

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

Université Aboubekr Belkaid Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme
de Master en Génie Civil
Option : Infrastructure de base et géotechnique

Thème :

**ETUDE DE REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONALE N 94 ENTRE
MERINE ET SAIDA SUR 10 KM**

Présenté le 10 juin 2014 par :

LABDI ISMAIL

Devant le jury composé de :

M ^r : HAMZAOUI. F	Président
M ^r : CHERIF BENMOUSSA M. Y	Encadreur
M ^r : GHENNANI. B	C Encadreur
M ^r : CHERIF BENMOUSSA M. Y	Examineur
M ^{me} :EL HOUARI. N	Examinatrice

Année universitaire : 2013/2014

REMERCIEMENTS

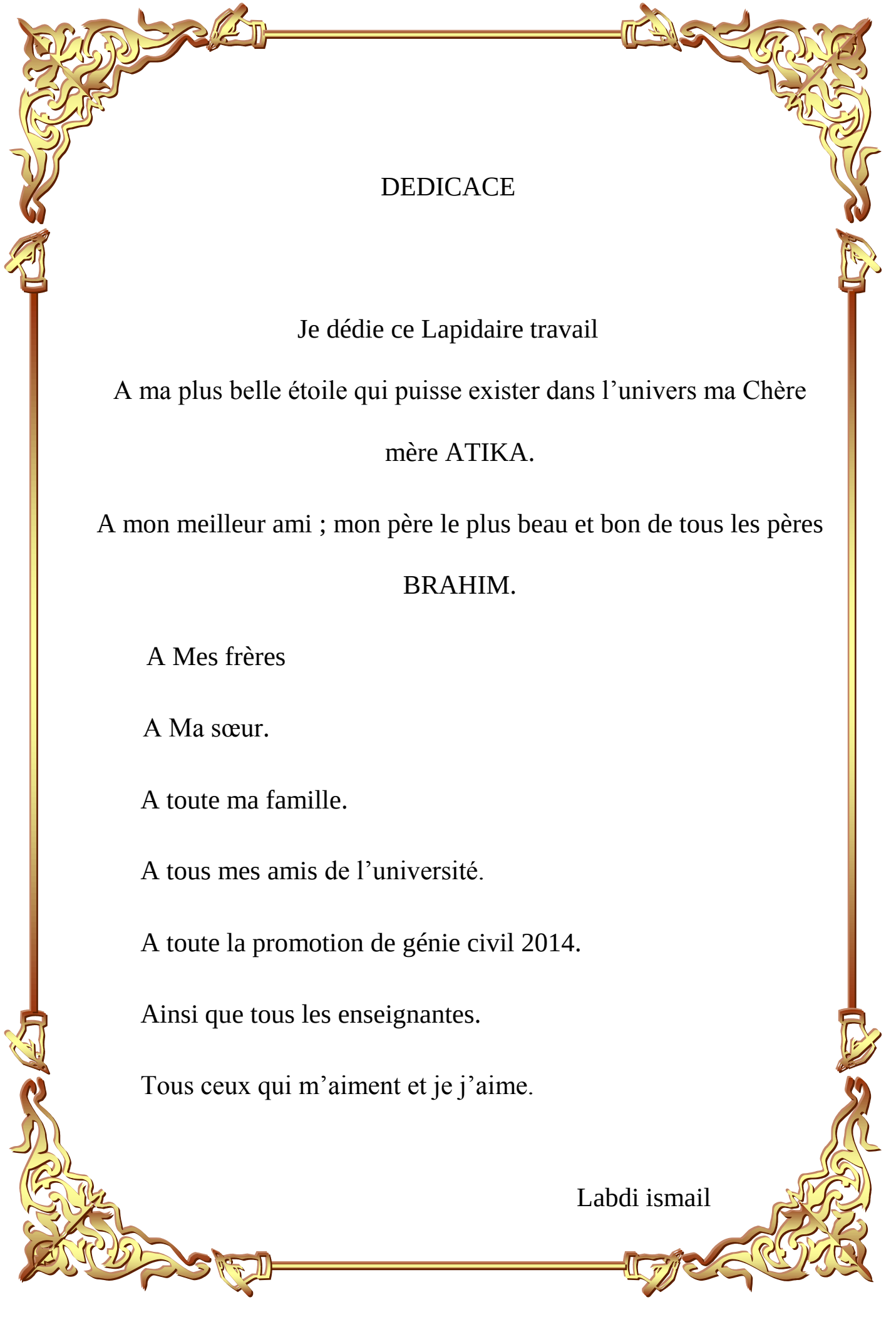
Mes premiers remerciements vont à ALLAH le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

Nous tenons à remercier particulièrement mon encadreur Monsieur **CHERIF BENMOUSSA M.Y** et **GHENNANI. B** pour leur soutien, leur disponibilité, leur précieux conseils encouragement et de nous avoir fait l'honneur d'assurer le suivie de notre travail.

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

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

Enfin, à tous ceux qui nous ont aidées de près ou de loin pour la réalisation de ce projet de fin d'étude.



DEDICACE

Je dédie ce Lapidaire travail

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

A mon meilleur ami ; mon père le plus beau et bon de tous les pères
BRAHIM.

A Mes frères

A Ma sœur.

A toute ma famille.

A tous mes amis de l'université.

A toute la promotion de génie civil 2014.

Ainsi que tous les enseignantes.

Tous ceux qui m'aiment et je j'aime.

Labdi ismail

LISTE DES FIGURES

Chapitre 01 :

Figure 1. 1: plan de situation de la route.	3
Figure 1. 2:Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue.	13

Chapitre 02 :

Figure 2. 1 : les éléments de tracé en plan.....	16
Figure 2. 2: Force centrifuge	17
Figure 2. 3: Eléments de la clothoïde	20
Figure 2. 4: courbe en sommet.	22
Figure 2. 5 : courbe en s.	23
Figure 2. 6 : courbe en C.	23
Figure 2. 7 : courbe en ovale.	23
Figure 2. 8 : Raccordement avec clothoïde.	27
Figure 2. 9: les éléments de profil en long	41
Figure 2. 10: Courbe concave.....	44
Figure 2. 11: Courbe convexe.	46
Figure 2. 12: éléments constitutifs du profil en travers	49
Figure 2. 13 : profil en travers type en déblai de la RN 94.	51
Figure 2. 14 : profil en travers type en remblai de la RN 94.	51
Figure 2. 15 : profil en travers type en mixte de la RN 94.	52

Chapitre 03 :

Figure 3. 1: Analyses granulométriques	58
Figure 3. 2: Limites d'Atterberg.....	59
Figure 3. 3: Equivalent de sable.	60
Figure 3. 4: Essai au bleu de méthylène.	61
Figure 3. 5: Essai Proctor.	62
Figure 3. 6 : Essai C.B.R.	63
Figure 3. 7 : Essai Los Angeles.	64
Figure 3. 8: Essai Micro Deval.....	65

Chapitre 04 :

Figure 4. 1: Arrachement de la couche de roulement.....	68
Figure 4. 2: Nid de poule.	69
Figure 4. 3: Épaufrure.....	69
Figure 4. 4 : Constitution d'une structure de chaussée type	71
Figure 4. 5: Les différents types de chaussée	72
Figure 4. 6 :Schéma montre la démarche du catalogue.	87

Liste des figures

Chapitre 05 :

Figure 5. 1: les types de carrefours.....	92
Figure 5. 2 : Terminologie d'un carrefour giratoire.	96
Figure 5. 3: Carrefour giratoire (PK 0+00).	97
Figure 5. 4: Carrefour en Y.	98
Figure 5. 5: Diagramme de visibilité –priorité à droite.	98
Figure 5. 6: Diagramme de visibilité - Cédez le passage ou signale de stop.....	99

Chapitre 06 :

Figure 6. 1 : Figure présenter les Différent termes hydrauliques	99
Figure 6. 2 : Buses	103
Figure 6. 3 : Dalots	104
Figure 6. 4 : Fossés	105

Chapitre 07 :

Figure 7. 1 : Types de modulation.....	117
--	-----

Liste des tableaux

Chapitre 01 :

Tableau 1. 1: Coefficient d'équivalence p.	9
Tableau 1. 2: Valeur de K1	10
Tableau 1. 3: Valeur de K2	10
Tableau 1. 4 : Valeur de la capacité théorique	11

Chapitre 02 :

Tableau 2. 1: Rayons du tracé en plan.	19
Tableau 2. 2: Paramètres fondamentaux	26
Tableau 2. 3: valeurs de la déclivité maximale	37
Tableau 2. 4: Rayons verticaux pour un angle saillant.	39
Tableau 2. 5: rayons verticaux pour un angle rentrant.....	40

Chapitre 03 :

Tableau 3. 1: Valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol	55
Tableau 3. 2: les différents sondages.	55
Tableau 3. 3: Récapitulatif des résultats des Différents Essais.....	66

Chapitre 04 :

Tableau 4. 1 : Classification des trafics en France.....	78
Tableau 4. 2 : Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd.....	79
Tableau 4. 3 : L'portance de sol en fonction de l'indice de CBR.....	80
Tableau 4. 4 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.	81
Tableau 4. 5 : La classe du trafic poids lourd	82
Tableau 4. 6 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR.	82
Tableau 4. 7 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion.	85
Tableau 4. 8 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol.....	85
Tableau 4. 9 : Les zones climatiques de l'Algérie	86

Chapitre 06 :

Tableau 6. 1 : Variation de Gauss	102
Tableau 6. 2: Coefficient de ruissellement	102
Tableau 6. 3: Récapitulatif des résultats.	112

Chapitre 07 :

Tableau 7. 1: modulation des lignes discontinues.	117
Tableau 7. 2: différents type de panneaux	119

3.5. GUEULE DE LOUP, GRILLE D'INTRODUCTION ET GUEULARD	103
3.6. FOSSES DE CRETES :	104
3.7. DECENTE D'EAU :	104
3.8. LES REGARDS :	104
4. LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION ROUTIÈRE :	105
5. LES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES :	105
6. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS :	105
6.1. ESTIMATION DE DEBIT D'APPORT QA :	105
6.2. DEBIT DE SATURATION :	108
6.3. DIMENSIONNEMENT DES BUSES :	108
6.4. DIMENSIONNEMENT DES DALOTS :	109
6.5. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :	110
7. APPLICATION AU PROJET :	111
7.1. Calcul hydraulique :	111
7.2. Dimensionnement des buses :	113
7.3. Dimensionnement des dalots :	115
7.4. Dimensionnement des fossés :	116
8. CONCLUSION :	118

Chapitre 07 : SIGNALISATION

1. INTRODUCTION :	119
2. L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :	119
3. PRINCIPES FONDAMENTAUX POUR UNE SIGNALISATION EFFICACE : ..	119
4. CATEGORIES DE SIGNALISATION :	120
5. TYPES DE SIGNALISATION :	120
5.1. SIGNALISATION VERTICALE :	120
5.2. SIGNALISATION HORIZONTALE :	121
5. LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION :	123
6. APPLICATION AU PROJET :	124
7. CONCLUSION :	126

CONCLUSION GENERALE : **Erreur ! Signet non défini.**127

BIBLIOGRAPHIE 128

1. INTRODUCTION :

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations.

La route n'est pas la seule infrastructure de transport, on trouve aussi d'autres Moyens comme le chemin de fer, les voies aériennes et les voies maritimes, mais le transport routier est dominant en Algérie, et même si les technologies de l'information se développent, les déplacements routiers liés tant à la vie quotidienne qu'au tourisme sont des réalités incontournables pour encore de nombreuses années.

Actuellement, en Algérie, le trafic routier a connu une évolution rapide, les routes existantes qui supportent ce trafic dont un pourcentage important du poids lourds, nécessitent des opérations de réhabilitation, modernisation et dédoublement.

Les structures de chaussées en place non renouvelées à ce jour représentent une grande majorité du réseau qui supporte l'intense trafic actuel, c'est ce qui a poussé à mener des études de renouvellement des chaussées dégradées selon l'importance du trafic supporté.

D'autre part l'état de dégradation avancée de cette section faisait que les travaux d'entretien classiques ne soient plus suffisants. C'est précisément, ce type de route qu'il a été intéressant d'intégrer dans le cadre de la recherche d'une solution intermédiaire qui est la technique de modernisation.

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

- Renforcement (études du problème de portance).
- Rectifications géométriques.
- Problèmes de dépendances de la route aux actions de sécurité (signalisation, points noirs).

2. PARMIS LES AVANTAGES DE LA ROUTE NATIONALE:

2.1. 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, ...).

2.2. LES AVANTAGES INDIRECTS:

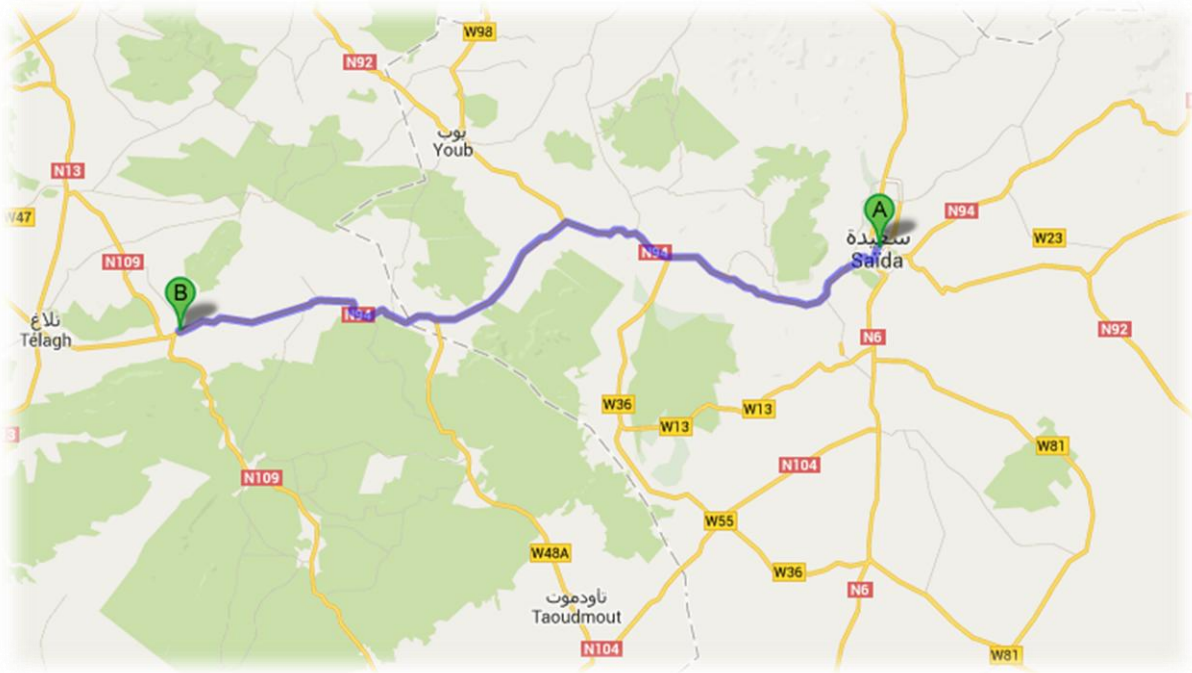
Qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

Pour cela nous proposons un projet intitulé : étude de réhabilitation de RN94 reliant MERINE à la limite de Wilaya de SAIDA.

1. INTRODUCTION :

La route nationale RN94 réalisée à l'époque coloniale, est une infrastructure existante située dans la partie ouest de la wilaya de SAIDA, reliant Merine à la limite de la wilaya de SAIDA, elle constitue un axe très important sur les plans économique et social.

Le projet faisant l'objet de cette étude consiste essentiellement à la réhabilitation de la Route nationale RN94 sur 10 km.



Figure

Figure 1. 1: plan de situation de la route. [1]

Dans le cadre du programme de développement de l'infrastructure de base de la wilaya de SAIDA tel que la Réhabilitation de la RN 94.

La section de la Route nationale RN94 faisant objet de la présente étude de la Réhabilitation concerne le tronçon compris entre le PK 79+600 (au niveau de la ville du MERINE) et le PK 89+800 (au limite de la wilaya SAIDA) sur 10Km.

2. ETAT DES LIEUX :

Le tracé existant est une ancienne route présentant des rayons en plan insuffisants (en dessous de la norme.

Le relief traversé est dans son ensemble vallonné mis à part le dernier tronçon sur une section fortement vallonnée et dangereuse à la circulation présentant un profil en long en dessous des normes associée à une vitesse de base de 80 Km/h.

3. LA PROBLÉMATIQUE :

La Route nationale RN94 a été réalisée à l'époque coloniale, sa géométrie est constituée de plusieurs virages à faibles rayons, les mesures de situation de chaussées donnent un vieillissement de ce dernier, la direction des travaux publics a lancé une étude de réhabilitation de cette route.

Cette réhabilitation dont la consistance technique reste à définir en fonction :

- Des caractéristiques et de l'état actuel de la route et ses dépendances (buses, caniveaux, Talus,...).
- Des données géotechniques que de la plate-forme et du sol support.
- De la portance de la chaussée existante et du niveau de sa dégradation.
- Des données de trafic futur influant sur les largeurs de la chaussée et les structures de la chaussée.
- Des conditions de sécurité routière le long de la route.

4. OBJECTIFS DE PROJET :

Le projet de l'étude de réhabilitation de la Route nationale RN94, s'inscrit dans le cadre du programme de développement de l'infrastructure de base de la wilaya de SAIDA.

Les objectifs de ce projet sont :

- Assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser les usagers sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- L'amélioration du niveau de service de la route.
- L'augmentation de la capacité de la route.
- Amélioration du système de drainage.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.
- L'élargissement de la route en évitant les grands remblais.

5. ETUDE DE TRAFIC:

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer le trafic, et aussi le type d'aménagement à réaliser. Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) est nécessaire pour déterminer les différentes caractéristiques d'un tronçon routier (nombre de voies), le type d'échanges et aussi le dimensionnement de la chaussée.

Cette conception repose, pour partie «stratégie et planification »sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, elle est nécessaires pour : [2]

- ❖ Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- ❖ Estimer les coûts d'entretien du réseau routier.
- ❖ Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (nombres de voies).

6. ANALYSE DE TRAFIC :

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

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier de la wilaya de SIDI BEL ABBESE sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de L'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés. [2]

Les éléments de ces analyses sont multiples :

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

6.1. DIFFERENTS TYPE DE TRAFICS:

On distingue quatre types de trafic : [3]

a)Trafic normal :

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

b) Trafic induit :

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

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.

d) Trafic total :

C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

7. CALCUL DE LA CAPACITE :**7.1. DEFINITION DE LA CAPACITE:**

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée. [4]

La capacité dépend :

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

7.2. LES DONNEES DE TRAFIC:

- Le trafic à l'année 2014 $TJMA_{2014} = 1000$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80$ km/h.
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 40\%$
- L'année de mise en service sera en 2014
- La durée de vie estimée de 20 ans
- Catégorie C1.
- L'environnement E3.

7.3. PROJECTION FUTURE DU TRAFICS: [4]

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

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

Avec :

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

$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

τ : taux d'accroissement du trafic (%).

Donc :

Trafic à l'année (2034) pour une durée de vie de 20 Ans.

$$TJMA_{2034} = 1000 * (1 + 0,04)^{20} = 2191.12 \text{ v/j}$$

Donc: $TJMA_{2034} = 2192$ v/j

7.4. Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (uvp). [6]

Le trafic effectif est donné par la relation suivante:

$$T_{eff} = [(1-z) + p \cdot z] T_{JMAh}$$

Avec:

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

Z : pourcentage de poids lourd=40%

P: **coefficient** d'équivalence pris pour convertir le poids lourds Pour une route à deux voies et un environnement E3 on a P=12.

Tableau 1. 1: Coefficient d'équivalence p. [4]

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

Donc: $T_{eff} = [(1-0.4) + 12 \cdot 0.4] \cdot 2192 = 11836.8 \text{ uvp/j}$

7.5. Débit de pointe horaire normal : [6]

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

Avec:

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12 (n=8heures).

❖ Année de mise en service :

$$Q = 0.12 \cdot T_{eff}^{2012}$$

$$Q = 0.12 \cdot 1000 = 120 \text{ uvp/h}$$

Donc: $Q = 120 \text{ uvp/h}$

❖ **Année horizon :**

$$Q = 0.12 * T_{eff_{2032}}$$

$$Q = 0.12 * 11837 = 1420.44 \text{vp/h}$$

Donc: $Q = 1421 \text{ uvp/h}$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c'est le débit admissible.[6]

$$Q \leq Q_{adm}$$

$$Q_{adm} = ?$$

$$Q_{adm} = K1 * K2 * Ct$$

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

Ct : capacité effective par voie, qu'un pro il en travers peut écouler en régime stable.

Pour notre cas (d'après le B40 pour E3, C1 et pour une chaussée à 2 voies)

k1 et k2 est déterminer a partir des deux tableau suivant

Tableau 1. 2: Valeur de K1 [4].

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau 1. 3: Valeur de K2 [4]

Environnement	1	2	3	4	5
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 : Valeur de la capacité théorique [4]

	Capacité théorique (uvp/h) Ct
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 800

Donc :

Environnement E3 : K1=0.95

Environnement E3 et catégorie C1 : K2=0.91

$$Q_{adm} = K1 * K2 * Cth \Rightarrow Q_{adm} = 0.95 * 0.91 * 2000 \Rightarrow Q_{adm} = 1729$$

$$\Rightarrow Q < Q_{adm}$$

7.6. Détermination nombre des voies :

- ❖ Cas d'une chaussée bidirectionnelle : on compare Q à Q_{adm} et on adopte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q. [4]

$$Q_{adm} \geq Q$$

- ❖ Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport : [4]

$$n = s * (Q / Q_{adm})$$

n: nombre de voies.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

S : coefficient dissymétrie, en général = 2/3.

$$n = 2/3 * (1421/1729) \Rightarrow n = 0.548$$

Donc : on prend n=1 voie/sens.

