

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Mohamed Kher- Biskra

جامعة محمد خيضر

بسكرة

Faculté des Sciences et de la Technologie

كلية العلوم و التكنولوجيا

Département de Génie Civil et Hydraulique

قسم الهندسة المدنية و الري

Réf:

.....

المرجع:



Mémoire de Master

Filière : Génie civil

Spécialité : voiries et ouvrages d'arts

Thème

**Etude De L'évitement Ouest De La Ville De Touggourt Sur 17km
Avec Conception D'un Carrefour**

Etudiant :

M^{lle} BENMOUSSA salma

Encadré par :

Dr .REMADNA Med Sadok

Promotion: 2018/2019

I.1 Généralités sur la wilaya de Ouargla

I.1.1 Situation géographique de la wilaya :

La wilaya d'Ouargla, large territoire de 163 230 km², se positionne idéalement au centre de la région programme Sud/Est. Elle occupe la frange la plus au centre du Sahara dont elle constitue l'un des plus importants maillons.

La wilaya est située dans la partie sud du pays. Elle est limitée :

- Au Nord, par les wilayas de Djelfa, Biskra et El Oued
- Au Sud, par Illizi et Tamanrasset.
- A l'Est, par la Tunisie.
- A l'Ouest, par Ghardaïa.

La wilaya de Ouargla compte actuellement 21 communes regroupées en 10 Daïras

Figure I-1 : Carte de situation géographique de la wilaya de Ouargla.



I.1.2 Le relief :

Le relief de la wilaya est un sous ensemble de composants géographique dont les principaux sont les suivantes:

- **Le grand erg oriental:** véritable mer de sable ou les dunes pouvant atteindre une hauteur de 200m, il s'étend sur environ les 2/3 du territoire de la wilaya.
- **La Hamada :** qui est un plateau caillouteux, elle est située en grande partie à l'Ouest de la Wilaya, et au sud.
- **Les vallées:** sont représentées par la vallée fossile d'Oued Mya et vallée de l'Oued Righ, assez prospères.
- **Les plaines:** assez réduites, se rencontrent à la limite occidentale de la Wilaya, ces plaines s'étendent du Nord au Sud.

- **Les dépressions:** sont quant à elles peu nombreuses. Elles se trouvent essentiellement dans la région de l'Oued Righ.

I.1.3 Le climat

La wilaya de Ouargla est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème.

Les températures moyennes mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (juillet) sont de 48° C à Touggourt et de 50° C à Hassi Messaoud. Alors que celles du mois le plus froid (janvier) sont de 10,8° C à Touggourt et de 9,7° C à Ouargla.

I.1.4 la géologie de la région

La wilaya est située dans une zone stable tectoniquement et caractérisée par la prédominance de dépôts quaternaires on distingue 3 régions :

- Le plateau du M'Zab situé à l'ouest.
- Les vallées de l'oued Mya et l'oued Righ.
- Le grand Erg oriental.

Lithologiquement on rencontre :

- Les sables éoliens mobiles
- Les chotts.
- Les regs et terrasses.
- Les calcaires dolomitiques.
- Les marnes et argiles.

I.1.5 Infrastructure de base

La wilaya d'Ouargla dispose d'atouts importants dans les domaines des infrastructures économiques et des équipements structurants la mettant en position idéale pour un véritable essor économique.

1. Réseau routier

RN : 1.484 Km

CW : 364 Km

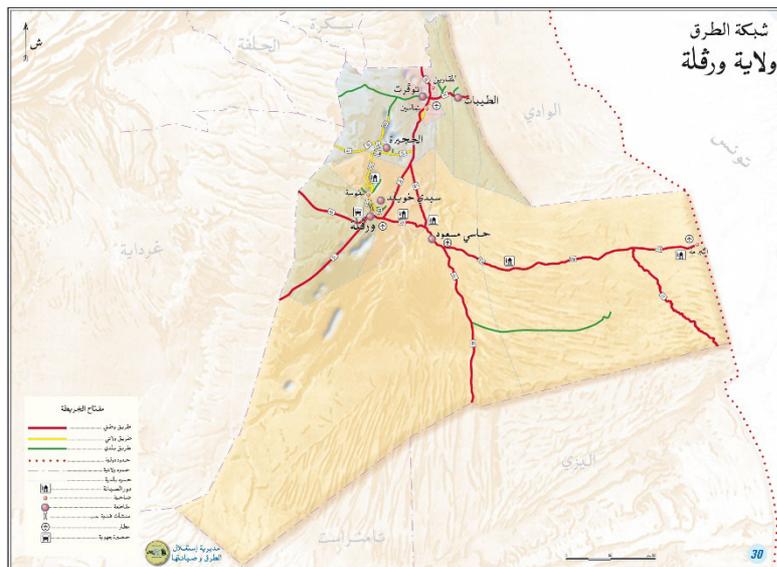
CC : 209 Km

Nombre d'ouvrage d'art sur RN : 02

Nombre d'ouvrage d'art sur CW : 02

Nombre d'ouvrage d'art sur CC : 00

Figure I-2: Le réseau routier de la wilaya de Ouargla.



Réseau Ferroviaire

- Linéaire de 33 km.
- Gare ferroviaire à Touggourt

Réseau aéroportuaire

3 Aéroports : Ain El Beida, Hassi Messaoud et Touggourt

I.2 Localisation de projet :

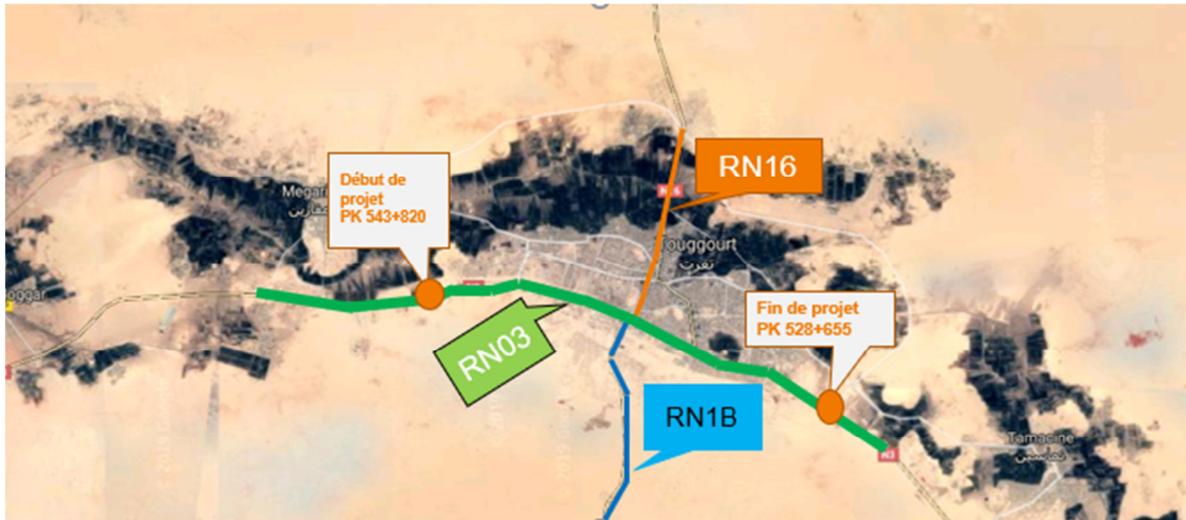
Touggourt est une commune de la wilaya d'Ouargla, située à 160 km au nord-est d'Ouargla, et à 600 km environ au sud-est d'Alger. La ville de Touggourt est la plus grande ville de la région d'Oued Righ. La ville est un centre de commerce et de tourisme important.

La route nationale N°3 est l'épine dorsale du réseau routier de base qui relie la wilaya d'ILLIZI à celles du nord du pays. Elle traverse une zone pétrolière très prospère reliant plusieurs bases du secteur des hydrocarbures. Elle joue un rôle important sur le plan touristique, social, et économique de la région et assure la collecte locale entre ces principales villes.

Cette route connaît un encombrement intense du poids lourd et, de ce fait, ne permet pas d'assurer convenablement la fluidité du trafic avec la sécurité et le confort escomptés par les usagers.

La route nationale N°1B est une route reliant la ville de Touggourt à la ville de Messaad. Le linéaire de la route jusqu'à la frontière avec la wilaya de Djelfa est de l'ordre de 110 km,

Cet évitement prend origine au niveau RN°3 et rejoint la RN°3, passant par la RN°1B, à l'entrée ouest de la ville de Touggourt, pour la contourner sur une longueur de 17Km.

Photo I-1 : localisation du projet

Notre Projet de contournement de la ville Touggourt débute du Pk 543+820 de la RN°3 et rejoint la RN°3 au Pk 528+665, passant par la RN °1B, et se développe sur environ de 17Km vers le Ouest de la ville de Touggourt.

Photo I-2 début de projet

Photo I-3 fin de projet

I.2 les objectifs de projet :

Les objectifs de l'étude de l'évitement de la ville de Touggourt sont les suivants :

- Résoudre les problèmes de congestion du trafic routier ; en assurant la régularité du temps de parcours et de la sécurité des usages de la route.
- Cette route de contournement de Touggourt permettra de fluidifier la circulation et répondre aux besoins pressant en capacité supplémentaire d'écoulement du trafic imposés par la quasi-saturation de la route qui traverse le centre-ville, notamment les véhicules lourds.

Conclusion

Tout au long de notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes directives ainsi que les recommandations liées au domaine routier afin de faire face aux contraintes rencontrées sur le terrain, d'assurer le maximum de confort, de sécurité aux usagers qui emprunteront cette route, nous avons aussi pris en considération le coût financier qui pourra résulter lors de la réalisation de cette nouvelle infrastructure routière.

Ce projet de fin d'étude nous a permis de mettre en applications les connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire grâce auxquelles nous avons pu faire face aux multiples problèmes rencontrés au cours de la réalisation de ce mémoire.

En effet, nous avons constaté que : Le tracé en plan détermine les courbes horizontales et certains éléments de définition de trajectoire, notamment les déports de chaussée, alors que le profil en long définit les pentes et les courbes verticales. Le traitement simultané du tracé en plan et du profil en long assure :

- ❖ Une meilleure intégration de la route au milieu traversé par l'utilisation perspectives visuelles, toute en composant avec un relief du terrain, le cadre bâti ou le paysage panoramique.
- ❖ Confort et sécurité aux conducteur en les incitant à respect les vitesses de référence.

Pour le dimensionnement du corps de chaussée nous avons appliqué les méthodes les plus utilisables en Algérie (la méthode CBR et la méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée neuves), basée sur les données géotechniques et le trafic et on a choisi la méthode la plus adaptable pour notre cas.

Cette expérience a été une opportunité d'approfondir notre intellection dans le domaine des Travaux Publics, de part nos contacts avec les personnes du métier ainsi que les différents professeurs, ça nous a également permit de mieux maitriser l'outil informatique notamment les logiciels : Auto piste, Covadis, Alize III et Autocad.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*A mes chers parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de
l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé
et longue vie.*

A ma très chère nièce Aicha al Batoul.

N°	Désignation	Unité	P.U en DA	Quantité	Montant
	Installation du chantier y compris amenée et repli	forfait	4%	/	2000000.00
Terrassement					
	Déblais en tout nature mis en dépôt y compris toutes sujétions de bonne exécution	M3	500	117689	58844500
	Remblais d'emprunt avec transport y compris toutes sujétions de bonne exécution	M3	500	232414	11627000
Chaussée :					
	Couche de fondation en SG	M3	2000	26402,5	52805000
	Couche de base en GB.	T	6000	30097	180582000
	Couche d'imprégnation 1.2 à 1.6Kg/m2	T	7500	117.261	879457.5
	Couche d'accrochage 0.3Kg/m	T	7000	56.835	397845.00
	Couche de roulement en BB	T	9000	27281	245529000
	Matériaux sélectionnés pour accotement	M3	1500	50765	76147500
Signalisation :					
	Signalisation horizontale	ml	75	25400	1905000
	Signalisation verticale	u	1200	50	600000
Divers :					
	Autres équipements routiers.	forfait	2%	1200000	
TOTAL (HT) :					733 381 302,50
TVA (19%) :					139 342 447,48
TOTAL (TTC) :					872 723 749,98

VIII.1 Introduction :

L'estimation d'un projet routier ne se limite pas en un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisé des agents extérieurs et véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas, Etc.

Pour cela, il faudra non seulement assurer à la route de bonne géométrie, mais aussi résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction 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, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

On définit deux sections dont le corps de chaussée est différent. D'un côté, la section de renforcement par les tronçons de l'actuelle route étant utilisables, et d'un autre côté, une nouvelle section pour les zones où la chaussée s'élargie et pour celles de nouvelle construction.

VIII.2 La chaussée :

VIII.2. 1 Définition :

La chaussée est constituée par la superposition de plusieurs couches résultant de travaux en déblai ou en remblais et transmettent les charges au sol support.

VIII.2. 2 Les différents types de chaussée :

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

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

La chaussée souple :

Les chaussées souples admettent de légères déformations sous l'action des charges avant de reprendre leur aspect initial. Elles comportent des matériaux traités avec des liants hydrocarbonés. L'épaisseur des différentes couches assure une bonne répartition des efforts au niveau du sol support à condition de ne pas dépasser les contraintes admissibles.

