



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Travaux Publics  
Voies et ouvrages d'art

Réf. : V10

---

Présenté et soutenu par :  
**LAOUAR Ramzi**

Le : mardi 26 juin 2018

**Etude du dédoublement de la RN 03 sud sur 08 km Du PK  
365+000 au PK 373+000 (wilaya de Biskra)**

---

## Jury :

M.	Khelifa tarek	MCB	Université de Biskra	Président
M.	Ramadna Mohamed saddek	MCA	Université de Biskra	Examineur
M.	<b>ben ammar ben khadda</b>	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2017 - 2018



## ***Introduction générale***

---

### **Remerciement**

Nous remercions le bon dieu qui nous a donné le courage et la patience jusqu'au bout nos études.

fin d'étude qu'on a l'honneur de présenté, a été exécuté a mené de Le mémoire a bien grâce a la participation exceptionnelle de notre encadrement:

Mr. BEN AMMAR Ben Khadda pour la patience Durant tout l'encadrement ainsi que mes enseignants de l'option VOA du département de GCH sans exception

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

Nos remerciements vont aussi à tous qui ont participé de près ou de loin à l'établissement de ce mémoire.

MERCI.

# *Introduction générale*

---

## NOMENCLATURE

<b>C:</b> catégorie de la route	<b>F'</b> : coefficient de frottement longitudinal
<b>CF:</b> couche de fondation	<b>Teff</b> : trafic effective à l'année horizon
<b>E:</b> environnement de la route	<b>Dmin</b> : devers minimal
<b>Imin</b> : déclivité minimale	<b>Z:</b> pourcentage de point lourds
<b>Vr:</b> vitesse de référence (de base)	<b>Dmax</b> : devers maximal
<b>IMAX:</b> déclivité maximale	<b>P:</b> coefficient d'équivalent
<b><math>\tau</math>:</b> le taux de croissance	<b>S:</b> sur largeur
<b>TN :</b> terrain naturel	<b>Q:</b> débit de point horaire
<b>R:</b> rayon de l'axe de route	<b>d:</b> distance d'arrêt
<b>SD:</b> section déblai	<b>Qset :</b> débit de saturation
<b><math>\Delta r</math>:</b> Ripage	<b>g:</b> l'accélération en m/s
<b>SR:</b> section remblai	<b>PL :</b> poids lourds
<b><math>\Delta d</math>:</b> variation de dévers	<b>p:</b> charge par roue
<b>V:</b> volume de terrassement	<b>K1 :</b> coefficient lié à l'environnement
<b>L:</b> largeur de chaussée	<b>Teq:</b> température équivalent
<b>Tn:</b> est trafic à l'année n	<b>K2:</b> coefficient de réduction de capacité
<b>Rhm:</b> rayon horizontal minimal	<b>Tpl:</b> trafic de poids lourd à l'année
<b>T0:</b> est trafic à l'arrivée pour l'origine	<b>GC:</b> grave concassé
<b>Rhn:</b> rayon horizontal normal	de mise en service
<b>TJMAh:</b> le trafic à l'année horizon	<b>GNT :</b> grave non traité
<b>Rhd:</b> rayon horizontal déversé	<b>N:</b> durée de vie
<b>TJMA0:</b> le trafic à l'année de référence	<b>GB:</b> grave bitume
<b>Rhnd:</b> rayon horizontal non déversé	<b>TJMA:</b> trafic journalier moyen annuel
<b>N:</b> nombre d'année	<b>BB:</b> béton bitumineux

## ***Introduction générale***

---

**P:** pourcentage de poids lourds

**T:** température

**ICBR:** indice CBR

**E (Mpa):** portance de sol support

Chaussée.

**CB:** couche de base

**NPL:** nombre de poids lourds

**RN:** route national

**E<sub>éq</sub>:** épaisseur équivalent

**CR:** couche de roulement

**TPLi:** classe de trafic

**RP1:** réseau principal de niveaux 1

**CBR:** Californian Bearing Ratio

**V/j:** l'unité véhicule par jour

**Sj:** classe de portance de sol visée

# ***Introduction générale***

---

## **Résumé**

La construction d'une nouvelle infrastructure routière, l'élargissement et le dédoublement des routes sont des types de travaux routiers programmés par les services compétents, à savoir le Ministère des travaux publics, les directions des travaux publics, les services techniques des communes, pour permettre le développement des réseaux routiers. Notre travail dans ce Mémoire de master comporte une étude du dédoublement de la route national 03 sud entre Biskra et el-Oued sur 7 Km,.

---

## **ملخص**

إن تركيب البنية التحتية للطريق و توسيعها إلى إتجاهين هي من بين الأشغال المبرمجة من قبل الإدارات المختصة، ومنها وزارة الأشغال العمومية ، و مديرية الأشغال العمومية ، و المصلحة التقنية للبلدية، للسماح بتطوير شبكات الطرق . عملنا في هذه الأطروحة الرئيسية دراسة ازدواجية الطريق الوطني رقم 3 جنوب بين بسكرة والوادي على مسافة 8 كم

# ***Introduction générale***

---

## ***Introduction Générale***

Le présent cours a pour but principal de définir tous les éléments et caractéristiques nécessaires à la conception géométrique des routes, Compte tenu de l'adaptation du tracé aux besoins de la circulation. L'objectif recherché par l'ingénieur chargé d'un projet de route est d'élaborer un tracé rationnel et économique, destiné à relier différents points géométriques fixés préalablement. Les études qui suivent contribueront, il faut l'espérer, à résoudre l'essentiel de cette tâche même si de substantiels compléments à tirer de la documentation technique du sujet sont encore indispensables

Jusqu'à la fin de siècle dernier, le choix d'un tracé s'inspirait avant tout de la recherche de plus court chemin, tout en limitant les déclivités à des valeurs compatibles avec la traction animale.

D'où l'importance de mon étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale RN 03 sud sur 08 km qui se situe dans la Wilaya de BISKRA.

La route nationale RN 03 sud a une importance stratégique, car elle constitue une liaison entre BISKRA et EL-Oued, c'est une route passant par des zones pastorales.

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de:

L'importance de la route existante qui doit support l'intensité du trafic actuel.

Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.

**CHAPITRE  
(I)**



**PRESENTATION DE PROJET**

**I.1.Introduction.**

**I.2. OBJECTIFS DU PROJET.**

**I.3. DESCRIPTION DU PROJET.**

**I.4. PROJET DE DEDOUBLEMENT**

**I-1-Introduction:**

Dans le cadre du développement du réseau routier national, la direction des travaux publics de la wilaya de Biskra a programmé l'étude du dédoublement de la RN3 Sud sur 56 KM du PK 327+500 au PK 383+500.

D'où, ce présent projet de fin d'études qui consiste à faire la réalisation du dédoublement d'un tronçon routier de 08 km qui se situe au PK 365+000 au PK 373+000 (wilaya de Biskra). Ce projet du dédoublement est important compte tenu du trafic cheminant, la wilaya De Biskra vers la wilaya d'El-Oued.

L'objectif visé par ce projet est de fluidifier, en premier lieu, le trafic sur cet axe en le débarrassant de toutes les entraves.

**I-2-Présentation de la route nationale 3 (RN3):**

La route nationale 3 est un axe nord- sud longueur de 2120 km entre Skikda et Djanet.

Elle débute au bord de la mer Méditerranée pour finir au cœur du désert dans le Tassili. La RN3 débute près du port de Skikda dont elle va traverser la plaine de l'oued Safsaf jusqu'à El Harrouch avant de monter jusqu'au col El kentour qui contourne le pic du même nom et qui fait partie des monts de Constantine. Elle pénètre dans la haute vallée du Smendou jusqu'à la ville de Zighoud Youcef, longe ensuite les ravins de l'oued Rhummel par une corniche spectaculaire, traverse Constantine puis l'oued Bumerzoug avant d'atteindre les hautes plaines de l'Atlas tellien en passant par la dépression de Sebkhet Ezzemoul au sud de Ain M'lila. Elle descend ensuite vers Batna en contournant les massifs des Aurès en passant entre eux et le parc national de Bellezma. Elle continue à travers l'Atlas saharien en passant les gorges d'El kantara laissant la vallée du Zab à l'ouest pour traverser les oasis des Zibans dans la région de Biskra. Ensuite elle entre dans le désert du Sahara après avoir longé le Chott Melghighe en passant par les oasis de la région de Touggourt pour traverser les dunes de Dokhara en longeant puis traversant le grand erg oriental au niveau de la région pétrolifère de Hassi Messaoud avant de bifurquer au niveau du plateau près de Bordj Omar Idriss où la route va prendre la direction de l'Est traverser le Hamada jusqu'à la région d'In Amenas pour reprendre en direction du sud vers Illizi pour atteindre le Tassili n'Ajjer et l'oasis de Djanet. De là, elle parcourt encore une soixantaine de kilomètres, d'abord en direction du sud-est puis vers le sud avant de se perdre dans le désert saharien.

### **I-3-Présentation générale de la wilaya de Biskra:**

#### **I-3-1-Situation géographique:**

La wilaya de Biskra est localisée au sud-est algérien entre la région des Aurès et les Zibans et s'étend sur une superficie de près de 21671,20 km<sup>2</sup>. Elle est délimitée :

- Au nord par la wilaya de Batna.
- A l'est par la wilaya de khenchela.
- au nord-ouest par la Msilaà
- l'ouest par la wilaya de Djelfa.
- au sud-est par la wilaya d'El Oud.
- au sud par la wilaya d'Ouargla.

#### **I-3-2- Géologie :**

La wilaya de Biskra est située dans une zone stable tectoniquement .On distingue 3 régions :

- Le plateau de l'oues situe à l'Est.
- Les vallées d'Oued djeddi et Oued sidi zarzoure.
- Le grand Sahara.

#### **I-3-3- La lithologie se compose :**

- Les chotts.
- Les regs et terrasses.
- Les calcaires dolomitiques.
- Les marnes et argiles.

#### **I-3-4- Hydrographie :**

Malgré leur nombre très élevé, les oueds de la région sont peu importants. Les oueds plus importants sont: oued foir, oued assal, oued ltel, oued sidi zarzour, Oued el hai et oued djeddi. Ce dernier est parmi les plus grands oueds en algerie de point de vie lineaire.

#### **I-3-5- Climatologie :**

La wilaya de Biskra se caractérise par un climat saharien: pluviomètre réduite, température élevée, très forte évaporation et des vents de sables.

**I-3-6- Température :**

Les températures maximales dépassent souvent les 34°C à l'ombre en été et descendent parfois au-dessous de 11°C en hiver. L'écart thermique entre le jour et la nuit est très important.

**I-3-7- Sismicité :**

Selon le RPA 99, la région de Biskra se trouve dans la zone I, de sismicité faible. Les terrains du tracé du dédoublement sont classés dans la catégorie des sites meubles.

**I-3-8- Population :**

La population totale de la wilaya est estimée à 775 797 habitants (2010), soit une densité moyenne de 36 habitants par Km<sup>2</sup>.

**I-4- Réseau routier à Biskra :**

Les problèmes posés par la qualité du réseau routier de la wilaya de Biskra sont à présent saisis dans leur vraie dimension par les autorités locales, principalement la direction des travaux publics.

L'état de dégradation de certains tronçon, en se greffant à la densité de la circulation enregistré en cours des quatre dernières années met en danger des vies humaines, contribue à la dégradation de l'état du véhicule et cause d'énormes retards l'acheminement des marchandises et le transport du voyageur.