7.7. Calcul de l'année de saturation de 1x2voies :

$$T_{eff} = [(1-0.4) + 12 \times 0.4] \times 2192 = 11832.06 \text{ uvp/j}$$

Donc: $T_{eff} 2034 = 11832.06 \text{ uvp/j}$

$$Q_{adm} = 0,12 \times 11832.06 = 1419.847 \text{ uvp/h}$$

Donc: $Q_{adm} = 1420 \text{ uvp/h}$

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 1420 = 5680 \text{ uvp/h}$$

Donc :

$$Q_{saturation} = 5680 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2011} \Rightarrow n = \ln(Q_{sat}/Q) / \ln(1 + \tau)$$

$$n = 36 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée 36 ans après la mise en service donc l'année de saturation est Année : 2050.

Conclusion :

La capacité théorique est de : 2000 uvp/h, donc selon la norme de B40, notre route sera bidirectionnelle (02 voies de circulation) de 3.5 m de largeur chacune et d'un accotement d'une largeur de 1.7m de chaque côté.

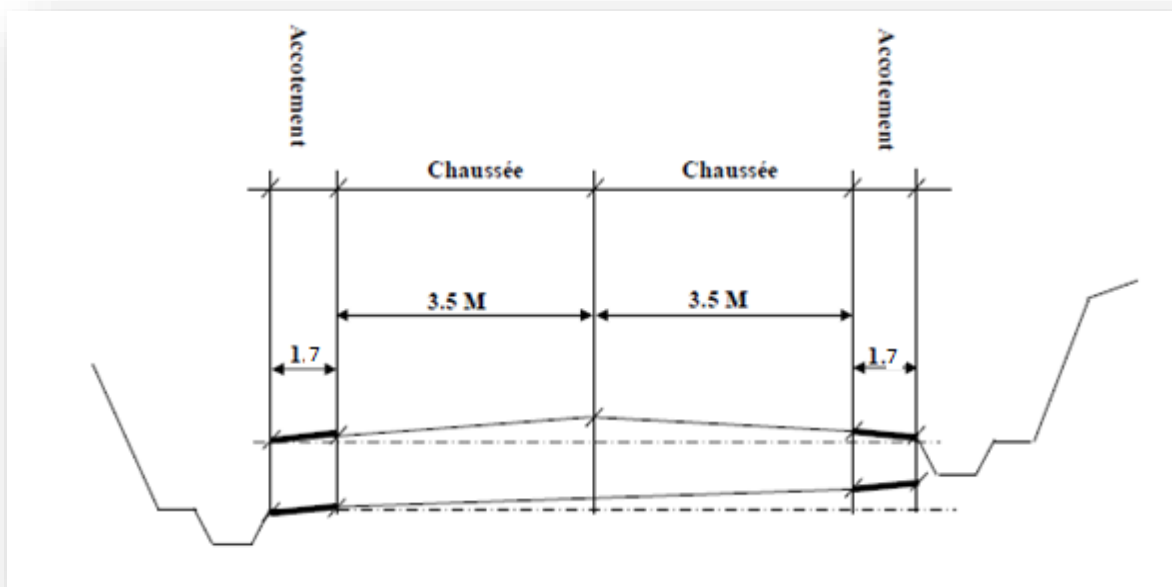


Figure 1. 2:Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue.

1. Introduction :

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- ❖ Tracé en plan.
- ❖ Profil en long.
- ❖ Profil en travers.

TRACE EN PLAN

2. Trace en plan :

2.1. INTRODUCTION :

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'implantation de la route dans la nature et son adaptation au relief.

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la vitesse de référence appelé aussi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier. [4]

Le tracé en plan doit assurer aux usagers de la route nationale RN94 une bonne qualité de service.

Pour cela l'étude sera réalisée conformément aux normes techniques d'aménagement des routes, avec une vitesse de base retenue de 80 km/h, mais les normes techniques suscitées ne seront pas respectées quelque fois dans le tracé à cause de la difficulté du terrain naturel, donc on est obligé de suivre le tracé existant et réduire la vitesse de base à 60 km/h.

2.2. REGLES A RESPECT DANS LE TRACE EN PLAN :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations: [4]

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau trace au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Appliquer les normes de B40 si possible.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais. .
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de trace.

2.3. LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN :

Un trace en plan est constitué de trois éléments (comme il est schématisé ci-dessous) : [4]

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

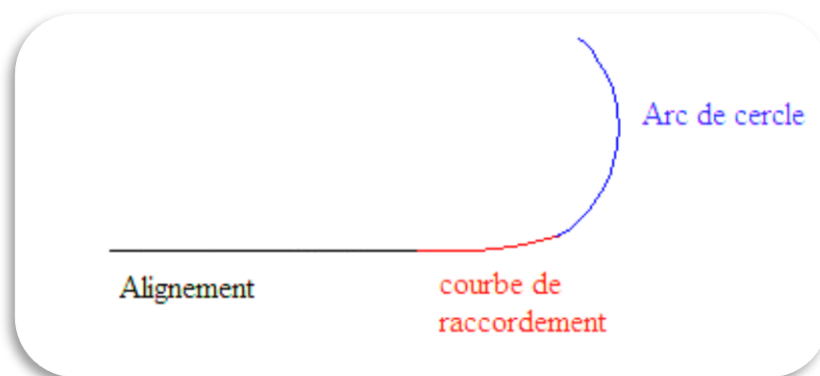


Figure 2. 1 : les éléments de tracé en plan

2.3.1. Les alignements :

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

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en c ou ove. [4]

a. Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation. [4]

$$L_{min} = T \times V_B$$

Avec V_B : vitesse de base en (m/s) et $T = 5$ s

$$\Rightarrow L_{min} = 5 \times V_B$$

b. Longueur maximale :

Pour réduire les effets de la monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale L_{max} d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes à la vitesse v (m/s).

D'après B40 on a : [4]

$$L_{max} = T \times V_B$$

Avec V_B vitesse de base en (m/s) et $T = 60$ s

$$L_{max} = 60 \times V_b$$

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.

2.3.2. Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures : [4]

- ✓ Stabilité des véhicules en courbe.
- ✓ Visibilité en courbe.
- ✓ Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

a. Stabilité en courbe :

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

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (devers) ce qui implique un rayon minimal.

Les rayons en plans dépendant des facteurs suivant : [5]

- ❖ Force centrifuge F_c .
- ❖ Poids de véhicule p .
- ❖ Accélération de la pesanteur g .
- ❖ Devers d .

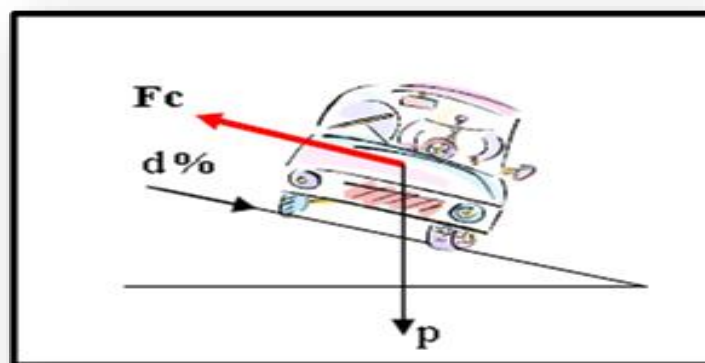


Figure 2. 2: Force centrifuge [5]

➤ **Rayon horizontal minimal absolu (RH_{min}):**

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal : [4]

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

Avec :

ft : Coefficient de frottement transversal.

➤ **Rayon minimal normal (RH_n) :**

Le rayon minimal normal (RH_n) doit permettre a des véhicules dépassant V_B de 20km/h de rouler en sécurité. [4]

$$RH_n = \frac{(Vr+20)^2}{127 (ft+d_{max})}$$

➤ **Rayon au devers minimal (RH_d) :**

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

Devers associe $d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1-2. [4]

$$RH_d = \frac{V_r^2}{127 * 2 * d_{min}}$$

❖ **Rayon minimal non déversé (RH_{nd}):**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déverse. (RH_{nd}) [6]

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127 * 0.0035}$$

Pour notre projet qui situe dans un environnement (E3), classe en catégorie (C1) avec une vitesse de référence 80 km/h et à partir du règlement algérien b40 on peut déterminer tableau suivant :

Tableau 2. 1: Rayons du tracé en plan. [4]

Paramètre	symboles	valeurs
Vitesse de référence (km/h)	V_r	80
Divers maximal (%)	D_{max}	7%
Rayon en plan minimal absolu(m)	$RH_m (7\%)$	250
Rayon en plan minimal normal(m)	$RH_n (5\%)$	450
Rayon en plan au devers minimum (m)	$RH_d (2.5\%)$	1000
Rayon en plan non déverse (m)	$RH_{nd} (-2.5\%)$	1400

b. Sur largeur en courbe (s) :

Le calcul de la sur largeur est nécessaire pour les véhicules longs afin de leur faire éviter qu'une partie de leur carrosserie n'empiète sur la vois adjacente. On donne à la vois parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normal en alignement pour plus de sécurité et pour éviter un accrochage entre véhicules venant en sens inverse.

Ce problème dit de (l'inscription des véhicules) dans les virages à faibles rayons généralement inférieur à 200m.

La sur largeur sera toujours reportée à l'intérieur de la courbe $S=50/R$.

2.3.3. Courbe de raccordement CR :

Il permet d'éviter la variation brusque de la courbe entre lors du passage d'un alignement à un cercle ou l'inverse .elle a comme propriété essentielle : la variation Progressive de la courbure.

Elle apporte des avantages très intéressants :

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

a. Types de courbe de raccordement :

Trois courbes mathématiques peuvent jouer le rôle de la courbe de raccordement :

- La parabole cubique.
- La lemniscate.
- La clothoïde

❖ **Parabole cubique :**

Définition :

Cette courbe est d'un emploi très limitée, vu le maximum de sa courbure vite atteint ; ne convient qu'à des raccordements de très grands rayons ; utilisée dans les traces de chemin de fer.

❖ **La lemniscate**

Définition :

Sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesurée à partir du point d'inflexion ; utilisée pour certains problèmes de traces de routes « trèfle d'autoroute »

❖ **Clothoïde :**

Définition :

Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc), mesurée à partir du point d'inflexion. Variation de courbure continue, dans le même sens, entre la courbure 0 et la courbure infinie.

Éléments de la clothoïde :

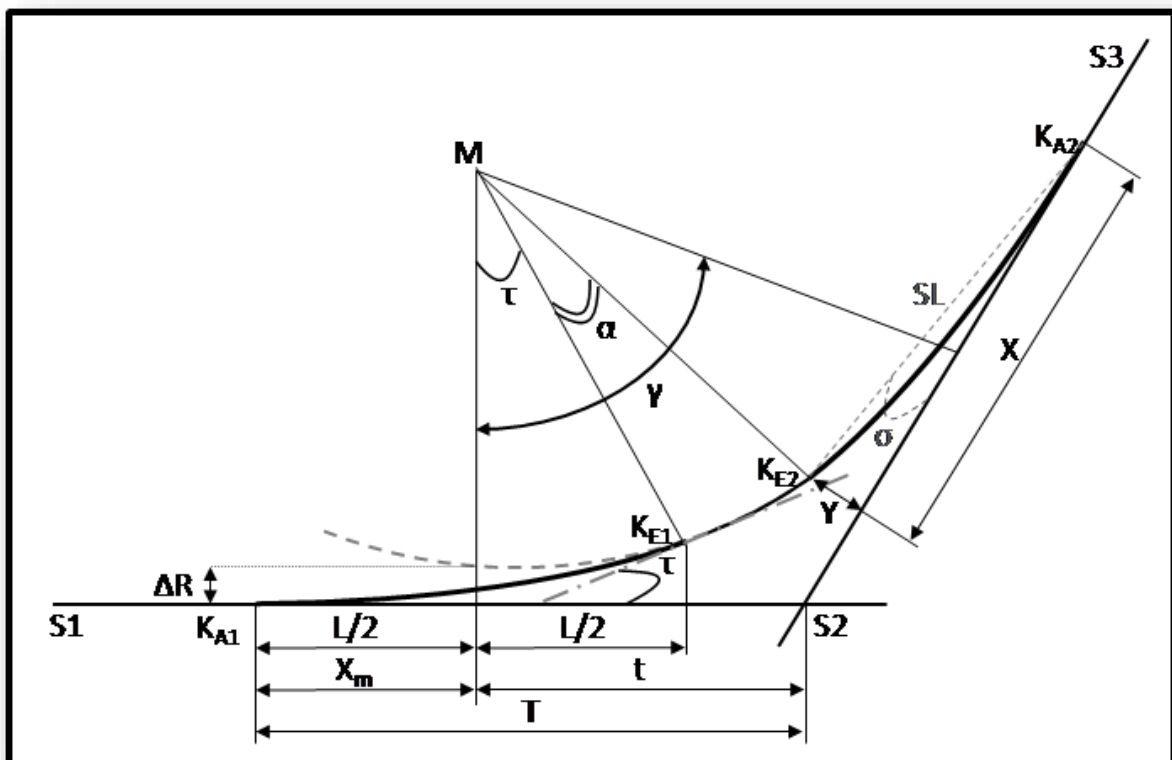


Figure 2. 3: Éléments de la clothoïde [11]

R : rayon du cercle.

ΔR : mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage).

σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente).

L : longueur de la branche de la clothoïde.

XM : abscisse du centre du cercle.

K_E : extrémité de la clothoïde.

A : paramètre de la clothoïde.

K_a : origine de la clothoïde.

τ : Angle des tangentes.

SL : corde ($k_A - k_E$).

M : centre de cercle.

X : abscisse de k_E .

Y : origine de k_E .

T : tangente courte.

T : tangente longue.

▪ **Choix d'une clothoïde :**

Il faut respecter les conditions suivantes :

❖ **condition optique :**

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être $\geq 1/18\text{rad}$ (3°) pour être perceptible à l'œil.

Règles générales (b40) :

$$R = 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m} \quad (\text{éventuellement } 0.5\text{m}) \quad L = \sqrt{24R\Delta R}$$

$$1500 < R \leq 5000\text{m} \quad L \geq R/9$$

$$5000 < R \quad \Delta R = 2.5\text{m} \quad l = 7.75 \sqrt{R}$$

❖ **condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

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

V_r : vitesse de référence en (km/ h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de devers.

❖ **condition de gauchissement :**

Elle se traduit par la limitation de la pente relative du profil en long au bord de la chaussée par rapport à celle de son axe.

Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des devers.

$$L \geq l \times \Delta d \times V_r$$

Avec :

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

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

▪ **Les différents types de courbes :**

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite. [4]

❖ **Courbe en sommet :**

C'est une courbe utilisée pour le raccordement de deux alignements droits de direction différente sans interposition d'arc de cercle. [4]

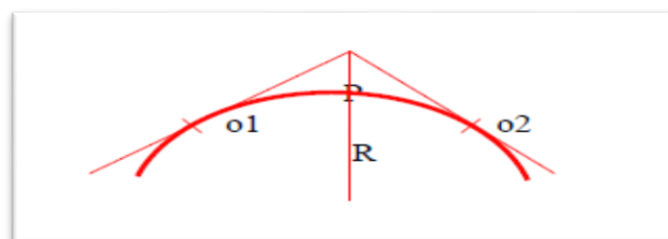


Figure 2. 4: courbe en sommet.

❖ Courbe en S :

C'est une courbe relie deux arcs de cercle de sens contraire sans élément droit. [4]

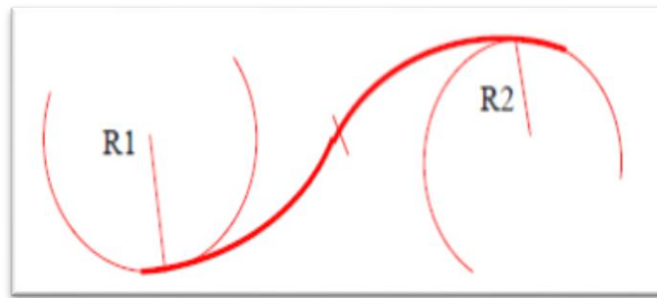


Figure 2. 5 : courbe en S.

❖ Courbe en C :

Une courbe utilisé pour le raccordement de deux arcs de cercle de même sens, les cercles étant extérieurs l'un à l'autre ou sécants. [4]

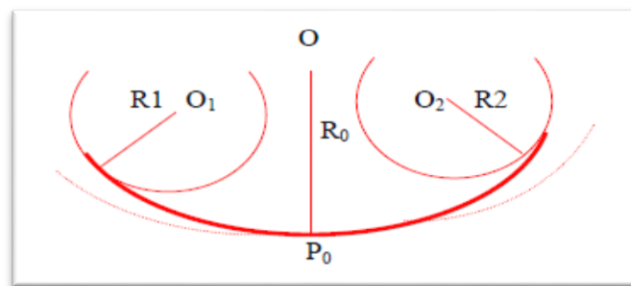


Figure 2. 6 : courbe en C.

❖ Courbe en Ovale :

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique. [4]

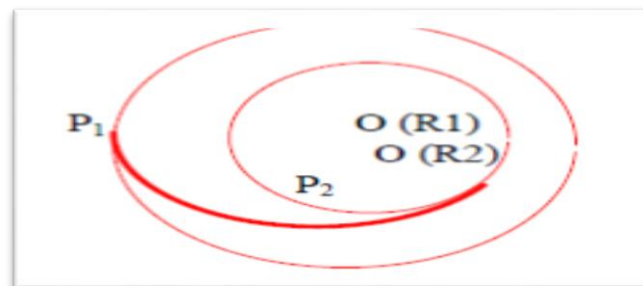


Figure 2. 7 : courbe en ovale.

2.4. NOTION DE DEVERS :

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe [26].

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules.

Lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

2.4.1. Devers en alignement :

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à : $d_{min} = 2.5\%$.

2.4.2. Devers en courbe :

En courbe permet de:

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

2.4.3. Rayon de courbure :

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

2.4.4. Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq R_{Hnd}$ le dévers est égal à 2.5% et pour les courbes de rayon $R < R_{Hnd}$ un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en $1/R$ [6].

$$R_{Hm} < R < R_{Hn}$$

on a:

$$\frac{d(R) - d(R_{Hm})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hm}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{Hn})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{Hn}}}$$

$$R_{Hn} < R < R_{Hd}$$

on a:

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{Hn}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

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

Raccordement de devers:

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

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des clothoïde:

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

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

D_{min} : Appelée longueur de gauchissement.

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

2.5. LA VITESSE DE RÉFÉRENCE DE BASE :

La vitesse de référence (Vr) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route [4].

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

2.5.1. 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.

2.5.2. Vitesse de projet :

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

On entend par conditions normales:

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

2.6. PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :

D'après le règlement des normes algériennes B40, pour un environnement E3 et une catégorie C1, avec une vitesse de base de 80km/h, on définit les paramètres suivants:

Tableau 2. 2: Paramètres fondamentaux [4].

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	Lmin	112
Longueur maximale (m)	Lmax	1333
Devers minimal (%)	Dmin	2.5
Devers maximal (%)	Dmax	7
Temps de perception réaction (s)	t1	2
Frottement longitudinal	fL	0.39
Frottement transversal	ft	0.13
Distance de freinage (m)	d0	65
Distance d'arrêt (m)	d1	109
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	dm	320
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	dn	480
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	200

2.7. CALCUL D'AXE :

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

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

- 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.

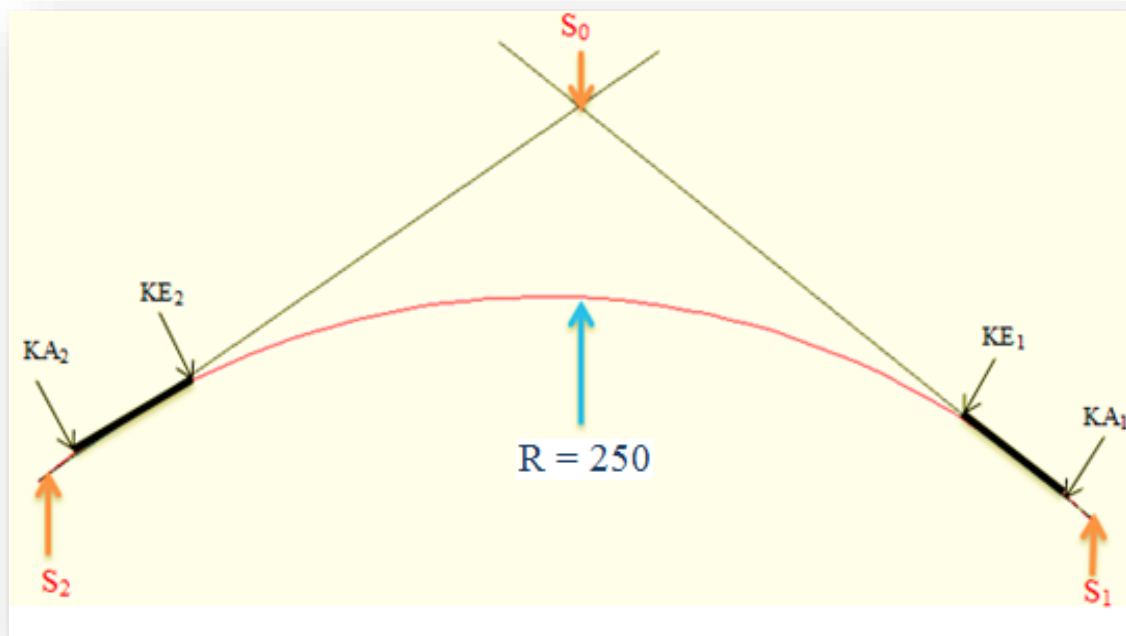


Figure 2. 8 : Raccordement avec clothoïde.