Les chaussées rigides :

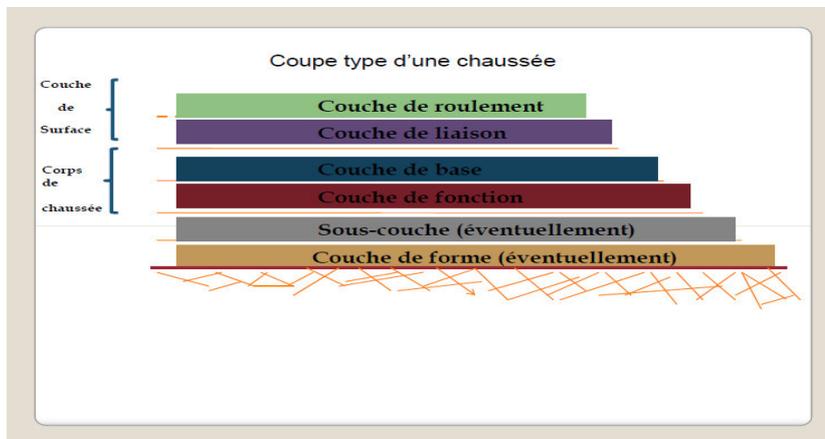
Les chaussées rigides sont réalisées avec des matériaux à base de granulats et de ciment. Elles présentent une grande rigidité, ce qui permet d'intéresser une plus grande surface de chaussée sous l'action des charges, et de réduire les sollicitations au niveau du sol support. Leur épaisseur est donc moins importante que celle des chaussées souples.

Les chaussées semi-rigides :

Les chaussées semi-rigides ont une composition mixte. Les couches d'assise sont réalisées avec des matériaux à base de liants hydrauliques, alors que les couches de surface sont traitées aux liants hydrocarbonés.

VIII.2.3 Les constitutions et le rôle de la chaussée :

Figure VIII.1 représente les différentes constitutions de la chaussée

**La couche de surface :**

Elle est, en général composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison.

La couche de roulement : qui est la couche supérieure de la chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat. Elle assure l'imperméabilité des couches inférieures de la chaussée ; et d'assurer en temps la rugosité, la sécurité et le confort des usages.

La couche de liaison : elle située entre la couche de roulement et les couches d'assise ; a pour assure une transition avec les couches inférieures les plus rigides.

Les assises de chaussées :

Désigne les couches situées au-dessus du sol support ou de la couche de forme, et au-dessous de la couche de surface. Comprennent donc la couche de fondation et la couche de base.

On distingue deux grandes familles d'assises différentes par leur nature et leur fonctionnement :

Les assises non traitées : réalisées en matériaux naturels ou en matériaux concassés

Les assises traitées : réalisées avec des matériaux obtenus par le mélange de graves concassées avec un liant (peut être hydraulique ou hydrocarboné).

Elles ont pour rôle essentiel de répartir les contraintes engendrées par la circulation des véhicules sur le sol support à des niveaux compatibles avec sa portance et sa déformabilité.

La couche de forme :

La couche de forme constitue un élément de transition mis en œuvre à partir de l'arase du terrassement, en fonction des caractéristiques du sol, remblai ou terrain en place. Elle assure une certaine homogénéisation afin de mieux répartir les charges sur le terrain support. Elle est réalisée à l'aide de matériaux prélevés sur place, ou de grave naturelle ou traitée.

VIII.3 Les paramètres pris en compte pour le dimensionnement du corps de chaussée :

Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée sont :

- Le trafic.
- La qualité de la plateforme support de chaussée.
- Les caractéristiques des matériaux de chaussées.
- La qualité de réalisation.
- Les conditions climatiques.
- La durée de vie.

VIII.3.1 Trafic :

Le trafic a une influence directe sur le dimensionnement de la chaussée et de sa fondation. Il est caractérisé par sa nature et son importance. Par convention, il est admis que le trafic moyen journalier annuel (TJMA) est déterminé par l'équivalence à un nombre de poids lourds.

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

- De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ;
- De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T \cdot A \cdot C$$

Tel que :

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul donné par la formule suivante :

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

τ : Taux de croissance du trafic.

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

VIII.3.2 Sol support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constituée du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates formes sont définies à partir :

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

VIII.3.3 Conditions climatiques :

Les conditions climatiques sont de la donnée utilisée dans le calcul de dimensionnement des chaussées se rapportent :

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

VIII.3.4. Matériaux :

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

VIII.4 Les principales méthodes de dimensionnement :

On peut distinguer deux approches très différentes du dimensionnement des chaussées : celle qui relève de l'empirisme et celle qui relève de la théorie.

Les méthodes empiriques : dans cette approche, on observe le comportement sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Les méthodes rationnelles : dans cette approche, il faut un modèle de chaussée reproduisant le plus près possible le fonctionnement mécanique de la chaussée.

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

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

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 :

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

Avec

e: épaisseur équivalente en cm.

I: indice CBR (portance du sol support).

N: désigne le nombre journalier de poids lourd par sens à l'horizon (20ans).

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

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée, matériaux divers sont obtenues en utilisant les coefficients d'équivalence qui permet de convertir l'épaisseur équivalente calculée en une épaisseur réelle constituée de plusieurs matériaux.

$$D'où : \quad e = a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + a_3 \cdot e_3$$

e₁ : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e₂: épaisseur réelle de la couche de base.

e₃ : épaisseur réelle de la couche de fondation.

a₁, a₂, a₃ : coefficient d'équivalence respectivement des matériaux des couches e₁, e₂, e₃.

Coefficients d'équivalences :

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

Tableau VIII.1 coefficients d'équivalence des matériaux utilisés

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

VIII.4.2. 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 :

- 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.

VIII.4.3. Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :

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

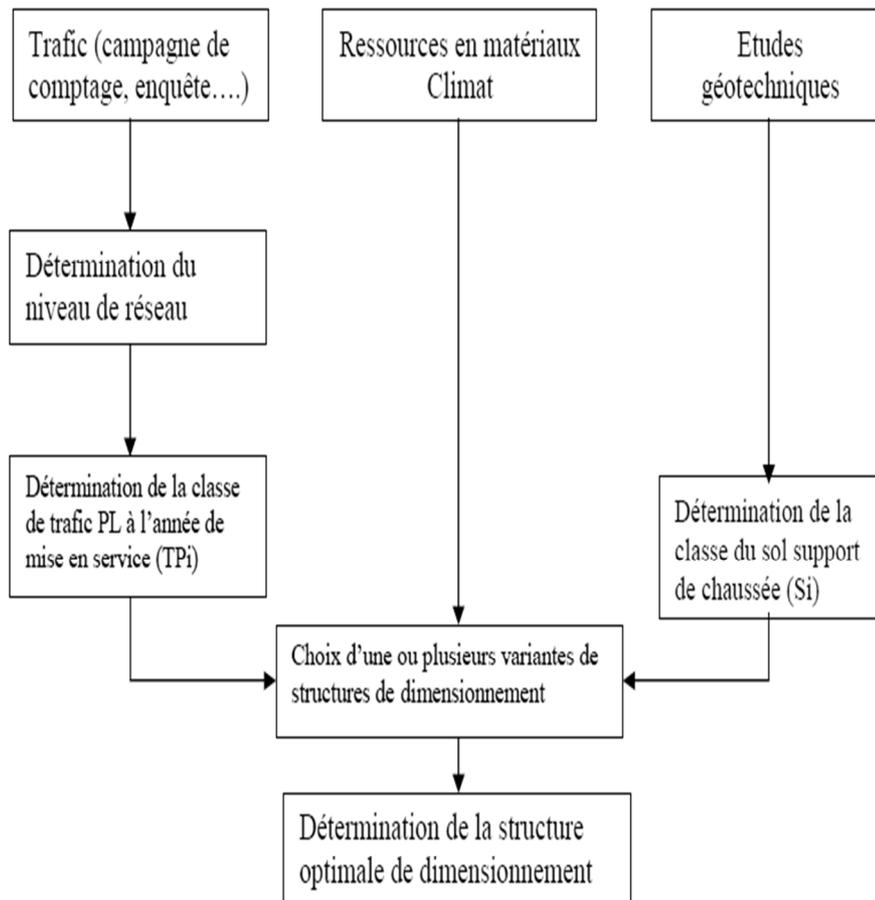
L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue.

VIII.4.4. Méthode du catalogue de dimensionnement :

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se présente sous Forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà pré-calculées.

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

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La démarche du catalogue**IX.5 Application au projet :****IX.5.a Choix de la méthode de dimensionnement :**

On note qu'il n'existe pas actuellement une méthode universellement acceptée pour le calcul des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode à appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- De la disposition constructive adaptée à la chaussée
- De la qualité des matériaux mise en place.
- Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

On va faire un pré-dimensionnement de différentes couches avec les méthodes empiriques telles que la méthode CBR. Après ça, on vérifiera si la structure choisie sera apte à supporter le trafic qu'on a, en utilisant le logiciel ALIZE III et en se basant sur les théories de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

La méthode de CBR

- Année de comptage = 2017
- TJMA₂₀₁₇=4826 V/J
- Mise en service 2021
- Durée de vie 20 ans
- Pourcentage du poids lourd Z=36%
- I_{CBR}=10%

$$\begin{aligned} \text{TJMA } 2041 &= 12372 \text{ v /J} \\ \text{NPL2041} &= \text{TJMA}_{2041} \times \% \text{PL} \times 0.5 \\ \text{NPL2041} &= 2227 \text{ PL/j/sens} \end{aligned}$$

Donc :

$$N(\text{PL}) = 4454 \text{ PL/j/sens}$$

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

$$e = 41.92 \text{ cm}$$

$$e = c1 \times e1 + c2 \times e2 + c3 \times e3$$

On suppose :

Nom de couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur de la couche
C.de roulement	BB	2	6
C.base	GB	1.2	12
C.fondation	SG	0.75	20

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**Choix de niveau du réseau principal :**

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

RP1 trafic > 1500 V/J

RP2 trafic < 1500 V/J

Donc l'axe de notre projet et un réseau principal **RP1**.

Classe du trafic :

La classe du trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourd par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année

TJMA 2017= 4826 V/J

Z= 36%

τ = 4%

Pourcentage de PL sur la voie de la droite

TPL= 782 PL/J/Voie la plus chargé => La classe du trafic est TPL5

Détermination de la portance du sol-support de chaussée :**Tableau VIII-2** classe de portance des sols.

Classe de sol	I CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

Tableau VIII.3 classes de portance des sols.

Classe de sol support	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

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

La classe de portance de sol support est de classe S2.

Choix des structures :

Dans le cadre de notre projet ; Nous avons proposé la structure suivante :

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

Choix de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie ; notre projet est dans la zone climatique I V (<100 mm/an)

Choix de dimensionnement :

Notre projet a un TJMA > 1500v/j ce qu'implique que le réseau principale **RP1**, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TP5) Avec toutes ces données le catalogue Algérien fascicule 03 propose la structure suivante :

8BB+20GB+45SG

Vérification en fatigue des structures (la déformation longitudinale) :

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'ALIZE III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$

● **Calcul de la déformation admissible sur le sol support**

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \cdot 10^{-3} T C E_i^{-0,235}$$

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_b(10C, 25 \text{ HZ}) \cdot Kne \cdot K\theta \cdot Kr \cdot Kc$$

● **Calcul du trafic cumulé équivalent T C E_i :**

i : taux d'accroissement géométrique.

A : coefficient d'agressivité (en fonction du niveau de réseau principale et type de matériaux et structure)

$$A = f(RP1, GB/SG) \rightarrow A = 0.6$$

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

$$T C E_i = 782 \cdot \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \cdot 0.6 \cdot 365$$

$$T C E_i = 9.38 \cdot 10^6 \text{ essieux équivalents de 13 tonnes.}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 505.77 \cdot 10^{-6}$$

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_b(10^\circ\text{C}, 25 \text{ HZ}) \cdot Kne \cdot K\theta \cdot Kr \cdot Kc$$

La zone climatique : IV $\theta_{eq} = 30^\circ\text{C}$.

Avec r=15% $t = -1.036$

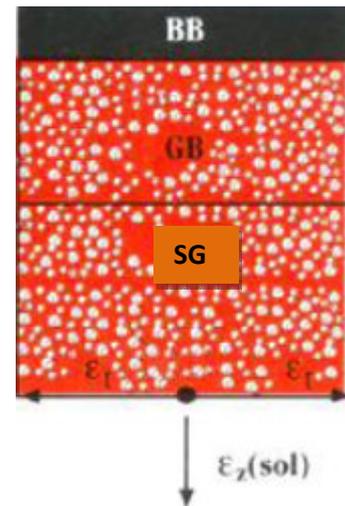


Tableau VIII.4 performances mecaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6 (10^\circ, 25\text{Hz}) (10^{-6})$	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

$$K_{ne} = \left(\frac{10^6}{TCE_i}\right)^{-b} \quad K_{ne} = 1.38$$

$$K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C)}{E(\theta_{eq})}} \quad K_{\theta} = 1.889$$

$$K_r = 10^{-tb\delta} \quad K_c = 1.3$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b} \cdot Sh\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{0.146} \cdot 3\right)^2} = 0.61$$

$$K_r = 0.81$$

$$\epsilon_{t,adm} = 1.39 \cdot 10^{-3}$$

● Modélisation :

	Epaisseur	Module (Mpa)	Coef de poisson ν
Couche de roulement	8BB	2500	0.35
Couche de base	20GB	3500	0.35
Couche de fondation	15SG	200	0.25
	20SG	100	0.25
Sol	Sol	50	0.35

```

* * * * *
* 7 * * * EPSILON * SIGMA * EPSILONZ * SIGMAZ *
* * * * *
* 6.00 * E= 25000. * .166E-03C * .943E+01B * -.125E-03C * .662E+01A *
* * * * *
* 6.00 * COLLE * .647E-04C * .500E+01B * -.770E-04C * .598E+01B *
* * * * *
* 26.00 * E= 35000. * .647E-04C * .571E+01B * -.804E-04C * .598E+01B *
* * * * *
* 26.00 * COLLE * -.151E-03C * -.688E+01B * .142E-03B * .533E+00B *
* * * * *
* 26.00 * E= 2000. * -.151E-03C * -.194E+00C * .304E-03B * .533E+00B *
* * * * *
* 41.00 * NU= .35 * -.161E-03C * -.310E+00C * .224E-03C * .308E+00C *
* * * * *
* 41.00 * COLLE * -.161E-03C * -.103E+00C * .353E-03C * .300E+00C *
* * * * *
* 61.00 * H4= 20.00 * -.155E-03C * -.138E+00C * .257E-03C * .191E+00C *
* * * * *
* 61.00 * COLLE * -.155E-03C * -.129E-01C * .396E-03C * .191E+00C *
* * * * *
* * * * *
* D * 60.00MM/100 * * R=D *
* H * 173.30M * * 28399.14M*MM/100 *
* * * * *
MODULES ET CONTRAINES EN BARS
    
```

Résultats de la simulation :

	Déformations admissibles	Déformations calculées
ϵ_z sol support	$505.77 \cdot 10^{-7}$	$396 \cdot 10^{-6}$
ϵ_t sol support	$1.39 \cdot 10^{-3}$	$151 \cdot 10^{-6}$

En conclusion :

La structure **8 BB + 20GB +45GB** est donc vérifiée, car :
 $\epsilon_t < \epsilon_{t.ad}$ et $\epsilon_z < \epsilon_{z.ad}$.