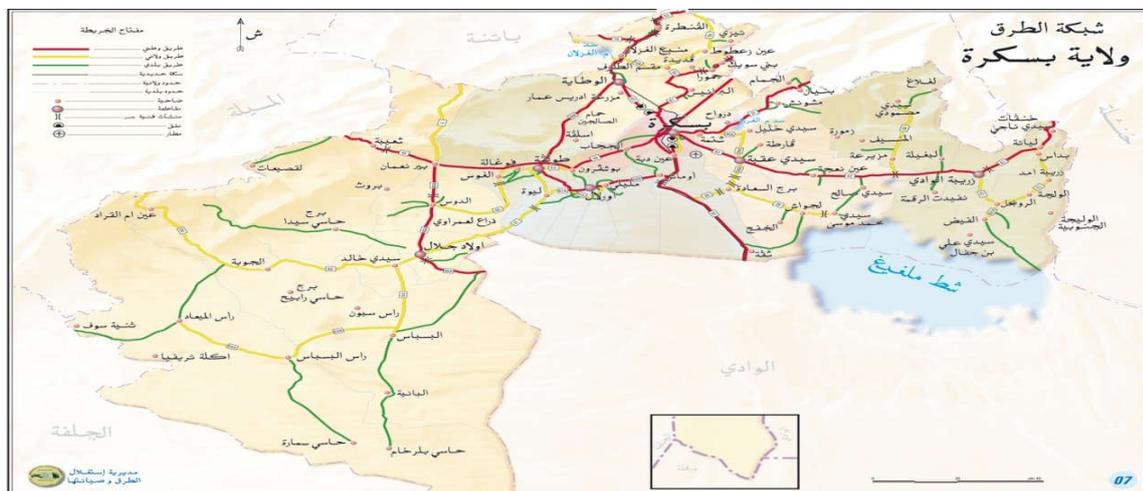


Figure1-1 Réseau routier de la wilaya Biskra

**I-5-Présentation de l'étude:**

Dans le cadre du projet du fin d'études, la DTP de Biskra nous a confié l'étude de dédoublement de la RN3 Sud sur 08 Km qui se situe du PK 365+000 au PK 373+000.

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un programme de développement de voies express à 2x2 voies pour la ville de Biskra tels que le dédoublement de la RN3 Sud, relie la Wilaya de Biskra et celle d'El-oued sur une longueur totale d'environ 56 km (partie Biskra). La RN3 située en milieu plus ou moins urbain caractérisée par ses nombreux carrefours annexes qui enregistrent des points de conflits très importants a eu une augmentation rapide du trafic, causant des problèmes de circulation que ce soit au niveau de la RN3 ou au niveau de ses carrefours. Notre étude consiste à régler les problèmes de circulation au niveau du RN3 par un dédoublement de la voie existante, ainsi que l'aménagement de ses carrefours.



Figure1-2 plan synoptique de la RN03 sud

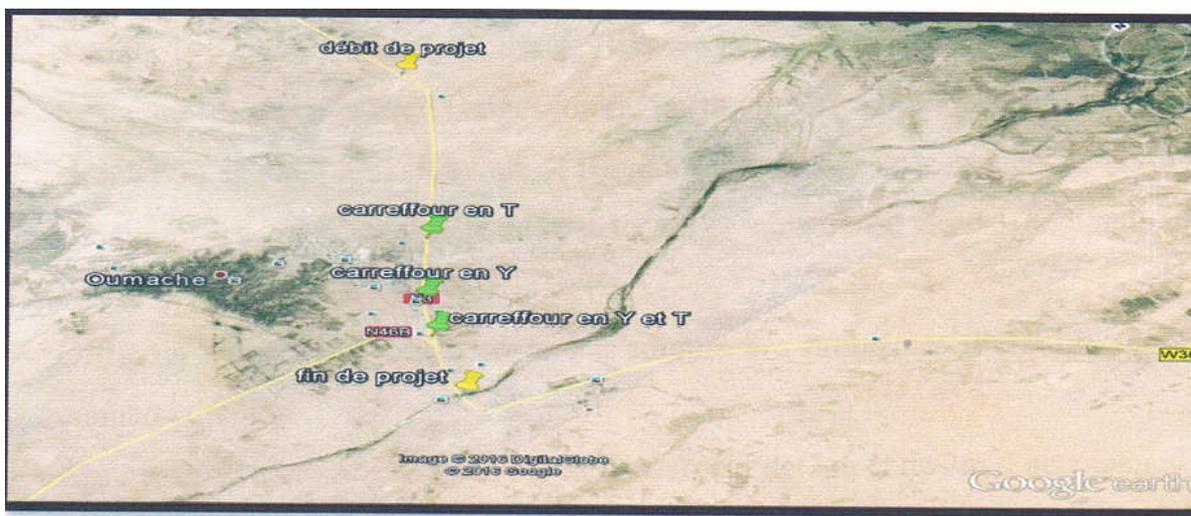


Figure1-3 situation du projet

**I-6-Etat actuel de la RN3 sud:**

La largeur de la chaussée est de 7 m et atteint parfois 8.5 m de largeur au niveau de certains virages, avec des accotements variantes entre 1 à 2 m. Le couloir réservé au dédoublement de la RN3 s'installe sur un terrain plat à légèrement vallonné, accompagné par des alignements d'arbres sur l'un ou les deux bords de chaussée existante. Les terrains traversés sont dans leurs majorités à vocation agricole. Cette section de la RN3 est bordée par plusieurs constructions à usage d'habitation ou commercial tout au long de l'itinéraire, ce que lui confère le statut d'une route suburbaine.



Figure1-4 profile actuel de la chaussée existante

**I-7-Objectifs du projet:**

Les objectifs de l'étude du dédoublement de la route nationale (RN3) sont les suivants:

- Assurer le raccordement de la vie de Biskra à la ville d'El-Oued.
- Résoudre les problèmes de congestion du trafic routier, en assurant la fluidité de la circulation, la régularité du temps de parcours et la sécurité des usagers de la route.
- Améliorer les conditions de la déserte locale et le cadre de vie des habitants toute en préservant l'environnement.
- Offrir un axe routier, conçu en tenant compte des problèmes d'ensablement que connaît la région.
- Assurer une chaussée unidirectionnelle de largeur de 7m et de 2m d'accotement.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur

# CHAPITRE

## (II)



## ETUDE DE TRAFIC

- II. 1. Étude de trafic d'un projet routier.**
- II. 2. Vocabulaire à connaître.**
- II. 3. Mode de réalisation d'une étude de trafic routier.**
- II. 4. Application au projet.**
- II.5. Vitesse de base et catégorie.**
- II. 6. Détermination de nombre des voies.**

**II. Etude de trafic****II. 1. Étude de trafic d'un projet routier:**

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale, à travers les coûts et les avantages sociaux des aménagements réalisés.

Les déplacements représentent une dimension de l'organisation sociale et du rapport entre l'homme et ses espaces de vie.

L'étude de trafic consiste une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement d'une infrastructure de transport.

Il est donc nécessaire de prendre une démarche systématique qui vise la connaissance des données des trafics.

Celle-ci commence par un recensement de l'état existant permettant:

- ✓ de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure.
- ✓ de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement des flux (avec leurs conséquences sur les activités humaines).

Cette étude a un impacte direct sur les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des corps de chaussées.

L'étude de trafic permet au concepteur de prendre des décisions sur la conception en générale telles que:

- nécessité ou non d'une déviation d'agglomération ;
- choix du tracé par rapport aux zones bâties ;
- position des échangeurs et des giratoires ;
- géométrie des carrefours ;
- dimensionnement des chaussées en fonction des trafics des poids lourds cumulés.

**II. 2.Vocabulaire à connaître :**

Dans Ce domaine de l'étude, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés:

**Trafic de transit:** origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation) ;

**Trafic d'échange :** origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange) ;

**Trafic local:** trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée;

### **II. 3. Mode de réalisation d'une étude de trafic routier :**

#### **II.3.a) La définition du réseau :**

Le réseau étudié est constitué de l'ensemble des tronçons de route existants ou projetés pour lesquels les solutions envisagées, en termes de trafic, dans le cadre du projet sont susceptibles d'être réalisées.

On procède à l'inventaire des flux de trafic concernés, directement ou indirectement, et tout itinéraire susceptible d'être emprunté par l'un d'eux, fera partie du réseau.

#### **II.3.b) Le découpage :**

On procède au découpage géographique en zones. Ces zones correspondent à des flux de déplacement. Une zone géographique correspond à un ensemble générateur ou récepteur de trafic homogène.

Plus on s'éloigne du projet, plus les zones seront étendues. Pour les zones extérieures à l'aire d'étude, on pourra, en général, les regrouper par entrées et sorties. Le découpage tiendra compte des spécificités des générateurs ponctuels de trafic (écoles, zones industrielles, centres commerciaux ...).

Les zones sont aussi identifiées pour leur rôle principal (habitat, activités économiques, commerciales, centre-ville ...)

#### **II.3.c) Les caractéristiques du réseau :**

Tous les éléments composants le réseau et la zone d'étude sont relevés: les caractéristiques des voies concernées, la visibilité sur chaque tronçon, les caractéristiques du profil en long, les limitations de vitesse et les carrefours avec leur régime de priorité.

**II. 3. d. La mesure des trafics :**

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

- comptages manuels
- comptages automatiques

Ces deux types permettent de mesurer le trafic sur un tronçon. En ce qui concerne les compteurs automatiques, les dispositifs ont maintenant la capacité de discriminer véhicules légers et poids lourds.

- les enquêtes de type cordon. Elle permet de distinguer les trafics de transit des trafics locaux, et les origines et destinations de chaque flux.
- les enquêtes qualitatives. Elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport au réseau, les raisons de son déplacement ....

**II. 3. e. L'analyse des trafics existants :**

Une fois les trafics sont connus, on étudiera pour chaque tronçon les conséquences de l'augmentation de trafic sur les débits et sur les durées de parcours.

Les conséquences de solution d'aménagement sont aussi évaluées, qu'il s'agisse de nouvelles infrastructures ou de développement de zones urbaines ou d'activités.

La difficulté réside dans la projection des trafics à l'échelle de 5, 10, 15 ans ou plus. En effet, l'augmentation prévue est basée sur le modèle de développement actuel: prédominance des transports individuels pour les agglomérations de taille moyenne en milieu rural et prédominance du transport des marchandises par poids lourds.

Il est donc important d'apprécier au stade de l'analyse des trafics existants, les facteurs d'influence et la marge de développement possible à l'intérieur de la zone étudiée. Il est aussi important de prendre en compte des facteurs externes pouvant affecter cette évolution (construction d'une autoroute, d'une ligne de chemin de fer à grande vitesse ...).

**II. 3. f. La détermination des conditions de circulation :**

D'autres facteurs sont à prendre en compte lors de l'étude de circulation.

En effet la répartition des trafics sur différents itinéraires dépend des conditions de circulation. Cet aspect se traduit pour l'utilisateur en termes de confort (fluidité de circulation, sécurité ...) et en termes économiques (temps de parcours, consommation ...). Il se traduit

aussi pour la collectivité en termes économiques (coût des accidents, consommation, pollution, temps perdu ...).

L'utilisateur prend en compte trois éléments: la durée du trajet, la liberté de circulation, la sécurité.

La durée du trajet est un élément essentiel pour l'utilisateur, ainsi elle doit être mesurée pour chaque circuit possible. La régularité de ces durées doit aussi être mesurée (elle a aussi une incidence sur le comportement de l'utilisateur).

La liberté de circulation s'apprécie par l'évaluation du temps passé en peloton (véhicules passés en file l'un derrière l'autre). On distingue alors plusieurs seuils:

- le seuil de gêne notable (50 % du temps passé en peloton)
- le seuil de circulation dense (65% du temps passé en peloton)
- le seuil de risque de congestion (80 % du temps passé en peloton) des risques de congestion apparaissent.

