1 INTRODUCTION :

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau, le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours, car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

VIII.2 CHOIX DE L'AMENAGEMENT :

Le choix du type d'aménagement se fait en fonction de multiples critères :

- ✓ L'environnement et la topographie du terrain d'implantation.
- ✓ L'intensité et la nature du trafic d'échange dans les différents sens de parcours.
- ✓ Objectif de fonctionnement privilégié pour un type d'usager.
- ✓ Objectif de la capacité choisie.
- ✓ Objectif de sécurité.

VIII.3 LES TYPES DES CARREFOURS:

Les principaux types des carrefours que présentent les zones urbaines sont :

VIII.3.a) Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires, le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

VIII.3.b) Carrefour à trois branches (en Y):

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

VIII.3.c) Carrefour à quatre branches (en croix) :

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

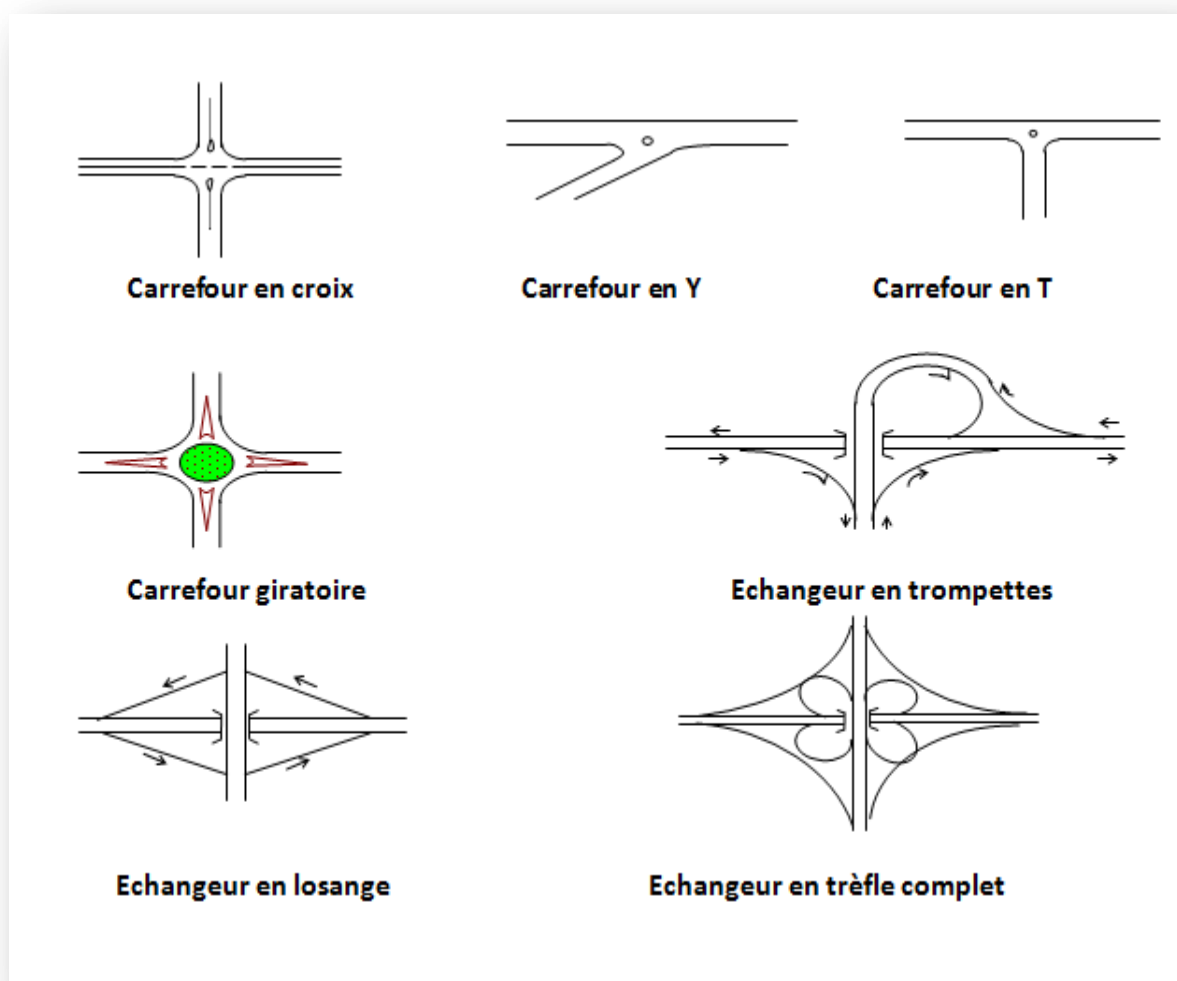
VIII.3.d) Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

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

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

Pour l'établissement d'un carrefour giratoire à la place d'une intersection existante, on essaiera de respecter un minimum de 150m d'alignement (200m dans le cas d'une entrée à 2x2 voies).

➤ Différents types des carrefours.



Figure(16). Différents types des carrefours

VIII.4 Principes généraux d'aménagements d'un carrefour :

Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 afin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.