S1	{	X1=743956.044 Y1=4225726.629
S0	{	X0=492388.2998 Y0=4246221.2292
S2	{	X2=290184.4506 Y2=4398972.8849

2.7.1. Détermination de A :

Selon le règlement B40 on à :

$$R < R_{hnd}$$

$$R = 250 \text{ m} < 1400 \text{ m}$$

$$\longrightarrow R/3 < A < R$$

$$\longrightarrow 250/3 < A < 250$$

$$\longrightarrow 83.33 < A < 250$$

2.7.2. Détermination de la valeur minimale de L (longueur de la clothoïde) :

✚ Condition optique :

$$R \leq 1500 \text{ m}$$

$$\Delta R = 1 \text{ m}$$

(éventuellement 0.5m)

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

$$L = \sqrt{24 \times 250 \times 0.5}$$

$$L = 54.77 \text{ m} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

✚ Condition de confort dynamique :

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

$$\Delta d = d + 2.5\%$$

$$\Delta d = 7 + 2.5 = 9.5\%$$

$$L = (80^2 / 18) \times [(80^2 / 127 \times 250) - 0.095]$$

$$L = 37.89 \text{ m} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

✚ Condition de gauchissement :

$$L \geq l \times \Delta d \times VR$$

$$L \geq 7 \times 0.085 \times 60$$

$$L \geq 35.7 \text{ m} \dots\dots\dots 3$$

De (1), (2) et (3) on aura: $L = 54.77 \text{ m}$.

2.7.3. Calcul le paramètre (par) :

$$\text{Par} = A^2/R$$

$$\text{Par} = (193.65)^2 / 250$$

$$\text{Par} = 150$$

2.7.4. calcule ripage ΔR :

$$\Delta R = L^2 / 24 \times R$$

$$\Delta R = (54.77)^2 / 24 \times 250$$

$$\Delta R = 0.5$$

2.7.5. calcul l'angle des tangentes τ :

$$\tau = [(\text{par})^2 / 2R^2] \times 200/\pi$$

$$\tau = [(150)^2 / 2(250)^2] \times 200/3.14$$

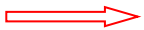
$$\tau = 11.46 \text{ grade}$$

2.7.6. Calcul des gisements :

La relation suivante permet de calculer le gisement :

$$\text{gis} = \text{arc tg} (\Delta X / \Delta Y)$$

Sauf des cas exceptionnels sont comme suite :

$(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y > 0)$		GIS = gis
$(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y < 0)$		GIS = 200 + gis (avec gis < 0)
$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y < 0)$		GIS = 200 + gis (avec gis > 0)
$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y > 0)$		GIS = 400 + gis (avec gis < 0).

$$\begin{cases} \Delta X_1 = X_0 - X_1 = -251567.7442 \text{ m} \\ \Delta Y_1 = Y_0 - Y_1 = 20494.617 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_2 = X_2 - X_0 = -202203.8492 \text{ m} \\ \Delta Y_2 = Y_2 - Y_0 = 152751.655 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{gis 1} = \arctg (-251567.7442 / 20494.617) \\ \text{gis 1} = -94.82 \\ \text{Avec:} \\ \text{GIS 1} = 400 + \text{gis 1} \\ \text{GIS 1} = 400 - 94.82 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{gis 2} = \arctg (-202203.8492 / 152751.655) \\ \text{gis 2} = -58.81 \\ \text{Avec:} \\ \text{GIS 2} = 400 + \text{gis 2} \\ \text{GIS 2} = 400 - 58.81 \end{cases}$$

$$\text{GIS 1} = 305.18 \text{ grade}$$

$$\text{GIS 2} = 341.19 \text{ grade}$$

2.7.7. Calcul des distances :

$$\overline{S1S0} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{(-251567.7442)^2 + (20494.617)^2}$$

$$\overline{S1S0} = 252401.1871 \text{ m}$$

$$\overline{S2S0} = \sqrt{(\Delta X_2)^2 + (\Delta Y_2)^2} = \sqrt{(-202203.8492)^2 + (152751.655)^2}$$

$$\overline{S2S0} = 253415.5969 \text{ m}$$

2.7.8. Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |\text{GIS 1} - \text{GIS 2}|$$

$$\gamma = |305.18 - 341.19|$$

$$\gamma = 36.01 \text{ grade}$$

2.7.9. Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 11.46 \text{ grade.}$$

$$\gamma/2 = 36.01/2 = 18.005 \text{ grade.}$$

$$\gamma/2 > \tau \quad 18.005 > 11.46 \quad \Rightarrow \quad \text{pas de chevauchement.}$$

2.7.10. Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{p^2}{2 \times R} = L / 2$$

$$X_m = 54.77/2$$

$$X_m = 27.38 \text{ m}$$

2.7.11. Abscisse de KE :

$$X = L * \left(1 - \frac{L^2}{40 \times R^2} \right)$$

$$X = 54.77 * \left(1 - \frac{54.77^2}{40 \times 250^2} \right)$$

$$X = 54.70 \text{ m}$$

2.7.12. Origine de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6 \times R}$$

$$Y = \frac{54.77^2}{6 \times 250}$$

$$Y = 2 \text{ m}$$

2.7.13. Calcul de la tangente :

$$T = XM + (r + \Delta r) \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$T = 27.38 + (250 + 1) \operatorname{tg}\left(\frac{36.01}{2}\right)$$

$$T = 100.32 \text{ m}$$

2.7.14. Calcul des Coordonnées SL :

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

$$SL = \sqrt{(54.70)^2 + (2)^2}$$

$$SL = 54.73 \text{ m}$$

2.7.15. Calcul de σ :

$$\sigma = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{y}{x} \right)$$

$$\sigma = \arctan\left(\frac{2}{54.70}\right)$$

$$\sigma = 2.326 \text{ grade}$$

2.7.16. Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau$$

$$\alpha = 36.01 - 2 \times 11.46$$

$$\alpha = 13.09 \text{ grade}$$

$$\widehat{ke1ke2} = \frac{r \times \pi \times \alpha}{200}$$

$$\widehat{ke1ke2} = \frac{250 \times 3.14 \times 13.09}{200}$$

$$\widehat{ke1ke2} = 51.37 \text{ m}$$

2.7.17. Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - (\overline{S1S0} - T) \cos(300 - \text{GIS1}) \\ X_{KA1} = 743956.044 - (252401.1871 - 100.32) \cos(300 - 305.18) \end{cases}$$

$$X_{KA1} = 492489.9115 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KA1} = Y_{S1} - (\overline{S1S0} - T) \sin(300 - \text{GIS1}) \\ Y_{KA1} = 4225726.6129 - (252401.1871 - 100.32) \sin(300 - 305.18) \end{cases}$$

$$Y_{KA1} = 4246232.995 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S0} - T \cos(300 - \text{GIS2}) \\ X_{KA2} = 492388.2998 - 100.32 \cos(300 - 341.19) \end{cases}$$

$$X_{KA2} = 492308.2556 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KA2} = Y_{S0} - T \sin(300 - \text{GIS2}) \\ Y_{KA2} = 4246221.2292 - 100.32 \sin(300 - 341.19) \end{cases}$$

$$Y_{KA2} = 4246281.702 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - SL \cos(300 + \sigma - \text{GIS1}) \\ \end{cases}$$

$$X_{KE\ 1} = 492489.9115 - 54.73 \cos (300 + 2.326 - 305.18)$$

$$X_{KE\ 1} = 492435.23 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KE\ 1} = Y_{KA\ 1} - SL \sin(300 + \sigma - GIS1) \\ Y_{KE\ 1} = 4246232.995 - 54.73 \sin (300 + 2.326 - 305.18) \end{cases}$$

$$Y_{KE\ 1} = 4246235.448 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KE\ 2} = X_{KA\ 2} + SL \sin(GIS2 + \sigma - 200) \\ X_{KE\ 2} = 492308.2556 + 54.73 \sin (341.19 + 2.326 - 200) \end{cases}$$

$$X_{KE\ 2} = 492350.6898 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KE\ 2} = Y_{KA\ 2} + SL \cos(GIS2 + \sigma - 200) \\ Y_{KE\ 2} = 4246281.702 + 54.73 \cos (341.19 + 2.326 - 200) \end{cases}$$

$$Y_{KE\ 2} = 4246247.137 \text{ m.}$$

PROFIL EN LONG

3. PROFIL EN LONG :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une échelle (n'est pas une projection horizontal).

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. Afin d'éviter des terrassements importants une correction de la ligne rouge sera exécutée tout en respectant les conditions technique d'aménagements des routes. [2]

3.1. MODERNISATION DU PROFIL EN LONG :

- La route a l'état actuel comporte des déclivités moyennes localisées dans la majeure partie du trace.
- la modernisation du profil en long comportera, donc à adopter des déclivités régulières et à éliminer des éventuels sommets de côtes.

3.2. TRACE DE LA LIGNE ROUGE :

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

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

3.3. ELEMENTS CONSTITUANTS LA LIGNE ROUGE :

3.3.1. Les alignements :

Sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités. [8]

3.3.2. Déclivités :

Définition de la déclivité :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal .elle prend le nom de pente : pour les descentes exprimées avec signe (-i) et de rampe : pour les montées exprimées avec signe (+i).

Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par $m = i_i - i_{i+1}$: la différence des deux déclivités

- Raccordement pente- rampe ($m < 0$) **arc concave.**
- Raccordement rampe- pente ($m > 0$) **arc convexe**

Déclivité Minimum :

La pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1 %, dans les zones où le terrain est plat, afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la route au bord de la chaussée. [6]

Déclivité Maximum :

- En pente c'est la condition d'adhérence (rugosité) qui sera prise en compte.
- en rampe c'est la condition de vitesse minimale des poids lourds.

Tableau 2. 3:valeurs de la déclivité maximale :[6]

Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	140
I _{max} (%)	8	7	6	5	4	4

Pour notre projet on a $v=80\text{km/h}$ donc $I_{\text{max}} = 6\%$. D'après le b40 on peut la majorer à 2% maximal. [13]

3.4. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du trace en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échanges) afin : [13]

- ❖ D'assurer de bonnes conditions générales de visibilité.
- ❖ De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs...etc.).
- ❖ De prévoir, de loin, l'évolution du trace.

On distingue deux types de raccordements :

3.4.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humaine des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. [13]

Leur conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- ❖ Condition de confort.
- ❖ Condition de visibilité.

➤ **condition de confort :**

$$R_{vm} = 0.23 * V_b^2 \quad \text{pour catégorie 3 - 4 - 5}$$

$$R_{vm} = 0.3 * V_B^2 \quad \text{pour catégorie 1 - 2}$$

Pour C1 :

$$R_{vm} = 0.3 * V_b^2$$

Avec :

Catégorie	C1
-----------	----

 g

=9.81m/s² (accélération de la pesanteur).

$V_b = 80$ km/h .

R_v : étant le rayon de raccordement.

$$R_{vm} \geq 0.3 \times V_b^2 \quad \longrightarrow \quad R_{vm} \geq 0.3 \times 80^2 \quad \longrightarrow \quad R_{vm} \geq 1920 \text{ m.}$$

➤ **Condition de visibilité :**

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

Avec :

d : distance d'arrêt (m).

h0 : hauteur de l'œil (m).

h1 : hauteur de l'obstacle (m).

Les	Environnement		E3	rayons
	Vitesses de base (km/h)		80	
	Déclivité maximale $I_{\max}$ (%)		6%	
	Rayon	Symbole	Valeur	
	Min-absolu	R_{vm}	2500	
	Min- normal	R_{vn}	6000	

assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base, la catégorie de la route et l'environnement, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base **$V_r = 80$ km/h**, la catégorie **C1** et pour l'environnement **E3** on a :

Tableau 2. 4: Rayons verticaux pour un angle saillant.[6]

Remarque :

- utiliser si possible, des rayons supérieurs aux valeurs minimales normales.
- éviter les successions de raccordements circulaires.
- mettre le pl. de préférence en léger remblai

3.4.2. Raccordement concave (rentrant) :

La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas déterminante c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicules devront éclairer un

tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation : [6]

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

Pour une vitesse $V_b = 80$ km/h et catégorie C1 et l'environnement E3 on a le tableau suivant :

Tableau 2. 5: rayons verticaux pour un angle rentrant. [6]

Catégorie		C1
Environnement		E3
Vitesses de base (km/h)		80
Déclivité maximale $I_{\max}$ (%)		6%
Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	2400
Min- normal	R_{vn}	3000

3.5. CALCUL DES ELEMENTES DE PROFIL EN LONG :

3.5.1. Détermination de la position du point de rencontre (s) :

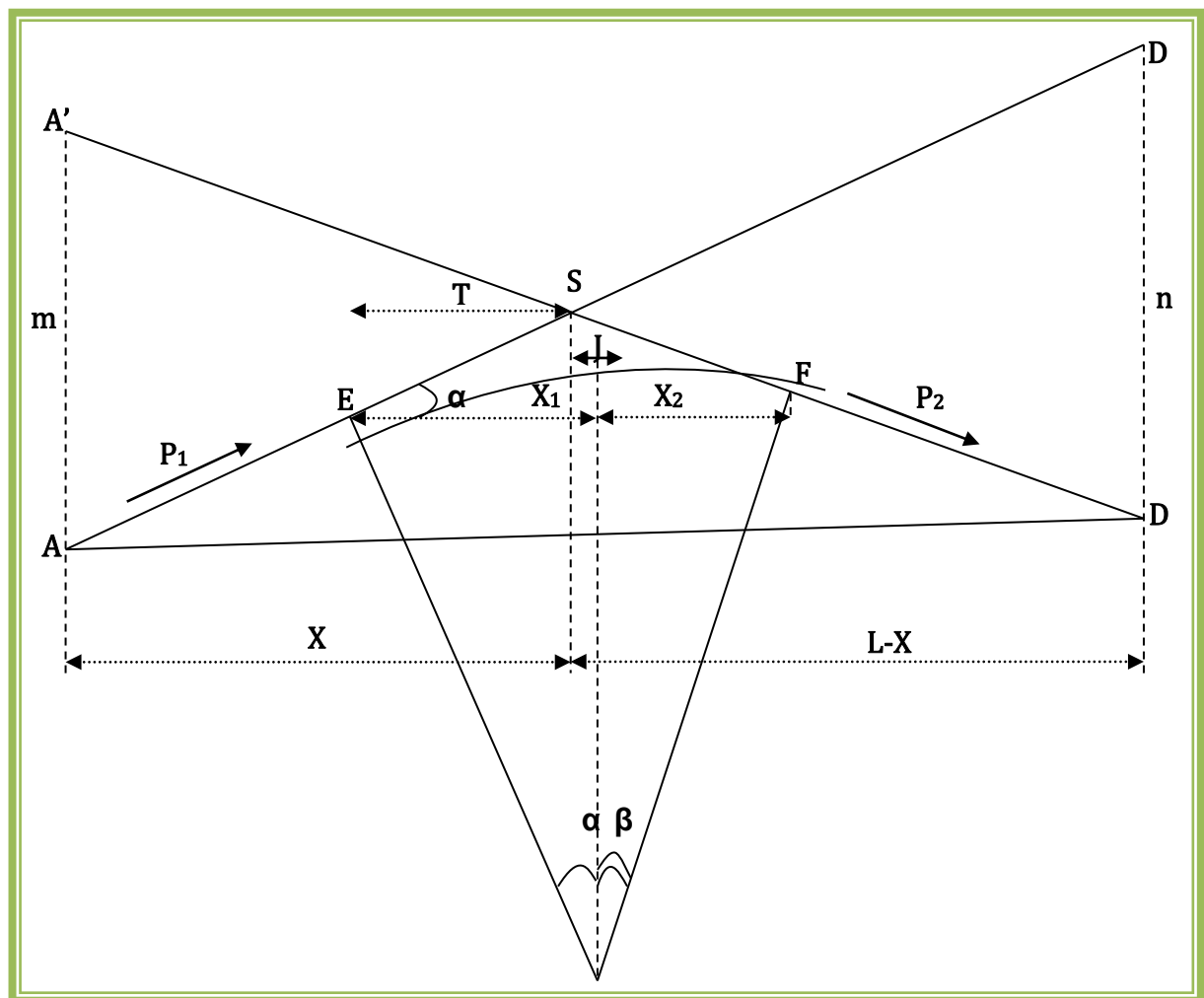


Figure 2. 9: les éléments de profil en long [6]

$$Z_{D'} = Z_A + L.P_2 \quad , \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

On a: $Z_{A'} = Z_D + L.P_1 \quad , \quad n = Z_{D'} - Z_D$

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

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

S

$$X_S = X + X_A$$

$$Z_S = P_1.X + Z_A$$

3.5.2. 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. [8]

$\begin{aligned} X_E &= x_S - T \\ Z_E &= z_S - T.P_1 \end{aligned}$	$\begin{aligned} X_F &= x_S + T \\ Z_F &= z_S + T.P_2 \end{aligned}$
--	--

3.5.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement : [8]

$$L_r = 2T$$

3.5.4. Calcul de la flèche : [8]

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

3.5.5. Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant m sur la courbe : [8]

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

3.5.6. Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :

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

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

Avec: $X_1 = R \cdot P_1$

Dans le cas des pentes de même sens le point j est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (j) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point j, c'est à dire les pentes des fosses descendants dans les sens j vers a et d. [8]

3.5.7. Raccordement des devers :

Le raccordement des devers dans une rampe d'échangeur se fera de la manière suivante :

- ❖ Dans la partie droite de la rampe le devers est égal à 2.5%.
- ❖ Dans la partie circulaire le devers est constant et prend la valeur de 6%.
- ❖ Entre l'alignement droit et la courbe circulaire (sur la clothoïde), le devers est variable.[8]

3.6. CALCUL DE PROFIL EN LONG :

3.6.1. Cas d'un rayon concave :

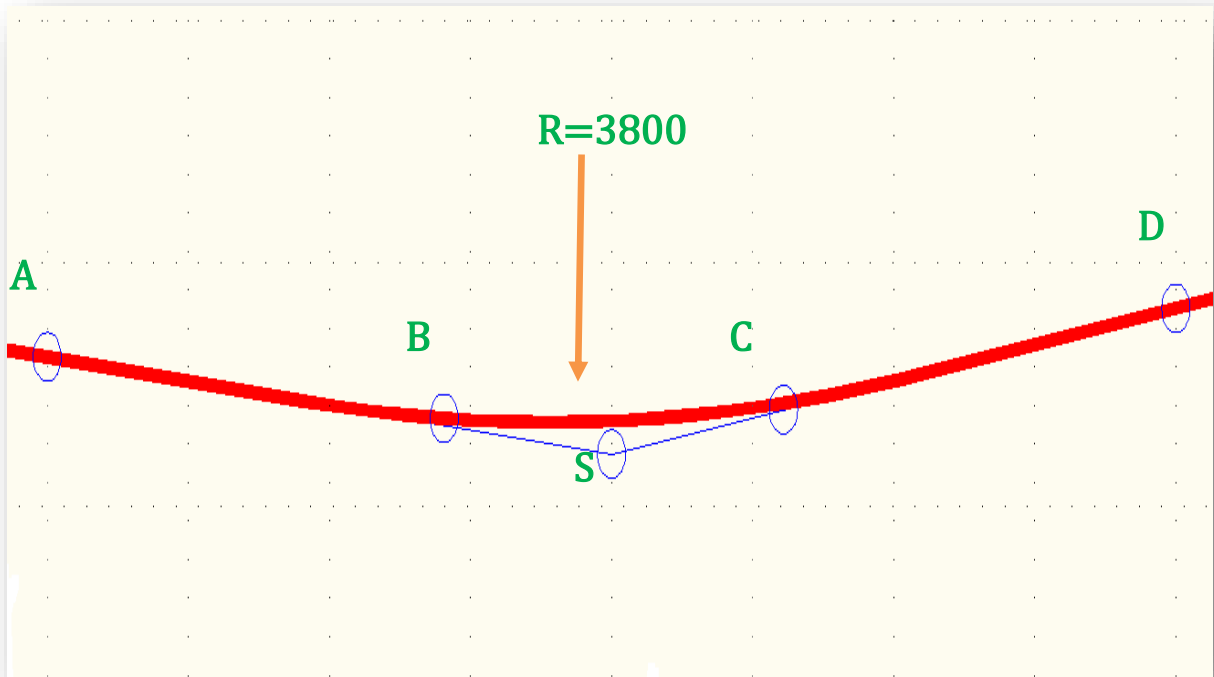


Figure 2. 10: Courbe concave.

$$A \begin{cases} AK_0 = 724200 \text{ m} \\ Z_A = 10060 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_0 = 805180 \text{ m} \\ Z_S = 7700 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_0 = 895900 \text{ m} \\ Z_D = 7810 \text{ m} \end{cases}$$

✚ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta z_1}{\Delta ak_1} \times 100$$

$$P_1 = \frac{7700 - 10060}{805180 - 724200} \times 100$$

$$p_1 = -2.9\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta z_2}{\Delta pk_2} \times 100$$

$$P_2 = \frac{7810 - 7700}{895900 - 805180} \times 100$$

$$P_2 = 0.12 \%$$

✚ Calcul des tangentes :

$$T = \frac{r}{2} |P_2 - p_1|$$

$$T = \frac{3800}{2} \times |0.0012 + 0.029|$$

$$T = 57.38 \text{ m}$$

✚ Calcul des flèches :