### II. 4. Application au projet :

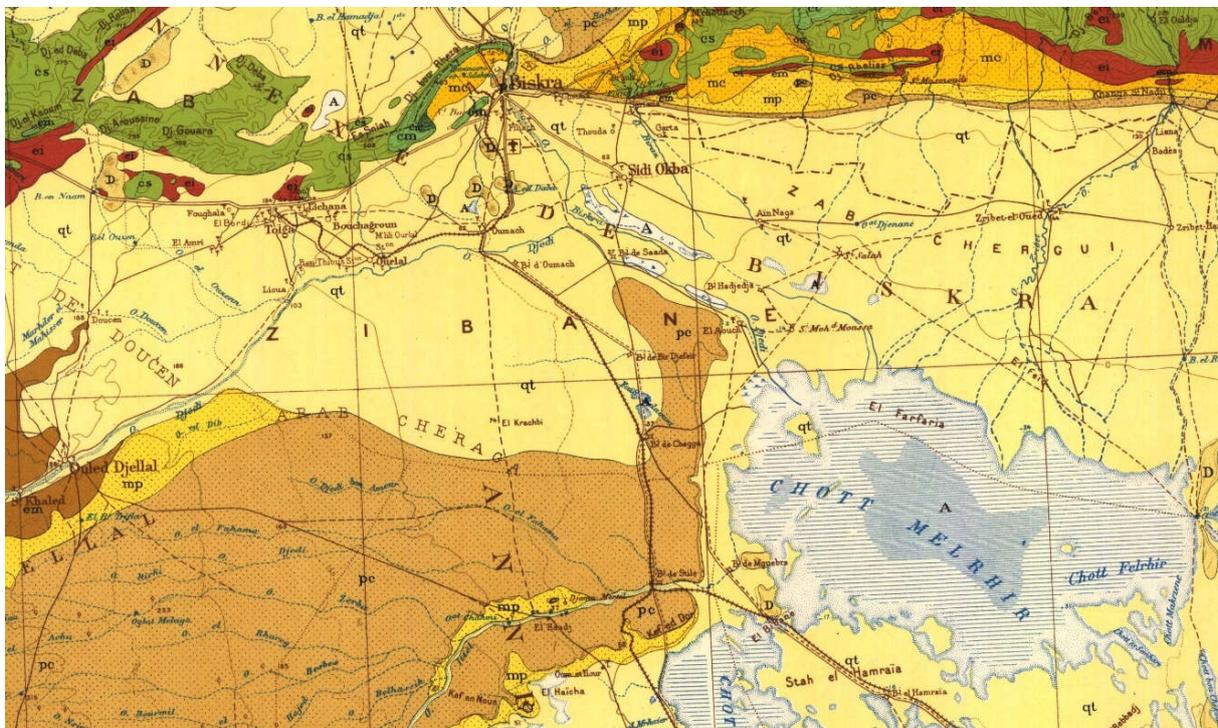


Figure. II. 1 : Schémas du trafic

**II. 5. Vitesse de base et catégorie :**

☑ Catégorie C1 par ce que notre projet est liaisons RN 3 donc on choisi la grande catégorie.

☑ 
$$\left\{ \begin{array}{l} 1.5\% \geq \frac{h}{L} \leq 4\% \text{ terrain vallonné} \\ V_B = \frac{80km}{h} R \geq 200m \rightarrow 0.1 \geq \sigma \leq 0.3 \text{ sinuosité moyane} \end{array} \right. \dots \text{ Environneme}$$
  
nt  $E_1$

“Voir B40 chapitre I page 2”.

- Selon les résultats des comptages et de prévisions, nous avons:
- $TJMA_{2005} = 4471V/J$
- Année de mise en service : 2019
- Le pourcentage des poids lourds:  $Z = 32\%$ .
- Taux de croissance annuelle de trafic:  $\tau = 4\%$ .
- La durée de vie: 20ans

**II.5.a) Coefficient d'équivalence "p":**

**P:** coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route. Le tableau si dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Environnement	$E_1$	$E_2$	$E_3$
Routes à bonnes caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Routes étroites ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

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

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 \\ \text{Route à bonne caractéristique} \end{array} \right. \text{ --- } \rightarrow P=3$$

**II.5.b) Coefficient "k<sub>1</sub>" & "k<sub>2</sub>":**

**k<sub>1</sub>:** coefficient dépendant de l'environnement, prend la valeur

$E_1 \text{ -----} \rightarrow K_1 = 0.75$

$k_2$ : coefficient réducteur de capacité traduisant la différence entre caractéristiques réelles et idéales de circulation (voir tableau).

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
<b>E<sub>1</sub> : facile</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>E<sub>2</sub> : moyen</b>	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
<b>E<sub>3</sub> : difficile</b>	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

Tab .II. 2: Coefficient « K<sub>2</sub> »

$$\diamond \begin{cases} E_2 \\ C_1 \end{cases} \text{ --- } \rightarrow K_2=0.99$$

## II. 6. Détermination de nombre des voies :

### II.6.a) Calcul du trafic:

➤ **Trafic de l'année mise en service (2018) :**

➤  $TJMA(2018) = (1 + \tau)^{13} \times TJMA(2005)$   
 ▪  $= (1 + 0.04)^{13} \times 4471 \text{véh/j}$   
 ▪  $= 7444 \text{ V /J}$

➤ **Trafic à l'année horizon (2038):**

➤  $TJMA(2038) = (1 + \tau)^{20} \times TJMA(2018)$   
 ▪  $= (1 + 0.04)^{20} \times TJMA(2018)$   
 ▪  $= 16310 \text{ v/j}$

➤ **Trafic effectif à l'année mise en service:**

➤  $T_{\text{eff}} = [(1-Z) + PZ] \times TJMA_{2018}$   
 ➤  $= 7444 \times ((1-0.33) + 3 \times 0.33) = 12357 \text{ uvp/j}$

➤ **Trafic effectif à l'année horizon:**

➤  $T_{\text{eff}} = [(1-Z) + PZ] \times TJMA_{2038}$   
 ➤  $= [(1-0.33) + 3 \times 0.33] \times 16310 = 27075 \text{ uvp/j}$

➤ **Débit de pointe horaire :**

➤  $Q = 1/n \times T_{\text{eff}}$  avec  $(1/n) = 0.12$

➤ **Année mise en service :**

➤  $Q = (0.12) \times T_{\text{eff}2018}$   
 ➤  $= 0.12 \times 12357$   
 ➤  $= 1483 \text{ uvp/h}$

❖ **Année horizon :**

$$Q = (0.12) \times T_{\text{eff}2038}$$

$$= 0.12 \times 27075$$

$$= 3249 \text{ uvp/h}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que la route peut supporter, c'est le débit admissible.

**II.6.b) Nombre de voies:**

❖  $E_1 \text{ -----} \rightarrow K_1=0.75$

❖  $\begin{cases} E_1 \\ C_1 \end{cases} \text{ -- --} \rightarrow K_2=1$

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

$$\Rightarrow C_{\text{th}} = Q / (K_1 \times K_2)$$

$$C_{\text{th}} \geq 1800 / (0.75 \times 1)$$

$$\geq 1350 \text{ uvp/h}$$

✓ **On choisi une chaussée bidirectionnelle :**

Pour la capacité théorique pour des conditions normales de trafic on a opté à une chaussée bidirectionnelle dont les caractéristiques géométriques sont les suivantes:

✓ Route à 2 voies de 3.50m : 1500 à 2000 uvp/h

✓ **On choisi une chaussée unidirectionnelle :**

Débit admissible par voie =  $k_1.k_2.c_0$  avec  $c_0 = 1500$  à  $1800$  uvp/h

On a opté pour un profil à deux chaussées dans ce cas il ya lieu de calculer le nombre de voie tenant compte du coefficient de dissymétrie 2/3 et capacité de saturation maximale d'une voie prise égale 1350 uvp h.

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{3249}{1350} = 1.60 \approx 2$$

Le nombre de voie à retenir par sens est donc de 2 soit un profil en travers de 2X2 voies et des accotements 1.50 m, la largeur de terre plein central est à définir suivant le cas, prise en général à 2 m.

- ❖ Largeur de chaque voie **4 m.**
- ❖ Largeur d'accotement égal **2.0 m.**

**II.6.c) Année de saturation :**

- ✓ Capacité maximale d'une voie prise égale 1800 uvp h.
- ✓ Capacité admissible/sens  $C_{\text{th}} = 1800 \times 2 = 3600 \text{ UVP/h/sens.}$

✓  $Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} = 1800 \times 0.75 \times 1 = 1350$  UVP/h/sens.

✓ **Débit de pointe horaire de l'année mise en service par sens :**

$$Q_{adm} = (1+\tau)^n \times Q_{2011} \implies n = \frac{\ln \frac{Q_{saturation}}{Q_{2018}}}{\ln(1+\tau)}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} = 4 \times 1350 = 5400 \text{ uvp /h}$$

$$Q_{2018} = 1/n \times T_{eff2018} = 0.12 \times 12357 = 1483 \text{ uvp /h}$$

$$n = \frac{\ln \frac{5400}{1483}}{\ln(1+0.04)} = 32.95 \approx \mathbf{33 \text{ ans.}}$$

L'année de saturation est 2051

# CHAPITRE (III)



## TRACE EN PLAN

- III. 1. Les études de trace.**
- III. 2. Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes**
- III. 3. L'esprit de la conception géométrique routière.**
- III. 4. Paramètres fondamentaux du projet routier.**
- III. 5. exemple de calcul d'axe**

### **III. 1. Les études de tracé :**

Différentes considérations à prendre en compte:

Toujours, L'élaboration du tracé s'appuiera sur la norme de B40 et de la topographie (données recueillies au cours des études d'environnement sous forme de contraintes). Puis le trafic, l'économie.

Toutes ces considérations sont à prendre en compte dès le début de l'étude, ce qui conduit à travailler par approches successives.

De ces éléments se dégagent 5 aspects essentiels:

#### **III. 1. a) L'aspect Génie civil ou art du volume :**

C'est l'intégration dans le milieu naturel d'un volume artificiel (la route). L'art consiste à réaliser des ouvrages équilibrés stables et dont la pérennité ne saurait être menacée par les éléments extérieurs ou les forces internes.

#### **III. 1. b) L'aspect fonctionnel ou art de la surface :**

L'art consiste à réaliser des ouvrages dont les caractéristiques géométriques et l'état de la surface assureront l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de confort et de sécurité pour les personnes et les biens transportés.

#### **III. 1. c) L'aspect économique ou art du compromis :**

L'art consiste à rechercher le projet ayant les caractéristiques les plus larges possibles en grevant le moins le coût - et en veillant à ce que la solution technique ne soit pas sacrifiée à la recherche absolue du moins coûteux.

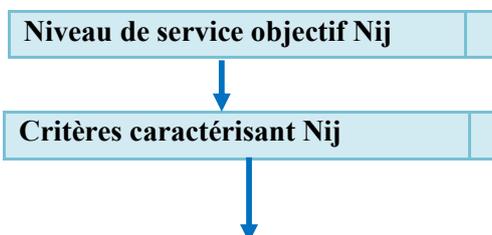
#### **III. 1. c) L'aspect environnement ou art de l'ouverture :**

En plus de l'utilisateur, le riverain est pris en considération. L'art consiste à prendre en compte l'impact de l'infrastructure sur l'aménagement régional, le respect du cadre de vie, l'intégration au paysage.

#### **III. 1. d) L'aspect politique ou art du réalisme :**

L'art consiste à exposer les avantages et les inconvénients des différentes solutions pour aider le décideur dans son choix. Le réalisme repose sur la nécessité de bien signaler les inconvénients les plus graves.

III. 2 Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes :



choix des paramètres fondamentaux permettant de satisfaire aux 7 critères						
<b>Comportement de l'usager</b>	Géométrie	dynamique véhicules	dévers min	Débit de pointe		
◆ <b>Conditions de visibilité</b>	des					Calcul économique
◆ <b>Temps de réaction</b>	véhicules	◆ Coefficient frottement.	dévers max			
◆ <b>fraction de g</b>		◆ Accélération & décélération.				Vitesse de Référence

Tab .III. 1. Les principaux paramètres de conception géométrique des routes

**III.2.a) Distance d'arrêt :**

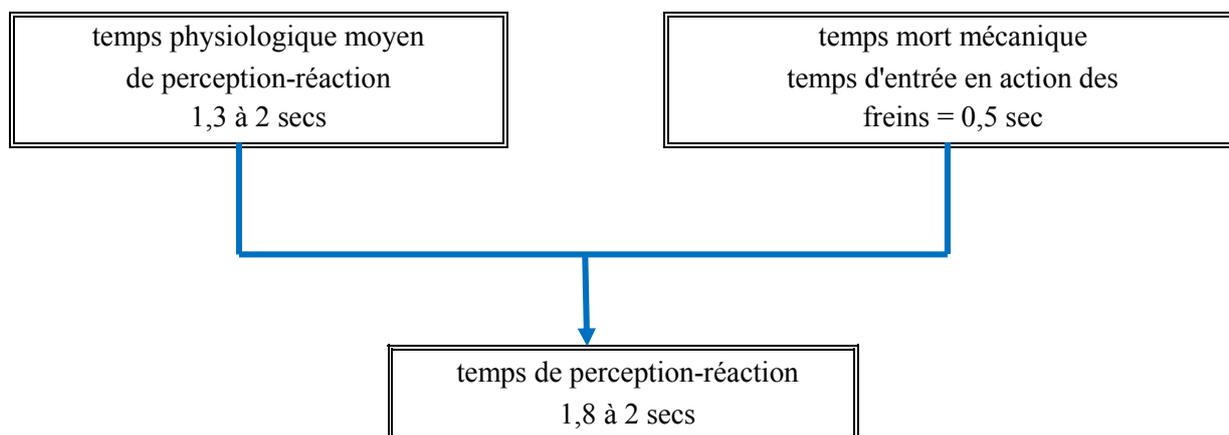
La distance d'arrêt d'un véhicule est la distance conventionnelle théorique nécessaire à un véhicule pour s'arrêter compte tenu de sa vitesse.