- ✓ Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- ✓ Regrouper les points d'accès à la route principale.
- ✓ Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- ✓ Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- ✓ Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

VIII.4.a) La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

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

VIII.4.b) Triangle de visibilité :

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

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

VIII.4.c) Données de base :

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

VIII.4.d) Les îlots :

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

❖ **îlot séparateur** : les éléments principaux de dimensionnement sont :

- ✓ Décalage entre la tête de l'îlot séparateur et la limite de la chaussée: 1m.
- ✓ Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 0.5m.
- ✓ Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.
- ✓ Longueur de l'îlot : 15 m à 30 m.

❖ **Ilot directionnel:**

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

VIII.4.e) Les couloirs d'entrée et de sortie

Longueur des couloirs : 4 m (entrée), 5 m (sortie).

Pour les routes de 2x2 voies 8 m (entrée), 9 m (sortie).

VIII.5 APPLICATION AU PROJET :**VIII.6.A) CARREFOUR PLAN AU DEBUT DE PROJET (PK 0+000) :**

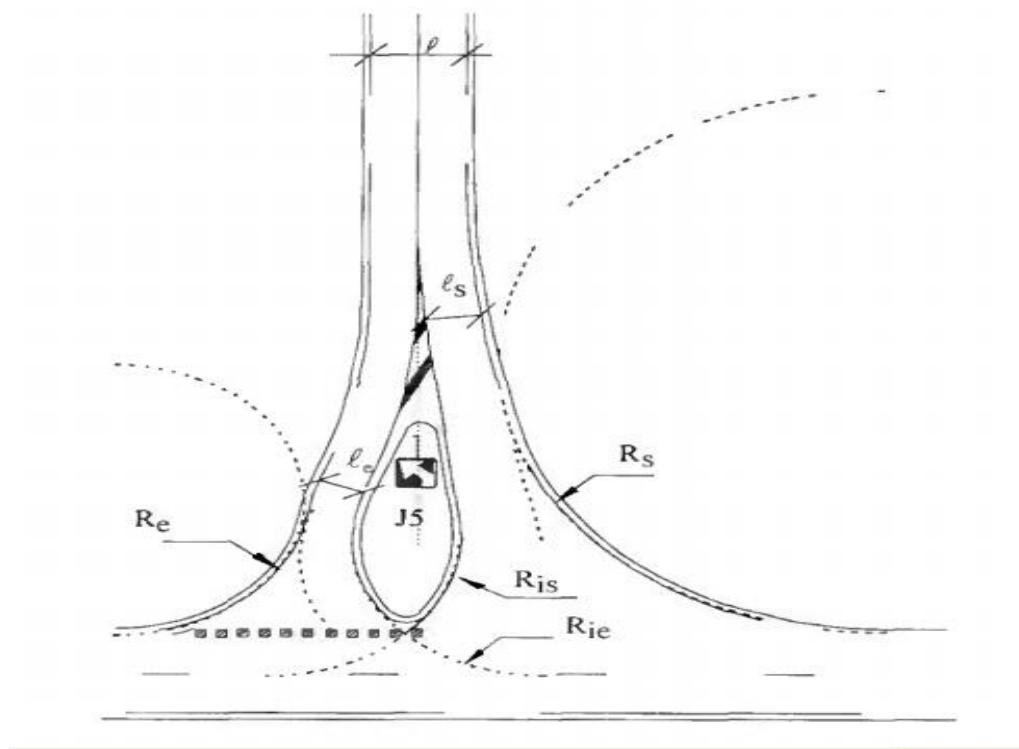
C'est un carrefour à trois branches (en Y) qui se trouve au niveau d'intersection entre la village de bougoufa et la liaison, Il est aménagé avec des îlots séparateurs et directionnels.

- CC251 (côté vers OUEST DE SOUF (RN16)).
- Village bougoufa
- Notre projet vers route HMD - ROBBAH.