VIII.1 Introduction :

L'estimation d'un projet routier ne se limite pas en un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisé des agents extérieurs et véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas, Etc.

Pour cela, il faudra non seulement assurer à la route de bonne géométrie, mais aussi résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction 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, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

On définit deux sections dont le corps de chaussée est différent. D'un côté, la section de renforcement par les tronçons de l'actuelle route étant utilisables, et d'un autre côté, une nouvelle section pour les zones où la chaussée s'élargie et pour celles de nouvelle construction.

VIII.2 La chaussée :

VIII.2. 1 Définition :

La chaussée est constituée par la superposition de plusieurs couches résultant de travaux en déblai ou en remblais et transmettent les charges au sol support.

VIII.2. 2 Les différents types de chaussée :

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

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

La chaussée souple :

Les chaussées souples admettent de légères déformations sous l'action des charges avant de reprendre leur aspect initial. Elles comportent des matériaux traités avec des liants hydrocarbonés. L'épaisseur des différentes couches assure une bonne répartition des efforts au niveau du sol support à condition de ne pas dépasser les contraintes admissibles.

Les chaussées rigides :

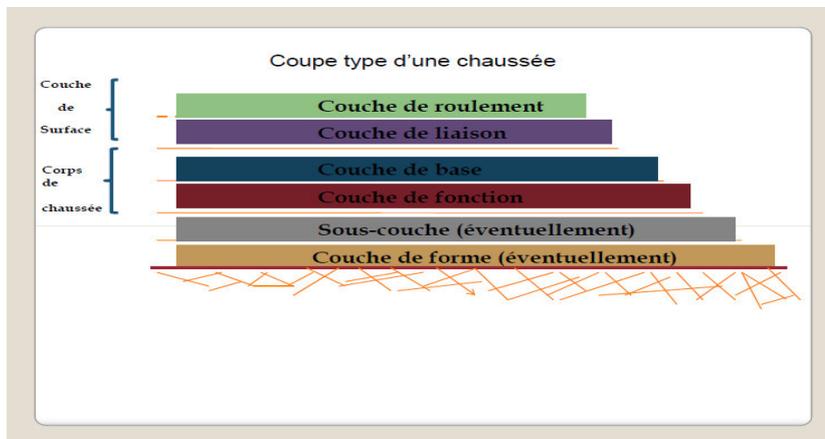
Les chaussées rigides sont réalisées avec des matériaux à base de granulats et de ciment. Elles présentent une grande rigidité, ce qui permet d'intéresser une plus grande surface de chaussée sous l'action des charges, et de réduire les sollicitations au niveau du sol support. Leur épaisseur est donc moins importante que celle des chaussées souples.

Les chaussées semi-rigides :

Les chaussées semi-rigides ont une composition mixte. Les couches d'assise sont réalisées avec des matériaux à base de liants hydrauliques, alors que les couches de surface sont traitées aux liants hydrocarbonés.

VIII.2.3 Les constitutions et le rôle de la chaussée :

Figure VIII.1 représente les différentes constitutions de la chaussée

**La couche de surface :**

Elle est, en général composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison.

La couche de roulement : qui est la couche supérieure de la chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat. Elle assure l'imperméabilité des couches inférieures de la chaussée ; et d'assurer en temps la rugosité, la sécurité et le confort des usages.

La couche de liaison : elle située entre la couche de roulement et les couches d'assise ; a pour assure une transition avec les couches inférieures les plus rigides.

Les assises de chaussées :

Désigne les couches situées au-dessus du sol support ou de la couche de forme, et au-dessous de la couche de surface. Comprennent donc la couche de fondation et la couche de base.

On distingue deux grandes familles d'assises différentes par leur nature et leur fonctionnement :

Les assises non traitées : réalisées en matériaux naturels ou en matériaux concassés

Les assises traitées : réalisées avec des matériaux obtenus par le mélange de graves concassées avec un liant (peut être hydraulique ou hydrocarboné).

Elles ont pour rôle essentiel de répartir les contraintes engendrées par la circulation des véhicules sur le sol support à des niveaux compatibles avec sa portance et sa déformabilité.

La couche de forme :

La couche de forme constitue un élément de transition mis en œuvre à partir de l'arase du terrassement, en fonction des caractéristiques du sol, remblai ou terrain en place. Elle assure une certaine homogénéisation afin de mieux répartir les charges sur le terrain support. Elle est réalisée à l'aide de matériaux prélevés sur place, ou de grave naturelle ou traitée.

VIII.3 Les paramètres pris en compte pour le dimensionnement du corps de chaussée :

Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée sont :

- Le trafic.
- La qualité de la plateforme support de chaussée.
- Les caractéristiques des matériaux de chaussées.
- La qualité de réalisation.
- Les conditions climatiques.
- La durée de vie.

VIII.3.1 Trafic :

Le trafic a une influence directe sur le dimensionnement de la chaussée et de sa fondation. Il est caractérisé par sa nature et son importance. Par convention, il est admis que le trafic moyen journalier annuel (TJMA) est déterminé par l'équivalence à un nombre de poids lourds.

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

- De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ;
- De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T \cdot A \cdot C$$

Tel que :

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul donné par la formule suivante :

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

τ : Taux de croissance du trafic.

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

VIII.3.2 Sol support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constituée du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates formes sont définies à partir :

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

VIII.3.3 Conditions climatiques :

Les conditions climatiques sont de la donnée utilisée dans le calcul de dimensionnement des chaussées se rapportent :

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

VIII.3.4. Matériaux :

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

VIII.4 Les principales méthodes de dimensionnement :

On peut distinguer deux approches très différentes du dimensionnement des chaussées : celle qui relève de l'empirisme et celle qui relève de la théorie.

Les méthodes empiriques : dans cette approche, on observe le comportement sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Les méthodes rationnelles : dans cette approche, il faut un modèle de chaussée reproduisant le plus près possible le fonctionnement mécanique de la chaussée.

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

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

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 :

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

Avec

e: épaisseur équivalente en cm.

I: indice CBR (portance du sol support).

N: désigne le nombre journalier de poids lourd par sens à l'horizon (20ans).

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

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée, matériaux divers sont obtenues en utilisant les coefficients d'équivalence qui permet de convertir l'épaisseur équivalente calculée en une épaisseur réelle constituée de plusieurs matériaux.

$$D'où : \quad e = a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + a_3 \cdot e_3$$

e₁ : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e₂: épaisseur réelle de la couche de base.

e₃ : épaisseur réelle de la couche de fondation.

a₁, a₂, a₃ : coefficient d'équivalence respectivement des matériaux des couches e₁, e₂, e₃.

Coefficients d'équivalences :

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

Tableau VIII.1 coefficients d'équivalence des matériaux utilisés

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

VIII.4.2. 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 :

- 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.

VIII.4.3. Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :

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

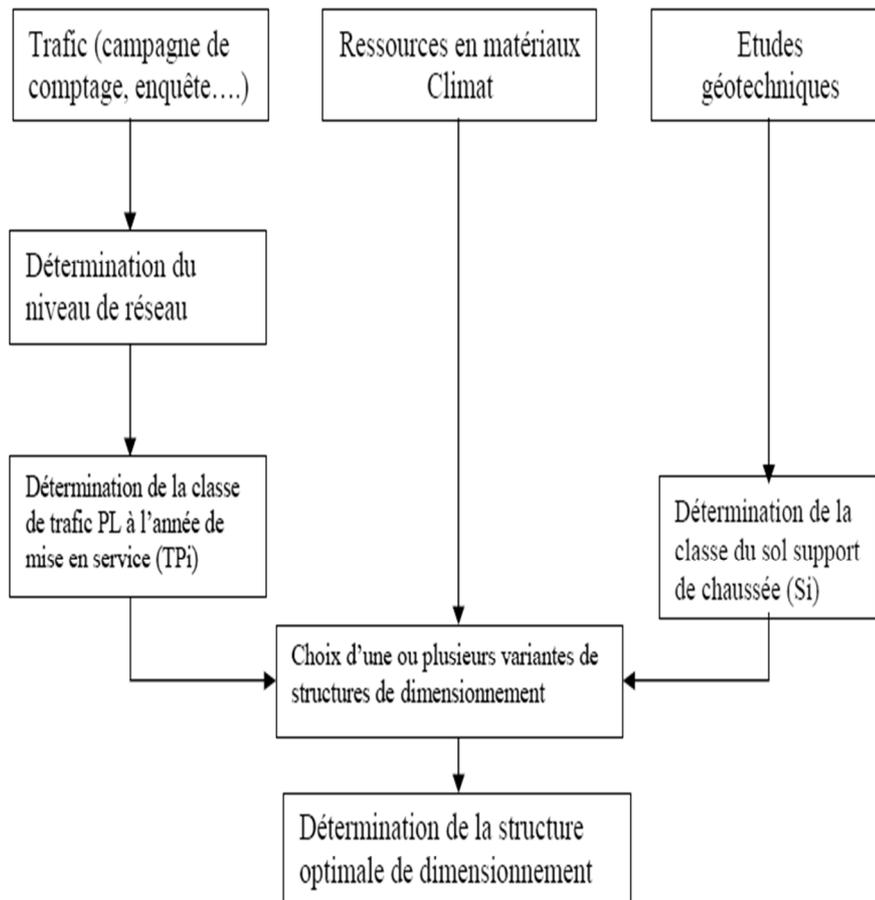
L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue.

VIII.4.4. Méthode du catalogue de dimensionnement :

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se présente sous Forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà pré-calculées.

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

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La démarche du catalogue**IX.5 Application au projet :****IX.5.a Choix de la méthode de dimensionnement :**

On note qu'il n'existe pas actuellement une méthode universellement acceptée pour le calcul des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode à appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- De la disposition constructive adaptée à la chaussée
- De la qualité des matériaux mise en place.
- Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

On va faire un pré-dimensionnement de différentes couches avec les méthodes empiriques telles que la méthode CBR. Après ça, on vérifiera si la structure choisie sera apte à supporter le trafic qu'on a, en utilisant le logiciel ALIZE III et en se basant sur les théories de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

La méthode de CBR

- Année de comptage = 2017
- TJMA₂₀₁₇=4826 V/J
- Mise en service 2021
- Durée de vie 20 ans
- Pourcentage du poids lourd Z=36%
- I_{CBR}=10%

$$\begin{aligned} \text{TJMA } 2041 &= 12372 \text{ v /J} \\ \text{NPL2041} &= \text{TJMA}_{2041} \times \% \text{PL} \times 0.5 \\ \text{NPL2041} &= 2227 \text{ PL/j/sens} \end{aligned}$$

Donc :

$$N(\text{PL}) = 4454 \text{ PL/j/sens}$$

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

$$e = 41.92 \text{ cm}$$

$$e = c1 \times e1 + c2 \times e2 + c3 \times e3$$

On suppose :

Nom de couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur de la couche
C.de roulement	BB	2	6
C.base	GB	1.2	12
C.fondation	SG	0.75	20

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**Choix de niveau du réseau principal :**

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

RP1 trafic > 1500 V/J

Rp2 trafic < 1500 V/J

Donc l'axe de notre projet et un réseau principal **RP1**.

Classe du trafic :

La classe du trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourd par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année

TJMA 2017= 4826 V/J

Z= 36%

τ = 4%

Pourcentage de PL sur la voie de la droite

TPL= 782 PL/J/Voie la plus chargé => La classe du trafic est TPL5

Détermination de la portance du sol-support de chaussée :**Tableau VIII-2** classe de portance des sols.

Classe de sol	I CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

Tableau VIII.3 classes de portance des sols.

Classe de sol support	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

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

La classe de portance de sol support est de classe S2.