Cette distance est en réalité le cumul de la distance de freinage, distance conventionnelle nécessaire à un véhicule pour passer de sa vitesse initiale à la vitesse nulle,

Et de la distance de perception-réaction, distance parcourue par un véhicule à vitesse constante pendant le temps de perception-réaction du conducteur.

### III.2.b) Distance de perception-réaction :

- Je vois un obstacle.
- J'appuis sur la pédale de frein 1,3 à 1,5 sec plus tard.



### III.2.c) Facteurs influant sur la distance de perception-réaction :

- Les facteurs influant sur la distance de perception réaction sont entre autres:
- l'alcool, qui agit directement sur le cerveau, rétrécit le champ visuel, et altère la perception latérale des objets, comme le relief, la profondeur et les distances ;
- les drogues,
- la fatigue,
- Toute activité susceptible de réduire l'attention du conducteur (téléphone portable, écoute radio, soucis passagers, etc.).

## III. 3. L'esprit de la conception géométrique routière :

### III.3.a) Tracé en plan d'une route :

#### III.3.a.i) Définitions :

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

#### III.3.a.ii) Le tracé en plan comporte :

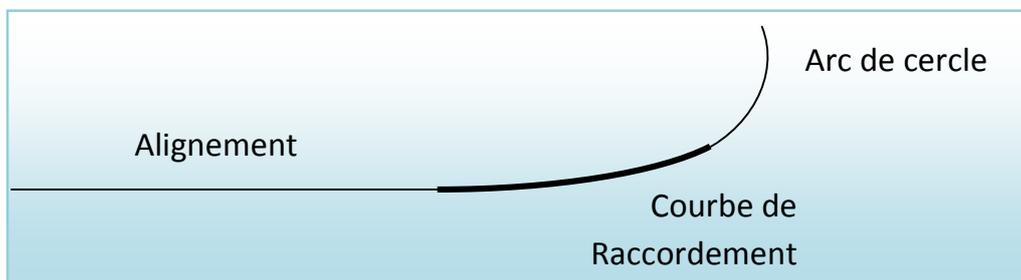
Des alignements droits - des arcs de cercle - des arcs de courbe à courbure progressive : essentiellement des arcs de clothoïde.

➤ **Les alignements droits :**

Les alignements droits sont, en premier, définis par la disposition générale du tracé et serviront généralement de bases à la détermination des autres éléments (cercles, clothoïdes).

ILS serviront éventuellement de raccordement entre 2 cercles. Pour des raisons de sécurité, et en particulier éviter la monotonie source d'accidents et l'éblouissement par les phares la nuit, il est recommandé d'alterner alignements droits et courbes circulaires : 40 à 60 % d'alignements droits, et on limite à 30 % les courbes à courbure progressive telles que les clothoïdes. Bien entendu les contraintes du projet peuvent de fait contraindre à des ratios différents.

- La longueur minimum=celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps  $t=5$  d'adaptation.  $L_{\min}=5'' \times v$  (m) soit  $L_{\min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$   $V_B$  : Km/h.
- La longueur maximum = celle qui correspond à un chemin parcouru pendant 1 minute à la vitesse  $v$ .  $L_{\max}=60'' \times v$  (m) soit  $L_{\max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$   $V_B$  : Km/h.



❖ **Les arcs de cercle :**

Ils peuvent correspondre d'emblée à une certaine portion du tracé. Ils servent également éventuellement en association avec des arcs de clothoïde à relier deux alignements droits.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

Stabilité des véhicules en courbe.

Visibilité en courbe.

- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

❖ **Stabilité en courbe :**

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge. Afin réduire de cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules

Le rayon des cercles se trouvera ainsi déterminé par la relation précédente, ainsi :

- Aux points singuliers le dévers prend sa valeur maximale absolue on peut y circuler à la vitesse  $V_B$ . Le rayon du cercle est **le rayon minimal absolu RHm**.

- $R \geq \frac{V_B^2}{127(f_t + d_{max})}$       **Pour  $g = 10 \text{ m/s}^2$**

- Le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée

$$R_{min} = \frac{V_B^2}{127(f_t + d_{max})} \quad \text{Pour } g = 10 \text{ m/s}^2$$

- Pour l'ensemble du tracé en dehors des zones correspondant aux points singuliers, le dévers ne peut atteindre que sa valeur normale, on peut y circuler à la vitesse  $V = V_B + 20$ . Le rayon du cercle est **le rayon minimal normal RHn**.

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

- Pour assurer l'évacuation rapide de l'eau de la surface de la chaussée le dévers de la chaussée est au minimum de 2,5 % (béton bitumineux) ou 2% (béton hydraulique). Le rayon des cercles où ce dévers doit exister doit être au moins égal au **"rayon; au dévers minimal" RHd**.

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

- Si de plus la chaussée, est "non déversée" (dévers inverse de celui nécessité par l'effet des forces centrifuges considérées dans ce cas comme négligeables dans le cas des chaussées situées côté extérieur de la courbe de façon à évacuer les eaux directement à l'extérieur de la plateforme), le rayon du cercle doit être au moins égal au **rayon "non déversé" RHnd**.

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

- **Les arcs de clothoïde :**

- **Rôles et nécessités de la courbe de raccordement:**

- Assurer la stabilité transversale des véhicules ;
- Assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et en particulier dans les zones de variations de devers (condition de gauchissement) ;
- Assurer le confort des usagers ;
- Tracé souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

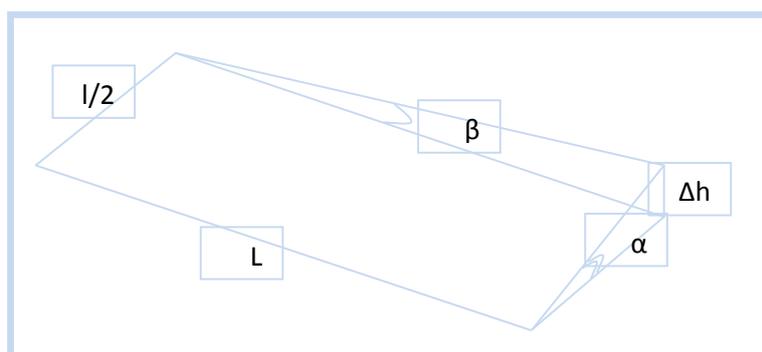
- Leurs domaines d'utilisation sont les suivants :
- Ils peuvent constituer d'emblée une partie du tracé.
- Ils servent de raccordement entre deux alignements droits entre deux cercles, entre cercle et alignements droits,
- Ils sont utilisés pour toutes les zones où le dévers doit varier.
  - La clothoïde est définie par une seule donnée:
    1. Soit sa longueur  $L=A^2/R$ .
    2. Soit son paramètre A.

Le choix d'une clothoïde doit respecter les conditions suivantes:

1. **Condition optique :** la clothoïde doit aider à la lisibilité de la route en annonçant doit être  $\geq 3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.
2. **Condition de confort dynamique :** la condition consiste à limiter pendant le temps de parcours  $\Delta t$  du raccordement, la variation par unité de temps, de l'accélération transversale.
3. **Condition de gauchissement :** La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte.

$$\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$$



NOUS AVONS:  $L \geq l \cdot \Delta p \cdot V_B$  /l: largeur de chaussée

### III.3.b) Raccordement entre éléments de tracés :

#### III.3.b.i) Raccordement entre alignements droits :

Les alignements droits sont raccordés entre eux par des arcs de cercle, éventuellement associés à des arcs de clothoïde, ou par des arcs de clothoïde seuls.

---

Le rayon de courbure de l'arc de clothoïde variant avec la longueur d'arc décrit, il peut diminuer jusqu'à atteindre des valeurs nécessitant une variation de dévers: la longueur d'arc de clothoïde doit alors être telle que la variation de dévers ne varie pas plus de 2% par seconde (si on décrit l'arc à la vitesse de référence).

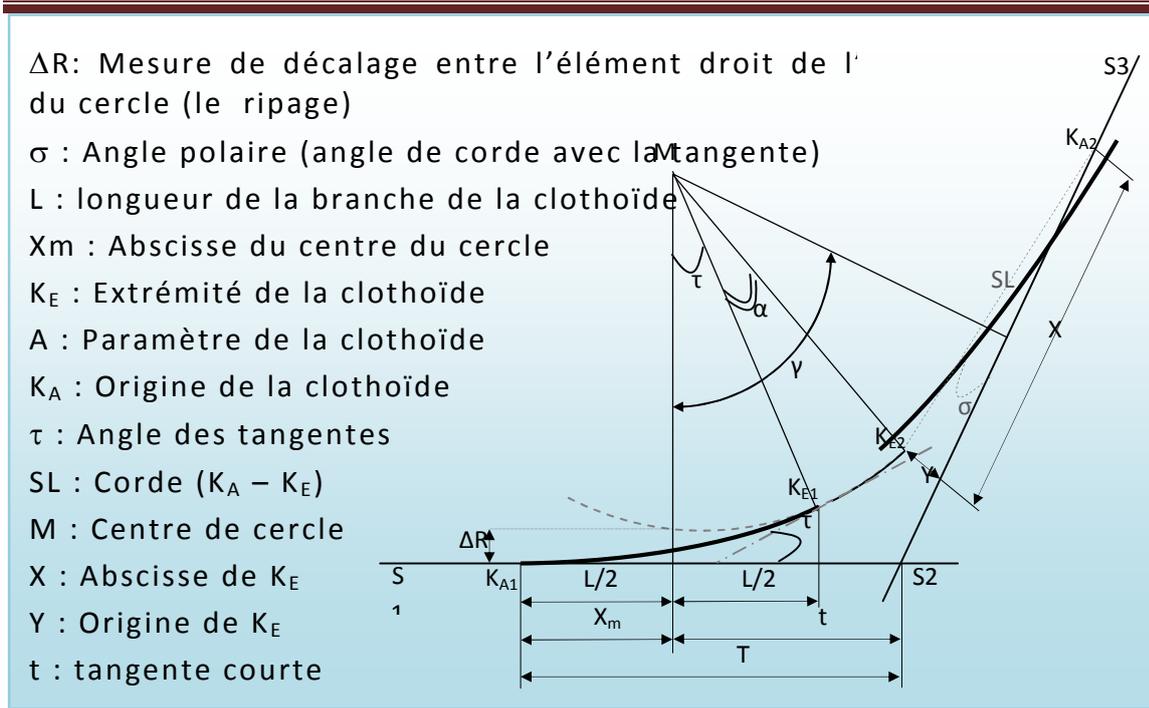
### **III.3.b.ii) Raccordement entre cercle et alignement droit :**

Tous les cercles de rayon inférieur à  $R_{Hnd}$  (correspondant aux chaussées "non déversées") sont munis d'arcs de courbe à courbure progressive (clothoïdes) qui font la transition entre arc de cercle à rayon de courbure fini et alignement droit à rayon de courbure infini (confort, dynamique et optique).

La longueur  $L$  minimale du raccordement progressif doit permettre une variation de dévers de 2% par seconde: elle dépend à la fois de la vitesse de référence et du rayon du cercle. Tous les cercles de rayon égal ou supérieur à  $R_{Hnd}$  peuvent être raccordés directement à un alignement droit s'il n'entraîne pas de variation de dévers.

### **III.3.c) Aménagements-particuliers du tracé en plan :**

- On distinguera :
  - Les aménagements pour raison de visibilité,
  - Les créneaux de dépassements,
  - Les élargissements pour les véhicules lents en rampe.