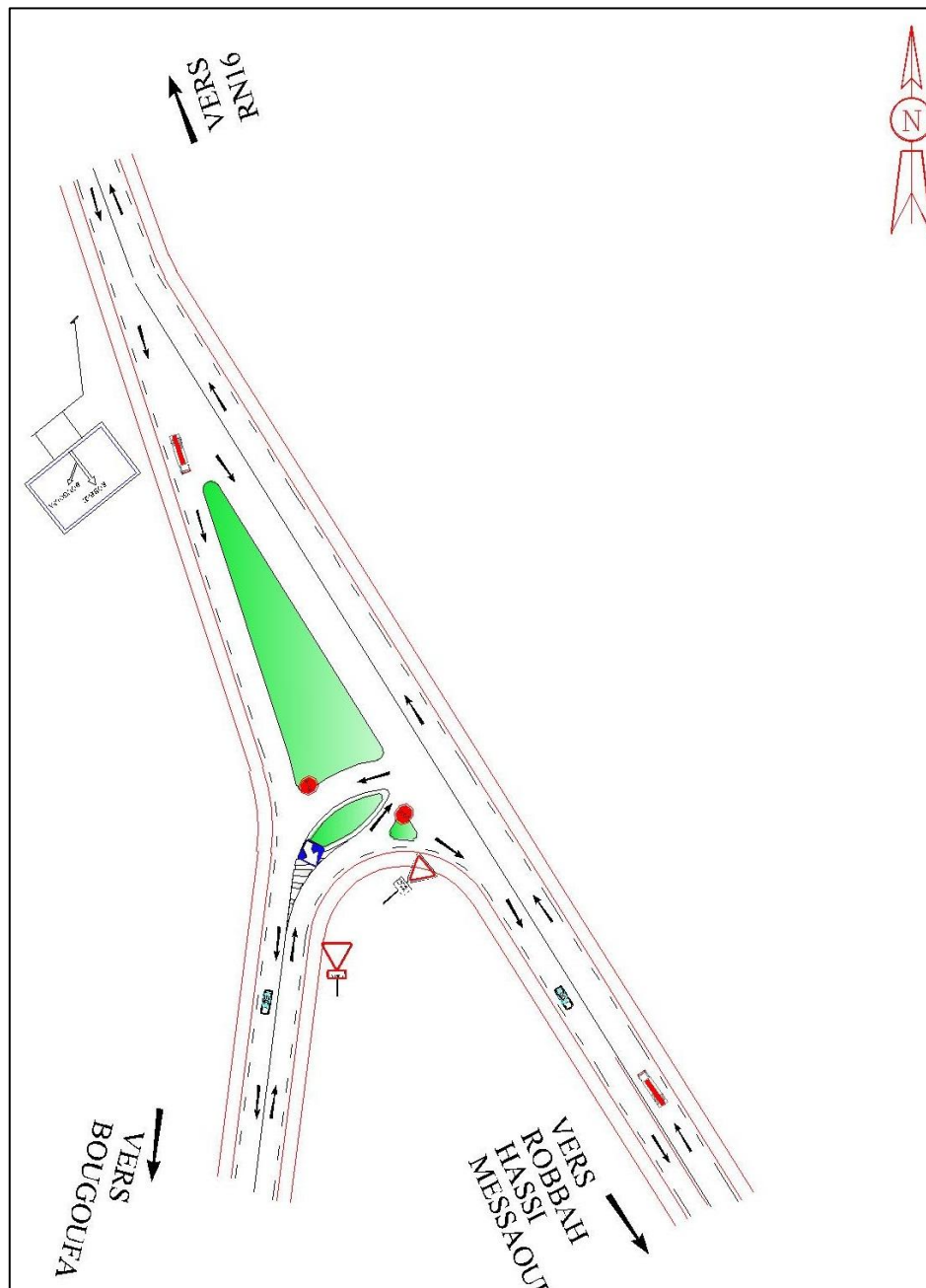
➤ Dimensionnement de carrefour :

D'après les règles de SETRA sur l'aménagement des carrefours on a trouvé que notre carrefour présente les caractéristiques géométriques suivantes :

largeur de la chaussée de la voie secondaire	a	6m
longueur de l'îlot séparateur	L	24m
Largeur de l'îlot séparateur	H	12m
Base du triangle de construction coté sorti (vers la voie secondaire)	L1	3.30m
Base du triangle de construction coté entrée (sur la voie principale)	L2	8.70m
rayon de sortie vers la voie secondaire	R _s	24m
Rayon d'entrée sur la voie principale	R _e	12m
Rayon de l'îlot en sortie	R _{is}	13m
Rayon de l'îlot en entrée	R _{ie}	14m
Largeur de la voie de sortie	c	3.5m
Largeur de la voie d'entrée	b	3m

Tableau 8.1 caractéristique géométrique du 1^{ère} carrefour

Figure(17).exemple de construction d'un carrefour en T



Figure(18).La conception de 1ère carrefour en Y

VIII.6.b) ; CARREFOUR PLAN A LA FIN DE PROJET (PK 6+543) :

C'est un carrefour à trois branches (en Y) qui se trouve au niveau d'intersection entre la route HMD-ROBBAH et la liaison, Il est aménagé avec des îlots séparateurs et directionnels.