Choix des structures :

Dans le cadre de notre projet ; Nous avons proposé la structure suivante :

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

Choix de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie ; notre projet est dans la zone climatique I V (<100 mm/an)

Choix de dimensionnement :

Notre projet a un TJMA > 1500v/j ce qu'implique que le réseau principale **RP1**, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TP5) Avec toutes ces données le catalogue Algérien fascicule 03 propose la structure suivante :

$$\mathbf{8BB+20GB+45SG}$$

Vérification en fatigue des structures (la déformation longitudinale) :

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'ALIZE III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$

● **Calcul de la déformation admissible sur le sol support**

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \cdot 10^{-3} T C E_i^{-0,235}$$

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_b(10C, 25 \text{ Hz}) \cdot Kne \cdot K\theta \cdot Kr \cdot Kc$$

● **Calcul du trafic cumulé équivalent T C E_i :**

i : taux d'accroissement géométrique.

A : coefficient d'agressivité (en fonction du niveau de réseau principale et type de matériaux et structure)

$$A = f(RP1, GB/SG) \rightarrow A = 0.6$$

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

$$T C E_i = 782 \cdot \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \cdot 0.6 \cdot 365$$

$$T C E_i = 9.38 \cdot 10^6 \text{ essieux équivalents de 13 tonnes.}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 505.77 \cdot 10^{-6}$$

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_b(10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot Kne \cdot K\theta \cdot Kr \cdot Kc$$

La zone climatique : IV $\theta_{eq} = 30^\circ\text{C}$.

Avec r=15% $t = -1.036$

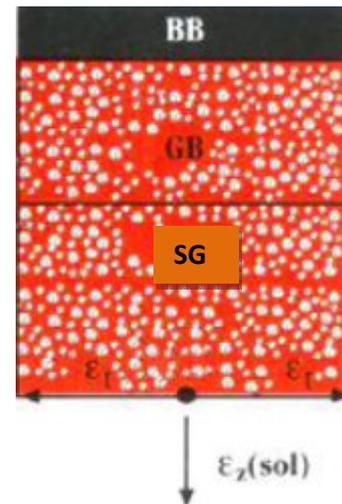


Tableau VIII.4 performances mecaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6 (10^\circ, 25\text{Hz}) (10^{-6})$	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Résultats de la simulation :

	Déformations admissibles	Déformations calculées
ϵ_z sol support	$505.77 \cdot 10^{-7}$	396.10^{-6}
ϵ_t sol support	$1.39 \cdot 10^{-3}$	151.10^{-6}

En conclusion :

La structure **8 BB + 20GB +45GB** est donc vérifiée, car :
 $\epsilon_t < \epsilon_{t.ad}$ et $\epsilon_z < \epsilon_{z.ad}$.

II.1 Introduction

L'étude de trafic est un élément essentiel préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport. Elle permettra de déterminer la virulence du trafic et son agressivité, et définir le type d'aménagement à réaliser (nombre de voies, types d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée).

II.2 Analyse de trafic :

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

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

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

II.3 Types de trafic :

On distingue (04) types de trafic :

II. 3.a Trafic normal :

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

II.3.b Trafic induit :

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

II.3.c Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée.

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

II.3.d Trafic total :

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

II.4 Calcul de la capacité :

Définition : la capacité d'une section homogène d'une route est le nombre maximal de véhicules pouvant s'écouler pendant un intervalle de temps de référence.

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

II.4.a Trafic à un horizon donné :

Du fait de la croissance annuelle du trafic.

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

Tel que :

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

τ : taux d'accroissance

TJMA_h : trafic journalier moyen à l'année zéro (0).

TJMA₀ : trafic journalier moyen à l'année n.

II.4.b Trafic effectif :

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

$$T_{\text{eff}} = [(1-z) + p.z] . T J M A_h$$

Tel que :

Z: pourcentage de poids lourds.

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

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

Tableau II-1 coefficient d'équivalence « P ». Norme B30

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

II.4.c Evaluation de la demande de capacité :

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

$$Q = (1/n) . T_{\text{eff}} \quad (\text{UPV/h})$$

Tel que :

- **Q** : débit de pointe horaire normale (en u.v.p).

- **1/n** : coefficient de pointe. Le coefficient **1/n** permettant de calculer le débit de pointe horaire normale sera pris égal dans le cas général à **0,12**.

II.4.d Evaluation de l'offre :

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

$$Q_{\text{adm}} = k1 . K2 . C_{\text{th}}$$

Tel que :

C_{th} : la capacité théorique (tabIII-4).

$K1$: coefficient dépend de l'environnement (tabII-2).

$K2$: coefficient tenant compte l'environnement et la catégorie de la route (tabII-3).

Tableau II-2 coefficient « K1 ». norme B30

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9à0.95

Tableau II-3 coefficient « K2 ». norme B30

Environnement	Catégorie				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1	1	1	1	1
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

Tableau II-4 capacité théorique « C_{th} ». Norme B30

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

II.4.e Calcul du nombre de voies :

a) Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

$$Q \leq Q_{adm}$$

b) Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport

$$n = s.Q / Q_{adm}$$

Tel que

N : Nombre de voies de la chaussée : le nombre entier le plus proche du rapport

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

Q_{adm} : le débit admissible par voie.

II.5 Application à notre projet :

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par la D.T.P de la wilaya de Ouargla, nous avons

- L'année de mise en service 2021.
- Catégorie de la route : **C1**
- Environnement : **E1**
- La voie express TJMA₂₀₁₇=4826v/j
- Le pourcentage de poids lourds z=36%.
- Taux de croissance annuelle du trafic= τ=4%.
- Durée de vie 20 ans.

II.5.a Dimensionnement de la voie express :

Calcul du TMJA de l'année horizon

$$TJMA_{2021} = (1 + \tau)^4 TJMA_{2017} = 5646 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2041} = (1 + \tau)^{20} TJMA_{2021} = 12372 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2041} = 12372 \text{ V/J}$$

Trafic effectif :

$$T_{eff(2041)} = [(1-z) + Pz] . TJMA_{2041}.$$

Pour une route à bonne caractéristiques et un environnement **E1**, on trouve que **p=3**.

$$T_{\text{eff}(2041)} = [(1 - 0,36) + (3 \times 0,36)]. 12372$$

$$T_{\text{eff}(2041)} = 21280 \text{ uvp /j.}$$

Capacité prévisible :

$$Q_{2041} = 0,12 T_{\text{eff}(2041)}$$

$$Q_{2041} = 2554 \text{ uvp/h}$$

Capacité théorique :

$$Q_{2041} < Q_{\text{adm}} \Leftrightarrow Q_{2041} < K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

$$C_{\text{th}} > Q_{2041} / K_1 \cdot K_2.$$

Capacité admissible :

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

Avec :

$$K_1(E_1) = 0,75$$

$$K_2(C_1, E_1) = 1$$

$$C_{\text{th}} = 1800 \text{ uvp/j (B40)}$$

$$Q_{\text{adm}} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1350 \text{ uvp/h}$$

Nombre de voie :

$$n = S \cdot Q / Q_{\text{adm}}$$

$$n = (2/3) \times (Q / Q_{\text{adm}})$$

$$n = (2/3) \times (2554 / 1350)$$

$$n = 1,26 \approx 2$$

Donc la route est projetée en **2×2 voies**.

Calcul de l'année de saturation

On a: $Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2021}$

$$TMJA_{2021} = 5646 \text{ v/j}$$

$$T_{\text{eff}}(2021) = [(1 - 0.36) + 3 \times 0.36] \times 5646 = 9712 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2021} = 0.12 \times 17761 = 1166 \text{ uvp/h}$$

Et : $Q_{\text{saturation}} = 6 \times Q_{\text{adm}} = 6 \times 1350 = 8100 \text{ uvp/h}$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2021} \Rightarrow n = \frac{\ln(\frac{Q_{\text{saturation}}}{Q_{2021}})}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{8100}{1166})}{\ln(1 + 0.04)} \quad n = 49.41 \approx 50$$

D'où notre route sera saturée **50 ans** après la mise en service donc l'année de saturation est l'année : **2071**

II.6 Récapitulatif :

Tableau II-5 : Résultats de calcul de capacité

TJMA 2017 v/j/sens	TJMA 2021 v/j/sens	TJMA 2041 v/j/sens	Teff 2041 uvp/j/sens	Q uvp/j/sens	N
4826	5646	12372	21280	2554	2

D'après les calculs effectués, l'évitement de la ville de Touggourt, aura sur le tronçon étudié, un profil composé de «2×2» voies et un TPC. Une saturation est prévisible en 2071.

VII.1. Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traverses.

VII.2. Les Essais D'identification (Physiques):

- **Analyses granulométriques :** C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.
Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique, cette analyse se fait en générale par un tamisage. L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension supérieure à 80 μ m et par sédimentométrie pour les « fines » de dimension inférieure à 80 μ m.
- **Limites d'Atterberg :** Les limites de plasticité (Wp) et liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol. WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare les deux états plastique et liquide ; Les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui a une faible valeur de l'indice de plasticité ($IP = WL - WP$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.
- **Equivalent de sable :** C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable, c'est-à-dire déterminé la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons. L'essai équivalent de sables est défini par le coefficient **ES** : **ES=100xh2/h1.**

VII. 3 Les Essais Mécaniques :

- **Essai Proctor :** L'essai Proctor est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence du compactage et de la teneur en eau ; il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale, afin d'obtenir une densité sèche maximale lors du compactage du sol. Cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée «W optimum Proctor ».
- **Essai C.B.R (California Bearing Ratio):** Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements. L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 10 c/c ; 25 c/c ; 55 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours pour les zones aride à semi-aride.
- **Essai Los Angeles :** Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

- **Essai Micro Deval** : L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau, on parlera du micro-deval humide.

VII.4 Les Essais Chimiques :

Pour connaître la composition chimique et l'agressivité de notre sol il faut passer par des différents essais, parmi lesquels les plus importants sont :

- Essai de Bleu de méthylène.
- Teneur en carbonate % de CaCO_3 .
- Détermination du taux des sulfates.
- Détermination du taux de sels solubles.
- Détermination du PH.
- Détermination du taux de chlore

L'essai chimique (analyse chimique sommaire ou bien complète) permet de déterminer les constituants minéralogiques d'un sol ainsi que son agressivité.

VII.5 Essais In Situ :

- **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 par la main ou par 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.
 - **Par 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 l'état remanié. La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement.
 - **Par 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.
- **L'essai pressiométriques** : L'essai pressiométriques est un essai de chargement du terrain in situ de la paroi du forage, jusqu'à la rupture, il consiste à gonfler dans le sol une sonde cylindrique, dilatable radialement, placée dans un forage préalable ; il permet par conséquent d'étudier la phase des petits déplacements du sol en déterminant un module de déformation du forage.
- **Essais pénétrométriques** :
 - **Pénétromètre statique** : L'essai de pénétration statique consiste à foncer de manière continue dans le sol, à vitesse lente et constante, un pieu modèle réduit, dont le diamètre compris entre 30 et 100 mm. La résistance à l'enfoncement est mesurée de façon directe et continue, en fonction de la profondeur.
 - **Pénétromètre dynamique** : L'enfoncement du train de tiges est provoqué par la chute d'un mouton tombant d'une hauteur normalisée. On mesure le nombre de coups nécessaires pour obtenir un enfoncement donné (10cm). On calcule alors la résistance de pointe en fonction de la profondeur.

VII.6 Interprétations Des Résultats D'essais :

Dans le cadre de notre projet, il a été réalisé huit (08) puits de 3 mètres de profondeur répartis sur l'ensemble du linéaire de notre route, des essais sur des échantillons intacts et remaniés ont été effectués au laboratoire et dont les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau VII.1 les résultats des essais au laboratoire

puits		1	2	3	4	5	6	7	8
Profondeurs (m)		0.0 à 3.0							
Limites Atterberg	W _l %	17	24	20	18	12	7	9	6
	IP%	-	-	-	-	-	-	-	-
proctor	W _{opt} %	12	12	11	12	10	11	10	10
	D _{sm} (t/m)	1.67	1.69	1.76	1.70	1.85	1.74	1.85	1.85
CBR		8	-	10	-	-	14	-	-
ES %		62	63	61	62	62	73	64	82
Granulométrie Tamisats %	10mm	99	98	91	88	86	96	92	100
	2mm	84	83	74	75	72	73	70	72
	0.2mm	48	54	52	48	49	50	53	49
	0.08mm	13	11	8	6	10	8	6	6
Analyse chimique	Sulf %	29	34	44	30	37	39	38	44
	Carb%	35	33	34	51	40	48	38	32
	Inso %	36	33	22	19	23	13	24	24

Limite d'Atterberg :

Ces matériaux présentent un indice de plasticité I_p très faible. Cet indice varie du non mesurable à 8 % et avec les limites de liquidité W_l variant de 0 et 24 %.

Ces indices montrent que ceux-ci sont des matériaux à faibles plasticité

Equivalent de sable :

Les valeurs obtenues à l'E.S varient de 62% à 84%.

Essai C.B.R:

Les valeurs des indices C.B.R sont respectivement pour l'imbibés entre 8 et 14%.

Les essais Proctor

Les densités sèches OPM varient de 1.67 T/m³ à 1.85t/m³ avec des teneurs en eau variant de 10 à 12 %.ces résultats montrent que ces matériaux sont denses.

La résistance à la compression simple :

Les résultats de La résistance à la compression simple obtenus dans les carrières (1, 2, 4 et 8) sont satisfaisants et très varient de 16 à 20 bars pour une compacité de 98 %.

Analyse chimique :

L'analyse chimique montre la présence d'un pourcentage important de **sulfates** et de **carbonates**, ce pourcentage varie respectivement de 29 à 44 % et de 32 à 51 %.