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

$$H = \frac{57.38^2}{2 \times 3800}$$

$$H = 0.43 \text{ m}$$

✚ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$\text{B} \begin{cases} AK_B = AK_S - T = 747.8 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 89.40 \text{ m} \end{cases}$$

$$\text{C} \begin{cases} AK_C = AK_S + T = 862.56 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times P_2 = 83.88 \text{ m} \end{cases}$$

3.6.2. Cas d'un rayon convexe:

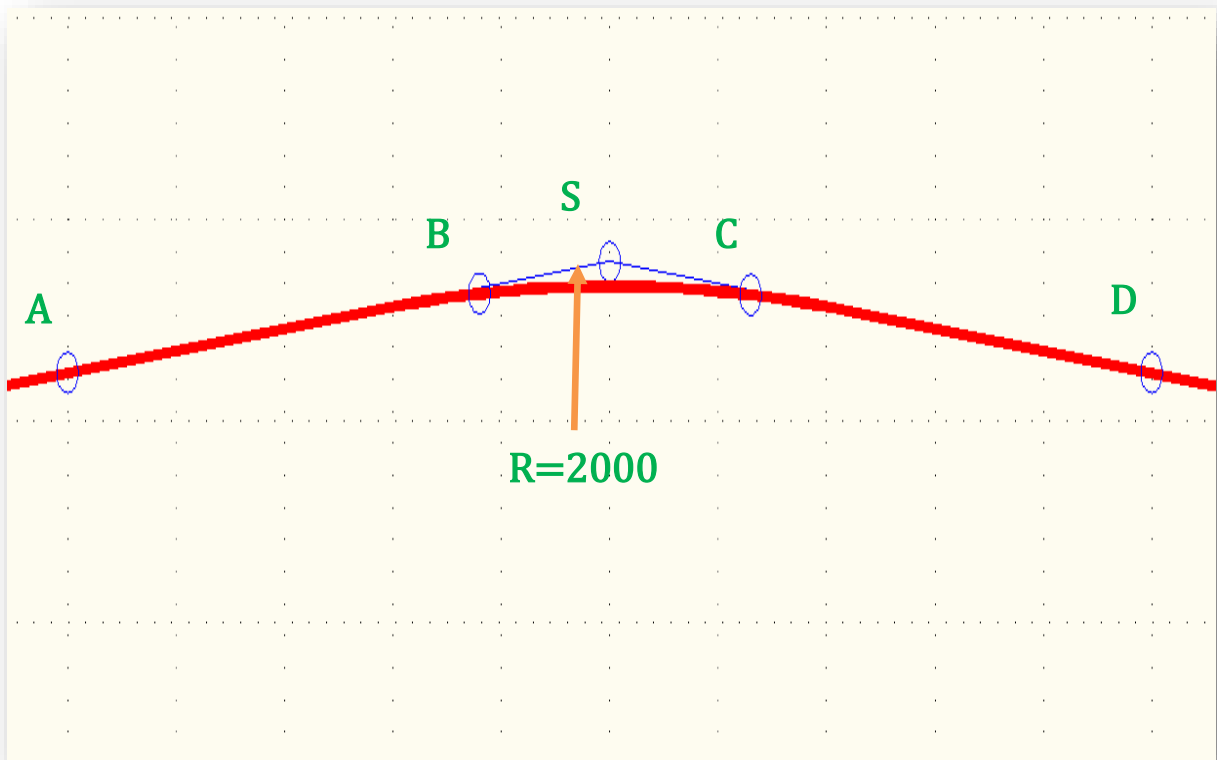


Figure 2. 11: Courbe convexe.

$$A \begin{cases} AK_1 = 225000 \text{ m} \\ Z_A = 13110 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_1 = 401600 \text{ m} \\ Z_S = 17760 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_1 = 499500 \text{ m} \\ Z_D = 13980 \text{ m} \end{cases}$$

✚ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta z_1}{\Delta ak_1} \times 100$$

$$P_1 = \frac{17760 - 13110}{401600 - 225000} \times 100$$

$$P_1 = 2.63 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta z_2}{\Delta p k_2} \times 100$$

$$P_2 = \frac{13980 - 17760}{499500 - 401600} \times 100$$

$$P_2 = -3.86 \%$$

✚ Calcul des tangentes :

$$T = \frac{r}{2} |P_2 - p_1|$$

$$T = \frac{2000}{2} \times |-0.0263 - 0.0386|$$

$$T = 64.9 \text{ m.}$$

✚ Calcul des flèches :

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

$$H = \frac{64.9^2}{2 \times 2000}$$

$$H = 1.05$$

✚ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} ak_b = Ak_s - t = 336.6 \text{ m} \\ z_b = Z_s - t \times |p_1| = 175.8 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} AK_c = AK_s + T = 466.6 \text{ m} \\ z_c = Z_s - t \times |p_2| = 175.1 \text{ m} \end{cases}$$

PROFIL EN TRAVERS

4. PROFIL EN TRAVERS :

4.1. DEFINITION :

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

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....). [4]

4.2. MODERNISATIONS DU PROFIL EN TRAVERS :

La route existante présente un profil en travers caractérisé par une chaussée de largeur variable. En effet la sortie sur site nous a permis, en premier de relevé que la largeur de la chaussée existante n'est pas fixe le long de trace (varie entre 4m et 6m), En second lieu de constater une insuffisance des accotements et leur absences au niveau de certaines sections de la route.

La Réhabilitation du profil en travers du Route national RN94 entre pk 79+600 et le pk 89+800 nécessiter des solutions délicates d'élargissement du profil en travers actuel, mais le cote d'élargissement est variable le long de l'itinéraire, il est en fonction des contraintes rencontrées aux bords de la plate-forme.

4.3. Eléments constitutifs du profil en travers :

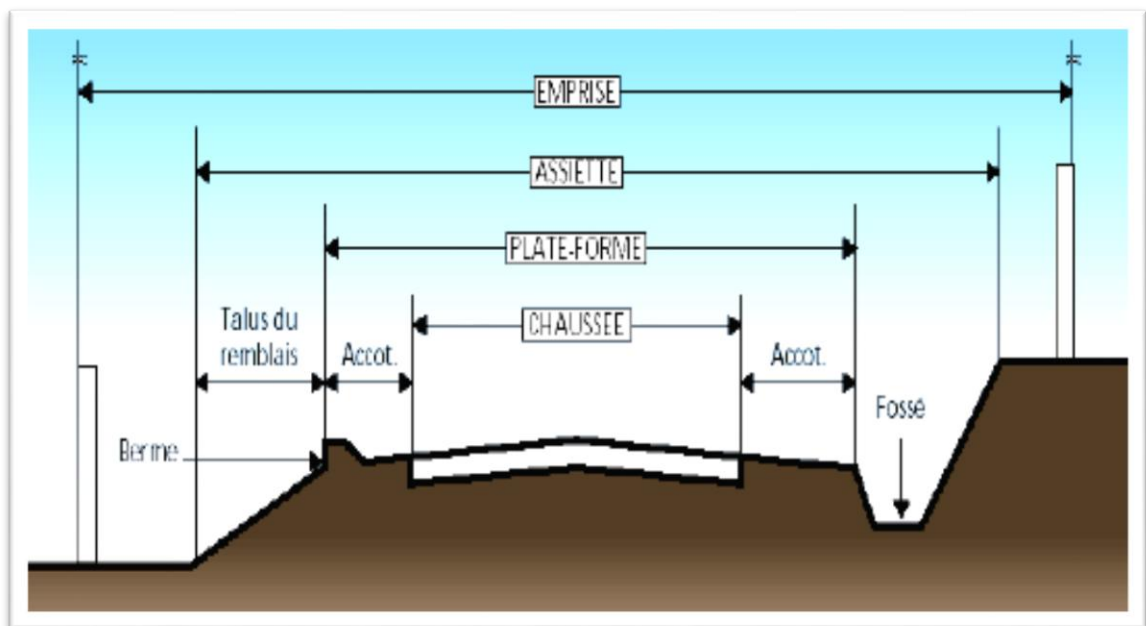


Figure 2. 12: éléments constitutifs du profil en travers [7].

Le profil en travers est défini par les éléments suivants (voir schéma ci-dessus):

▪ **Emprise** : qui la surface du terrain affecte a la route ; elle varie suivant la catégorie De la route.

▪ **Assiette** : la surface occupée par la route réellement, ou la surface de la route Délimitée par les terrassements.

▪ **Plate-forme** : c'est la partie de la route effectuée a l'usage public, comprenant la Chaussée, les accotements et éventuellement la terre-plein centrale.

▪ **chaussée** : c'est la bande de la route réservée la circulation des véhicules.

▪ **Accotements** : en dehors des agglomérations, les accotements sont dérases. Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

▪ **Fosse** : ouvrage hydraulique destine a recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus).

4.4. TYPES DE PROFIL EN TRAVERS :

4.4.1. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements. [4]

4.4.2. Le profil en travers courant :

Ce sont des profils dessines a des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidente ou plat). [4]

4.5. APPLICATION AU PROJET :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ❖ Deux chaussées de deux voies de 3,5m chacune : $(2 \times 3.5) = 7.00\text{m}$.
- ❖ Un accotement de 1.7 m à chaque cote droit de la chaussée : $(2 \times 1.7) = 3.40\text{m}$.

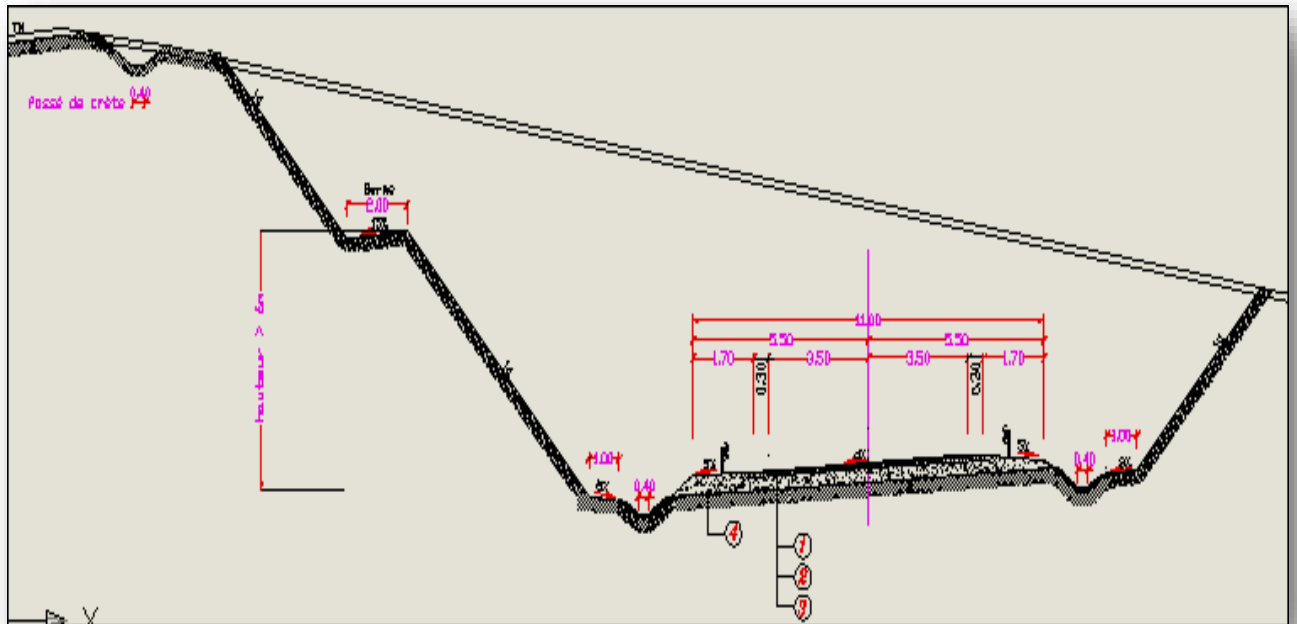


Figure 2. 13 : profil en travers type en déblai de la RN 94.

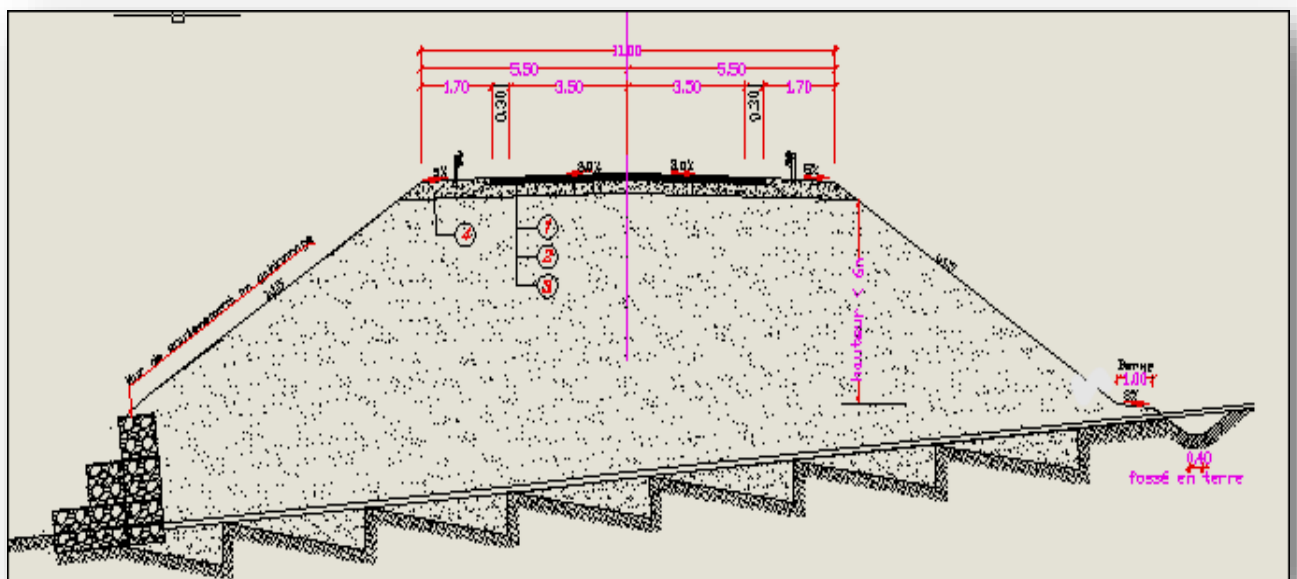


Figure 2. 14 : profil en travers type en remblai de la RN 94.

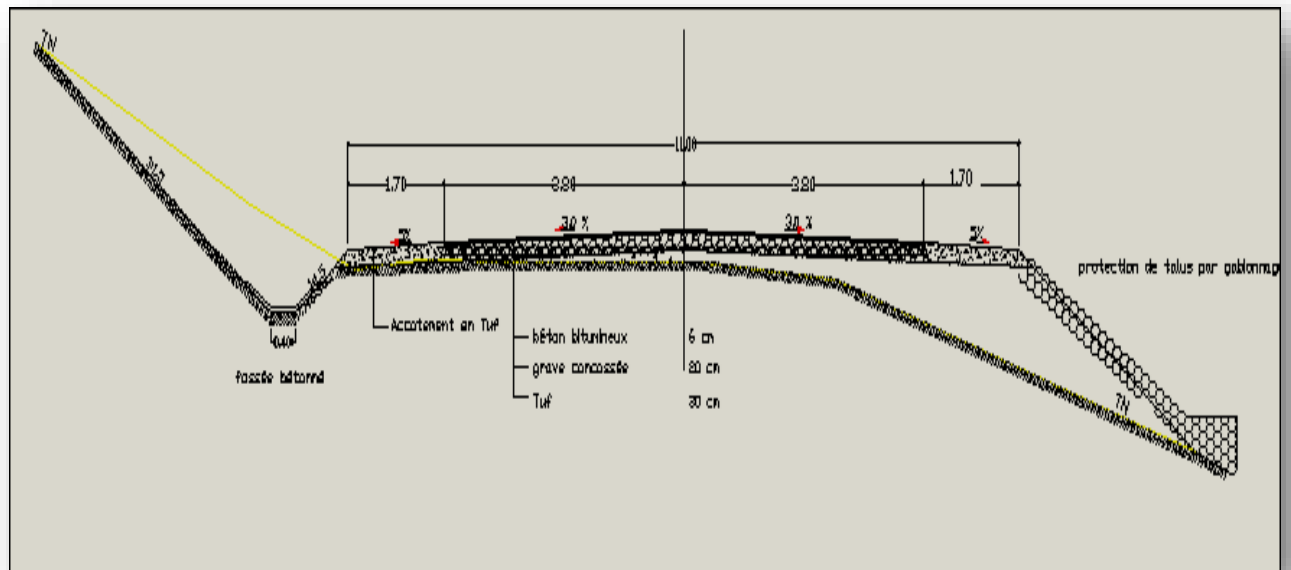


Figure 2. 15 : profil en travers type en mixte de la RN 94.

N°	MATERIAUX
①	Béton bitumineux (couche de roulement)
②	Grave concassée (couche de base)
③	Tuf (couche de fondation)
④	Tuf (accotement)

1. INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques, chimiques 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

2. OBJECTIFS :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en : [9]

- ❖ Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- ❖ Permet de réaliser les travaux avec un minimum de risques possibles
- ❖ La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- ❖ L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- ❖ Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

3. LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement [9]:

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

3.1. L'ETUDE 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.

3.2. LES VISITES SUR SITE ET LES ESSAIS <<IN-SITU>> :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Dépendant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations «in-situ» permettant:

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

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

3.2.1. La reconnaissance « in-situ » :

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance « in-situ » en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis.

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit.

a. Les forages :

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

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

Les forages peuvent être réalisés:

❖ Manuellement:

Ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m.

Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et/ou remaniés.

❖ A la tarière:

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

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

❖ A la sondeuse:

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

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

b. La méthode géophysique :

❖ **La prospection sismique:**

Le principe consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes Primaires ou ondes P (les plus rapides) et à en déduire la nature du sol traversé.

Tableau 3. 1: Valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol [12].

Nature de sol	Vitesse Vp (m/s)
Argiles et limons	400-1500
Sable et gravie	300-1200
Roches altérés	800-2500
Roches massives	200-6000

Ces méthodes permettent de déterminer de façon approximative l'épaisseur des différentes couches et leur nature, elles ne s'appliquent pas dans le cas de fortes teneurs en eau.

❖ **La prospection électrique:**

Cette méthode est basée sur la mesure de la résistance électrique d'un volume de sol entre deux Électrodes placées en surface, elle permet de connaître les différentes couches de sols et leurs épaisseurs, et en général de contrôler l'homogénéité des terrains.

La méthode est bien adaptée pour les sols à fortes teneurs en eau [12].

c. Les essais de pénétration :

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

Les types de pénétromètres sont utilisés:

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

Tableau 3. 2: les différents sondages.

Essais réalisés puits N°	Profondeur (m)	Point kilométrique
P1	1.50/1.70	PK 0+150
P2	1.50/1.70	PK 2+000
P3	1.90/2.10	PK 4+000
P4	1.60/1.80	PK 5+900
P5	1.60/1.80	PK 8+025
P6	1.60/1.80	PK 10+000

3.3. LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :

Les essais réalisés en laboratoire sont [6]:

- Les essais physiques.
- Les essais mécaniques.

❖ Les essais physiques:

- Détermination de la teneur en carbonate CaCO_3 .
- Equivalent de sable ES.
- Limites d'Atterberg.
- Poids spécifique du sol.
- Analyse granulométrique.
- Limite de retrait W_r .

❖ Les essais mécaniques:

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

3.3.1. Les essais d'identification :

a. Masse volumique et teneur en eau :

Teneur en eau:

Exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit:

$$\omega = W_w / W_s$$

Masse volumique: (γ) est la masse d'un volume unité de sol:

$$\gamma = W / V$$

On calcule aussi la masse volumique sèche:

$$\gamma_d = W_s / V$$

 Principe de l'essai:

On utilise le principe de la poussée d'Archimède.

En effet, on mesure le volume d'eau déplacé lors 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 déterminer expérimental au laboratoire de certaines 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 [17].



Figure 3. 1: Analyses granulométriques.

c. Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (Wp), 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 (WL), caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide:

$$WL = w (N/25)^{0.121}$$

Avec :

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

N : nombre de coups.

L'indice de plasticité (IP):

$$IP = WL - WP$$

✚ Principe de l'essai:

La détermination de WL et WP nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casa grande.

✚ 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).



Figure 3. 2: Limites d'Atterberg.

d. Equivalent de sable :

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

🚧 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 soles utilisable en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sables à béton.
- Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobes hydrocarbonés.



Figure 3. 3: Equivalent de sable.

e. Essai au bleu de méthylène :

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 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 tâche constituée par le sol, l'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

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

$$VB_s = VB_s \left(\frac{0}{d} \right) * C \frac{\frac{0}{d}}{100C} \left(\frac{0}{d} \right)$$

Étant le pourcentage de la fraction 0/d du sol étudié .

✚ **But de l'essai :**

Evaluer la richesse en argile d'un sol en mesurant sa capacité d'adsorption de molécules de bleu de méthylène.