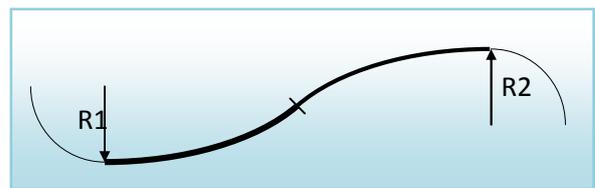
Figuer.III. 1. Les éléments de la clothoïde

**III.3.d) Combinaison des éléments de trace en plan :**

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

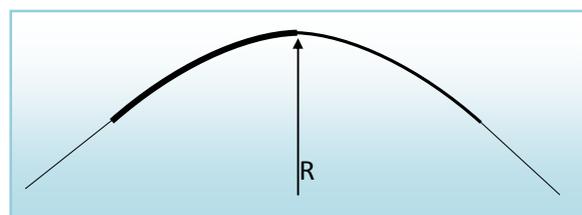
**III.3.d.i) Courbe en S :**

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



**III.3.d.ii) Courbe à sommet :**

Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de



même courbure et raccordant deux alignements.

### III.4. Paramètres fondamentaux du projet routier :

Projet s'agit d'une route de catégorie C1, dans un environnement E2, avec une vitesse de base  $V_B = 60$  km/h.

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

#### Indépendants de l'environnement:

Paramètres		Catégorie	C1
Manque : œil	$h_0$		1.1m
Obstacle	$h_1$		0.15m
Obstacle	$h_2$		1.2m
2. Profil en travers			2×2 voies
3. Dévers	Minimal $d_{min}$		2.5%
	Maximal $d_{max}$		7%
	Normal $d_{RHn}$		5%

Tab .III. 2: Paramètres fondamentaux Indépendants de l'environnement

#### Dépendants de l'environnement et/ou de la vitesse de base:

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
------------	----------	---------	--------

Vitesse	V	60	km/h
Longueur minimale	Lmin	84	m
Longueur maximale	Lmax	1000	m
Frottement longitudinal	$f_L$	0.42	
Frottement transversal	$f_t$	0.16	
Temps de réaction	$t(s_1)$	2	s
Distance de freinage	d0	34	m
Distance d'arrêt	d1	67	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	dm	240	m
Distance de visibilité de dépassement normale	dN	360	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	dMd	120	m
RHm	RHm	125 (7 %)	m
RHN	RHN	250 (5 %)	m
RHd	RHd	550(2.5 %)	m
RHnd	RHnd	800(-2.5 %)	m

Tab .III. 3: Paramètres fondamentaux Dépendants de l'environnement

### III.5. 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  $\gamma$  entre alignements.
- ✓ Calcul de la tangente T.
- ✓ Calcul de la corde SL.
- ✓ Calcul de l'angle polaire  $\sigma$ .
- ✓ Vérification de non chevauchement
- ✓ Calcul de l'arc de cercle
- ✓ Calcul des coordonnées des points singuliers
- ✓ Calcul de kilométrage des points particuliers

#### III.5.a) EXEMPLE DE CALCULLE

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:

S2

S2 x = 19574.6081 , y = 40003.1989

S3 x = 19170.6877 , y = 40180.4307

S4 x = 19017.4385 , y = 40362.6014

Rayon R = 200m et VB = 80 km/h

KE3

III.5.b) Caractéristiques de la courbe de raccordement

S3

III .5.b.i) Détermination de L :

KA4

a) Condition de confort optique :

S4

$$R \leq 1400m \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

On prend  $\Delta R = 0.6m$

$$\text{Donc } L \geq \sqrt{24 \times 200 \times 0.6} = 53.67 \text{ m} \quad (1)$$

b) Condition de confort dynamique+ gauchissement :

$$RHM \leq R \leq RHN$$

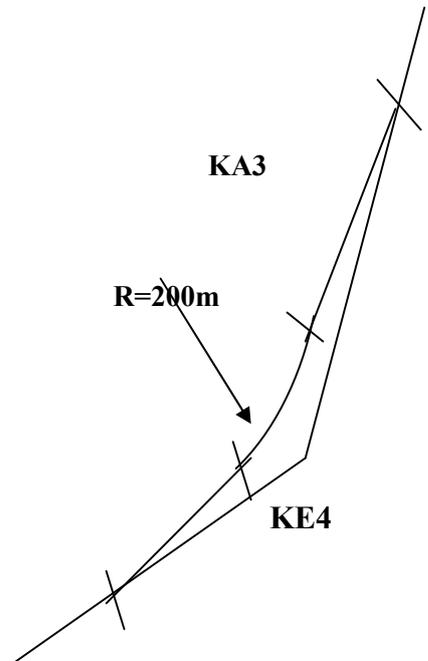
$$\Delta d = d - (-2.5)$$

$$d = 5.5 \%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 5.5 - (-2.5) = 8 \%$$

$$L \geq \left(\frac{5}{36}\right) \cdot \Delta d \cdot V_B \Rightarrow L \geq \left(\frac{5}{36}\right) \times (8) \times 80 = 66.67 \text{ m} \dots \dots \dots 2$$

De 1, 2 on aura:  $L \geq 66.67$ .



On choisit  $L=67\text{m}$

**III .5.b.ii) Calcul du paramètre A**

On sait que  $A^2 = L.R$

$$\Rightarrow A = \sqrt{L.R} = 115.75 \text{ m}$$

On prend :  $A = 115.75 \text{ m}$       donc     $L = 67\text{m}$ .

La condition  $\frac{R}{3} \leq A \leq R$  elle est vérifiée, ( $66.67 \leq 116 \leq 200$ ).

**III .5.b.iii) Calcul de  $\Delta R$**

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{67.28^2}{24 \times 200} = 0.935 \text{ m}$$

**III .5.b.iv) Calcul des Gisements :**

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

$$\left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = [X_{s3} - X_{s2}] = |19170.6877 - 19574.6081| = 403.92904 \text{ m.} \\ |\Delta Y| = [Y_{s3} - Y_{s2}] = |4018.4307 - 40003.1989| = 177.2318 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$G_{S2}^{S3} = 300 + \arctg\left(\frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|}\right) \Rightarrow G_{S2}^{S3} = 300 + \arctg\left(\frac{|177.2318|}{|-403.92904|}\right)$$

$$G_{S2}^{S3} = 326.336 \text{ gr}$$

$$G_{S3}^{S4} = 355.453 \text{ gr}$$

**III .5.b.v) Calcul de l'angle  $\gamma$  :**

$$\gamma = |G_{S3}^{S4} - G_{S2}^{S3}| = 29.12 \text{ gr}$$

**III .5.b.vi) Calcul de l'angle  $\tau$  :**

$$\tau = \frac{L}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{67}{2.200} \times \frac{200}{\pi} = 10.67 \text{ gr}$$

**III .5.b.vii) Vérification de non chevauchement :**

$$2.\tau = 21.34 \text{ gr.}$$

$$2.\tau \leq \gamma \Rightarrow \text{pas de chevauchement.} \quad \Rightarrow$$

$$\gamma = 29.12 \text{ gr}$$

**III .5.b.viii) Calcul des distances :**

$$s_2 s_3 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(-403.92904)^2 + (177.2318)^2} = 441.0927 \text{ m.}$$

$$s_3 s_4 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(-153.2492)^2 + (182.1707)^2} = 238.0577 \text{ m}$$

**III.5.c) Calcul de l'abscisse du centre de cercle : D'après le tableau de clothoïde**

$$\frac{X_m}{R} = 0.1680421053 \Rightarrow X_m = 33.50 \text{ m}$$

**III .5.c.i) Abscisse de KE :**

$$x = L \left( 1 - \frac{L^2}{40 \cdot R^2} \right) = 66.81 \text{m.}$$

**III .5.c.ii) Origine de KE :**

$$y = \frac{L^2}{6 \cdot R} = 3.74 \text{m.}$$

**III .5.c.iii) Calcule de la tangente :**

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg} \left( \frac{\gamma}{2} \right) = 80.27 \text{m.}$$

**III .5.c.iv) Calcul des Coordonnées SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{80.27^2 + 3.74^2} = 66.91 \text{ m.}$$

**III .5.c.v) Calcul de l'arc :**

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 29.12 - 21.34 = 7.78 \text{ gr.}$$

$$\widehat{K_{E3}K_{E4}} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{200 \times \pi \times 7.77}{200} = 24.42 \text{m.}$$

**III.5.d) Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$\begin{cases} X_{KA3} = X_{S2} + (\overline{s2 s3} + T) \sin(G_{S2}^{S3}) = 19244.3230 \text{ m.} \\ Y_{KA3} = Y_{S2} + (\overline{s2 s3} + T) \cos(G_{S2}^{S3}) = 40148.2004 \text{ m.} \end{cases}$$

$$\beta = \operatorname{arctg} (R + \Delta R) / X_m = 89.48 \text{ gr}$$

$$\sigma = \operatorname{arctg} X_m / (R + \Delta R) = 10.51 \text{ gr}$$

$$\overline{KA3 M} = \sqrt{X_m^2 + (\Delta R + R)^2} = 203.708 \text{ m}$$

$$G_{KA3}^M = G_{S2}^{S3} + \beta = 415.816 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_M = X_{KA3} + (\overline{KA3 M}) \sin(G_{KA3}^M) = 19294.4126 \text{m.} \\ Y_M = Y_{KA3} + (\overline{KA3 M}) \cos(G_{KA3}^M) = 40345.6541 \text{m.} \end{cases}$$

$$G_M^{KA3} = 200 + G_{KA3}^M = 215.81 \text{ gr}$$

$$G_M^{KE3} = G_M^{KA3} + \tau + \sigma = 236.99 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_{KE3} = X_M + R \sin(G_M^{KE3}) = 19184.6342 \text{ m.} \\ Y_{KE3} = Y_M + R \cos(G_M^{KE3}) = 40178.4753 \text{ m.} \end{cases}$$

$$G_M^{KE4} = G_M^{KA3} + \alpha = 244.93 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_{KE4} = X_M + R \sin(G_M^{KE4}) = 19164.6902 \text{ m.} \\ Y_{KE4} = Y_M + R \cos(G_M^{KE4}) = 40193.4301 \text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA4} = X_{S3} + T \sin(G_{S3}^{S4}) = 19118.8965 \text{m.} \\ \end{cases}$$

---

$$Y_{KA4} = Y_{S3} + T \cos(G_{S3}^{S4}) = 40240.9876\text{m}$$

**III.5.e) Calcul de point kilométrique des points singuliers :**

$$PK_{KA3} = PK_{A2} + D2 = 774.815\text{m}$$

$$PK_{KE3} = PK_{KA3} + L = 841.815\text{m.}$$

$$PK_{KE4} = PK_{KE3} + \widehat{K_{E3}K_{E4}} = 865.993 \text{ m.}$$

$$PK_{KA4} = PK_{E4} + L = 932.993 \text{ m.}$$

---

# CHAPITRE

---

# CHAPITRE

# (IV)



## PROFIL EN LONG

**IV. 1. Définition.**

**IV. 2. Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge.**

**IV.3. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long.**

**IV. 4. Déclivités.**

**IV. 5. Raccordements en profil en long.**

**IV. 6. Détermination pratiques du profil en long**

**IV. 7. Exemple de calcul de profil en long.**

**IV.1) Définition:**

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

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

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

---

- Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte sauf dans des cas exceptionnels lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes:
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en
- 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 un à 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 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:

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

- Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivante
- 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 :
  - $R_{vertical} \geq 6 R_{horizontal}$  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'elle ne peut être évitée, 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:

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

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

#### Déclivité minimum:

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

**Remarque:** la norme concernant le déclivité minimum (0.5 %,) n'est pas respectée dans les endroits du tracé où il y a renforcement (la route existante à renforcer était mal conçu).

**Déclivité maximum:**

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 côtière

**Important:**

L'introduction de voies supplémentaires pour véhicules lents se fait par une voie de décrochement dont le tracé du bord extérieur de la chaussée est constitué de deux arcs de cercle de sens contraire de rayon  $R = R_{Hd}$  sans raccordement progressif et séparés par un alignement droit de 30 à 50m de longueur. Ce calcul s'applique aussi pour le départ des voies dans un carrefour

Nota:

*Categorie C 1*

Selon le B-40 on a :

$$P_{max} = 6\%$$

*Environnement E 1*

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

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

**IV.5) Raccordements en profil en long :**

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante

Et on distingue deux types de raccordements :

**IV.5.1) Raccordements convexes (angle saillant) :**

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

Leur conception doit satisfaire à la condition:

Condition de confort.