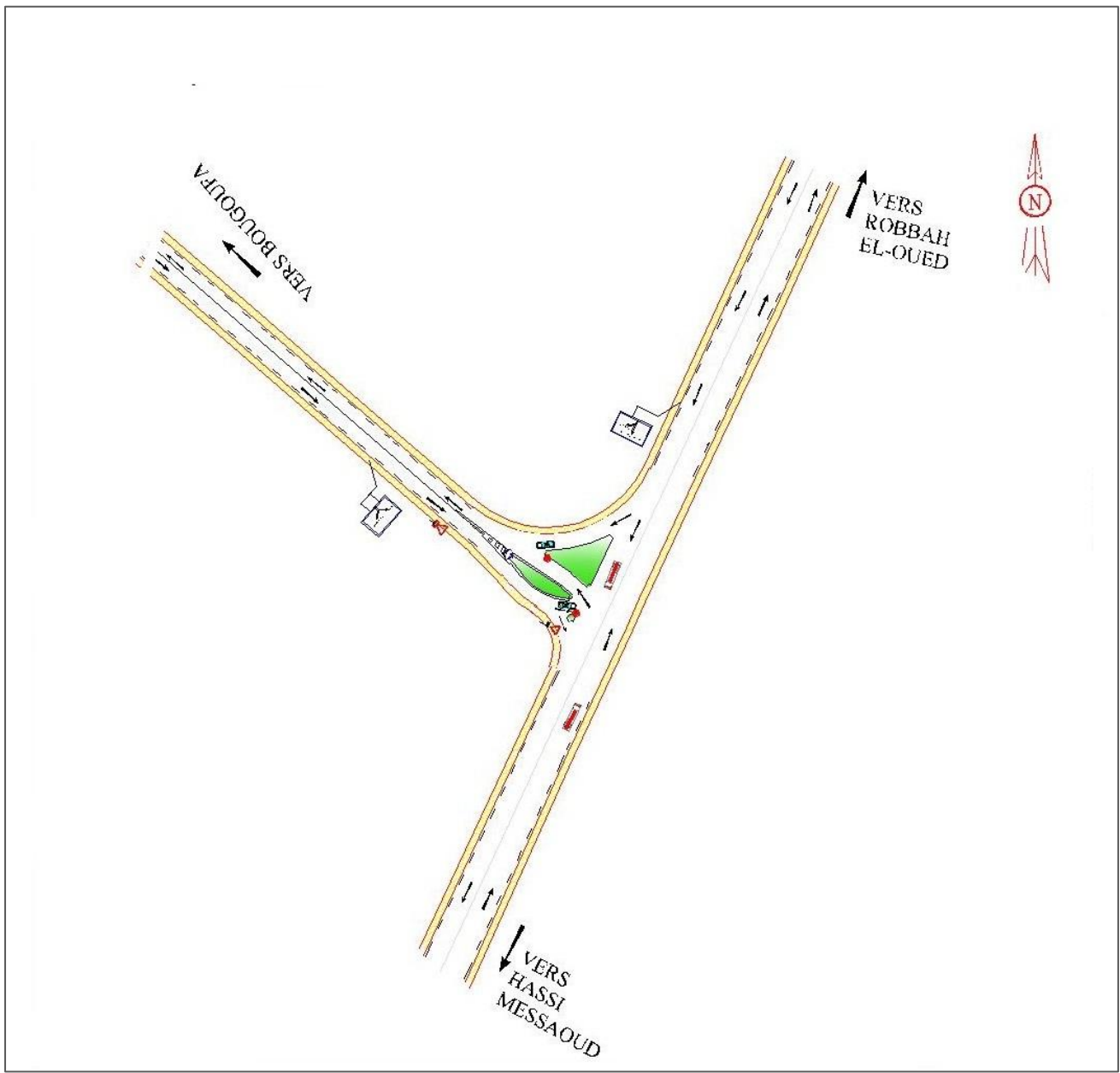
- ROBBAH.
- HMD.
- Notre projet vers BOUGOUFA

➤ **Dimensionnement de carrefour :**

D'après les règles de SETRA sur l'aménagement des carrefours on a trouvé que notre carrefour présente les caractéristiques géométriques suivantes :

largeur de la chaussée de la vois secondaire	a	7 m
longueur de l'îlot séparateur	L	28m
Largeur de l'îlot séparateur	H	14m
Base du triangle de construction coté sorti (vers la voie secondaire)	L1	3.85m
Base du triangle de construction coté entrée (sur la voie principale)	L2	10.15m
rayon de sortie vers la voie secondaire	Rs	28m
Rayon d'entrée sur la voie principale	Re	14m
Rayon de l'îlot en sortie	Ris	15m
Rayon de l'îlot en entrée	Rie	16m
Largeur de la voie de sortie	c	4m
Largeur de la voie d'entrée	b	3.5m

Tableau 8.2 caractéristique géométrique du 2^{ème} carrefour



Figure(19).La conception de carrefour en Y

CHAPITRE 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'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage 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 :

IX.1.a) Pour les chaussées :

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

IX.1.b) 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 de corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

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.

IX.3.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 %.

IX.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.

IX.3.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.

IX.3.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.

IX.3.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 varie entre 30 m et 40 m.

☒ Remarque :

Notre projet se situe hors agglomération, donc il ne nécessite pas l'installation des canalisations des eaux usées.

Notre profil en travers type ne comporte pas des fossés à cause des raisons suivants:

- Une faible pluviométrie (inférieur à 100mm).
- Des conditions climatiques sévères.
- Couverture superficielle sableuse.
- Forte vitesse éolienne.

Et aucune trace d'Oued.

Et par conséquent le projet ne nécessite aucun ouvrage spécifique à l'écoulement des eaux.

La nappe phréatique dans cette zone est d'une profondeur variable de 10 à 13 m.



Fig. (20)

figure(21) :Photo présente l'état de climat d'El-oued (Climat chaud)



Figure(20) : Photo présente accotement dans sud sans fossé



Figure(22) : Photo présente le sol d'El-oued (Sol perméabilité)

CHAPITRE X

probleme de

l'ensablement

X.1 INTRODUCTION:

A l'instar des régions arides du monde, le sud algérien connaît des sérieux problèmes d'ensablement.