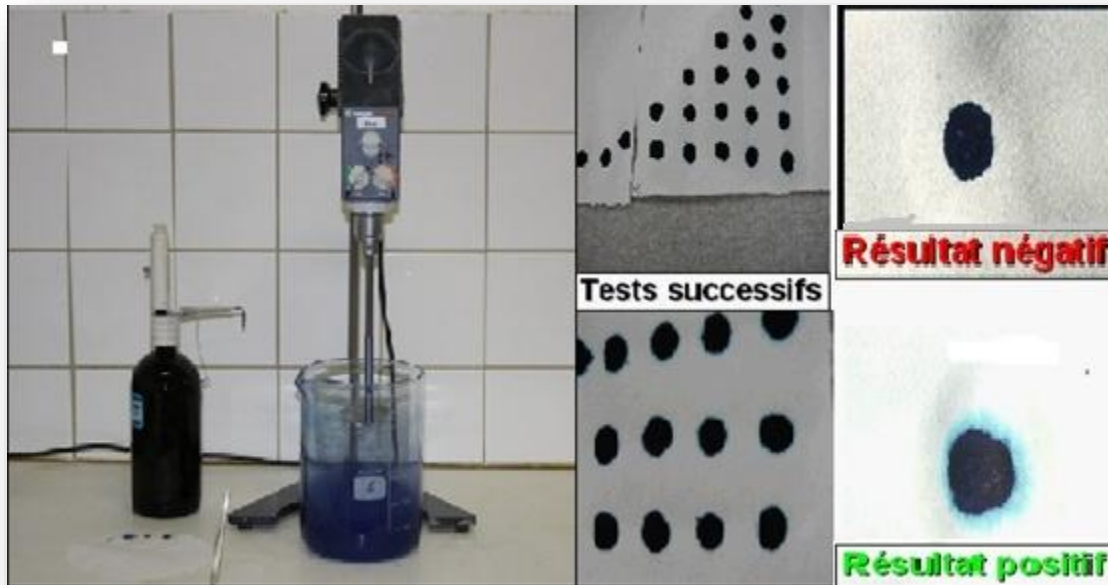


Figure 3. 4: Essai au bleu de méthylène.

3.3.2. Les Essais mécaniques :

a. Essai Proctor :

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il ya 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 compacté 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).

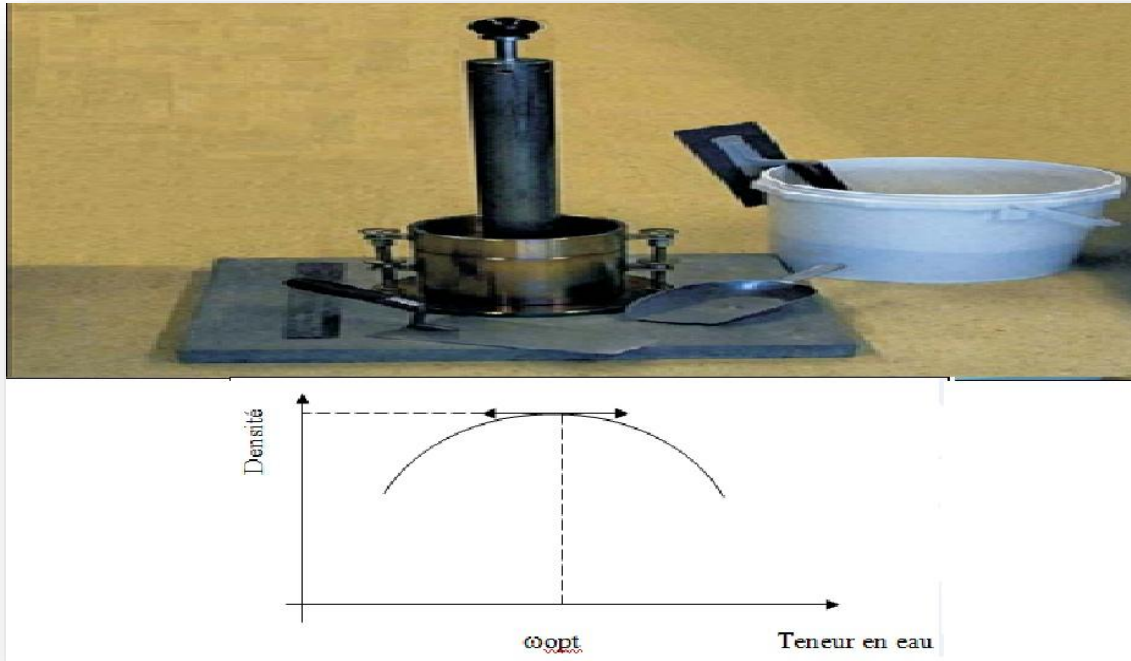


Figure 3. 5: Essai Proctor.

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 [9].



Figure 3. 6 : Essai C.B.R.

c. Essai Los Angeles :

L'essai los Angeles 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).



Figure 3. 7 : Essai Los Angeles.

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 [2].



Figure 3. 8: Essai Micro Deval.

Tableau 3. 3:Récapitulatif des résultats des Différents Essais.

ESSAIS	PUITS		P.01	P.02	P.03	P.04	P.05	P.06
			PK 0+150	PK 2+000	PK 4+000	PK 5+900	PK 08+025	PK 10+000
	Profondeur (m)		1,50/ 1,70	1,30/ 1,50	1,90/ 2,10	1,60/ 1,80	1,60/ 1,80	1,60/ 1,80
PHYSIQUES	IPI (%)		7.10	8.30	3.40	0.97	7.90	5,20
	γ_h (T/m ³)		1,64	1,60	1.72	1.89	1.66	1,84
	γ_d In-situ (T/m ³)		1.89	1,38	1.44	1.54	1,38	1,63
	W (%)		14.9	15,1	19.4	20.6	20.40	13.40
	W _s (%)		34,90	35,4	35,4	27.6	35.40	24.30
	S _r (%)		49	45	45	75	58	55
	WL (%)		26.3	30,40	43.30	34.70	33.70	44.20
	WP (%)		16.9	22,20	32.70	24.00	19.70	32.90
	IP (%)		9.4	8,20	10.60	10.70	14	11.30
	LR							
	E.S (%)		xxxx	xxxx	Xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
	CaCO ₃ (%)		29.00	32,20	32.00	27.00	38.00	41,00
	Passant à (%)	5 mm	99	99	84	99	100	100
		1 mm	97	96	81	94	97	97
		0.2 mm	93	91	74	90	93	94
		0.1 mm	90	83	66	83	88	82
		20 μ	74	49	34	62	46	67
		2 μ	30	9	0	32	8	37
MECANIQUES	Proctor Modifié	γ_d OPM (T/m ³)	1,89	1,89	1,83	1,83	1,72	1,92
		W OPM (%)	14.9	15,00	14.00	18.50	17,10	13.00
	Proctor Normal	γ_d OPN (T/m ³)	xxxx	xxxx	1.66	xxxx	xxxx	xxxx
		W OPN (%)	xxxx	xxxx	21.10	xxxx	xxxx	xxxx
	CBR imbibe à 100 % de l'OPM		3.7	5,20	6.00	7.10	5.60	6,70
	CBR Immédiat		16.90	21,10	19.90	19.10	18.70	20.60

4. CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de:

- Pierre de dimension $>80\text{mm}$.
- Matériaux plastique $I_p > 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.
- Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage [9].

5. CONCLUSION :

Une attention particulière doit être apportée au niveau des terrassements lors de la construction par l'entrepreneur, Des dispositions doivent être prises pour ne pas remanier l'argile, assurer un bon drainage par des moyens adéquats.

1. INTRODUCTION:

Le dimensionnement des chaussées a pour objet de déterminer l'épaisseur et la nature des différentes couches nécessaires.

Le dimensionnement d'une structure de chaussées (neuve ou renforcement) consiste à satisfaire à moindre coût et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité, des objectifs (durée de vie souhaitée de l'ouvrage) sous un certain nombre de paramètres (trafic, climat, matériaux locaux et politiques d'entretien).

La qualité des chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix Judicieux des matériaux à utiliser, Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivantes :

- Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds).
- La portance du sol support désignée par son indice C. B. R.
- la durée de service.

2. ETAT DE DEGRADATION DE LA CHAUSSEE EXISTANTE :

Etat de dégradation la chaussée est qualifiée par la méthode suivante :

- Etablir un schéma itinéraire (sur site) en fonction du linéaire.
- Type de Dégradations et fréquence de celles-ci

Nous présentons une liste, des dégradations de la chaussée que nous avons remarquée d'après les données que nous avons eues.

Désenrobage et arrachement :

Enlèvement de la pellicule de liant enveloppant totalement les granulats (enduits superficiels), exemple voir figure



Figure 4. 1: Arrachement de la couche de roulement.

 Nid de poule :

Cavité de forme arrondie, créée à la surface de la Chaussée par enlèvement des matériaux, exemple Voire figure



Figure 4. 2: Nid de poule.

 Épaufrure :

Cassure du revêtement en bord de la chaussée, exemple Voire la fig3



Figure 4. 3: Épaufrure.

3. LA CHAUSSEE :

3.1.DÉFINITION :

3.1.1. Au sens géométrique :

La surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. [6]

3.1.2. Au sens structurel :

L'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges. [6]

3.2. LES DIFFÉRENTES COUCHES DE CHAUSSEE :

Il existe quatre couches de chaussée:

- Couche de surface.
- Couche de base.
- Couche de fondation.
- Couche de forme.

3.2.1. Couche de surface :

Cette couche en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure, elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison. Rôle de couche de roulement:

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni).

Rôle de couche de liaison:

- Elle a pour rôle essentielle d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

3.2.2. Couche de base :

C'est une couche intermédiaire, permet le passage progressif entre couche de roulement et couche de fondation, Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

3.2.3. Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

La couche de base et couche de fondation forment le « corps de chaussée ».

3.2.4. Couche de forme :

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support.

- **Sur un sol rocheux:** elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- **Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée):** Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

Eventuellement, une couche drainante ou anti-contaminant peut être intercalée entre la couche de forme et la couche de fondation qui s'appelle sous-couche. [11]

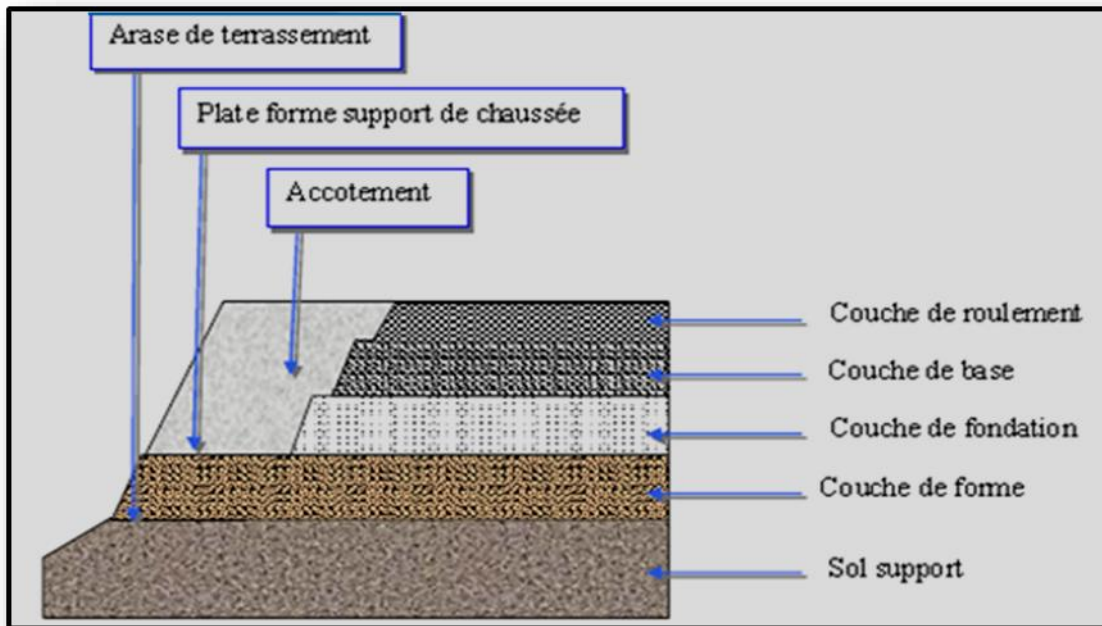


Figure 4. 4 : Constitution d'une structure de chaussée type [13].

3.3. LES DIFFERENTES CATEGORIES DE CHAUSSEE :

- Les chaussées classiques (souples et rigides)
- Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides)

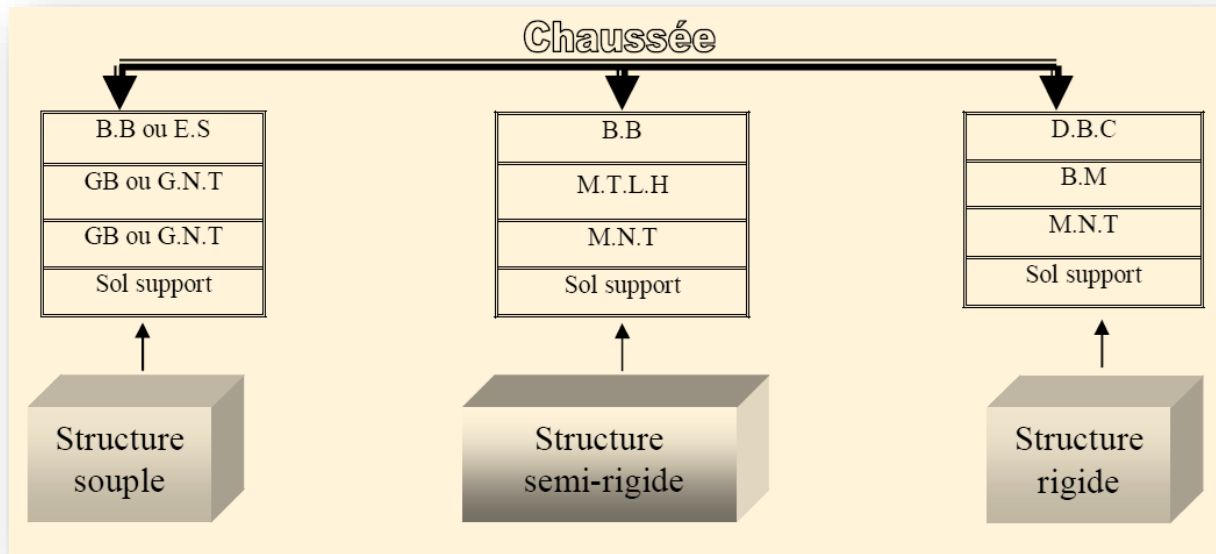


Figure 4. 5: Les différents types de chaussée [7]

BB : Béton bitumineux.

GB : Grave bitume.

ES : Enduit superficiel.

M.T.L.H : Matériaux traités aux liants hydrauliques.

G.N.T : Grave non trait.

D.B.C : Dalle en béton de ciment.

B.M : Béton maigre.

3.3.1. Chaussée souple :

Ces structures comportent une couverture bitumineuse relativement mince (inférieure à 15 cm), parfois réduite à un enduit pour les chaussées à très faibles trafic, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités. L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm

3.3.2. Chaussée semi –rigide :

Ces structures comportent une couche de roulement et une couche de base en matériaux bitumineux (épaisseur de la base : 10 à 20 cm) sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 40 cm). Les structures qualifiées de mixtes sont telles que le rapport de l'épaisseur de matériaux à l'épaisseur totale de chaussée de l'ordre de $\frac{1}{2}$.

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.

3.3.3. Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

3.4. LES COUCHES DE CHAUSSEES :

Ensemble des couches constitutives d'une chaussée :

3.4.1. Béton bitumineux :

Mélange de gravier, de sable et de produit bitumineux qui constitue la couche Supérieure de la chaussée, ou « couche de roulement ». Est particulièrement adapté Aux terrains pouvant présenter des tassements.

3.4.2. Bitume :

Liant provenant de la distillation du pétrole. Chaussée en béton de ciment (ou chaussée blanche) : elle est constituée de dalles en Béton de ciment, de 25 à 30 cm d'épaisseur, reposant en général sur une couche de Fondation, mais elle noircit à l'usage ; elle est généralement entretenue par un revêtement bitumineux.

3.4.3. Couche de base :

La couche de base constitue, au-dessous de la couche de roulement, une partie du Corps de la chaussée pour résister aux charges verticales résultant du passage des Véhicules. Elle est généralement composée de graves (pierres roulées ou concassées) Enrobées au bitume, de plus grandes dimensions que pour les bétons bitumineux.

3.4.4. Couche de fondation :

Couche inférieure du corps de chaussée, d'une résistance et d'une épaisseur suffisantes pour répartir sur le terrain les pressions résultant des charges verticales. Elle est Composée, en général, de graves traitées avec du bitume, du ciment ou du laitier (Matière vitreuse produite dans les hauts-fourneaux).

3.4.5. Couche de forme :

Couche supérieure des terrassements sur laquelle on vient répandre les couches de Chaussée.

Elle doit être composée de matériaux sélectionnés parmi les déblais pour Résister aux intempéries, et peut être stabilisée par des apports de chaux ou de ciment.

Enrobés (abréviation de matériaux enrobés) : appellation courante de tous les Mélanges de matériaux pierreux et de produits bitumineux utilisés en technique Routière.

4. MATÉRIAUX CONSTITUANT DE NOTRE CHAUSSÉE :

4.1. BETON BITUMINEUX (BB) :

Les bétons bitumineux sont des matériaux enrobés à chaud dont le squelette minéral est, en général, une grave concassée 0/10 ou 0/14 et le liant du bitume pur 40/50. [14]

4.1.1. Domaine d'utilisation :

Ce type de matériau est bien adapté aux couches de surface des chaussées à forts trafics en raison des ses bonnes caractéristiques mécaniques. Il est aussi bien utilisé pour les chaussées neuves. [14]

4.1.2. Constituants :

- **Granulats** : la granularité du squelette minéral est de classe 0/10 ou 0/14 pour des épaisseurs moyennes de couche de roulement de respectivement, 6 et 8 cm.
- **Teneur en fines** : la fraction sableuse (passant à 0.080 mm) doit être comprise entre 6 et 10 %.
- **Bitume** : le bitume utilisé est, normalement, de classe 40/50. Dans certains cas (trafic modéré, route en altitude, etc.), il est possible d'utiliser un bitume moins dur tel que le 60/70 ou 80/100 si le risque d'orniérage n'est pas trop à craindre.
- **Fabrication** : Les bétons bitumineux sont fabriqués en centrales d'enrobage continues ou discontinues.

4.1.3. Mise en œuvre :

- **Epaisseurs technologiques de mise en œuvre** :

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

- ❖ Epaisseur minimale = 6 cm.
- ❖ Epaisseur maximale = 8 cm.

4.1.4. Contrôle :**➤ Contrôle de fabrication :**

Le contrôle portera sur toutes les étapes de la fabrication en centrale des bétons bitumineux: Stockage des matériaux, dosage des matériaux (granulat, bitume), température de malaxage des enrobés.

➤ Contrôle de mise en œuvre :

Le contrôle portera sur :

- La température d'Épandage.
- La composition de l'enrobé (pourcentage de liant et granulométrie).
- Le contrôle de compactage (exécution des carottages et détermination de la compacité des carottes d'enrobés bitumineux).

4.2. GRAVE BITUME (GB) :**4.2.1. Définition :**

Les graves bitume 0/20 sont des enrobés bitumineux à chaud (mélange à chaud de granulats séchés et de bitume pur). [14]

4.2.2. Domaine d'utilisation :

La technique des graves bitumes est destinée à la réalisation des assises de chaussée (couche de base et couche de fondation), Réseau RP1 : Classes de trafic TPL3 à TPL7.

4.2.3. Constituent:**➤ Granulats :**

Les classes granulaires utilisées pour la fabrication des graves bitumes 0/20 sont les suivantes coupures granulométriques : 0/3,3/8,8/14, 14/20, (Indice de concassage $I_c = 100\%$).

➤ Bitume :

Classe du bitume : 40/50 (pour le RP1).

4.2.4. Fabrication :

Les graves bitumes 0/20 sont fabriqués en centrales d'enrobage continues ou discontinues.

4.2.5. Mise en œuvre et contrôle :

La même chose que celui de Les bétons bitumineux.

➤ **Epaisseurs technologiques de mise en œuvre :**

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

- Epaisseur minimale = 10 cm.
- Epaisseur maximale = 15 cm.

4.3. GRAVE NON TRAITEE (GNT) :

4.3.1. Définition :

Les GNT sont définies comme étant des graves 0/D, ne comportant pas de liant. On distingue deux types de GNT suivant leur mode d'élaboration : [14]

- Les GNT de type « **A** » sont obtenus en une seule fraction.
- Les GNT de type « **B** » sont des matériaux provenant du mélange d'au moins deux fractions granulométriques, malaxées et humidifiées en centrale.

4.3.2. Domaine d'utilisation :

Couches d'assises de chaussées (couche de base et couche de fondation) pour le réseau RP2.
Couche de fondation pour le réseau RP1.

4.3.3. Constituants :

➤ **Granulats :**

La granularité du GNT est de classe 0/20 et 0/31.5, Indice de concassage $I_c = 100\%$.

➤ **Fabrication:**

Les GNT sont produites à partir de roches massives concassées et criblées en carrières.

4.3.4. Mise en œuvre :

- **Épandage :** Utiliser des engins produisant peu de ségrégation (épandeuse, finisseur, niveleuse).
- **Humidification :** L'arrosage lorsqu'il est nécessaire, peut être exécuté sur un matériau ayant déjà subi un premier compactage. Ce dernier doit intervenir avant la fin du compactage.

La teneur en eau de mise en œuvre doit être comprise dans l'intervalle $W_{opm}-1$ à $W_{opm}+0.5$.

- **Compactage :** Le compactage doit être réalisé de façon énergique, pour cela, utilisé : Les compacteurs vibrants ayant une masse par centimètre de génératrice vibrante ($M/L \geq 30 \text{ Kg/cm}$).

Les compacteurs à pneumatiques de 3 tonnes par roue au moins.

4.3.5. Epaisseurs technologiques de mise en œuvre :

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

- Epaisseur minimale =15 cm.
- Epaisseur maximale =25 cm.

4.3.6. Contrôle :

Contrôle de fabrication :

➤ Avant fabrication :

- Contrôler le matériel de la chaîne de fabrication.
- Contrôler l'installation et les réglages initiaux de la centrale pour la GNT de type« B».