VII.7 Conclusion :

Notre projet traverse une zone connue de part ces bonnes caractéristiques physicomécaniques (voir tableaux récapitulatifs ci-dessus), du point de vue géologique et hydrologique aucun incident notable n'est à signaler. Notre assiette du projet suit le niveau du terrain naturel qui est en majorité plat, les matériaux pour remblai et couche de fondation seront issues des carrières, abondantes dans la région et limitrophes au projet, constituées par du sable gypseux. La classification du sol support dans le calcul de dimensionnement du corps de chaussée est de classe de portance S2 pour un indice C.B.R moy=10 en référence que la situation du projet est dans une région climatique de zone IV.

Introduction

Les routes sahariennes ont une importance stratégique pour le réseau routier national, car elles constituent une liaison entre les Wilayas du nord et du sud ; ce sont des routes traversant le désert, parmi les plus nécessaires. Ceci répond aux différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et à la demande croissante en matière de transport de marchandises desservit par ces axes.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à réaliser un contournement de la ville de Touggourt au niveau de la route nationale n°03 (wilaya de Ouargla) sur un tronçon de longueur de 17.00 km. La région est caractérisée par un climat saharien, aride et sec, aux étés chauds avec une température atteignant 45°C tandis qu'aux hivers, à températures diurnes tempérées et des nuits très froides souvent atteignant des températures au-dessous de 0°C. Les pluies sont rares dans la région, la moyenne des précipitations annuelles est de 60 mm ; ces conditions de pluviométrie nous renseignent sur les risques d'imbibition envers le sol de fondation et envers le corps de chaussée et donc sur la définition de l'imbibition des conditions de l'essai CBR qui nous permet le dimensionnement de la structure de la chaussée.

Ainsi notre projet concerné l'étude d'un tronçon de route saharienne. C'est dans ce contexte que ce sujet a été intitulé « l'étude l'évitement Ouest de la ville de TOUGGOURT sur 17 Km de PK (543+820) à PK (528+655) de la Route Nationale N°3 Passant par la RN °1B de wilaya d'OUARGLA ».

Cette étude a pour but de proposer une conception géométrique de la route nous a donné les moyennes de faire ressortir le tracé en plan, profil en long, et aboutir à un profil en travers.

La conception structurale de la route a permis de déterminé les différentes couches du corps de chaussée, basée sur les données géotechniques et l'étude du trafic. La chaussée a été dimensionnée pour une durée de vie de 20ans.

Chapitre I : Présentation De Projet

Chapitre II : Etude De Trafic

Chapitre III : Tracé En Plan

Chapitre IV : Profil En Long

Chapitre V : Profil En Travers

Chapitre VI : Les Cubatures

Chapitre VII : Etude Géotechnique

Chapitre IX: Conception Du Carrefour

Chapitre X :Signalisation Et Eclairage

Les Annexes

Introduction Générale

Conclusion

Les Références Bibliographiques

Devis Quantitatif Et Estimatif

VI.1 Introduction :

La réalisation d'un ouvrage nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté. Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers. Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai. Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai. Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle (les cubatures des terrassements).

VI.2 Définition :

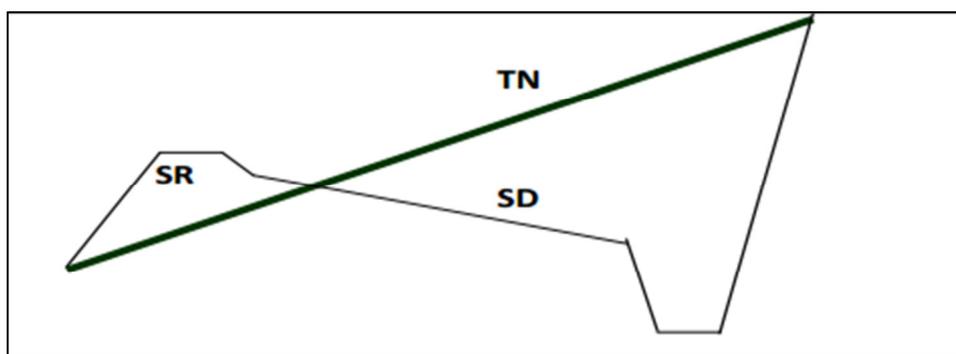
On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprochée et sous-adjacente à la ligne rouge de projet. Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment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

VI.3 Méthode de calcul des cubatures :

Le calcul des cubatures est généralement difficile et compliqué mais il existe plusieurs méthodes qui le simplifient ;

La méthode SARRAUS est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs. Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

Figure VI.1 surface en déblais et en remblais d'un profil en travers



Avec :

- TN : terrain naturel.
- SD : surface déblai.
- SR : surface remblai.

Pour atteindre l'économie maximale d'un point de vue du cout des terrassements il faut bien :

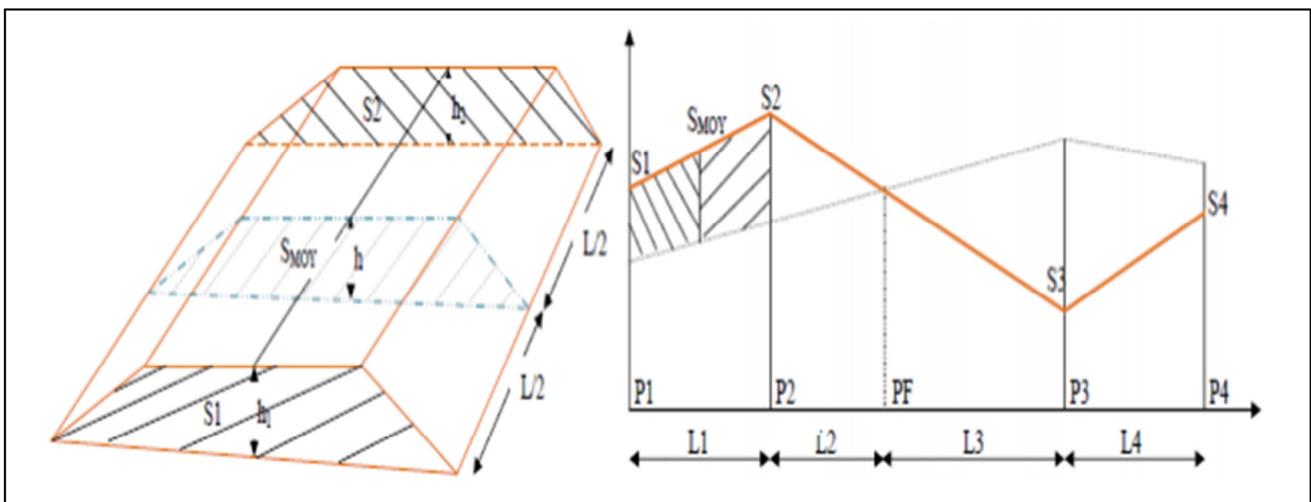
- Mettre en œuvre le minimum de matériau.
- Equilibrer les mouvements des terres (déblais-remblais).
- Minimiser la distance de transport.

Formule de Mr SARRAUS :

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

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

Figure VI.2 Profil en long d'un tracé donné



Avec :

- PF: profil fictive, surface nulle.
- Si: surface de profil en travers Pi.
- Li : distance entre ces deux profils.
- SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

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

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

VI.4. Calcul des cubatures de terrassement :

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

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

IV.1 Introduction :

Le profil en long correspond à la coupe longitudinale de la route suivant son axe. Il indique les altitudes du terrain naturel et de la route projetée, les pentes, les distances pour assurer un bon écoulement des eaux de ruissellement, le profil en long de la route se compose de segments de droite de déclivité en rampe ou en pente, ainsi que des raccordements circulaires (ou parabolique) en angle saillant ou en angle rentrant.

IV.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Les principaux paramètres du choix d'un profil en long sont les suivants :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle ou une parabole unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV.3 Coordination du tracé en plan et profil en long :

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long a été étudiée pour assurer Cependant plusieurs contraintes physiques du terrain rendent occasionnellement difficile la coordination sans une augmentation majeure des coûts de construction.

Pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

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

IV.4 Déclivités :

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

IV.4.a Déclivité maximale :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

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

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ($I_{\max} = 6\%$) dans le franchissement de la côtère.

IV .4.b Déclivité minimale :

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

Selon le B40 :

Tableau IV.1 valeur de la déclivité maximale Norme B40.

$V_B(\text{km/h})$	40	60	80	100	120
$I_{\max}(\%)$	8	7	6	5	4

Pour notre projet la vitesse de base est de 80km/h, donc la déclivité maximale égale à 6%.

IV.5 Raccordement en profil en long :

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

On distingue deux types raccords :

IV .5.a Raccords convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe. tel que la limitation de l'accélération verticale est $g/40$ cat 1-2.

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à : $V^2/R_v < g/40$

Avec $g = 10 \text{ m/s}^2$ et $V = V/3.6$.

D'ou

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

Tel que :

R_v : le rayon vertical (m).

V : la vitesse de référence (km/h).

Condition de visibilité :

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante

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

Tel que :

d : Distance de visibilité nécessaire (m) ; $d = d' + d''$.

h_a : Hauteur de l'œil au-dessus de la chaussée égal à 1.10 m.

h_g : Hauteur de l'obstacle égal à 0,10 – 0,20m (h_1) et égal à 1.20 m (h_2).

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_B = 80 \text{ km/h}$ et pour la catégorie 1 on a :

Tableau IV.2 récapitulatif les valeurs des rayons en angle saillant. Norme B40

Rayon	Symbole	Valeur
Min- absolu	R_{vm}	2500
Min-normal	R_{vN}	6000
Dépassement	R_{vd}	11000

IV .5.b Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

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

Avec :

R'_v : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt égal à la distance de visibilité.

Pour une route bidirectionnelle avec une vitesse de base égale à 80km/h de catégorie « C1 » ; on les valeurs suivants :

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

On a:

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

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

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

$$S \begin{cases} x_s = x + x_A \\ z_s = P_1 \cdot x + z_A \end{cases}$$

Calcul de la tangente :

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

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

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

$$E \begin{cases} x_E = x_s - T \\ z_E = z_s - T \cdot P_1 \end{cases} \quad F \begin{cases} x_F = x_s + T \\ z_F = z_s - T \cdot P_2 \end{cases}$$

Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$L \cdot R = 2T$$

Calcul de la flèche :

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

Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$H = \frac{x^2}{2 \cdot R} \quad Z_M = Z_E + x \cdot P_1 - \frac{x^2}{2 \cdot R}$$

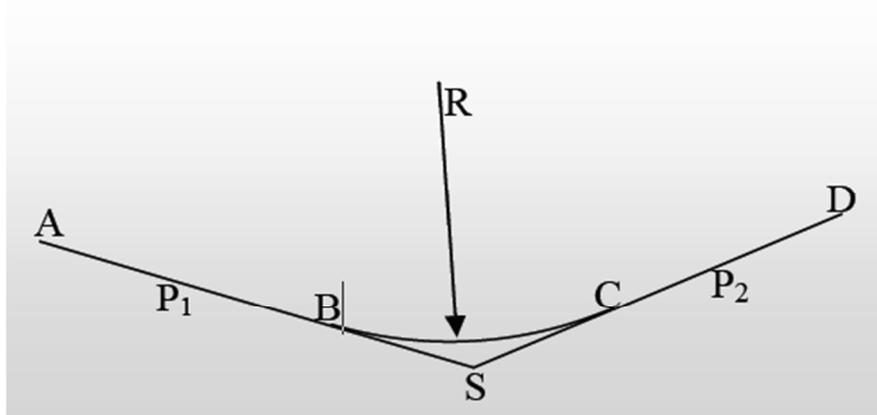
Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

$$J \begin{cases} x_J = x_E + R \cdot P_1 \\ z_J = Z_E + x_1 \cdot P_1 - \frac{x_1^2}{2 \cdot R} \end{cases}$$

$$z_J = Z_E + x_1 \cdot P_1 - \frac{x_1^2}{2R}$$

IV.7 Exemple de calcul du profil en long :



$$\begin{array}{l}
 A \left\{ \begin{array}{l} PK_A = 4500.00 \\ Z_A = 301.26 \text{ m} \end{array} \right. \quad
 S \left\{ \begin{array}{l} PK_S = 4795.69 \\ Z_S = 299.62 \text{ m} \end{array} \right. \quad
 D \left\{ \begin{array}{l} PK_D = 4959.33 \\ Z_D = 296.90 \text{ m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$R = 12400 \text{ m}$$

Calcul des pentes :

$$\begin{array}{l}
 P_1 = \Delta Z_1 / \Delta PK_1 = 0.55\% \\
 P_2 = \Delta Z_2 / \Delta PK_2 = -1.66\%
 \end{array}$$

Calcul des tangentes :

$$T = R/2 |P_1 - P_2| = 137.02 \text{ m}$$

Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = 0.1 \text{ m}$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$\begin{array}{l}
 B \left\{ \begin{array}{l} PK_B = PK_S - T = 4658.67 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 = 298.87 \text{ m} \end{array} \right. \\
 C \left\{ \begin{array}{l} PK_C = PK_S + T = 4932.71 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \cdot P_2 = 301.89 \text{ m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 J \left\{ \begin{array}{l} PK_J = PK_B + R \cdot P_1 = 4726.87 \text{ m} \\ Z_J = Z_B - R \cdot P_1 \cdot P_1 + (R \cdot P_1)^2 / 2R = 298.67 \text{ m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe

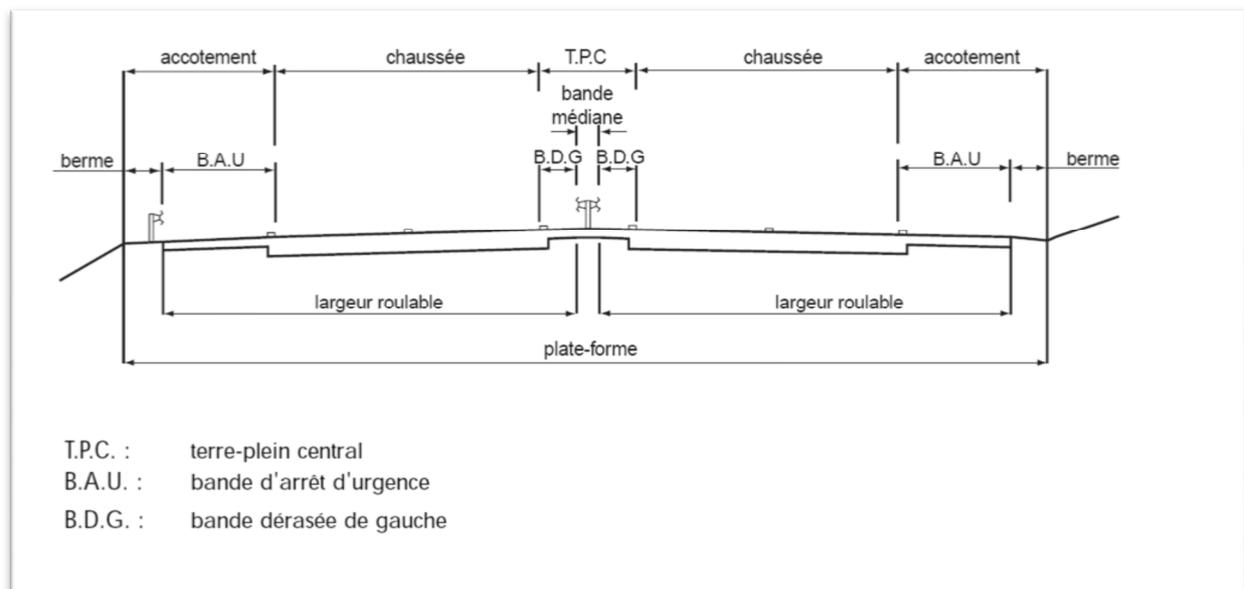
V.1 Introduction :

Le profil en travers est la coupe de l'autoroute suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il définit notamment la largeur et le dévers des chaussées et les zones non roulables de l'autoroute (terre-plein central, bandes dérasées).

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur l'autoroute, qui définit le nombre de voies.

V.2 Les éléments constitutifs du profil en travers

Figure V.1 représente les éléments de profil en travers



L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route ou à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.

L'assiette :

C'est la surface occupée la route délimitée par les terrassements.

La plate forme :

C'est la surface qui comprend la ou les chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts, elle se situe entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais.

La chaussée :

C'est la partie de la route affectée à la circulation des véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.

Terre plein central :

S'étend entre les limites intérieures de deux(02) chaussées (au géométriques), il comprend :

- *les surlargeurs de chaussée.
- *une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

Bande médiane :

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation, etc).

Bandes dégage gauche (BDG) :

Est une zone dégagée de tout obstacle, située à gauche des chaussées unidirectionnelles. Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité.

Les accotements :

Sont les zones latérales de la plate forme qui bordent extérieurement la chaussée, elle comprend une bande de guidage, une bande d'arrêt, et une berme extérieure.

Bande d'arrêt d'urgence (BAU) :

Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.

Berme :

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation verticale.....

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

Surlargeur (s) :

Elle est de structure identique à la chaussée, d'une largeur de 0.25m portant le marquage de rive.

Fossé :

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

V.3 Classification du profil en travers :

On distingue deux types de profil en travers :

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

V.3.a Profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes ; Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, ou mixte).

V.3.b Profil en travers courant :

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

V.4 Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement de la ville de TOUGGOURT sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Deux (02) chaussées à double voies : $2 \times (2 \times 3.5) = 14\text{m}$
- Accotement : $2 \times 2 = 4\text{m}$
- Terre plein central : 4m
- Plate forme : 25m

Reference bibliographique

- *Adel, NEHAOUA, "Chapitre 6: Caractéristiques Géométriques Des Routes." Cours de routes 1, 34 pages.*
 - *"Catalogue De Dimensionnement Des Chaussées Neuves." Fascicule1: Notice d'utilisation, 31 pages : CTPP, 2011.*
 - *"Catalogue De Dimensionnement Des Chaussées Neuves." Fascicule2: Hypothèses et données de dimensionnement, 22 pages : CTPP, 2011.*
 - *"Catalogue De Dimensionnement Des Chaussées Neuves." Fascicule3: Fiches techniques de dimensionnement, 96 pages : CTPP, 2011.*
 - *Djamel, NEJI. Le Projet Routier, 2005.*
 - *"Etude Générales Techniques Et Economiques Des Aménagements Routiers." In B40*
 - *Normes techniques d'aménagement des routes, 280 pages : Direction des études générale set de la réglementation techniques, 1977.*
"Etude Générales Techniques Et Economiques Des Aménagements Routiers." In B30
 - *Manuel de capacite des routes. 80 pages : Direction des études générales et de la réglementation techniques, 1978.*
 - *Guide Des Études De Trafic Interurbain." Guide technique, 96 Service d'études techniques des routes et autoroutes, 1992.*
 - *INDIRA Khanna, LALITHA Justo. Highway Engineering, 2011.*
 - *Jean, BERTHIER. "Projet Et Construction De Routes." Techniques de l'ingénieur : 39pages.*
 - *KALLI Fatima-Zohra, GOUMETTRE Ahmed Manuel De Projet De Routes. Vol. 87pages. 2.03.5266 ed.: Office des publications universitaires, 2011.*
 - *Michel, FAURE. Cours De Routes Tome 2. Vol. 255 pages : Aleas éditeur, 1998.*
 - *❖ Rogers, Martin. Highway Engineering: Blackwell Science, 2003*
- Liens utiliser :**
- <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeograp hiqueBISKRA.html>.
 - <http://www.mtp.gov.dz/fr/permalink/3304.html?print>

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie le Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Monsieur le Dr REMADNA Sadok pour m'avoir dirigé tout au long de la réalisation de ce travail.

Je remercie également le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner mon travail

Je tiens à remercier également tous mes enseignants pour leurs bonnes orientations et pour leur aide précieuse

Enfin nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou loin pour l'aboutissement de ce travail

X.1. Signalisation :

X.1.1. Introduction :

La signalisation routière joue un rôle primordial dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions. Elle fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de communication essentielle pour l'utilisateur de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée de manière à aider l'utilisateur de la route le long de son parcours en lui permettant d'adopter sa conduite aux diverses situations qui se présentent, et ce, en évitant l'hésitation et la fausse manœuvre.

X.1.2. Objectif de la signalisation :

La signalisation a pour objectif :

- De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer et de rappeler certaines prescriptions particulières.
- De donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

X.1.3. Catégories de signalisation :

On distingue :

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

X.1.4. Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

X.1.4.1. Signalisation verticale :

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

- **Signalisation avancée** : Ce type de signalisation est placé avant un danger pour prévenir l'utilisateur de la présence d'un danger quelconque.
- **Signalisation de position** : Indique une obligation à respecter.
- **Signalisation de direction** : C'est des plaques indiquant les noms des régions et les chemins à suivre pour s'y rendre. Ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°

X.1.4.2. Signalisation horizontale :

Elle concerne les différentes marques sur le sol, les lignes et les flèches qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers, ces marques sont généralement de couleur blanche, la signalisation horizontale complète la signalisation routière verticale.

A. Marques longitudinales :

▪ **Lignes continues :** Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route ou lorsque le dépassement est interdit.

▪ **Lignes discontinues :** Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elles se différencient par leur module (la longueur des traits à celle de leurs intervalles).

On distingue :

- Les Lignes axiales ou lignes de délimitation des voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits dans ces cas est égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, la longueur des traits de ces lignes est triple de celle de leurs intervalles.

Les modulations des lignes discontinues sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau. X.1 : les caractéristiques des types de lignes discontinues.

type de marquage	Type de modulation	Largeur du trait en (m)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapports pleins vides
Axial longitudinal rive	T ₁	3.00	10.00	Environ 1/3
	T' ₁	1.50	5.00	Environ 1/3
	T ₃	3.00	1.33	Environ 3
	T ₂	3.00	3.50	Environ 1
	T' ₃	20.0	6.00	Environ 3
Transversal	T'2	0.50	0.50	Environ 1

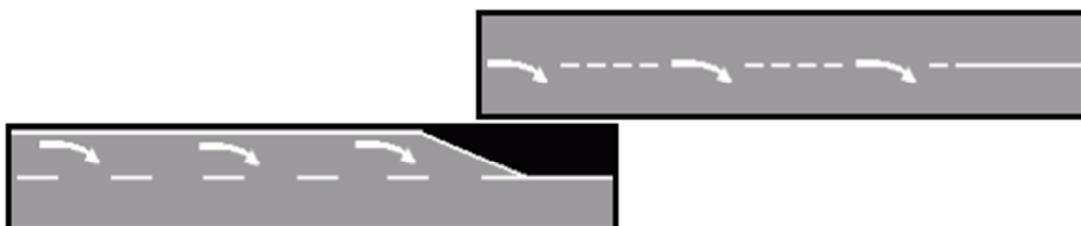
▪ **Largeur des lignes :** La largeur des lignes est définie par rapport à une unité « U » différente suivant le type de route, on adopte les valeurs suivantes pour « U » :

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

B. Marques transversales :

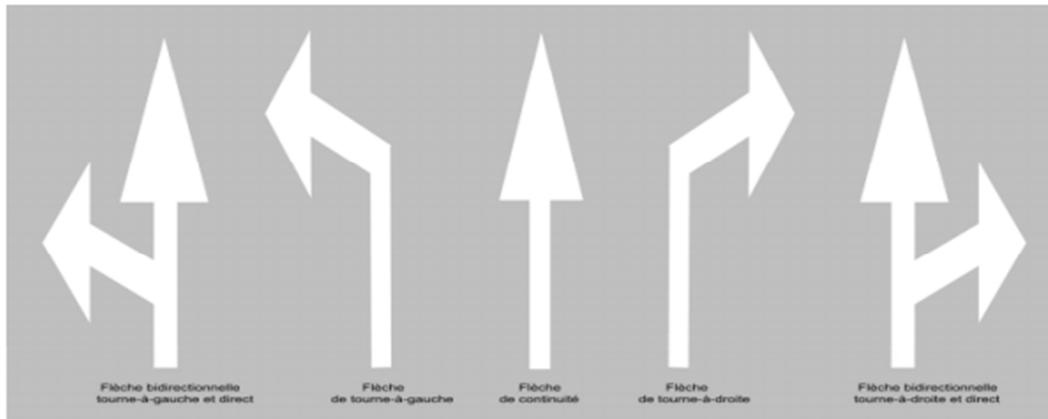
- Ligne stop : Une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.
- Flèches de rabattement : Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent

Figure.X.1 différentes flèches de rabattement.



- **Flèches de sélection :** Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

figure.X.2 différentes flèches de sélections.



X.1.4. Application au projet :

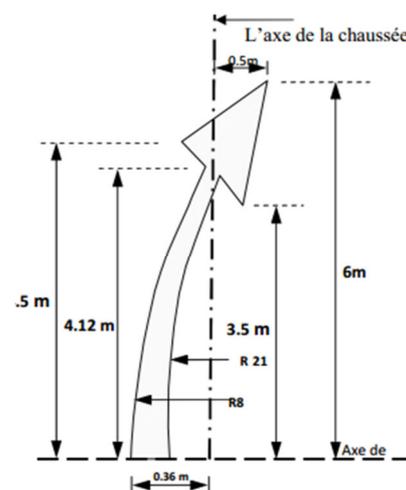
Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

Exemple :

Signalisation Horizontale :