La présence permanente d'importants dépôts de sable dunaires constitue une menace sérieuse pour l'ensemble des infrastructures de développement situées au sud de pays notamment le réseau routier .En effet le désensablement des centaines de kilomètres du patrimoine routier des wilayas du sud nécessite des moyens financiers colossaux en permanence.

L'objectif du présent article est d'apporter une contribution à la compréhension du mécanisme de l'ensablement et de proposer des solutions de lutttes pouvant diminuer l'impact de ce phénomène



Figure(23) : Photo présente le problème de l'ensablement

X.2 DEFINITION:

Il y a ensablement lorsque les grains de sable sont transportés par les vents et s'accumulent sur le littoral, au bord des cours d'eau et sur des terres cultivées ou incultes.

Pour maîtriser l'ensablement, dans le cas des routes, il faut tout d'abord réduire le phénomène de saltation processus de transport de particules, de la taille des sables ou des graviers, par le vent.

Pour cela deux moyens peuvent être envisagés

- Stabilisation du sol.
- Réduction du gradient de la vitesse du vent au voisinage de la surface du sol.

On peut aussi faire appel à la vitesse du vent pour déblayer des points ensablés

- Le profilage
- Technique de la palissade

Le profilage doit porter sur tous les obstacles : amas de sable, blocs de pierre, et même végétation est effectué sur une largeur moyenne de 25 m de chaque côté de la chaussée.

X.3 TECHNIQUE DE LA PALISSADE:

X3.a).Définition :

La palissade est un obstacle linéaire opposé au vent dominant pour en diminuer la vitesse et provoquer à son niveau l'accumulation du sable en mouvement

Cette accumulation aboutit à la formation d'une dune artificielle qui constitue la première phase de la lutte contre l'ensablement

Suivant le positionnement de la palissade par rapport à la direction du vent dominant on distingue deux types de dunes artificielles

- **La dune d'“arrêt”**: qui est destinée à arrêter la progression de sable. Elle se forme à partir d'une palissade orientée perpendiculairement à la direction du vent le plus dangereux (Figures).
- **La dune de “défilement”**: utilisée pour dévier la progression du sable dans une autre direction que celle du vent dominant. Elle se forme à partir d'une palissade dont l'orientation fait un angle de 120 à 140° avec la direction moyenne du vent dominant (figures). La disposition en défilement est recommandée pour le cas des routes à condition de s'assurer que le sable détourné ne risque pas d'envahir d'autre section situé pas loin de la zone qui fait l'objet des travaux de protection.



Figure 2: Schémas de disposition des palissades de défilement (a) et d'arrêt (b).



Figure 3 : Photo de palissade d'arrêt (a) et photo de palissade de défilement (b) RN53A

Figure24 photo réel de palissade d'arrêt(a) et de palissade de défilement(b)

X 3.b).Caractéristique de la palissade:

Deux caractéristiques fondamentales sont avérées nécessaires aux palissades pour remplir

Efficacement leur rôle ;

- Perméabilité au vent afin d'en ralentir la vitesse et permettre le dépôt du sable sans provoquer de phénomène tourbillonnaire. Cette perméabilité favorise l'accumulation du sable de part et d'autre de la palissade dont la surface des vides est comprise entre 30 et 40% de la surface totale.
- Résistance au vent, plus la hauteur de la palissade est grande moins elle est résistante. Une hauteur de 70 cm et 30 cm de fouille pour les palissades en palmes s'avère optimal.

X.4 LES RECOMMANDATIONS:

Les recommandations ci-dessous constituent des dispositions spéciales à respecter lors de

la conception des routes en zones dunaires permettant de réduire les risques d'ensablement.

- 1- concevoir un tracé en plan et un profil en long épousant le terrain naturel,
- 2- suivre le terrain en léger remblai, en évitant les dunes et en restant parallèle à leur direction générale
- 3- éviter les champs des dunes mobiles.
- 4- tracer la route à une distance des dunes supérieure à deux ou trois fois leur hauteur, de préférence du côté au vent
- 5- neutraliser autant que possible les dunes de part et d'autre du tracé, en les débarrassant ou les utilisant en emprunt
- 6- prévoir de vastes surlargeurs de plate forme pour maintenir la circulation en cas d'ensablement partiel
- 7- sur les remblais élevés proscrire les dévers unique et prévoir des rayons en plan suffisamment grands.

X.5 CONCLUSION :

De façon générale, les actions de lutte contre l'ensablement demeurent ponctuelles, dispersées et portent sur des cas d'urgence où les fronts dunaires sont devenus menaçants.

Elles s'inscrivent rarement dans le cadre d'un plan de protection globale préétabli et déterminé en fonction de la dynamique éolienne et des types de modelés éoliens en présence, prenant en compte aussi bien les sources de sable, les zones de transport et de dépôt.

Il convient donc d'adopter une stratégie générale de lutte contre l'ensablement qui se résume en ce qui suit :

- élaboration d'un guide spécifique de conception de tracé routier en zone dunaire.
- élaboration des méthodes de suivi et d'évaluation des projets de protection des routes.

CHAPITRE XI

Signalisation

XI.1 INTRODUCTION:

Le rôle joué par la signalisation routière dans la sécurité et l'exploitation des Infrastructures n'est plus à démontrer.