➤ En cours de fabrication :

Contrôler l'alimentation des concasseurs, la charge des cribles, la qualité de la production, et le chargement et stockage des matériaux.

➤ Contrôle de mise en œuvre :

Il s'agit de vérifier que :

- Les modalités définies lors des planches d'essai sont bien appliquées.
- La qualité du compactage.

5. LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes:

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

Pour cela on intéresser aux méthodes empiriques les plus utilisées [10].

5.1. Les facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussées :

5.1.1. Trafic :

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres:

- Le TJMA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

Trafic «poids lourd» comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes.

a. Trafic à la mise en service :

Ce trafic compté sur la base du TJMA est estimé à partir du trafic PL par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route.

On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel de PL > 5t.

Tableau 4. 1 : Classification des trafics en France [12].

Classe de trafic	T ₅	T ₄	T ₃		T ₂		T ₁		T ₀		
			T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂ ⁻	T ₂ ⁺	T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀ ⁻	T ₀ ⁺	
MJA (PL/J)	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000

b. Trafic cumulé équivalent (NE) :

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic PL cumulé sur la durée de service retenue, il est donné par la relation suivante [12]:

$$NE = N \times CAM$$

L'essieu de référence en vigueur en Algérie est l'essieu de 13 Tonnes.

N: est le nombre cumulé de PL pour la période de calcul de P années,

$$N = 365 \times MJA \times C$$

C: étant le facteur de cumul sur la période de calcul, telle que:

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

Avec:

P: durée de vie.

τ : Taux de croissance de trafic.

CAM: est le coefficient d'agressivité moyenne de PL par rapport à l'essieu de référence.

$$NE = 365 \times MJA \times CAM \times [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Tableau 4. 2 : Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd [16].

Classe de trafic	T5	T4	T3 ⁻	T3 ⁺	Au-delà
CAM	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8 si e ₂₀ < cm
					1.0 si e > 20cm

5.1.2. Le climat et l'environnement :

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

L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai.

5.1.3. Le sol support :

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de L'indice CBR.

Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support.

Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95 % de la densité à l'O.P.M.

Tableau 4. 3 :L'portance de sol en fonction de l'indice de CBR [9].

portance	1	2	3	4
CBR	<3	3à6	6à10	10à20

5.1.4. Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL [13].

5.2. Les méthodes empiriques :

5.2.1. Méthode C.B.R «California -Bearing - Ratio»:

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90% à 100%) de L'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm [3].

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

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

N: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kgà vide.

$$N = T_H \cdot \%PL$$

TH: trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m$$

Avec:

T₀ : trafics actuel (v/j).

m : année de prévision.

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

$c_1 \times e_1$: couche de roulement.

$c_2 \times e_2$: couche de base.

$c_3 \times e_3$: couche de fondation.

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau 4. 4 :Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.[9]

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée grave sableuse -T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.80 0.90

5.2.2. Méthode du catalogue des structures «SETRA» :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA».Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation [10].

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- ❖ Trafic cumulé de poids lourds à la 15ème année Tj.
- ❖ Les caractéristiques de sol (Sj).

a. Détermination de la classe de trafic :

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

Tableau 4. 5 : La classe du trafic poids lourd [10].

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₀	<3.5 10 ⁵
T ₁	3.5 10 ⁵ <T<7.3 10 ⁵
T ₂	7.3 10 ⁵ <T<2 10 ⁶
T ₃	2 10 ⁶ <T<7.3 10 ⁶
T ₄	7.3 10 ⁶ <T<4 10 ⁷
T ₅	T>4 10 ⁷

Le trafic cumulé est donné par la formule:

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

Avec :

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

n :durée de vie.

b. 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 en respectant les seuils suivants:

Tableau 4. 6 :Classement de sole en fonction de l'indice de CBR [9].

Classe de sol (Si)	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

5.2.3. Méthode A.A.S.H.O «American Association of State Highway Officials»:

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

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs [14]:

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

5.2.4. La Méthode L.C.P.C «Laboratoire Central des Ponts et Chaussées» :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression [15]:

$$T_{eq} = [TJMA. a [(1+Z)^n - 1] \times 0.75 \times P \times 365] / [(1+Z)-1]$$

Avec:

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} , I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

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

5.2.5. Méthode du catalogue des chaussées neuves CTPP :

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont: trafic, sol support, environnement et zone climatique [14].

a. Trafic :

C'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes).

Le réseau principal noté RP: il se compose de route reliant:

- ❖ Les chefs-lieux de wilaya tes.
- ❖ Les ports, les aéroports et les postes frontaliers.
- ❖ Les principales agglomérations et important zone industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux.

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

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

Le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de 18.400Km.

Le réseau secondaire RS: Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire total de 7.900 Km.

✚ Répartition transversale du trafic :

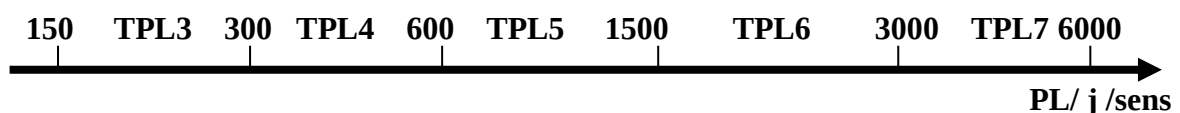
On adoptera les valeurs suivantes:

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

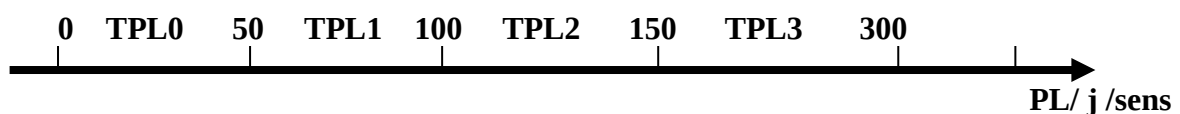
✚ Détermination de la classe de trafic TPLi :

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

RP1:



RP2:



b. Détermination des classes de portance de sols :

Le tableau 4.6 regroupe les classes des sols par ordre croissant de S4 à S0.

c. Détermination des classes de portance de sols support :

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

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

Pour les sols insensibles à l'eau: sols grossiers contenant plus de 25 % d'éléments > 20mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions ($W_{nat} > W_{opm}$).

- L'essai de plaque $\Rightarrow$ le module de sol EV2 la déflexion $\Rightarrow$ dc (déformation).
- Les deux sont reliés par la relation empirique : $EV2 \times dc = 10340$.

Avec:

EV2 en (MPa).

dc en (1/100mm).

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation:

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

Tableau 4. 7 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion [9].

CLASSE	S3	S2	S1	S0
E (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

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

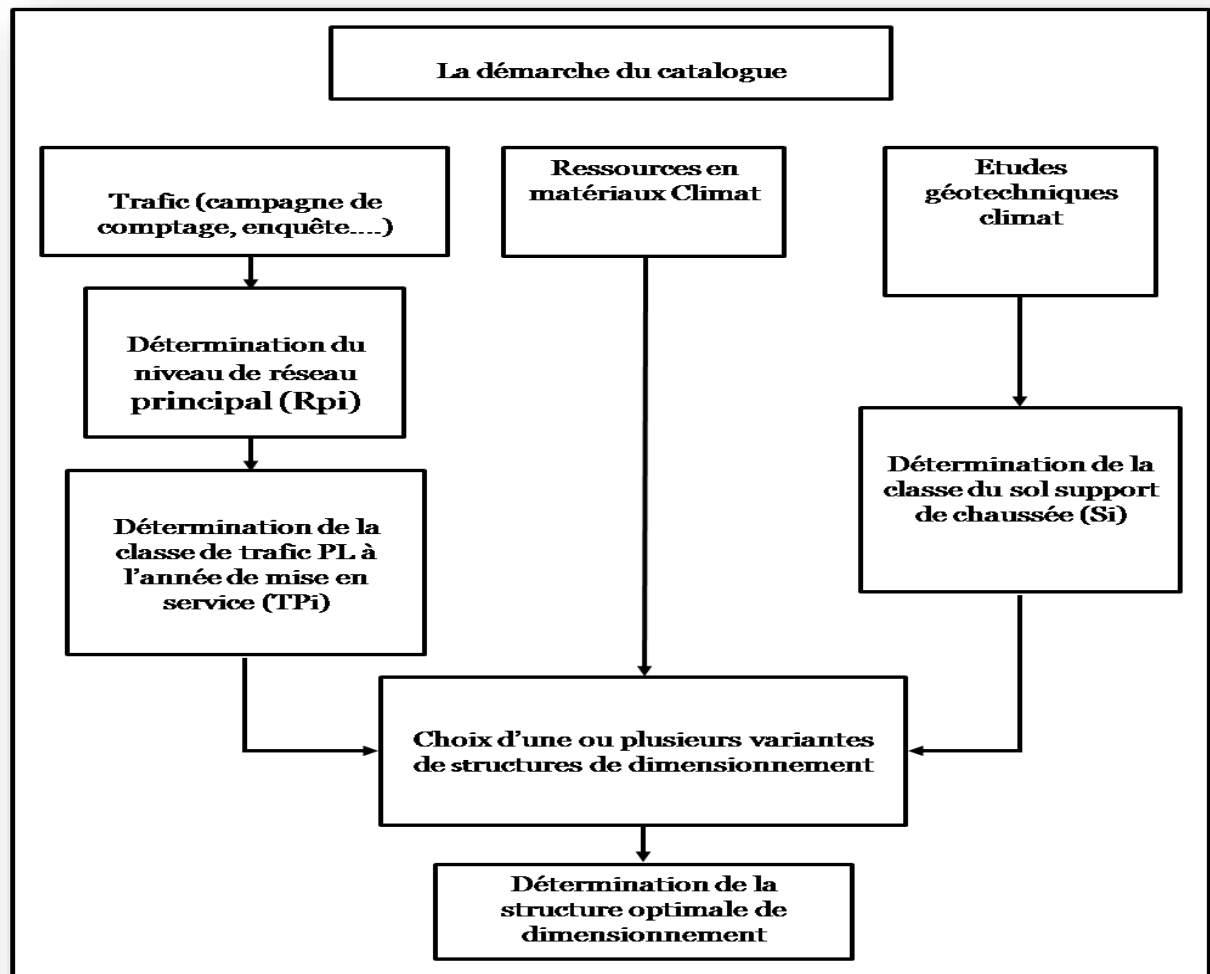
Tableau 4. 8 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol [9].

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	Matériau NT	50cm(en 2c)	S3
S4	Matériau NT	35cm	S3
S4	Matériau NT	60cm(en 2c)	S2
S3	Matériau NT	40cm(en 2c)	S2
S3	Matériau NT	70cm(en 2c)	S2

*d. Les zones climatiques :***Tableau 4. 9 : Les zones climatiques de l'Algérie [3].**

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi- aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	aride	30	Sud

Figure 4. 6 : Schéma montre la démarche du catalogue [11].



6. APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on utilise les méthodes:

- La méthode dite CBR.
- La méthode de catalogue des structures SETRA.
- La méthode du catalogue des chaussées neuves CTTP.

6.1. METHODE « CBR »:

On a : $I_{CBR} = 8.5$ ce sol appartient dans (S3).

Pour passer au sol d'une bonne portance (S2) on ajoute une couche de forme de **40cm** du matériau non traité.

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

Avec :

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

Log : logarithme décimal.

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

$$N = T_{2034} * \%PL$$

Avec : $\%PL = 40\%$, $\tau = 4\%$, $I_{CBR} = 8.5$

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + 0.04)^m = \frac{1000}{2} (1 + 0.04)^{20} \Rightarrow T_H = 2192 \text{ V/J/sens}$$

$$N = 2192 * 0.4 \Rightarrow N = 876.8 \text{ pl/j/sens}$$

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{876.8}{10})}{8.5 + 5} = 40 \text{ cm}$$

Donc : $E_{eq} = 40 \text{ cm}$

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

e1 : épaisseur réelle de la couche de surface.

e2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

C1, C2, C3 : Coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches **e1, e2, e3**.

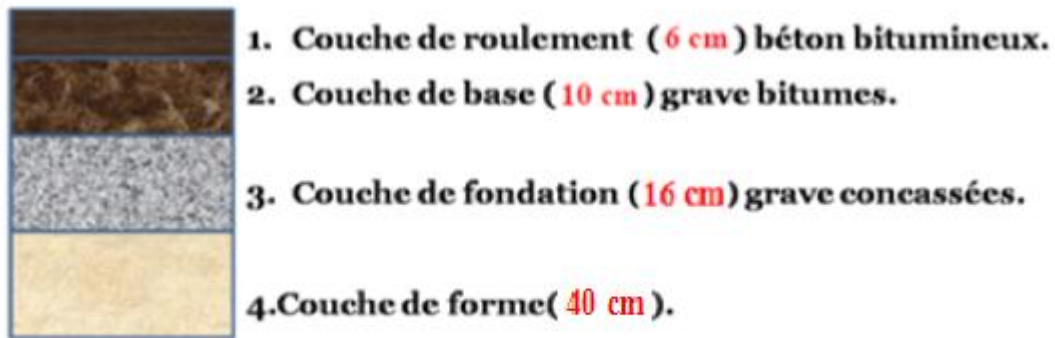
Pour déterminer la structure définitive on fixe les épaisseurs **e1, e2** et on calcule l'épaisseur **e3**:

e1 = 6 cm en béton bitumineux (BB) $\Longrightarrow$ **C1 = 2.0**

e2 = 10 cm en grave bitume (GB) $\Longrightarrow$ **C2 = 1.2**

e3 = épaisseur en grave concassé (GC) $\Longrightarrow$ **C3 = 1**

donc on a : $e_3 = 16 \text{ cm}$



6.2. METHODE DE CATALOGUE DES STRUCTURES «SETRA» :

Le calcul du trafic poids lourds à l'année de mise en service:

$$TJMA_{2011} = 1000 \text{ v/j} \Rightarrow T_{PL2011} = 1000 \times 0.4 / 2 = 200 \text{ PL/J/sens.}$$

$$T_{PL2031} = 200 \times (1 + 0.04)^{20} = 438.22 \text{ PL/j/sens.}$$

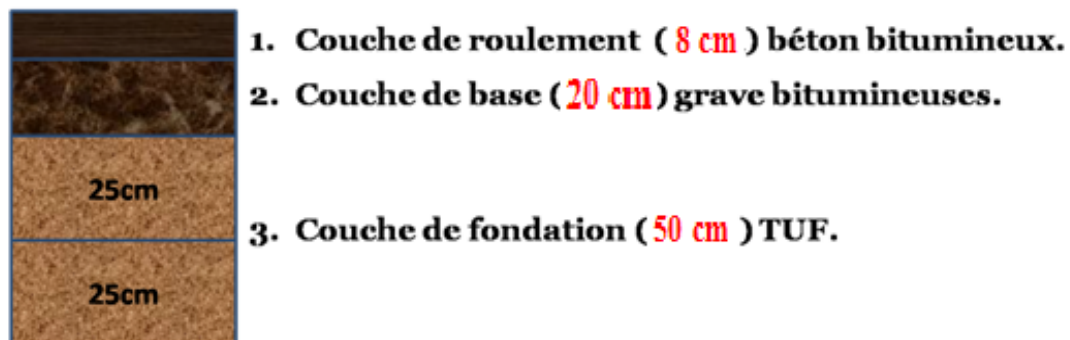
$$T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365 \Rightarrow T_c = 306.75 \left[1 + \frac{(1 + 0.04)^{20+1} - 1}{0.04} \right] 365$$

$$T_c = 5.273 \cdot 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

Selon les Tableau III. 5, notre trafic est classé en T3.

Selon les Tableau III. 6, notre sol est classé en S3.

Par conséquent d'après le règlement on obtient la structure suivante:



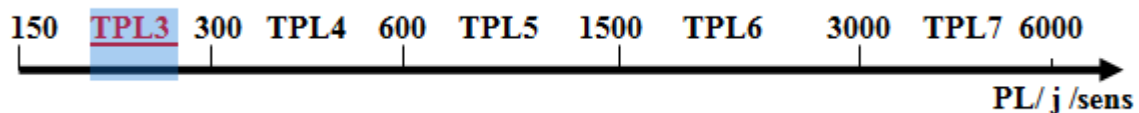
6.3. METHODE DU CATALOGUE DES CHAUSSEES NEUVES «CTTP» :

6.3.1. Détermination de la classe de trafic TPLi :

$$TJMA_{2015} = 1000 \text{ v/j}$$

$$T_{PL} = 1000 * 0.4 / 2 = 200$$

Classe TPLi pour RP1:



Pour RP1 : $150 < 200 < 300$

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en TPL4.

6.3.2. Classe de sol support :

$E = K \cdot ICBR$ avec $K = 5$ (le LCPC France)

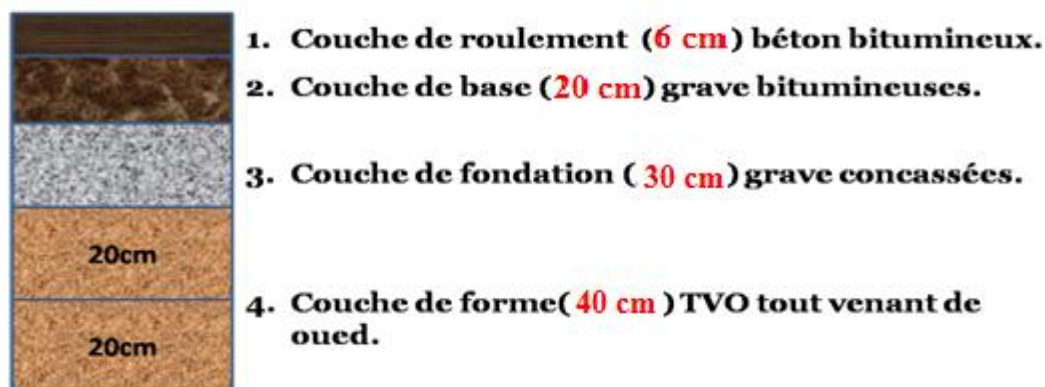
$$E = 5 \times 8. = 42.5 \text{ MPA.}$$

Selon les Tableau 06 et 07 notre sol est classé en S3.

6.3.3. La zone climatique :

Pour notre projet la zone climatique II Selon la carte climatique de l'Algérie Par conséquent d'après les fiches structures pour le RP1 on obtient la structure suivante:

6BB + 20GB +30GC+40TVO (en deux couches).



7. CONCLUSION :

D'après le différent résultat, on remarque bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

A savoir : **6 BB+10 GB+20 GC** avec une couche de forme de 40cm.

1. INTRODUCTION :

Un carrefour est un lieu d'intersection 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.

2. LES TYPES DE CARREFOURS :

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

2.1.CARREFOUR A 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.

2.2. CARREFOUR A 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°).

2.3. CARREFOUR A QUATRE BRANCHES (EN CROIX) :

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

2.4.CARREFOUR TYPE GIRATOIRE OU CARREFOUR GIRATOIRE :

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

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

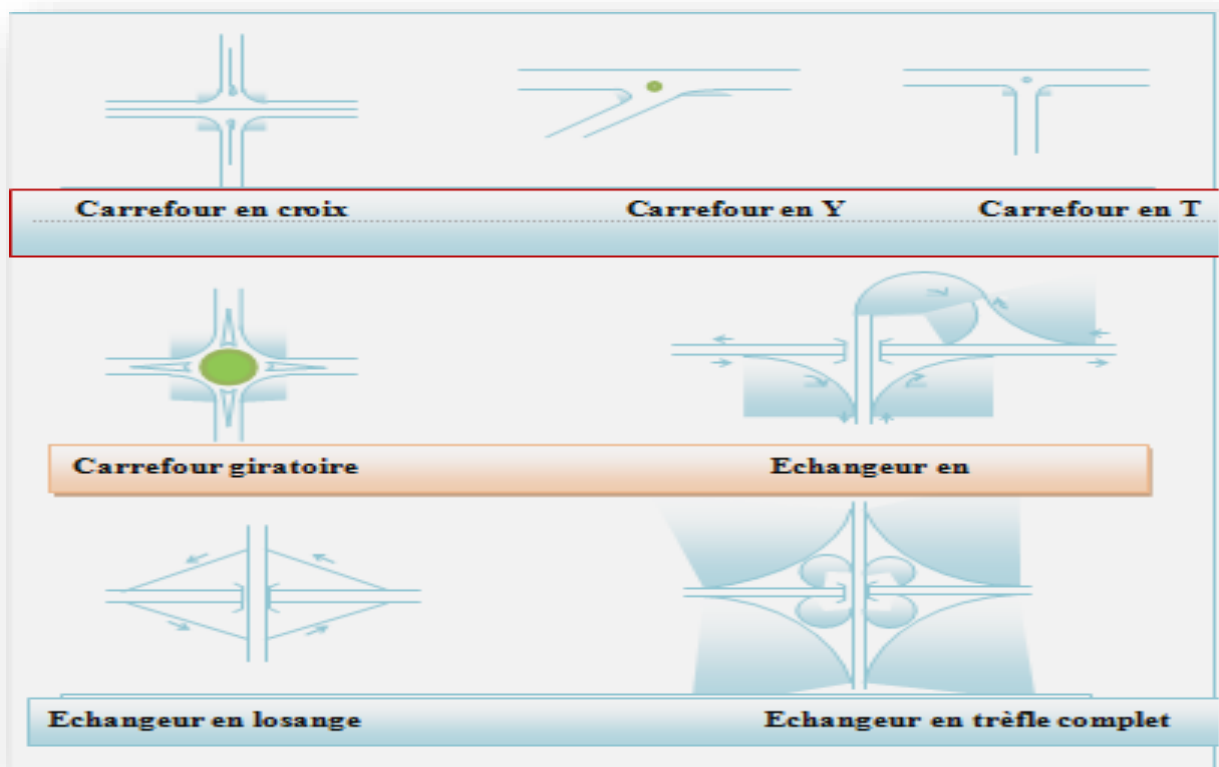


Figure 5. 1: les types de carrefours.

3. LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DU CARREFOUR GIRATOIRE :

3.1. LES AVANTAGES :

- ❖ L'adaptation au trafic est automatique, par la priorité donnée aux véhicules déjà insérés.
- ❖ La vitesse est limitée par l'infrastructure, et la sécurité routière est donc améliorée.
- ❖ Il n'y a pas besoin de feux, donc pas besoin d'électrifier le carrefour, ce qui est intéressant en zone très rurale.
- ❖ Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise de l'espace.
- ❖ Diminution des nuisances.
- ❖ Faciliter d'insertion d'un grand nombre des branches.
- ❖ Economie de régulation et d'exploitation. [23]

3.2. LES INCONVENIENTS :

- ❖ Consommation d'emprise importante.
- ❖ Entretien de l'îlot central.
- ❖ Transport public non prioritaire.
- ❖ Absence de prise en charge correcte des piétons.
- ❖ Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité). [23]

4. DONNEES UTILES A L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant : [12]

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans la future.
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Le respect de l'homogénéité de tracé.
- La surface neutralisée par l'aménagement.
- La condition topographique.

5. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENTS D'UN CARREFOUR :

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 à fin 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.

5.1.LA VISIBILITE :

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 : [12]

- 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.

5.2. TRIANGLE DE VISIBILITE :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets : [12]

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

5.3. DONNEES 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.
- D'après le B40 : En catégorie **1** et environnement **3**, et $V_B = 80 \text{ Km/h}$. $a = 2.5 \text{ m}$ (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt).

5.4. LES ILOTS :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, ou aussi de limiter les vois de circulation.

5.4.1. Ilot séparateur :

Les éléments principaux de dimensionnement sont : [4]

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

5.4.2. 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 1 m. [4]

5.4.3. Les couloirs d'entrée et de sortie :

Longueur de couloirs	{	Entrée 4m (accotement dérasé 1.5m).
	}	Sortie 5m (accotement dérasé 0.5m).

5.5. SIGNALISATION DU CARREFOUR :

La signalisation du carrefour est composée de quatre éléments complémentaires : [4]

- ❖ La signalisation de priorité : On trouve le panneau de route prioritaire Sur la route principale.
- ❖ Les panneaux de prescription : On trouve les panneaux de priorité de passage, Céder passage et Stop sur la route secondaire.
- ❖ Le marquage au sol et les plots.
- ❖ La signalisation de direction.

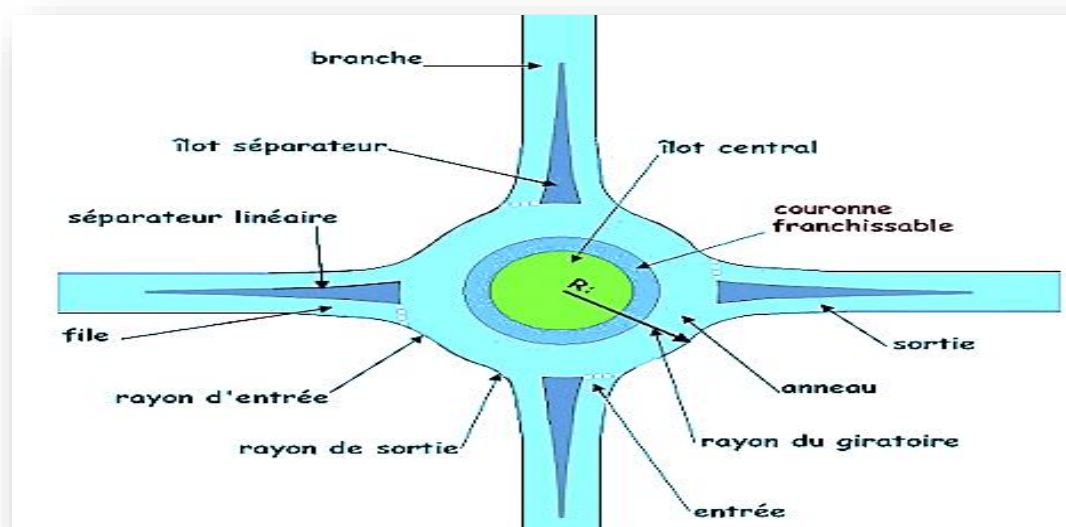


Figure 5. 2 : Terminologie d'un carrefour giratoire. [23]

6. APPLICATION AU PROJET :

▪ 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.



Figure 5. 3: Carrefour giratoire (PK 0+00).

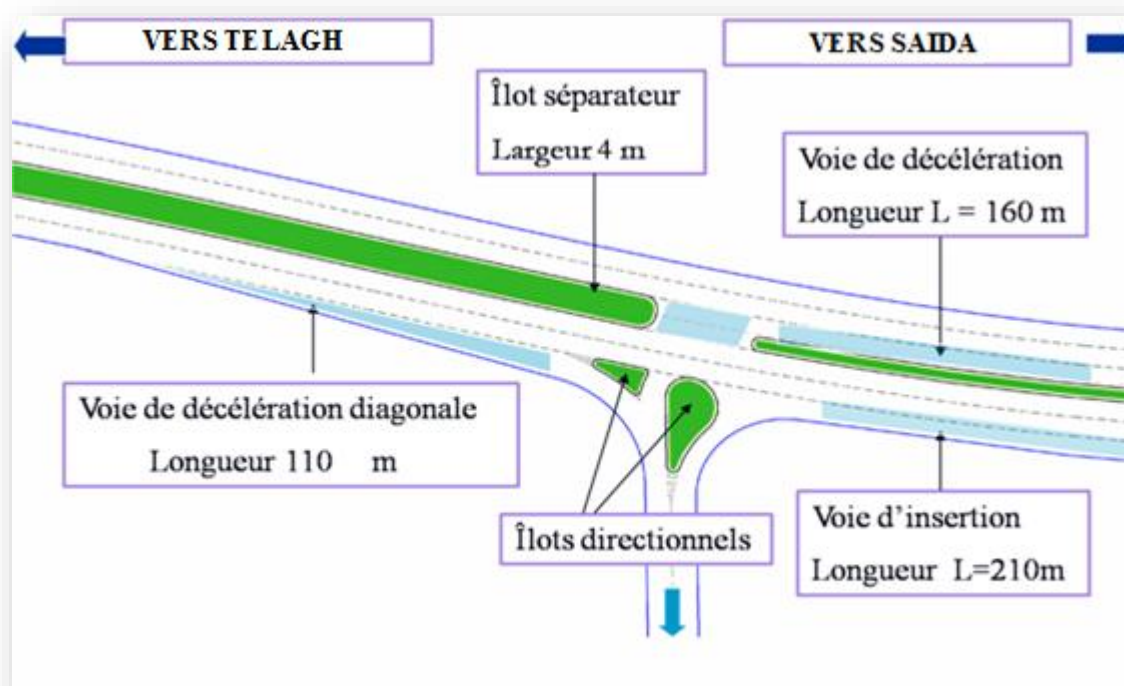


Figure 5. 4: Carrefour en Y.

D'après le B40 : En catégorie **1** et environnement **3**, et $V_B = 80 \text{ Km/h}$, $a = 2.5 \text{ m}$ (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt).

1.1 Triangle de visibilité :

8.1.1. Priorité à droite :

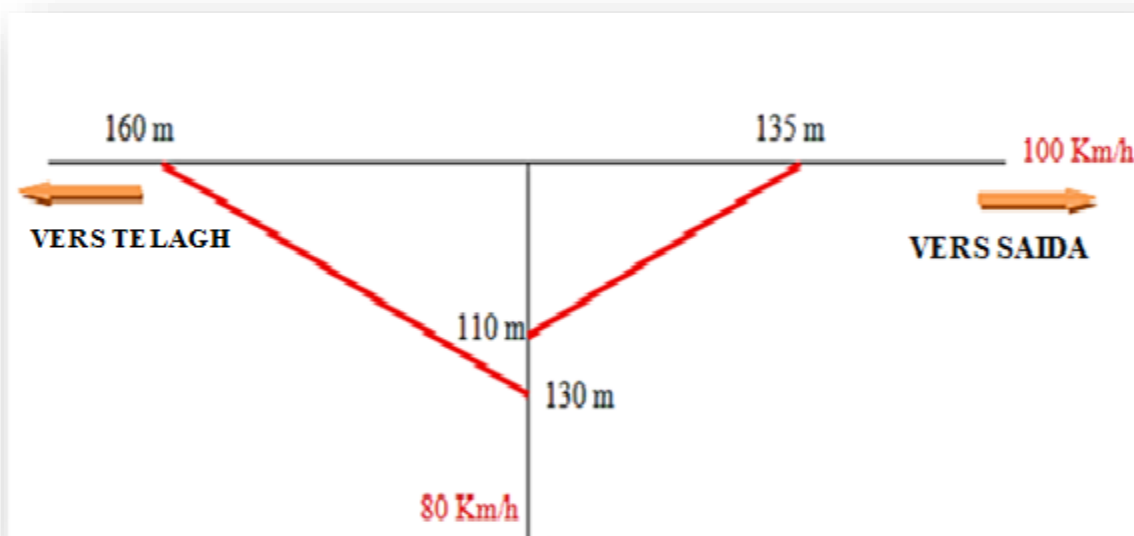


Figure 5. 5: Diagramme de visibilité –priorité à droite.

8.1.2. Cédez le passage ou signale de stop :

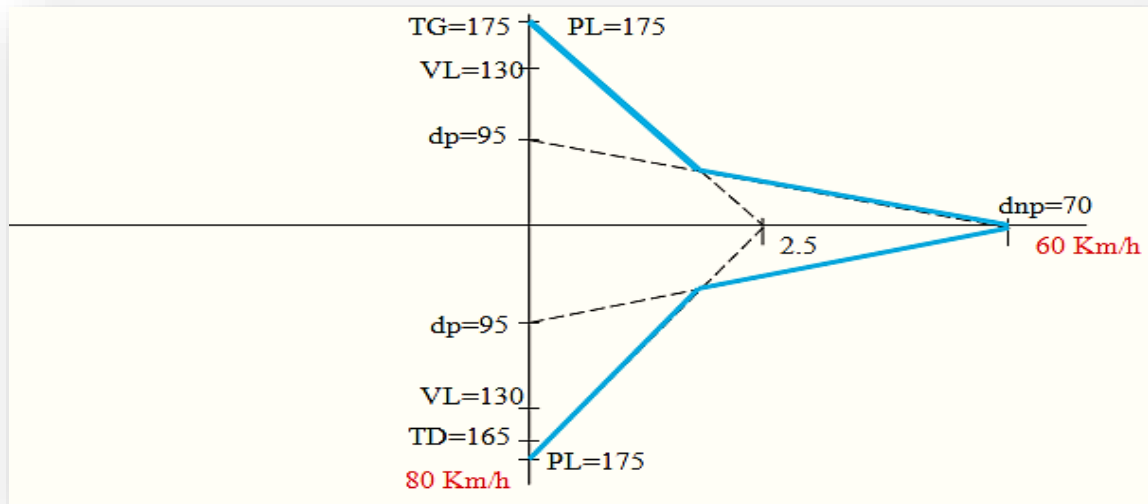


Figure 5. 6: Diagramme de visibilité - Cédez le passage ou signale de stop.

Les différents carrefours se situent au niveau des intersections suivantes :

- Carrefour au PK 0+000
- Carrefour à droite au PK 3+775.
- Carrefour piste à droite et à gauche au PK 4+485.
- Carrefour piste à droite au PK 7+535.
- Carrefour piste à droite au PK 8+850.
- Carrefour à droite et à gauche au PK 10+350.
- Carrefour Piste à gauche au PK 10+675.

1. ASSAINISSEMENT :

1.1. 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 Désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit:

a. Pour les chaussées :

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

b. Pour les talus :

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

Les études hydrauliques inventorieront 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 .

1.2. 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).

2. 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 [18].

2.1. FOSSE DE PIED DU TALUS DE DEBLAI :

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

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

2.2. FOSSE DE CRETE DE DEBLAI :

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

2.3. FOSSE DE PIED DU TALUS DE REMBLAI :

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau [19].

2.4. DRAIN :

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

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet [20].

2.5. DESCENTES D'EAU :

Dans les sections route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m [20].

3. DÉFINITION DES TERMES HYDRAULIQUE :

3.1. BASSIN VERSANT :

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

3.2. COLLECTEUR PRINCIPAL (CANALISATION) :

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

Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

3.3. CHAMBRE DE VISITE (CHEMINEE) :

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

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

3.4. SACS :

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

3.5. GUEULE DE LOUP, GRILLE D'INTRODUCTION ET GUEULARD

Dispositifs constructifs permettant l'écoulement de l'eau superficielle dans les sacs.

3.6. FOSSES DE CRETES :

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

3.7. DECENTE D'EAU :

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

3.8. LES REGARDS :

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres [21].

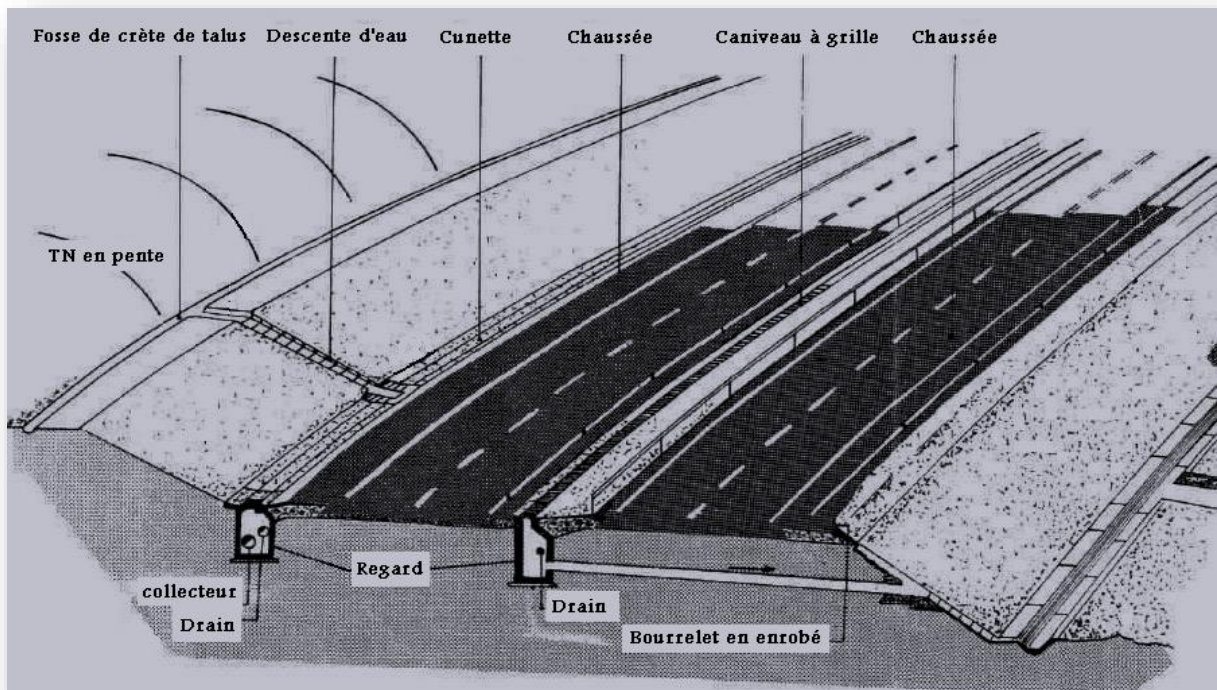


Figure 6. 1 : Figure présenter les Différent termes hydrauliques [21].

4. LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION ROUTIÈRE :

Pour les projets où le risque de pollution est élevé, il est préférable de séparer les hydrocarbures de l'eau afin de pouvoir rejeter une eau saine. C'est le rôle joué entre autres par les séparateurs à hydrocarbures qui peuvent être utilisés dans le cadre de l'assainissement routier.

5. LES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES :

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

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

D'après les observations effectuées à la station météorologiques on a:

- Pluie moyenne journalière $P_j = 55\text{mm}$.
- L exposant climatique $b = 0.36$.
- Le coefficient de variation climatique $C_v = 0,37$.

6. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS :

Le dimensionnement de différents types d'ouvrages d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le début de saturation de chaque type d'ouvrage.

6.1. ESTIMATION DE DEBIT D'APPORT QA :

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle [18]:

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

Avec:

K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s) ; $K = 2.778$.

I_t : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m^2).

6.1.1. Détermination de l'intensité de la pluie I_t :

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^\beta$$

et: $\beta = b - 1$

Avec:

I : Intensité de la pluie (mm/h).

t_c : temps de concentration (h).

✚ L'intensité horaire I :

$$I = \left(\frac{P_j}{24} \right)$$

Avec:

$P(t)$: Hauteur de la pluie de durée t_c (mm).

✚ Temps de concentration t_c :

➤ Si $A < 5 \text{ km}^2$, selon VENTURA:

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

➤ Si $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$, selon GIANDOTTI:

$$t_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}}$$

➤ Si $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$, selon PASSINI:

$$t_c = \frac{(4 \times \sqrt{A}) + (1,5 \times L)}{(0,8 \sqrt{H})}$$

Avec:

A : Superficie du bassin versant (km^2).

P : Pente moyenne du bassin versant .

L : Longueur de bassin versant (km).

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

Pluie journalière maximale annuelle Pj:

Pluie journalière maximale annuelle Pj est donné par la formule de GALTON.

$$P_j(\%) = \left[\frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right]$$

Avec:

P_jmoy : pluie moyenne journalier.

C_v : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant [18]:

Tableau 6. 1 : Variation de Gauss [18].

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0	0,84	1,28	2,05	2,372

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

6.1.2. Coefficient de ruissellement :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau reçu sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après:

Tableau 6. 2: Coefficient de ruissellement [18].

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement ou sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

6.2. DEBIT DE SATURATION :

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler [18]:

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2}$$

Avec:

S : section mouillée.

K_{ST} : coefficient de STRICKLER.

$K_{ST} = 70$ pour les dalots.

$K_{ST} = 80$ pour les buses.

R_H : rayon hydraulique (m) $R_H = S/p$.

J: la pente moyenne de l'ouvrage.

6.3. DIMENSIONNEMENT DES BUSES :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s .

Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition [20].

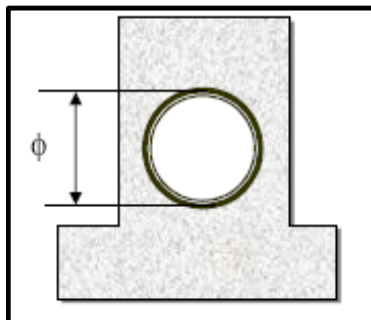


Figure 6. 2 : Buses [20].

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} ; Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

S_m : section mouillée, $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$

R_h : rayon hydraulique, $R_h = \frac{R}{2}$

$K_{st} = 80$ pour les buses en béton.

J: la pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$Q_s = 80 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times J^{1/2}$$

$Q_s = Q_a$ On trouve:

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_s}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\varnothing = 2R$.

6.4. DIMENSIONNEMENT DES DALOTS :

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture L nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$ [20].

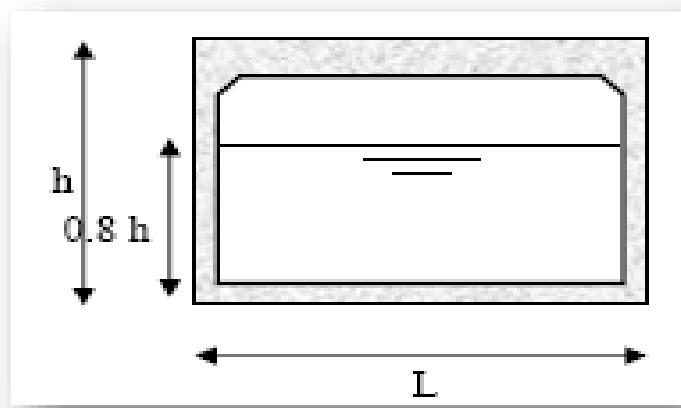


Figure 6. 3 : Dalots [20].

On à:

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = (2 \times 0.8 \times h) + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0.8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé : } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}$$

$$Q_a = Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2}$$

$$Q_s = (0.8 \times h \times L) \times K_{ST} \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

Avec:

$$K_{st} = 70 \text{ (dalot en béton).}$$

J : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_s = Q_a$$

$$Q_a = (0.8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

6.5. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support.

Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous.

On fixe la base de la fosse à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($p=1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h [20].

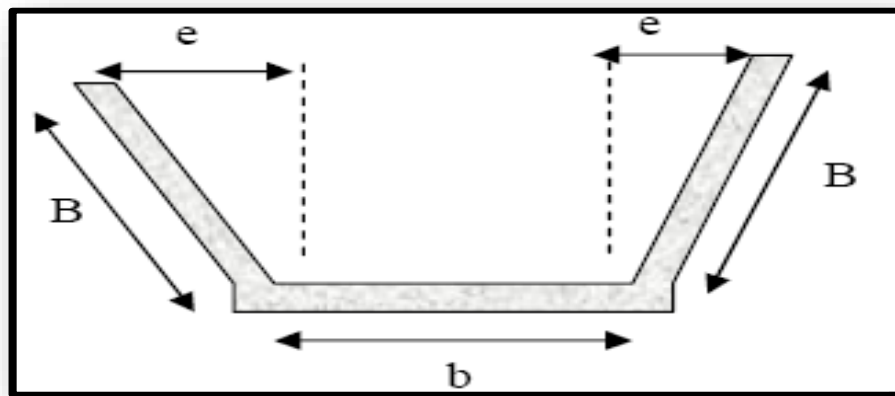


Figure 6. 4 : Fossés [20].