Condition de visibilité.

**a) Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à

( $0.3\text{m/s}^2$  soit  $g/40$ ), le rayon de raccordement à retenir se ra donc égal à :

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

$$D'ou: R_v^3 \geq 0,3 V^2 \text{ (cat. 1-2).}$$

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

Tel que:

\_\_\_\_\_  $R_v$ : le rayon vertical (m).

$V$ : la vitesse de référence (km/h)

**b) 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 a une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante

$D_1$ : Distance d'arrêt (m)

$h_0$ : Hauteur de l'œil (m)

$h_1$ : Hauteur de l'obstacle (m)

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

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

---

**c) Condition esthétique:**

Comme tout ouvrage désigné de ce nom, une grande route moderne devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte.

**IV.5.2) 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:

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle ou bidirectionnel, une vitesse de base  $V_r = 80 \text{ km/h}$  et pour la catégorie I on a ,

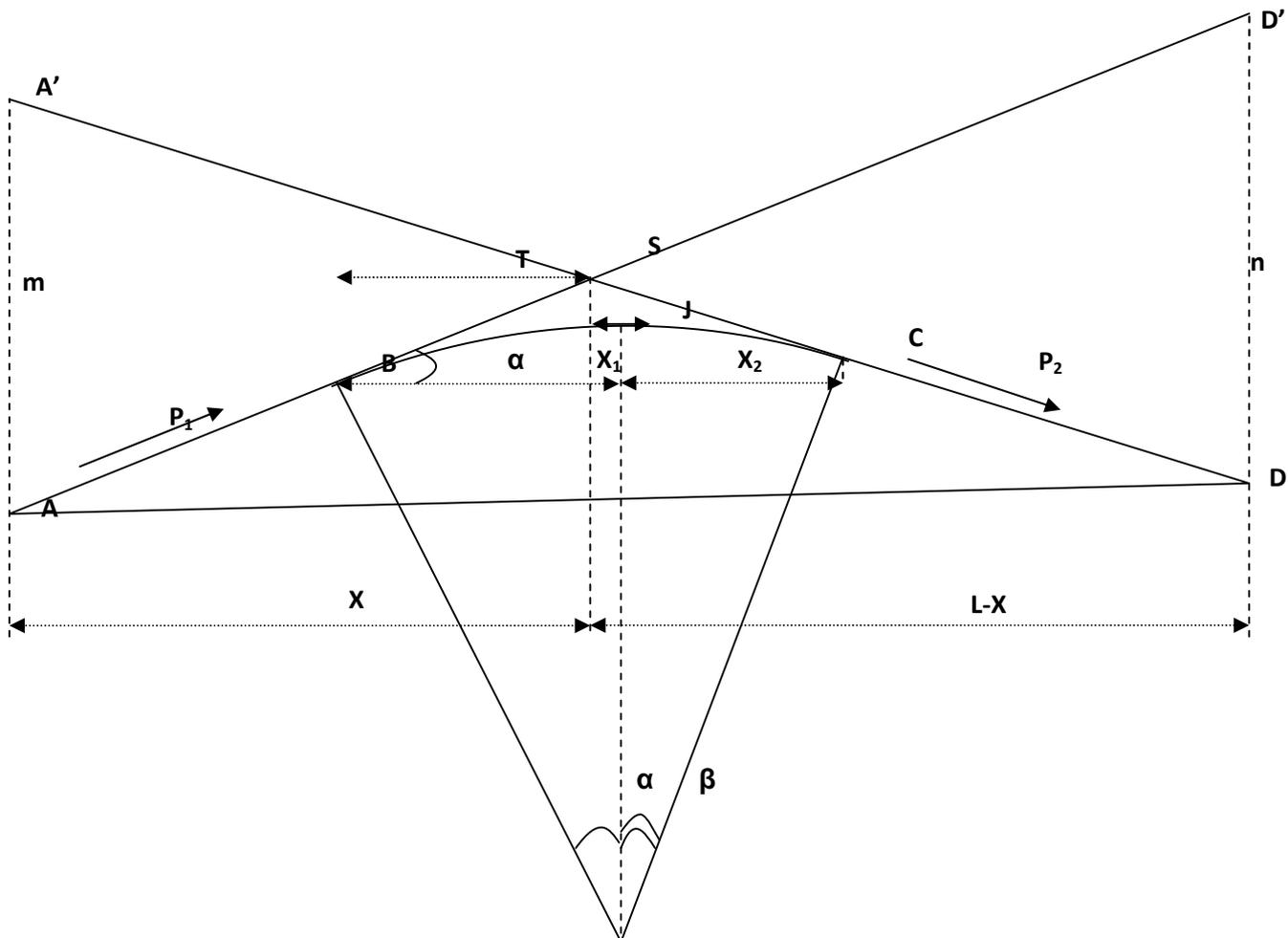
**IV.6) Détermination pratiques du profil en long:**

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

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

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

- Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :
- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- Donnée La pente P1 de la droite (AS)
- Donnée la pente P2 de la droite (DS)
- Donnée le rayon R



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

On a:

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

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

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

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

**b. Calcul de la tangente :**

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

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

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

$$X_B = X_S - T$$

$$X_C = X_S + T$$

$$Z_B = Z_S - T p_1$$

$$Z_C = Z_S + T p_2$$

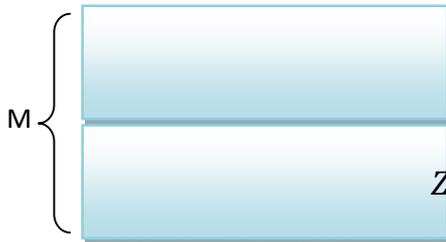
**c. Projection horizontale de la longueur de raccordement:**

$$LR = 2T$$

**d. Calcul de la flèche :**

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

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



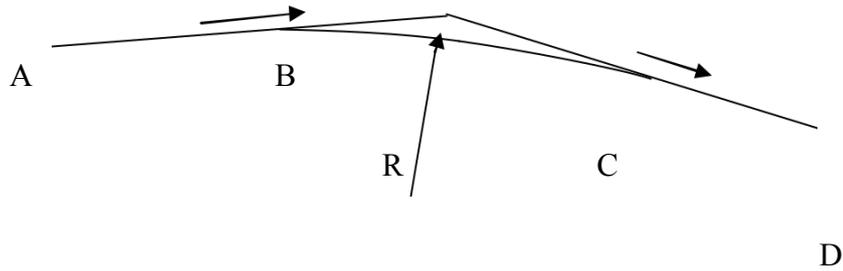
Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T)

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

$$X_1 = Rp_1$$

$$X_2 = Rp_2$$

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



$$\begin{array}{ccc}
 \left. \begin{array}{l} A \\ S=12351.100 \\ Z=61.540 \end{array} \right\} & S & \left\{ \begin{array}{l} S=12786.719 \\ Z=65.563 \end{array} \right. \\
 & & \left\{ \begin{array}{l} D \\ S=13036.600 \\ Z=64.180 \end{array} \right.
 \end{array}$$

$R= 10000m$

Calcul des pentes:

$P_1=Z_1/S_1= 0.923 \%$

$P_2=Z_2/S_2= -0.553 \%$

Calcul des tangentes:

$T=R/2 (p_1-p_2) =73.80m$

Calcul des flèches:

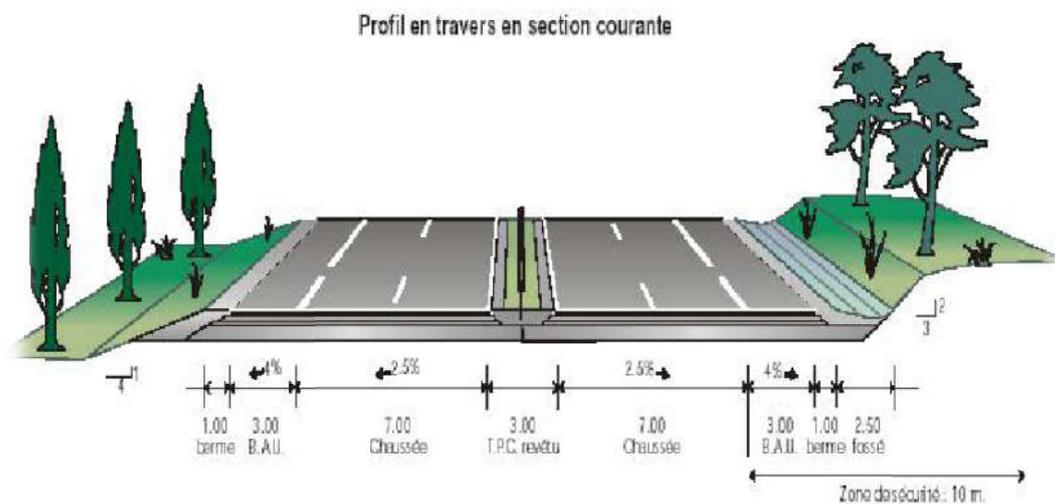
$H= T^2/2R= 0.272m$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$\begin{array}{l}
 B \left\{ \begin{array}{l} S_B= X_S-T =21712.919m \\ Z_B= Z_S- T.P_1 =64.88m \end{array} \right. \\
 \left\{ \begin{array}{l} Z_C= Z_S +T.P_2 = 65.154m \\ S_C= X_S+ T = 21860.519m \end{array} \right.
 \end{array}$$

**N.B: les résultats de calcul sont joints en annexe.**

# CHAPITRE (IV)



## PROFIL EN TRAVERS

**IV. 1. Définition.**

**IV. 2. Les éléments du profil en Travers.**

**IV. 3. Les profils en Travers type appliqué au projet.**

## V. PROFIL EN TRAVERS

### V.1.DEFINITION :

Le profil en Travers est la coupe transversale de la route suivant un plan perpendiculaire à son axe.

Il définit notamment la largeur et le dévers des chaussées et les zones non roulable de la route (terre-plein central, bandes dérasées).

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

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants:

- ▶ la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- ▶ l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- ▶ les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

Le profil en travers est représenté en vue de face pour une personne qui se déplacerait sur l'axe du projet de l'origine à l'extrémité du projet.