Elle constitue aujourd'hui encore et pour longtemps le principal média d'information, entre d'une part, le gestionnaire de voirie et l'autorité de police, et d'autre part, les usagers de la route.

Visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constitue les grands principes de la signalisation.

Ils sont intangibles pour que l'utilisateur puisse toujours la comprendre.

XI.2 DISPOSITIF DE RETENUE :

Les dispositifs de retenue ne doivent être implantés que si le risque en leur absence le justifie car eux-mêmes constituent des obstacles.

Il existe deux catégories de dispositifs de retenue :

- Les dispositifs souples qui se déforment sous l'effet du choc (cas des glissières métalliques).
- Les dispositifs rigides (cas des glissières en béton adhérent et des barrières lourdes en béton adhérent).

XI.3 SIGNALISATION:

L'importance de la signalisation a été énoncée au début du chapitre.

On confirme à nouveau que la signalisation routière joue un rôle primordial dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité)

Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

XI.4 LES TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux familles de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XI.4.a) Signalisations horizontales :

Elles comportent uniquement les marques sur chaussée ; Elle se divise en deux types :

XI.4.a.i) Lignes longitudinales :

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation, on trouve :

➤ **Les lignes continues :**

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

➤ **les lignes discontinues :**

Sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive). voir le tableau suivant

❖ **Modulation des lignes discontinues :**

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

TYPE DE MODULATION	LONGUEUR DU TRAIT(M)	INTERVALLE ENTRE TRAIT (M)	RAPPORT PLEIN/ VIDE
T ₁	3.00	10.00	~ 1/3
T ₂	3.00	3.5	~1
T ₃	3.00	1.33	~3

Tableau 11.1 caractéristiques des lignes discontinues

❖ **Marques sur chaussée :**

Les lignes mixtes : c'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt
Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

XI.4.a.ii) Lignes transversales :

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

➤ **Ligne stop :**

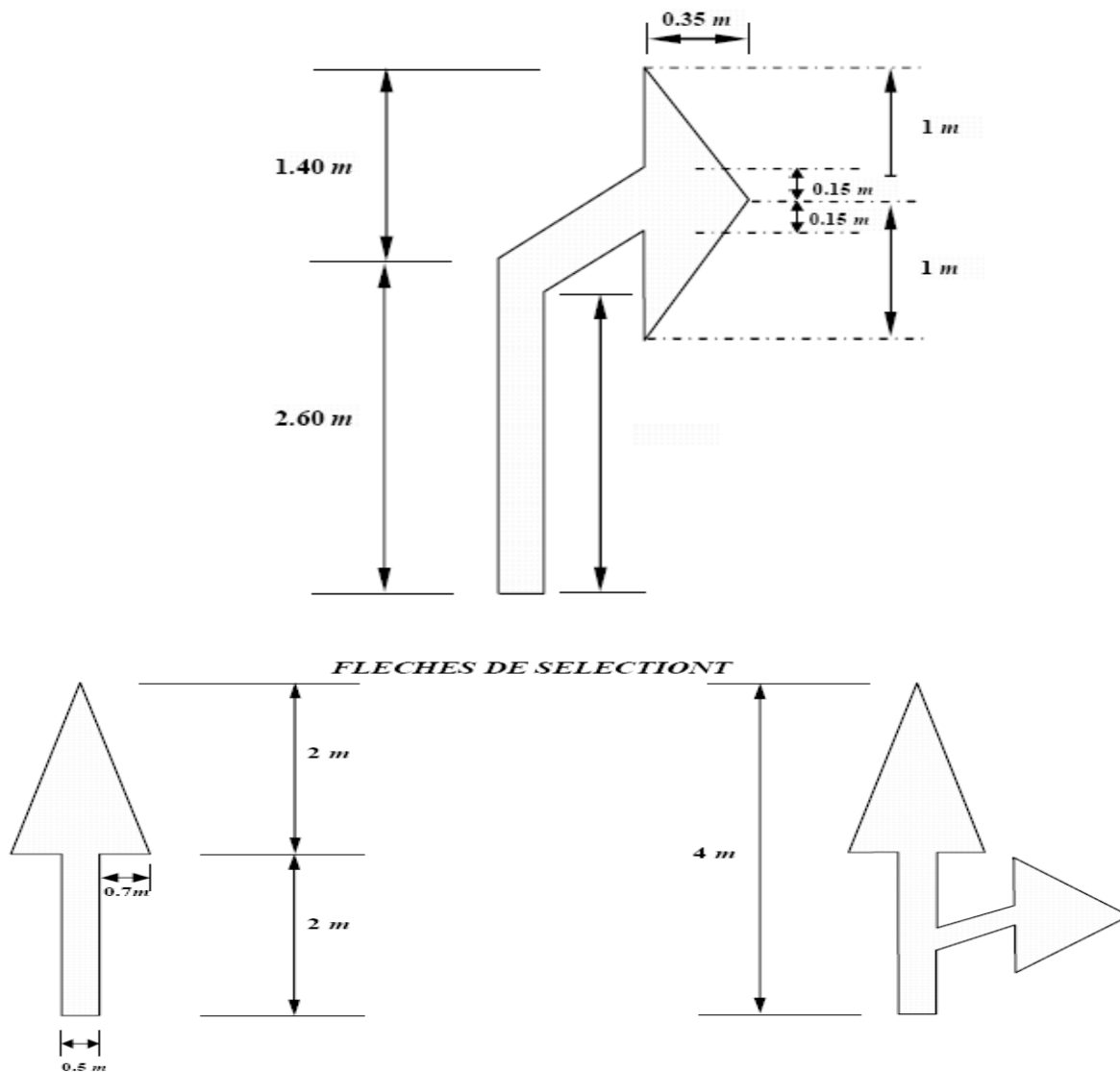
C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt.