Calcul de la surface mouillée:

$$S_m = (b \times h) + 2 \times \left(\frac{e \times h}{2} \right)$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ où } e = n \times h$$

$$S_m = (b \times h) + (n \times h^2) = h \times [b + (n \times h)]$$

$$S_m = h \times [b + (n \times h)]$$

Calcul du périmètre mouille:

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (h^2 \times n^2)} = h \times \sqrt{1 + n^2}$$

$$P_m = b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}$$

Calcul le rayon hydraulique:

$$R_h = S_m / P_m = \frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}}$$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant:

$$Q_a = Q_s \Rightarrow K \times C \times I_t \times A = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2}$$

$$Q_a = K_{ST} \times h \times [b + (n \times h)] \times \left[\frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

7. APPLICATION AU PROJET :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- Pluie moyenne journalière $P_j = 55\text{mm}$.
- Exposant climatique $b = 0.36$.
- Le coefficient de variation climatique $C_v = 0.37$.

7.1. Calcul hydraulique :**7.1.1. Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j :**

$$P_j = \left[\frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(u \times \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right]$$

Pendant 10ans:

$$u = 1.28, C_v = 0.37, P_{j\text{moy}} = 55\text{mm}.$$

$$P_j(10\%) = \left[\frac{55}{\sqrt{0,37^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(1,28 \times \sqrt{\ln(0,37^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(10\%) = 81.587 \text{ mm}$$

Pendant 50ans:

$u = 2.05$, $C_v = 0.37$, $P_{j\text{moy}} = 55\text{mm}$.

$$P_j(2\%) = \left[\frac{55}{\sqrt{0,37^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(2.05 \times \sqrt{\ln(0,37^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(2\%) = 107.50\text{mm}$$

7.1.2. L'intensité horaire I :

$$I = \left(\frac{P_j}{24} \right)$$

Pour: $P_j(10\%) = 81.587\text{mm}$.

$$I(10\%) = \left(\frac{81.587}{24} \right) = 4.00 \text{ mm/h}$$

Pour: $P_j(2\%) = 107.50\text{mm}$.

$$I(2\%) = \left(\frac{107.50}{24} \right) = 4.48 \text{ mm/h}$$

7.1.3. Calcul de la surface du bassin versant :

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et l'accotement et le talus.

$$A_C = 7 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,07\text{ha} \text{ (Surface de chaussée).}$$

$$A_A = 1.7 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,017\text{ha} \text{ (Surface d'accotement).}$$

$$A_T = 4 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,04 \text{ ha (Surface de talus).}$$

$$A_{\text{total}} = A_C + A_A + A_T = 0.07 + 0.017 + 0.04 = 0.127 \text{ ha.}$$

7.2. Dimensionnement des buses :

Calcul des débits d'apport:

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

➤ Le débit apporté par la chaussée.

$C = 0.95$, $P = 2.5 \%$, $I (10\%) = 4.00 \text{ mm/h}$, $A = 0.07 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.07}{2.5}} \Rightarrow t_c = 0.021 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.00 \times \left(\frac{0.021}{24}\right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 359.641 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2.778 \times 0.95 \times 359.641 \times 0.07$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.066 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par l'accotement

$C = 0.4$, $p = 4 \%$, $I (10\%) = 4.00 \text{ mm/h}$, $A = 0.017 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.017}{4}} \Rightarrow t_c = 0.0082 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.00 \times \left(\frac{0.0082}{24}\right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 661.53 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2.778 \times 0.4 \times 661.53 \times 0.017$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = 0.012 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par le talus

$C = 0.3$, $p = 100\%$, $I (10\%) = 4.00 \text{ mm/h}$, $A = 0.04 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.04}{100}} \Rightarrow t_c = 0.00254 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.00 \times \left(\frac{0,00254}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 1400.56 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 1400.56 \times 0,04$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = 0,0466 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0,066 + 0,012 + 0,0466$$

$$\Rightarrow Q_a = 0.544 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul de débit de saturation (Q_s):

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} = Q_a$$

On a: $J = 2.5\%, K_{ST} = 80, R_h = \frac{R}{2}, S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow 80 \times (R/2)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0.025)^{1/2} = 0.544 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}} = \frac{2^{5/3} \times 0.544}{80 \times \pi \times \sqrt{0.025}} \Rightarrow R^{8/3} = 0.0435$$

$$\emptyset = 2R = 618 \text{ mm}$$

On propose: $\emptyset = 1000 \text{ mm}$; pour l'accès et les travaux de curage des buses.

7.3. Dimensionnement des dalots :

Calcul des débits d'apport:

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

➤ Le débit apporté par la chaussée.

$C = 0.95$, $P = 2.5 \%$, $I (2\%) = 4.48 \text{ mm/h}$, $A = 0.07 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.07}{2.5}} \Rightarrow t_c = 0.0212 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.48 \times \left(\frac{0.022}{24}\right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 402.798 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2.778 \times 0.95 \times 402.798 \times 0.07$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.0744 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par l'accotement.

$C = 0.4$, $p = 4 \%$, $I (2\%) = 4.48 \text{ mm/h}$, $A = 0.017 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.017}{4}} \Rightarrow t_c = 0.00827 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.48 \times \left(\frac{0.00827}{24}\right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 736.36 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2.778 \times 0.4 \times 736.36 \times 0.017$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = 0.0139 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Le débit apporté par le talus.

$C = 0.3$, $p = 100\%$, $I (2\%) = 4.48 \text{ mm/h}$, $A = 0.04 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.04}{100}} \Rightarrow t_c = 0.00254 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.48 \times \left(\frac{0.00254}{24}\right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 1568.62 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2.778 \times 0.3 \times 1568.62 \times 0.04 \Rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = 0.052 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0.0744 + 0.0139 + 0.052 \Rightarrow Q_a = 0.140 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul de débit de saturation (Q_s):

$$Q_a = Q_s$$

$$K_{ST} = 70, L = 2\text{m}, J = 2,5\%$$

$$Q_s = (0.8 \times h \times L) \times K_{ST} \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

En prend $h = 2\text{m}$ (on a gardé la hauteur du dalot existant)

$$Q_{s1} = (0.8 \times 2 \times 2) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times 2 \times 2}{1.6 \times 2 + 2} \right]^{2/3} \times 0.025^{1/2} = 0.2562 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$Q_{s1} > Q_s$ Donc h est vérifier.

Donc un dalot de dimensions : $L = 2\text{m}$ et $H = 2\text{m}$.

7.4. Dimensionnement des fossés :

A partir des résultats obtenus précédemment:

$$Q_a = K_{ST} \times h \times [b + (n \times h)] \times \left[\frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

$$J = 2\%, K_{ST} = 30, b = 0,5 \text{ m}$$

$$0.140 = 30 \times h \times [0,5 + (1,5 \times h)] \times \left[\frac{h \times [0,5 + (1,5 \times h)]}{0,5 + 2 h \times \sqrt{1 + 1,5^2}} \right]^{2/3} \times 0,02^{1/2}$$

D'Après le calcul itératif on trouve $h = 0.48\text{m}$.

Dimensions retenues du fossé sont : $b = h = 50\text{cm}$.

Tableau 6. 3: Récapitulatif des résultats.

N°	PK	OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT	REMARQUE
OV 1	0+412.814	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 2	0+559.125	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 3	0+697.36	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 4	1+106.524	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 5	1+212.459	Ouvrage envasé	Remplace par buse (Ø1000)
OV 6	1+725.712	Cadre 0.60 x 0.50	Elargissement à droite
OV 8	2+822.024	Cadre 065 x 0.60	Elargissement à gauche
OV 9	3+077.817	Buse phi 600	Elargissement à gauche
OV 10	3+300	Cadre 0.65 x 0.70	Elargissement à gauche
OV 11	3+872.620	Cadre 0.50 x 3.00	Elargissement à gauche
OV 12	4+238.520	Cadres 2.80 x 3.00	Elargissement à gauche
OV 13	4+696.569	Cadre 0.50 x 0.60	Elargissement à gauche
OV 14	5+010.115	Cadre 0.75 x 0.65	Elargissement à droite
OV 15	5+219.909	Cadre 1.00 x 0.80	Elargissement à gauche
OV 16	5+385.214	Cadre 1.00 x 0.65	Elargissement à gauche
OV 17	5+668.573	Buse phi 650	Elargissement à gauche
OV 18	6+055.237	Cadre 0.70 x 0.65	Elargissement à gauche
OV 19	6+620.689	Cadre 0.45 x 0.65	Elargissement à droite
OV 20	9+425	Cadre 1.80 x 0.65	Elargissement à droite
OV 21	10+039.85	Cadre 1.80 x 3.05	Elargissement à gauche
OV 22	10+517.149	Cadre 2.05 x 0.95	Elargissement à gauche

8. CONCLUSION :

Le diamètre de calcul sur la partie élargissement sera comparé au diamètre et dimensions des ouvrages existants.

- Le diamètre calculé est inférieur au diamètre existant, nous prolongerons l'ouvrage avec le diamètre de l'existant (opération curage du réseau en été).
- Le diamètre calculé est supérieur à l'existant, nous projetant de réaliser un ouvrage neuf sur toute la largeur (démolition de l'ancien).

1. INTRODUCTION :

La signalisation fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de communication essentiel pour l'utilisateur de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée de manière à aider l'utilisateur de la route tout au long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent à lui, et ce, en lui évitant hésitations et fausses manœuvres.

Elle doit donc lui permettre d'anticiper toute manœuvre ou tout changement de direction et lui permettre de s'y préparer. En plus de lui servir de guide en lui indiquant la route à suivre ainsi que les dangers qui la parsèment (courbe en pente prononcée, accotement mou, chaussée glissante, etc.), elle lui rappelle les diverses prescriptions du code de la sécurité routière et des règlements municipaux.

Le langage de la signalisation routière doit être clair et compréhensible par tous. Il est, par conséquent, en constante évolution et fait l'objet de recherches continues afin d'accroître la sécurité routière et la fluidité de la circulation.

2. L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet : [22]

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

3. PRINCIPES FONDAMENTAUX POUR UNE SIGNALISATION EFFICACE :

Pour être efficace, la signalisation routière doit : [22]

- ❖ Être uniforme et homogène.
- ❖ Attirer l'attention.
- ❖ Être parfaitement visible et lisible à distance.
- ❖ Être facile à comprendre.

4. CATEGORIES DE SIGNALISATION :

Lorsqu'on considère les types de dispositifs utilisés par la signalisation, on distingue : [23]

- ❖ La signalisation par panneau.
- ❖ La signalisation par feux.
- ❖ La signalisation par marquage des chaussées.
- ❖ La signalisation par balisage.
- ❖ La signalisation par bornage.
- ❖ La signalisation par dispositifs de fermeture (barrières).
- ❖ La signalisation permanente.
- ❖ La signalisation temporaire.
- ❖ La signalisation dynamique.

5. TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation :[23]

✚ **Signalisation verticale.**

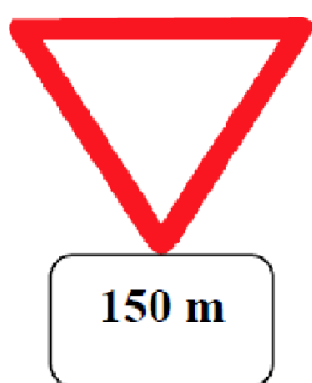
✚ **Signalisation horizontale.**

5.1. SIGNALISATION VERTICALE :

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

5.1.1 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.



AB3Arrêt à 150



(AB3b) cédé le passage



carrefour a sens giratoire

5.1.2. Signalisation de position :

Le signal de type B1 cédez le passage et B2 « arrêt obligatoire » est placé à l'intersection elle-même.



(AB4)



(AB3)

5.1.3. 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°.

5.2. SIGNALISATION HORIZONTALE :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

5.2.1. Marques longitudinales :

Lignes continues :

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

Lignes discontinues :

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.

- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 7. 1: modulation des lignes discontinues. [23]

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

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

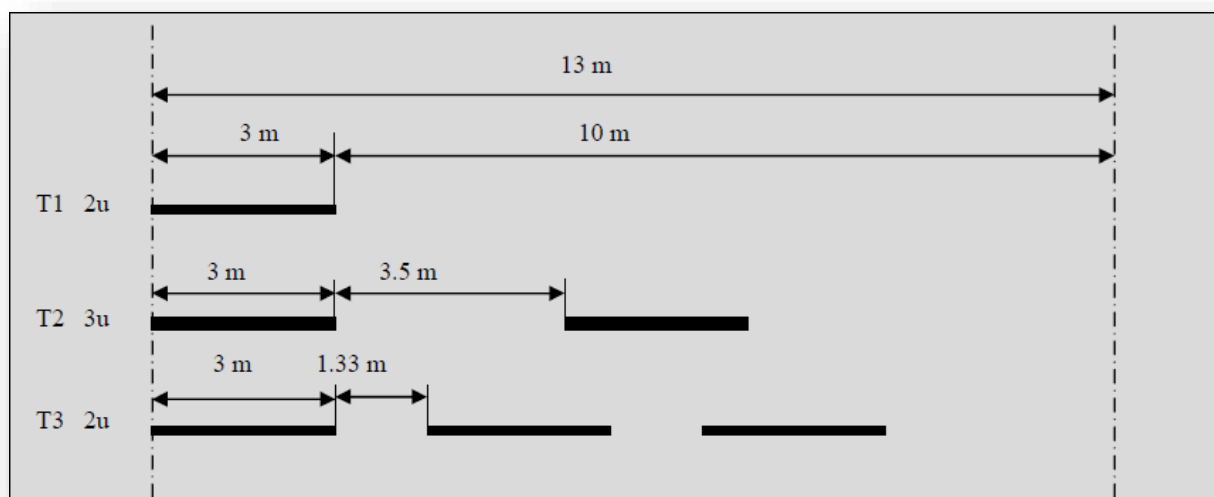


Figure 7. 1 : Types de modulation.

Avec :

- T1 2U : ligne axial ou délimitation de voie.
- T2 3U : ligne de rive.
- T3 2U : ligne de délimitation des voies de décélération, d'accélération ou d'entrecroisement.

5.2.2. Marques transversales :

Ligne continue (STOP) :

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

Lignes discontinue :

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

5.2.3. 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 = 6 cm sur les routes et voies urbaines
- ❖ U = 5 cm sur les autres routes.

5. LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- ❖ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- ❖ Cohérence avec les règles de circulation.
- ❖ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ❖ Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.
- ❖ Eviter la publicité irrégulière.

6. APPLICATION AU PROJET :

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

Signalisation horizontale :

-  Marquage de la chaussée en ligne continue.
-  Ligne continue de largeur de 15cm.
-  Marquage de la chaussée en ligne discontinue.

Signalisation verticale :

-  Signaux d'avertissement de danger type A.
-  Panneaux de signalisation routière.
-  Signaux divers.
-  Signaux de direction.

Tableau 7. 2: différents type de panneaux. [24]

Nom des panneaux	Schéma
Panneau (A1a) d'annonce de virage dangereux à droite A1a	
Panneau A1b d'annonce de virage dangereux à gauche A1b	
Panneau d'interdiction de dépassement B3	 B3
Panneau céder le passage à l'intersection AB3a+M9c	 AB3a + M9c
Panneau arrêt obligatoire a l'intersection AB4	

Panneau indique la vitesse max à ne pas dépassé	
Panneau d'intersection avec une route AB2	
Panneau passage d'animaux domestiques	
panneau sens giratoire obligatoire B21f	
Panneau de direction obligatoire a la prochaine intersection tout droite ou a gauche B21d1	
Panneau obligation de tourner a droite avant le panneau B21.1	
Panneau de direction D1	
Panneau indication du caractère prioritaire d'une route AB6	
Panneau fin du caractère prioritaire d'une route AB7	

7. CONCLUSION :

La signalisation joue un rôle très important dans la sécurité routière c'est pour sa qu'elle doit étres bien positionner et bien visible.

CONCLUSION GENERALE :

L'évolution permanente et l'accroissement du trafic a incité les pouvoirs publics à inscrire l'opération « REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONAL 94 RELIANT MERINE A LA LIMITE DE LA WILAYA DE SAIDA SUR 10 KM».

Ce projet donne un nouveau souffle au développement durable de la région et permettre d'assurer le confort et la sécurité des usagers.

De plus, cette étude nous a permis d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier.

En outre, ce travail de fin d'études nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques requises pendant le cycle de formation et de mieux maîtriser les logiciels tels que « AUTOCAD » et « COVADIS ».

.

Finalement, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] :<http://Map.Google.fr/map>.consulté le 07/03/2013.
- [2] :Michel, Faure. Route les cours de L'ENTP. Tome1.Lyon: ELEAS, 1997. p258.
- [3] :Djelti.A , Hattou,M , Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54.mémoire d'ingénieur. Tlemcen : juillet 2009.pp 12-80 p86.
- [4] :B40.Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977.
- [5] :Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1985.p291.
- [6] : AZZI .M, HADJ KOUIDER .M, Etude Géotechnique du la route de la rocade d'Alger entre Boudouaou et Zéralda. Mémoire d'ingénieur. ENTP Alger : juillet 2005.pp42.p105.
- [7] :SETRA-LCPC. Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Guide technique, Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, 1994.
- [8] :LCPC ; SETRA. Guide technique ; dimensionnement des structures de chaussées. 2009. P63.
- [9] :LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2^{ème} édition. Paris: Bagneux, juillet 2000. p 102.
- [10] : Joeffroy .G , Sauterey. G, Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. p244.
- [11] :LCPC ; SETRA. Guide technique ; Conception et dimensionnement des structures de chaussées. Paris : Bagneux, décembre 1994.p250.
- [12] :LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris : Bagneux, 1977.
- [13] : LCPC. Compactage des enrobés hydrocarbonés à chaud ; Guide technique. Paris: Bagneux, 2003.p77.
- [14]: AASTHO. American Association of state Highway and Transportation Officials. Interim guide for design of pavement structures; Highway research board: Washington, 1972.
- [15] :LCPC. L'essai AASHO ; Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et de chaussée. Paris : Bagneux, 1966.
- [16] : Costet .J , Sanglerat .G, Cours pratique de mécanique des sols.4^{ème} trimestre: Dunod, 1983, p 442.

- [17] : Jean, Berthier. Projet et construction de la route ; Techniques de l'ingénieur. pp1-38 p39.
- [18] :François .G,Brière. Distribution et collecte des eaux. 2^{ème}édition :Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399.
- [19] : Angelbert ; C,Biaou. Cours d'hydraulique routière.2009.
- [20] : SETRA. Aide aux choix solutions d'assainissement et de drainage sur les routes existantes ; méthodologie pratique et efficace de recherche de solutions d'assainissement. Paris : Bagneux, 1993. p77.
- [21] : B, Metral ; C, Florent. Etude technique du projet routière. université de Lyon : 2003.
- [22] : Instruction interministérielle sur la signalisation routière.arrêt du 7 juin 1977 relatif a la signalisation des routes et autoroutes : journal officiel du 13 août 1977. P40.
- [23] : Cours de circulation de master 2 génies civil. 2014.
- [24] : Code de la route (SECA- Code rousseau B.P.93-85103.

RESUME

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport.

L'état actuel de la plupart des routes en Algérie, nécessite des opérations de réhabilitation.

Ce mémoire présente une étude de Réhabilitation de la Route nationale entre MERINE et SAIDA sur 10 Km avec des caractéristiques d'une route nationale.

Cette étude se compose de deux parties :

- ❖ La première partie : Présentation du projet et étude de trafic.
- ❖ La deuxième partie : Géométrie de la route (Tracé en plan ; Profil en long ; Profil en travers).

Mots clés :

Réhabilitation, Amélioration, Dégradations, géométrie de la route.

ملخص

تلعب الطرق دورا فعالا و جد هام في نظام المقاطعات. حيث تشجع النشاطات الاقتصادية و الصناعية و تخفف تكلفة النقل

الوضعية الحالية لمعظم الطرق في الجزائر تحتاج الي عمليات ترميم و إعادة التهيئة.

هذه المذكرة عبارة عن دراسة مفصلة لاعادة تهيئة الطريق الوطني الرابط بين مدين و ولاية سعيدة على طول

10 كلم بمعايير طريق وطني.

هذه المذكرة احتوت دراسة مفصلة لتهيئة الطريق الوطني رقم 94 الرابط بين مدين و ولاية سعيدة عبر مرحلتين

المرحلة الاولى : وصف عام للمشروع بالإضافة الى حساب حجم المرور عبر الطريق

المرحلة الثانية: تتضمن التصميم الهندسي للطريق المتمثل في مختلف المخططات (المخطط العلوي، المخطط الطولي، المخططات العرضية).

العلامات

إعادة التهيئة، تحسين، ضرر، التصميم الهندسي

.SUMMARY

The road plays an important leadership role in the planning; it favors the implantation of economic and industrial activities and reduces transportation costs.

The current state of most roads in Algeria requires rehabilitation operations and redevelopment.

The current state of most roads in Algeria requires rehabilitation . This presents a detailed study of modernization and expansion of the notional Road between MERINE and SAIDA of 10 km with the characteristics of a road.

This study is composed of 2 parts:

- ❖ The first part: Presentation of the project and study of traffic.
- ❖ The second part: Geometry of the road (Alignment; Profile longitudinally; Profile transversely).

Keyword:

Rehabilitation, Improvement, damage, geometry of the road.