Flèche de rabattement

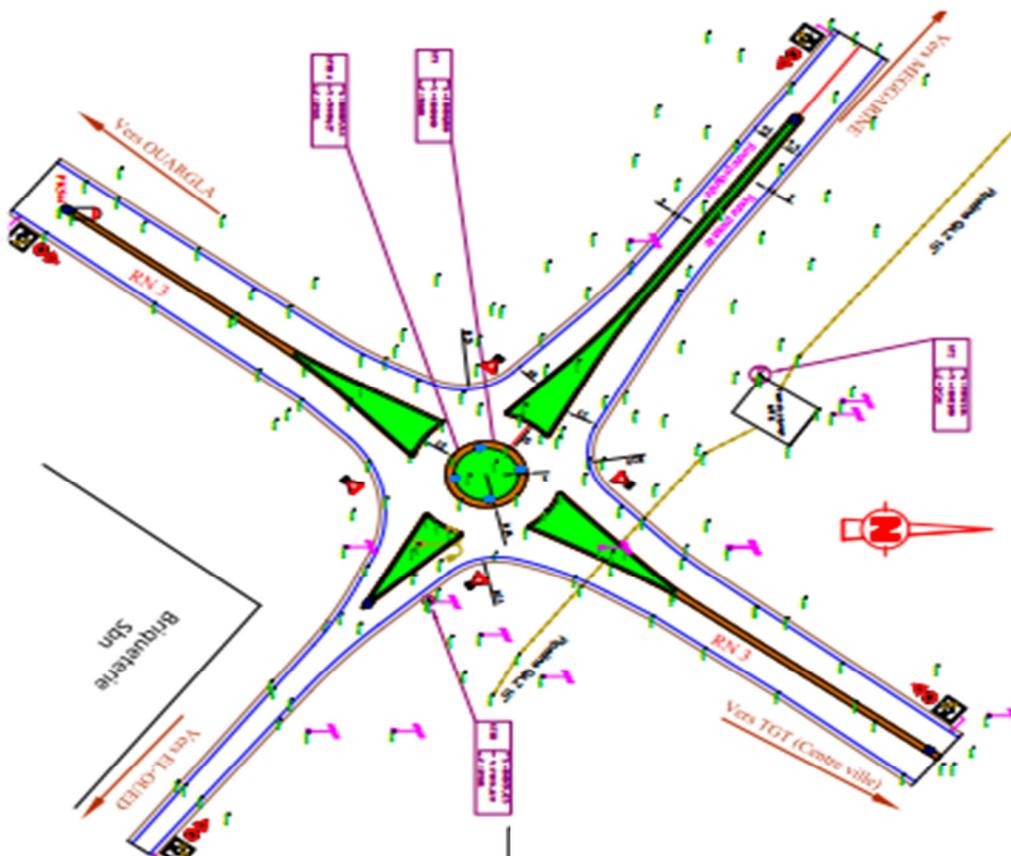
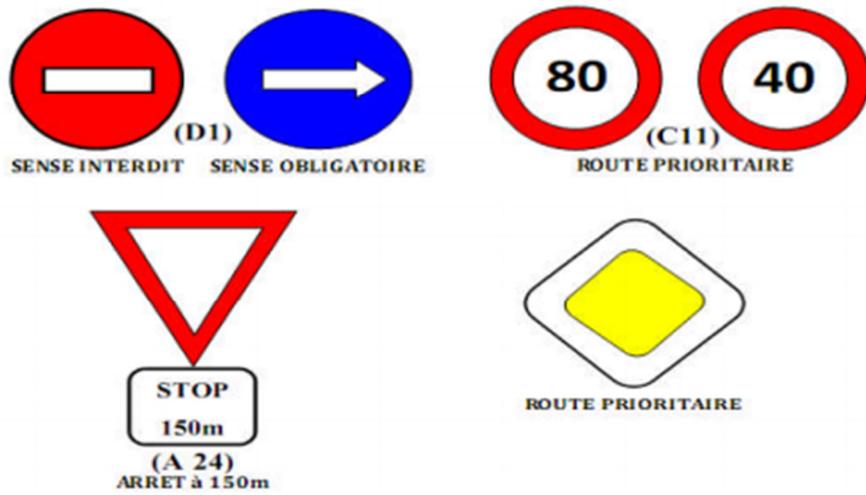


Lignes discontinues

Ligne continues



Signalisation Verticale :



X.2. Eclairage :

X.2. 1 introduction :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts sont de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

X.2. 2 Catégories d'éclairage :

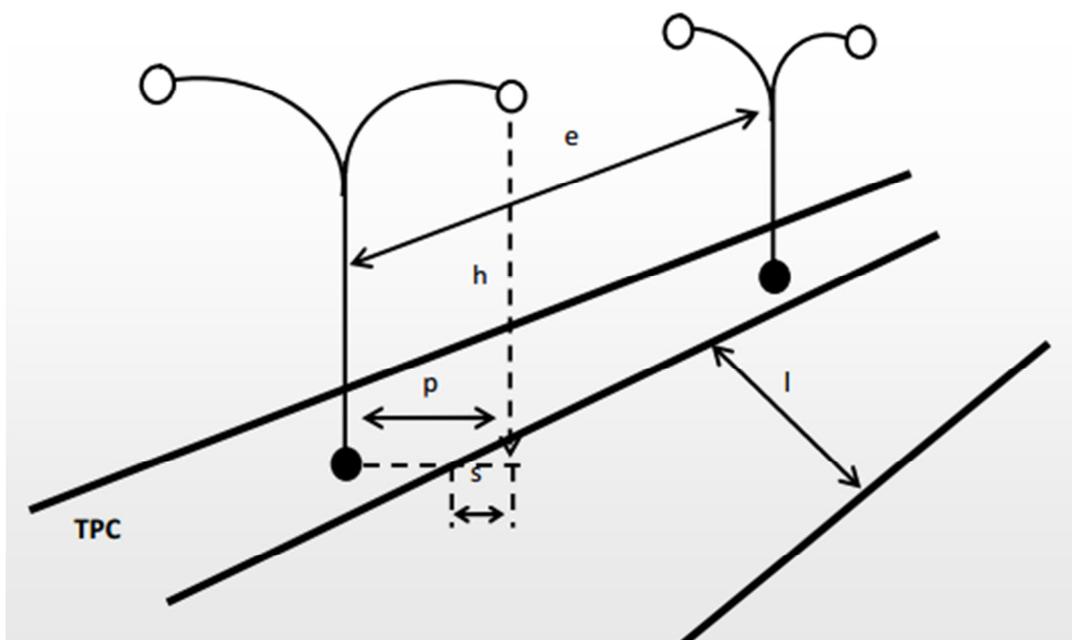
On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

X.2. 3 Paramètres de l'implantation des luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

Figure X.3 représente de paramètres de l'implantation des lumières.



X.2. 4) Application au projet :

Pour le système d'éclairage adopté à notre projet, uniquement certains points particuliers seront traités par un éclairage composé par des lampadaires disposés selon un espacement des supports variant entre 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

Tableau des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Le resume.....	III
Table des matières	IV
Liste des figures et photos.....	V
Liste des tableaux.....	VI
Introduction Générale	VII
Chapitre I : Présentation De Projet	9
I.1 Généralités sur la wilaya de Ouargla :	10
I.1.1 Situation géographique de la wilaya.....	10
I.1.2 Le relief :	10
I.1.3 Le climat	11
I.1.4 la géologie de la région.....	11
I.1.5 Infrastructure de base	11
I.2 Localisation de projet :	12
I.3 les objectifs de projet :	14
Chapitre II : Etude de trafic	15
II.1 Introduction.....	15
II.2 Analyse de trafic :	15
II.3 Types de trafic :	15
II. 3.a Trafic normal :	15
II.3.b Trafic induit :	15
II.3.c Trafic dévié :	15
II.3.d Trafic total :	15
II.4 Calcul de la capacité :	15
II.4.a Trafic à un horizon donné :	15
II.4.b Trafic effectif :	16
II.4.c Evaluation de la demande de capacité :	16
II.4.d Evaluation de l'offre :	16
II.4.e Calcul du nombre de voies :	17
II.5 Application à notre projet :	17
II.6 Récapitulatif :	19
Chapitre III : Tracé en plan	20

III.1	Introduction :	20
III.2	Règles à respecter dans le tracé en plan :	20
III.3	Les éléments de tracé en plan :	20
III.3.a	L'alignement :	20
III.3.b	Les arcs de cercles :	21
III.3.c	Courbes de raccordement :	23
III.3.d	Expression mathématique de la clothoïde :	23
III.3.e	Les éléments de la clothoïde :	24
III.3.f	Les conditions de raccordement :	24
III.4	Combinaison des éléments de tracé en plan:	26
III.4.a	Courbe en S :	26
III.4.b	Courbe à sommet :	26
III.4.c	Courbe en C :	26
III.4.d	Ove :	27
III.5	Paramètres fondamentaux :	27
III.5	La vitesse de référence (de base) :	28
III.5.a	Choix de la vitesse de référence :	28
III.6	Exemple de calcul d'axe :	28
Chapitre IV : Profil en long.....		31
IV.1	Introduction :	31
IV.2	Règles à respecter dans le tracé du profil en long :	31
IV.3	Coordination du tracé en plan et profil en long :	31
IV.4	Déclivités :	31
IV.4.a	Déclivité maximale :	32
IV .4.b	Déclivité minimale :	32
IV.5	Raccordement en profil en long :	32
IV .5.a	Raccordements convexes (angle saillant) :	32
IV .5.b	Raccordements concaves (angle rentrant) :	33
IV.6	Détermination pratique du profil en long :	34
IV.7	Exemple de calcul du profil en long :	36
Chapitre V : Profil en travers		37
V.1	Introduction :	37
V.2	Les éléments constitutifs du profil en travers	37
V.3	Classification du profil en travers :	38
V.3.a	Profil en travers type:.....	38

V.3.b Profil en travers courant :.....	38
V.4 Application au projet :.....	39
Chapitre VI : Les cubatures.....	38
VI.1 Introduction :	38
VI.2 Définition :.....	38
VI.3Methode de calcul des cubatures :.....	38
VI.4 Calcul des cubatures de terrassement :.....	40
ChapitreVII : Etude geotechnique	41
VII.1. Introduction :	41
VII.2. Les Essais D'identification (Physiques):.....	41
VII. 3 Les Essais Mécaniques :.....	41
VII.4 Les Essais Chimiques :	42
VII.5 Essais In Situ :	42
VII.6 Interprétations Des Résultats D'essais :.....	43
VII.7 Conclusion :.....	44
Chapitre VIII : Dimensionnement du corps de chaussée	45
VIII.1 Introduction :	45
VIII.2 La chaussée :	45
VIII.2. 1 Définition :.....	45
VIII.2. 2 Les différents types de chaussée :.....	45
VIII.2.3 Les constitutions et le rôle de la chaussée :.....	46
VIII.3Les paramètres pris en compte pour le dimensionnement du corps de chaussée :	47
VIII.3.1 Trafic :.....	47
VIII.3.2 Sol support :	47
VIII.3.3 Conditions climatiques :	47
VIII.3. 4.Matériaux :	47
VIII.4 Les principales méthodes de dimensionnement :	48
VIII.4.1Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):.....	49
VIII.4.2.Méthode A.A.S.H.O: (American Association of State Highway Officials) :.....	49
VIII.4.3. Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :	49
VIII.4.4. Méthode du catalogue de dimensionnement :	49
IX.5 Application au projet:.....	50
Chapitre ix : Conception du carrefour	56
IX.1. Introduction :.....	56
IX.2 Définition :.....	56

IX.4 les principaux types de carrefour :.....	56
IX.4.1 Carrefour à trois branches :.....	56
IX.4.2 Carrefour à quatre branches :	57
XII .5. Principes généraux d'aménagements d'un carrefour :.....	58
IX.6 Choix de carrefour.....	59
Chapitre X : Signalisation et éclairage	60
X.1.Signalisation :	60
X.1.2. Objectif de la signalisation :	60
X.1.3. Catégories de signalisation :.....	60
X.1.4. Types de signalisation :.....	60
X.1.4.2. Signalisation verticale.....	60
X.1.4.2. Signalisation horizontale :	60
X.1.4.Application au projet :.....	62
X.2. Eclairage :	64
X.2. 1 introduction :.....	64
X.2. 2 Catégories d'éclairage :	64
X.2. 3 Paramètres de l'implantation des luminaires :	64
X.2. 4) Application au projet :.....	65
Devis quantitatif et estimatif.....	66
Conclusion	
Les reference bibliographique	
Les annexes	

III.1 Introduction :

Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou pas par des raccordements progressifs. Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

La trace est caractérisée par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra définir et déterminer toutes les caractéristiques géométriques de la voie.

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée.

III.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour obtenir un tracé repend aux normes de B40, il faut respecter certaines exigences :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum le passage sur les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts 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 (tremblement de terre, instabilité géologique, glissements de terrain, chute de pierre...)
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total d tracé.
- Utiliser des grands rayons si le relief permet.

III.3 Les éléments de tracé en plan :

Les éléments géométriques du tracé en situation sont :

- Les alignements.
- Arcs de cercles.
- Courbes de raccordements progressives.

III.3.a L'alignement_:

Pendant longtemps le tracé rectiligne a été considéré comme le meilleur parce que le plus court ; d'une part les très longs alignements sont défavorables à l'éblouissement par les phares et créent chez le conducteur une certaine torpeur.

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

$$L_{\min} = 5 V_B / 3.6$$

Tel que : V_B : la vitesse de base (km/h).

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

$$L_{\max} = 60 V_B / 3.6$$

III.3.b Les arcs de cercles :

Trois (03) éléments interviennent pour les limites les courbures :

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

a) Stabilité des véhicules en courbes :

Dans un virage de rayon R, le véhicule subit l'effort de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité de système.

Afin de réduire l'effet de cette force, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur de la courbe d'une pente dite « **dévers** » exprimée par sa tangente.

b) Le rayon horizontal minimal absolu RHm :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal.

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

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

Tel que :

f_t : coefficient de frottement transversal.

d_{max} : dévers maximal.

c) Le rayon minimal normal RHN :

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

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

Le rayon au dévers minimal RHD :

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

Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$ pour cat 1-2 et $d_{min} = 3\%$ pour cat 3-4-5.

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

Le rayon minimal non dévers RHnd :

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

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.035}$$

Cat 1-2

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times (f'' - 0.03)}$$

Cat 3-4-5

Avec :

$f'' = 0.07$ cat 3
cat 4-5

et

 $f'' = 0.075$ **Règles pour l'utilisation des rayons en plan :**

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

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

-Si $RHN < R < RHd$:

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

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

Remarque :

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

d) Visibilité en courbe :

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

e) Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible :

Lorsqu'un véhicule circule dans une courbe, il occupe une largeur plus grande que sur l'alignement droit ; compte tenu de l'empattement du véhicule, les roues arrière n'épousant pas exactement le tracé de celles de devant.

La valeur de la Sur largeur théorique « S » nécessaire pour une voie de circulation.

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

$$S = \frac{50}{R}$$

Tel que :

L : longueur de véhicules ;(L=10)

R : rayon de l'axe de la route.