➤ **Autres signalisation :**• **Les flèches de rabattement :**

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

• -Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

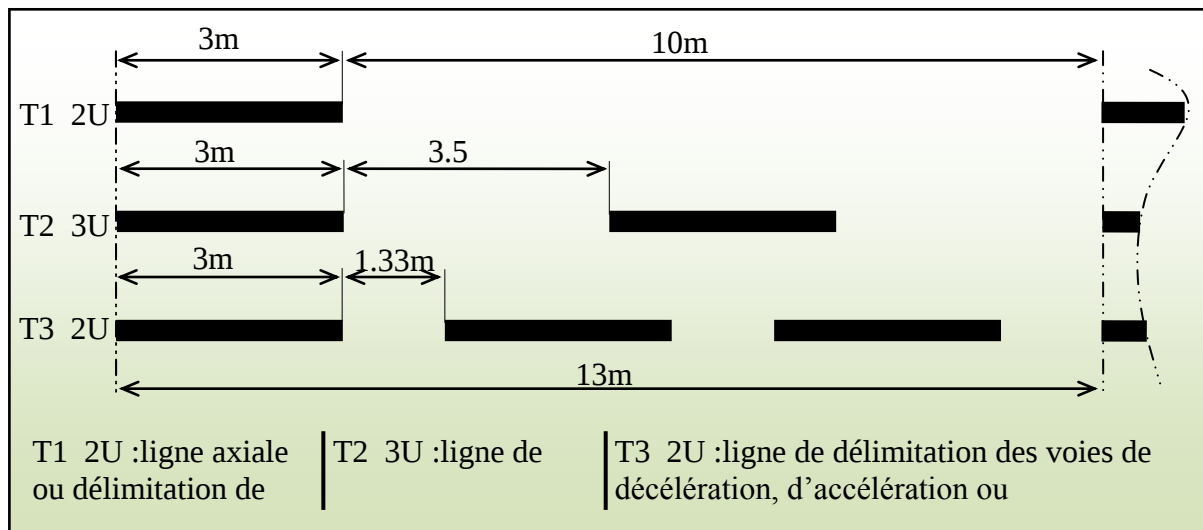


❖ Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

- U=7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- U=6cm sur les routes et voies urbaines.
- U=5cm sur les autres routes.

➡ Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un $U = 5\text{cm}$.



Figure(25).Types de modulation
Référence signalisation routière (art-144)

XI.4.b) Signalisations verticales :

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

XI.4.b.i) Signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

XI.4.b.ii) Signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route où les usagers doivent marquer l'arrêt.

XI.4.b.iii) Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75° .

XI.5 APPLICATION AU PROJET :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

XI.5.a) Signalisations verticales :

- **Type A:**



- **Type B :**



➤ Type D :



➤ Type E :



➡ Les signaux routiers qui sont utilisés pour LE CARREFOUR :



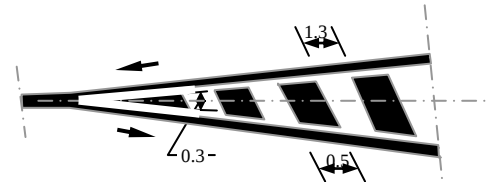
XI.5.b) Signalisations horizontales :



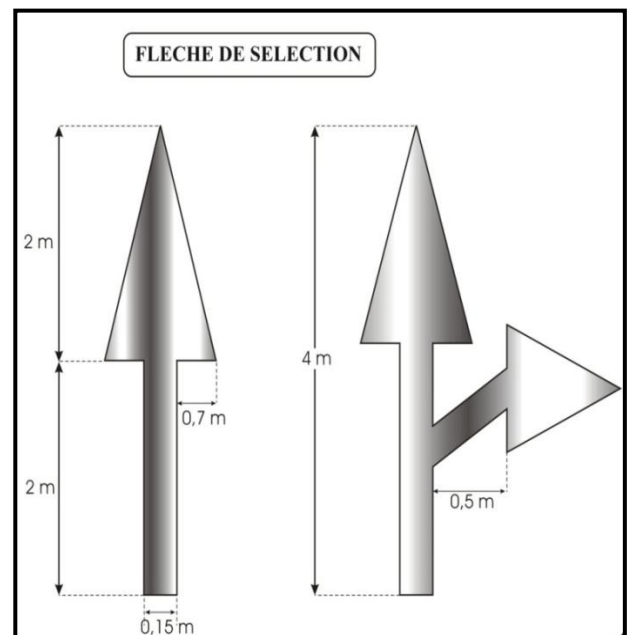
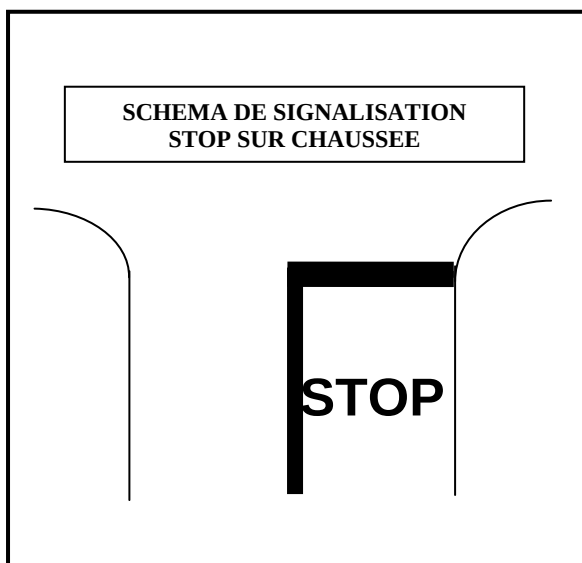
LIGNE DISCONTINUE