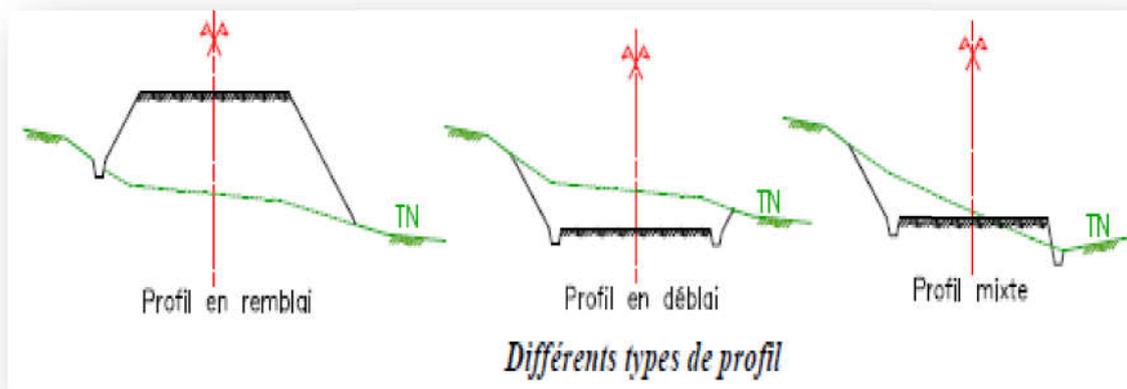
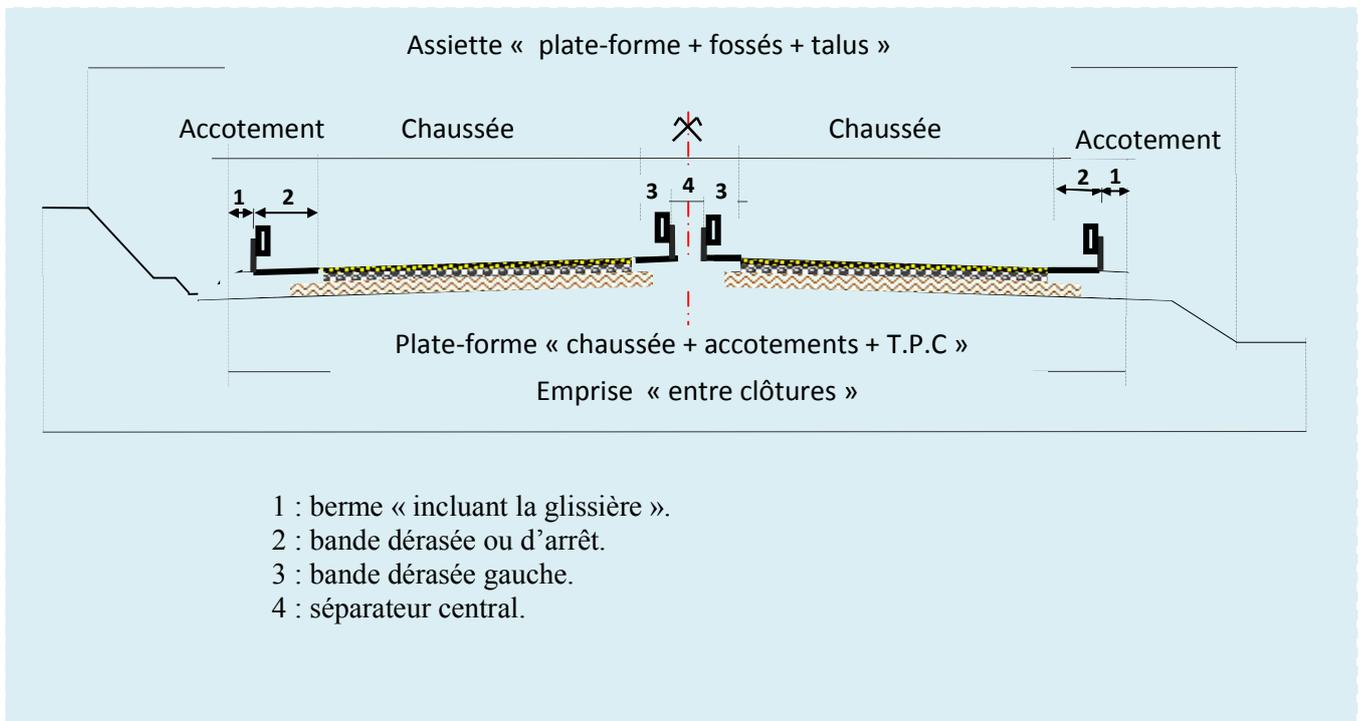


Figure .V. 1. Différents types de profil

**V.2. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS :**



► **Plate-forme :**

C'est la partie de la route effectuée à l'usage public, comprenant la chaussée les accotements et éventuellement le terre plein central.

► **Assiette :**

Qui comprend la plate-forme, les talus et les fossés.

► **Emprise :**

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

► **La chaussée :**

C'est la surface aménagée pour la circulation elle peut être revêtue ou non, et ne comparant pas les sur largeurs structurelle de chaussée portant le marquage en rive.

► **Accotements :**

Partie latérale de la plate-forme bordant une chaussée.

► **Trottoirs :**

Les trottoirs sont des accotements spécialement aménagés pour la circulation permanente des piétons, ils son généralement séparés de la chaussée par une bordure surélevée.



V.3. Les Profils en travers type appliqué au projet :

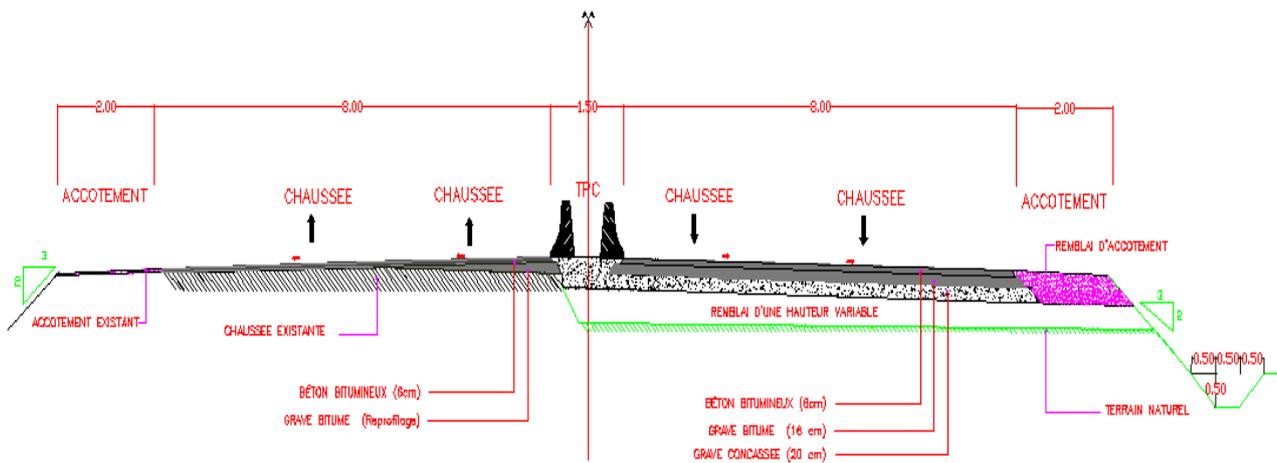
V.3.a) Tronçon 1

V.3.a.i) Profil en travers type 01 :

Il est constitué de:

- Une chaussée de deux voies de 4 m chacune
- Un accotement de 2 m

Figure .V. 2: Profil en travers type



# CHAPITRE (VI)



## ETUDE GEOTECHNIQUE

**VII.1.** Introduction.

**VII.2.** La chaussée.

**VII.3.** Paramètres pris en compte pour le dimensionnement.

**VII.4.** Les principales méthodes de dimensionnement.

**VII.5.** Application au projet.

**VII.6.** Conclusion.

## **VII. ETUDE GEOTECHNIQUE**

### **VII.1. INTRODUCTION:**

L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol où sera implanté notre aménagement. Pour cela, une campagne de sondage doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, de dimensionner la chaussée et, éventuellement, les fondations des ouvrages d'art prévus.

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région. Une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

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

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

### **VII.2. Objectif:**

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Elle sert pour le dimensionnement de corps de chaussée :
- La nature et les caractéristiques de chaque couche.
- L'identification des caractéristiques mécaniques du sol support.

### **VII.3. Les différents essais en laboratoire:**

Les essais réalisés au laboratoire sont:

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'Atterberg.
- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Essai Micro De val.

**VII.3.a) Les essais d'identification (physiques):****VII.3.a.i) Masse volumique et teneur en eau:**

- 1. Teneur en eau :** s'exprime pour un volume de sol donné par le rapport du poids de l'eau sur le poids du sol sec, Soit :

$$\omega = W_w/W_s$$

- 2. Masse volumique : ( $\gamma$ )** est la masse d'un volume par unité de sol :

$$\gamma = W/V.$$

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

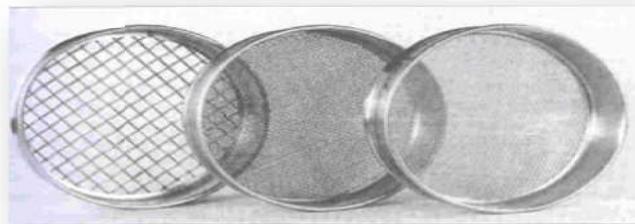
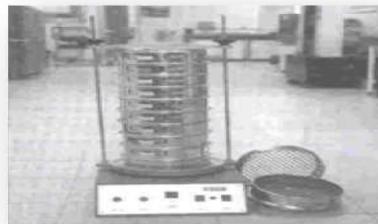
Le but de cet essai, est de déterminer expérimentalement (au laboratoire) certaines caractéristiques physiques des sols.

**VII.3.a.ii) 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 **tamissage**.

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension supérieure à 80 $\mu$ m et par **sédimentométrie** pour les « fines » de dimension inférieure à 80 $\mu$ m.



**Figure .VII.1. Matériel utilisé dans l'essai granulométrique**

**VII.3.a.iii) Limites d'Atterberg :**

Les limites de plasticité ( $W_p$ ) et liquidité ( $W_L$ ), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol.  $W_p$  sépare l'état solide de l'état plastique et  $W_L$  sépare les

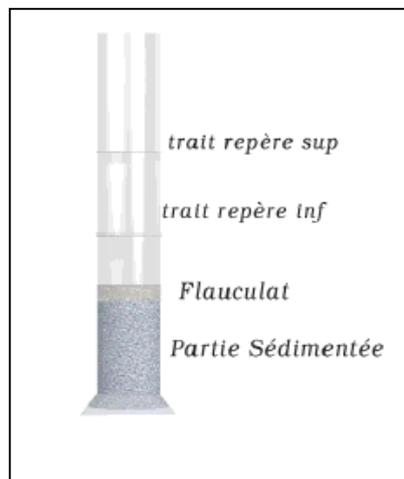
deux états plastique et liquide ; Les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui a une faible valeur de l'indice de plasticité ( $I_p = W_L - W_p$ ), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.



**VII.3.a.iv)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** :  $ES=100xh_2/h_1$



**Figure .VII. 2.Éprouvette après repos.**

**VII.3.b) Les essais mécaniques :**

**VII.3.b.i) 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** ».

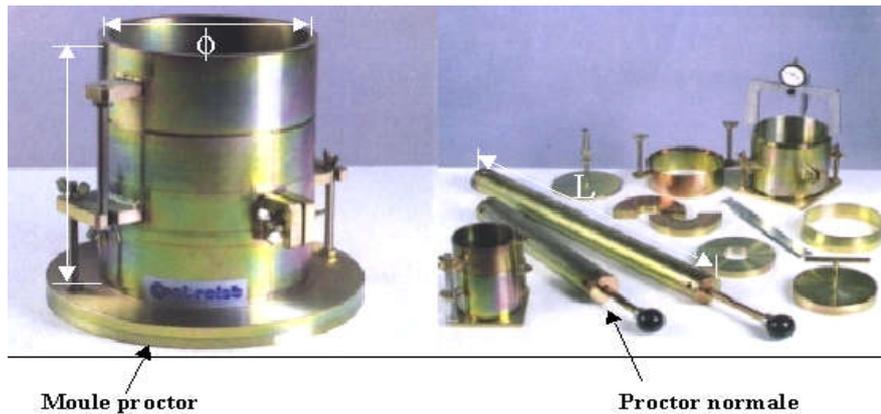


Figure .VII. 3. Matériel utilisé dans l'essai Proctor

#### VII.3.b.ii) 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.



4.Presse  
système d'acquisition électronique

Figure .VII.  
CBR avec

#### VII.3.b.iii) 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 ».



Figure .VII. 5.Appareil Los Angeles

**VII.3.b.iv) 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. Essais in site :**

**VII.4.a) Les forages :**

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

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

Les forages peuvent être réalisés:

**VII.4.a.i) 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.

**VII.4.a.ii) 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.

**VII.4.a.iii) 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.

**VII.4.b) 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 radicalement, 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.

**VII.4.c) Essais pénétrométriques :**

**VII.4.c.i) 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.

**VII.4.c.ii) 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.5. INTERPRETATION DES RESULTATS D'ESSAIS :**

Dans le cadre de notre projet, il a été réalisé 6 puits 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 :

Puits		1	2	3	4	5	6
<b>Position</b>		<b>0+700</b>	<b>2+500</b>	<b>4+050</b>	<b>4+700</b>	<b>6+850</b>	<b>7+600</b>
<b>Limites Atterberg</b>	<b>WL (%)</b>	47	31.1	44	46.6	33	44
	<b>IP (%)</b>	26.6	15.8	23.3	24.5	13.6	20.6
<b>Proctor</b>	<b>W<sub>opm</sub>(%)</b>	15.6	12	6.4	13	10.4	9.7
	<b>D<sub>sm</sub>(t/m)</b>	1.83	1,949	2.02	1,894	1.983	1.962
<b>CBR</b>	<b>Immédiat</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>Imbibé</b>	1.5	2.9	1.9	1.8	1.6	1.65

ES (%)		32	-	-	29.5	-	-
Granulmètre Tamisats (%)	5 mm	100	98.8	97.4	99.6	96.4	67.1
	2 mm	100	97	93.6	98.2	90.8	64.4
	0,4 mm	99.8	94	81.8	92.6	74.8	52.9
	0,08 mm	86.5	72	60	82.0	54	30.5

Tab .VII. 1.Des résultats des essais au laboratoire.