III.3.c Courbes de raccordement :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires ; l'emploi des courbes de raccordement assure :

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

Types de courbes de raccordement :

- Parabole cubique.
- Lemniscate.
- Clothoïde.

A cause de ces propriétés particulières, la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de routes.

1. La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est nul.

III.3.d Expression mathématique de la clothoïde :

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

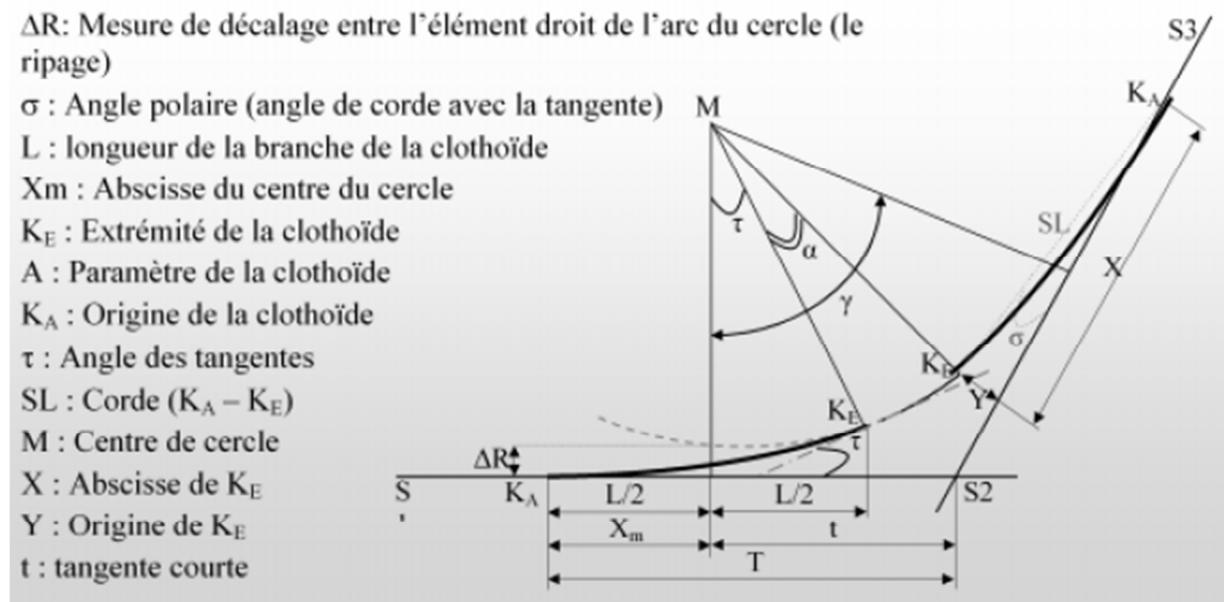
$$K=1/R \quad \Rightarrow \quad K = C \cdot L \quad \Rightarrow \quad L \cdot R = 1/C$$

$$\text{On pose } A^2=1/C \quad \Rightarrow \quad A^2=L \cdot R$$

On un point considéré de la clothoïde.
 R : rayon de courbure en ce point.
 L : longueur le long de la courbe entre l'origine et ce point.
 A : paramètre.

III.3.e Les éléments de la clothoïde :

Figure-III-1 Les éléments de la clothoïde



III.3.f Les conditions de raccordement :

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

● **Condition optique :**

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

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

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

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

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

Pour $R \leq 1500 \quad \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5) d'où $L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$.
 Pour $1500 \leq R \leq 5000\text{m} \quad \Rightarrow \tau = 3^\circ$ c.à.d. $L = R/9$.
 Pour $R > 5000\text{m} \quad \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L = 7.75\sqrt{R}$.

● **Condition de confort dynamique :**

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

La variation de l'accélération transversale est: $\left(\frac{v^2}{R} - g\Delta d\right)$. Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $kg=g/0.2 V_B$.

Avec une gravitation $g=9.8m/s^2$

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

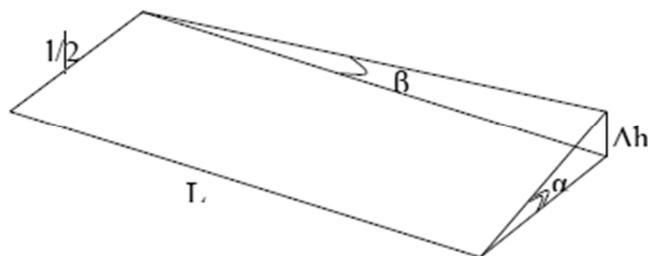
Tel que :

V_B : vitesse de base.

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers ($d_{fin}-d_{ini}$) %.

● **Condition de gauchissement :**



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

Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

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

Nous avons : $L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_B$

l : la largeur de la chaussée

La vérification des deux conditions gauchissement +confort dynamique peut se faire à l'aide d'une seule condition qui consiste à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation, par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

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

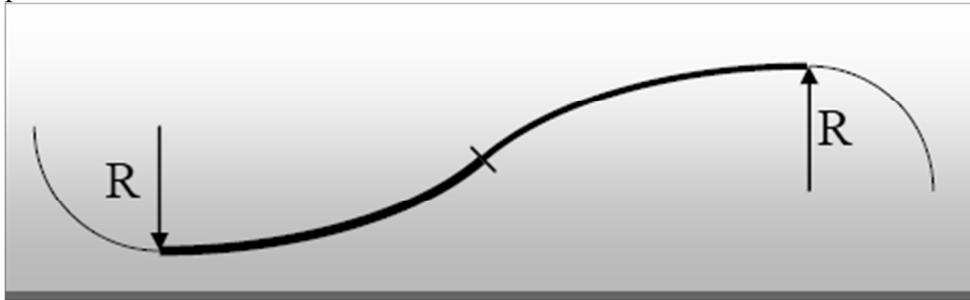
Tel que : Δd exprime en valeur réelle.

III.4 Combinaison des éléments de tracé en plan:

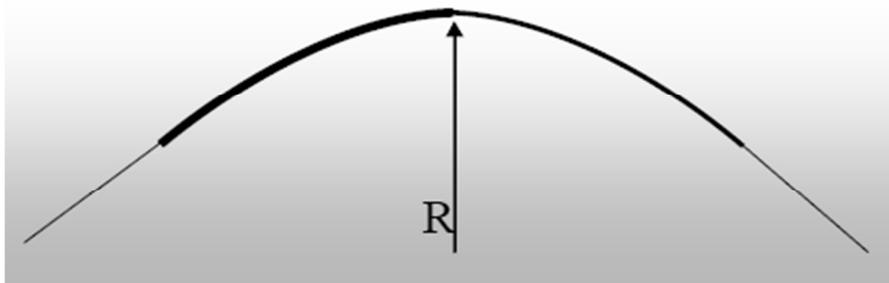
La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

III.4.a Courbe en S :

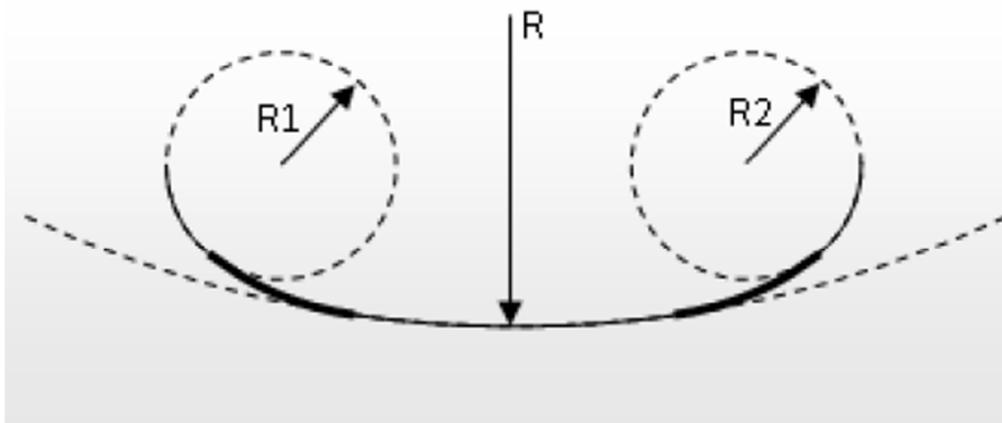
Une courbe constituée de deux (02) arcs de clothoïde, de concavité opposée tangents en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

**III.4.b Courbe à sommet :**

Une courbe constituée de deux (02) arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

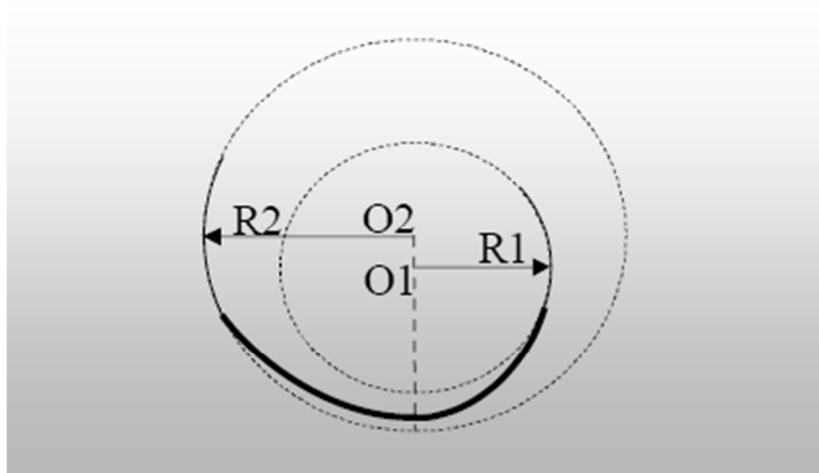
**III.4.c Courbe en C :**

Une courbe constituée de deux (02) arcs de la clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux (02) arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.



III.4.d Ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux (02) arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

**III.5 Paramètres fondamentaux :**

Notre projet s'agit d'une route de catégorie « C1 » dans un environnement « E1 » avec une vitesse de base de **80km/h**.

D'après les normes de B40 ; on définit les paramètres d'aménagement de route.

TableauIII-1 paramètres du tracé en plan. Norme B40

Paramètres	symboles	Valeurs
Vitesse de base	V	80 km/h
Longueur minimale	Lmin	112 m
Longueur maximale	Lmax	1334 m
Devers minimal	dmin	2.5 %
Devers maximal	dmax	7 %
Temps de perception –réaction	t1	2s
Frottement longitudinal	f_L	0.39
Frottement transversal	Ft	0.13
Distance de freinage	d0	65 m
Distance d'arrêt	d1	109 m
Distance de visibilité de dépassement minimal	dm	325 m
Distance de visibilité de dépassement normal	dn	500 m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	dmd	200 m
Rayon minimal absolu	Rhm	250(7%) m
Rayon minimal normal	Rhn	450(5%) m
Rayon au dévers minimal	Rhd	1000(2.5%) m
Rayon minimal non dévers	Rhnd	1400(-2.5%) m

III.5 La vitesse de référence (de base) :

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

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

III.5.a Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

III.6 Exemple de 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.

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

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

A	$x=102592.1962$	$y=93705.241.$
B	$x=103049.8978$	$y=93775.2952.$
C	$x=103610.912$	$y=93705.241.$

Rayon $R=1000m$ et $V_B=80km/h.$

Calcul de gisements

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

$$|\Delta X| = |X' - X|$$

$$|\Delta Y| = |Y' - Y|$$

D'où:

$$G = 200 \pm \arctang \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|}$$

AB	ΔX	457.7016
	ΔY	70.0542
BC	ΔX	561.0142
	ΔY	64.3408

G^A_B	81.28
G^B_C	116.55

Caractéristique de la courbe de raccordement :

1. détermination de L :

i. condition de confort optique :

$$R \leq 1500m \rightarrow L \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$$

On prend $\Delta R = 1m$

Donc $L \geq \sqrt{24 \cdot 1000 \cdot 1}$

$$L \geq 154,92m \dots \dots \dots (1).$$

ii. condition de confort dynamique et de gauchissement.

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

$$\Delta d = d - d_{min}$$

Comme $R = 1000m$, $R_{Hn} < R < R_{Hd}$

$$\text{Donc ; } d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}} \right) \frac{d_{min} - d_{RHn}}{\frac{1}{R_{Hd}} - \frac{1}{R_{Hn}}} = 3,01\%$$

$$\Delta d = 5,51 \%$$

$$L \geq 61,22m \dots\dots\dots(2).$$

De 1 et 2 on aura $L \geq 154.92m$.

$$L = \frac{A^2}{R} \rightarrow A = \sqrt{L \cdot R} \quad A = 394$$

La condition $\frac{R}{3} \leq A \leq R$; elle est vérifiée ($334 \leq 394 \leq 1000$)

$$\text{Alors } L = \frac{A^2}{R} = \frac{394^2}{1000} = 155.23m$$

Calcul de ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \cdot R} = \frac{155.23^2}{24 \cdot 1000} = 1,00$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

المخلص

يتمثل بحثنا في إجراء دراسة طريق اجتنابي لمدينة تقرت على مستوى الطريق الوطني رقم 03 مروراً بالطريق الوطني رقم 01 وعلى مسافة 17 كم ، ويتطور المشروع على شريط في منطقة صحراوية ، الهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة تقنية واقتصادية من شأنها تبسيط حركة المرور وتلبية الاحتياجات الملحة لقدرة تدفق حركة المرور الإضافية التي يفرضها قرب تشعب الطريق عبر وسط المدينة ، بما في ذلك المركبات الثقيلة.

الكلمات المفتاحية طريق وطني رقم 03. طريق اجتنابي لمدينة تقرت .

طريق اجتنابي