LIGNE CONTINUE



MARQUAGE PAR HACHURE



CHAPITRE XII

Devis estimatif et quantitatif

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montants DA
1	Acquisition des terrains	M²	720	1000	720000
Total 01	720000DA				
2	Dégagement de l'emprise				
	Abattage des arbres 20 à 40 cm	U	/	/	/
Total 02	/				
3	Terrassement				
	Décapage de terre végétale (20cm)	M³	13741.72	50	687050
	Déblais mis en remblais	M³	48257	140	6755980
	Déblais en sol inutilisable mise en dépôt	M³	12469	120	1496280
	Remblais d'emprunt	M³	/	/	/
Total 03	8939310DA				
4	Chaussée				
	C. Forme en TVO	M³	/	/	/
	C. Fondation en SG	M³	18303	1200	21963600
	Couche d'imprégnation en émulsion	M²	45805.732	120	5496687.84
	C. Base en GB 2.2t/m3	T	15115.9	6000	90695400
	Couched'accrochage0.2à 0.3kg /m2	T	13.74	80000	1099200
	C. Roulement en BB 2.3t/m3	T	7374.72	6600	48673152
Total 04	167928039.8DA				
5	Assainissement	/			/
6	PALISSADE	748ML	250DA		187000
7	Signalisation	F (5%) du total (2+3+4)			8843367.492
8	Installation de chantier + replié des matériels	F (3%) du total (2+3+4)			5306020.495
9	Etude complémentaire	F(10 %) du total (2+3+4)			17686734.98
Total (5+6+7+8)		32023122.97 DA			
Total général		209610472.8			

TOTAL HT: **209610472.8**

TVA 17%: **35633780.38**

TOTAL TTC: **245244253.2**

SOIT EN LETTRES:

***Deux cent quarante cinq millions deux cent quarante
quatre mille deux cent cinquante trois Dinars Algérien
et Deux Centimes***

Conclusion

CONCLUSION

Ce projet de fin d'études a été consacré à l'étude d'un projet routier, tout au long de ce travail, nous avons abordé trois aspects de la conception routière à savoir : Les études géométriques, les études géotechniques et le dimensionnement de la structure de chaussée. Plusieurs normes et guides techniques ont été utilisés pour satisfaire la conception, aussi, Nous avons pu ainsi aborder dans les détails, les principes de base de la géométrie routière tels que le choix de l'axe en plan, du profil en long et la conception des profils en travers types tout en essayant de satisfaire les normes géométriques et les besoins de l'ingénieur sur chantier dans les plus brefs délais.

Au bout de ce travail, nous avons bien ressenti l'importance de l'étude de tels projets pour notre formation d'ingénieur d'état. En plus, l'opportunité qui nous avons été offerte de participer activement à l'élaboration de l'étude de ce projet et d'autres aménagements au sein du bureau nous a permis d'acquérir une vue globale de la vie d'un bureau, d'un projet et de la vie quotidienne d'un groupe de travail avec les méthodes, astuces, outils...dont ils disposent pour mener leurs études et c'est ce qui a été le plus bénéfique pour nous.

Ce travail reste cependant un premier pas dans le monde professionnel des travaux publics en Algérie. Il nous a permis de bien concrétiser mes connaissances acquises durant notre cycle de formation universitaire que nous espérons développer d'avantages dans notre futur cursus professionnel. Et ceci en gardant le dynamisme et la motivation acquis à travers ce projet pour bien aborder le domaine des études en travaux publics.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- ❖ *Cours de routes de 4^{ème} année ENSTP.*
- ❖ *Cours de 5^{ème} année ENSTP.*
- ❖ *B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).*
- ❖ *Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).*
- ❖ *Aménagement des carrefours (SETRA) ;*
- ❖ *Les signaux Routiers (SETRA).*
- ❖ *ENSTP : anciennes mémoires de Fin d'étude.*
- ❖ *Cours de l'ENTPE (tome 01).*