VII.5.a) Dénominations adoptées en fonction de la grosseur des grains :

$d < 2 \mu$	argile
$2 \mu < d < 20 \mu$	limon
$20 \mu < d < 0,2 \text{ mm}$	sable fin
$0,2 \text{ mm} < d < 2 \text{ mm}$	sable grossier
$2 \text{ mm} < d < 20 \text{ mm}$	gravier
$d > 20 \text{ mm}$	cailloux

Tab .VII. 2. Dénominations adoptées en fonction de la grosseur des grains

Classification de chaque puits selon LCPC :

N° de sondage	Classification selon LCPC
1.	Argile minérale de moyenne plasticité AP
2.	Argile minérale de moyenne plasticité AP
3.	Argile minérale de moyenne plasticité AP
4.	Argile minérale de moyenne plasticité AP
5.	Argile minérale de moyenne plasticité AP
6.	Argile minérale de moyenne plasticité AP

Tab

3. Classification de chaque puits selon LCPC

.VII.

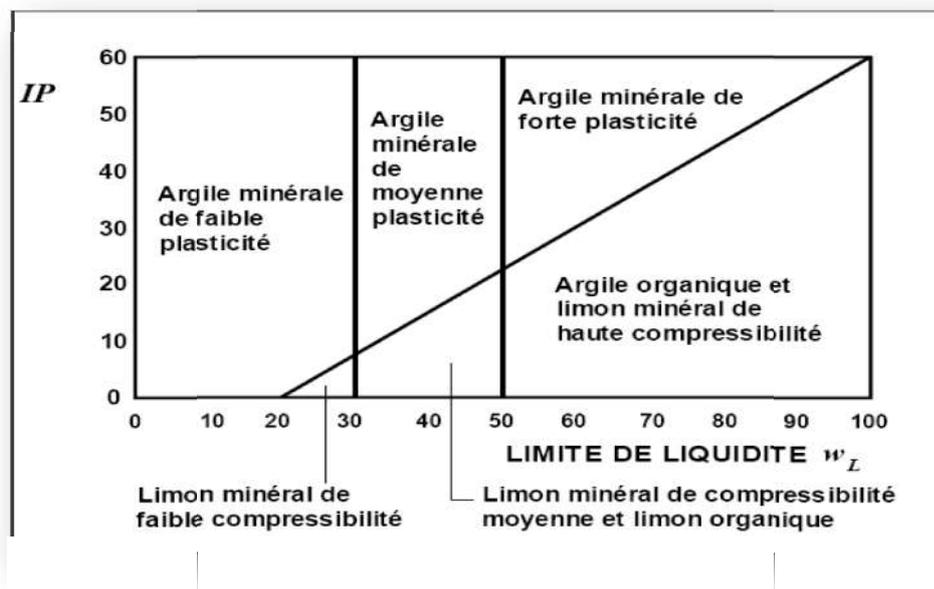


Figure .VII. 6. Le diagramme de Casagrande

VII.5.b) Analyse granulométrique :

Les courbes granulométriques sont étalées et continue, avec une proportion des fines (inférieur à 80 microns) variant de 30.5 à 86.5 %. Le sol support est constitué par un: « Sol fin »

VII.5.c.i) Limite d'Atterberg :

Ces matériaux présentent UN indice de plasticité  $I_P$  moyenne.

Cet indice varie entre 13.6% et 26.6 avec les limites de liquidités  $W_L$  variant de 31.1 et 47 %.

Ces indices montrent que ceux ci sont des matériaux à moyenne plasticité.

VII.5.c.ii) Equivalant de sable :

Les valeurs obtenues à l'E.S varient de 29.5 à 32%.

### VII.5.c.iii) Essai C.B.R:

Les valeurs des indices C.B.R sont respectivement pour l'imbibé entre 1.5 et 2.9 % donc le sol est faible importance.

### VII.5.c.iv) Les essais Proctor

Les densités sèches OPM varient de  $1.83 \text{ T/m}^3$  à  $2.02 \text{ T/m}^3$  avec des teneurs en eau variant de 6.4 à 15.6 %.

## VII.6. Conclusion :

Notre projet traverse une zone de faible caractéristique physico-mécanique (voir tableau récapitulatifs) donc pour le cas de remblai on utilise un matériau sélectionné de bonne caractéristique physico-mécanique.

Les résultats de l'essai CBR nous montre que notre sol support a une faible portance (CBR=1.5% pour le premier tronçon, CBR=2% pour le deuxième et troisième tronçon). nous pouvons classer ce sol support selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (tableau2-fascicule1), dans la classe S4 (CBR<5).

L'utilisation d'une couche de forme qui sera dimensionné dans le chapitre suivant, est jugée très importante, en vue d'améliorer la portance de sol support et donner un corps de chaussée qui correspond aux charges dus de trafics.

# CHAPITRE

# (V)



## **DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE .1**

## **CHAUSSEE**

V.1. Introduction.

*V.2. La chaussée.*

*V.3. Paramètres pris en compte pour le dimensionnement.*

*V.4. Les principales méthodes de dimensionnement.*

*V.5. Application au projet.*

**V.6.** Conclusion.

**DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.**

**✓ 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, il devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,... Etc. Pour cela, il faudra non seulement assurer à la route de bonne caractéristique géométrique, mais aussi, de bonne caractéristique mécanique lui permettant de 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.

**La chaussée**

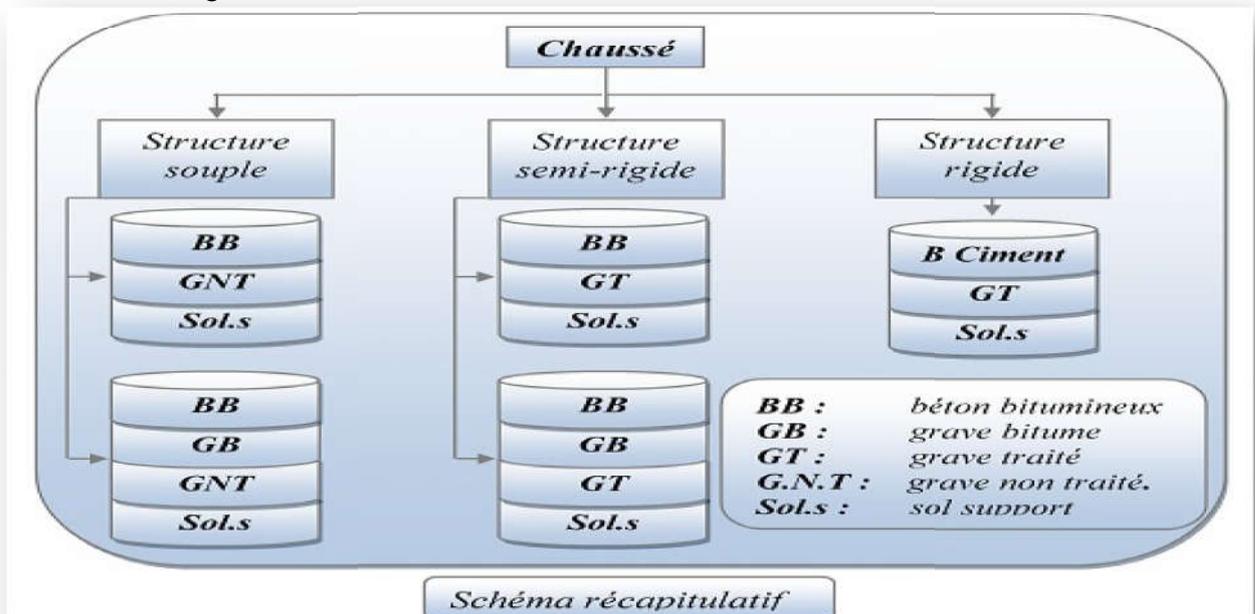
**V .2.a) Définition :**

La chaussée se présente comme une structure multicouche mises en œuvre sur un ensemble appelé plate –forme support de chaussée constituée du sol terrassé, dit sol support, le plus souvent surmonté d'une couche de forme.

**V .2 .b) Les différents types de chaussée :**

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

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



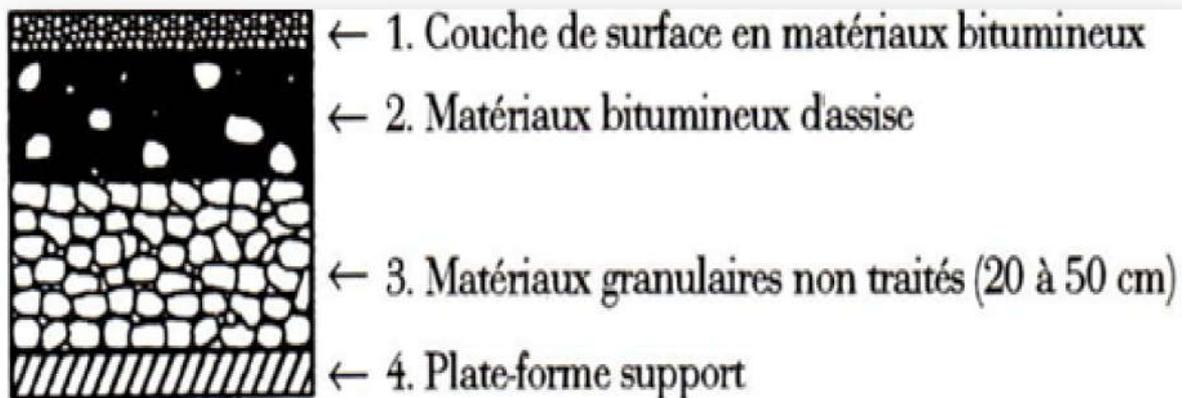
**Chaussée souple :**

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs:

- les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.
- les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

**V.2 .c )Constitution et rôle d'une chaussée :**

Au sens structure une chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mise en œuvre de façons à permettre la reprise des charges extérieures. Une coupe de chaussée est représentée par la figure ci-dessous;



**Figure .VIII. 1. Structure type d'une chaussée souple**

**V 2. D.c) Couche de surface :**

La couche de surface est constituée:

- de **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
- et le cas échéant d'une **couche de liaison**, entre les couches d'assise et la couche de roulement.

Le choix de la couche de surface doit résulter de la prise en considération de plusieurs objectifs qu'on peut ranger en trois groupes :

- la sécurité et le confort des usagers, en relation avec les caractéristiques de surface.
- le maintien de l'intégrité de la structure, par la protection des couches d'assise vis-à-vis des infiltrations des eaux pluviales.
- l'impacte sur l'environnement, avec notamment la recherche d'une réduction des bruits de roulement.

### V .3 Paramètres pris en compte pour le dimensionnement :

Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée sont :

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

#### V .3 .a) Trafic :

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

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

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

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

$$N = T.A.C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul.

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

$\tau$ : Taux de croissance du trafic.

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

#### V .3 .b) Conditions climatiques.

Les conditions climatiques sont du données utilisées 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.

**V .3 .c) La portance du sol Support :**

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, sur monté 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

**V .3 .d) Matériaux :**

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

**V .4 Les principales méthodes de dimensionnement :**

On distingue deux familles des méthodes:

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

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

**V .4 .a) Method C.B.R (California – Bearing – Ratio):**

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

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



Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

N: désigne le nombre journalier de poids lourd par sens.

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

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 + c_4 e_4$$

Où:

$c_1, c_2, c_3, c_4$  : coefficients d'équivalence.

$e_1, e_2, e_3, e_4$ : épaisseurs réelles des couches.

**Coefficient d'équivalence :**

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
<b>Béton bitumineux ou enrobe dense</b>	2.00
<b>Grave bitumen</b>	1.20
<b>Grave concassée ou gravier</b>	1.00
<b>Grave roulée – grave sableuse T.V.O</b>	0.75

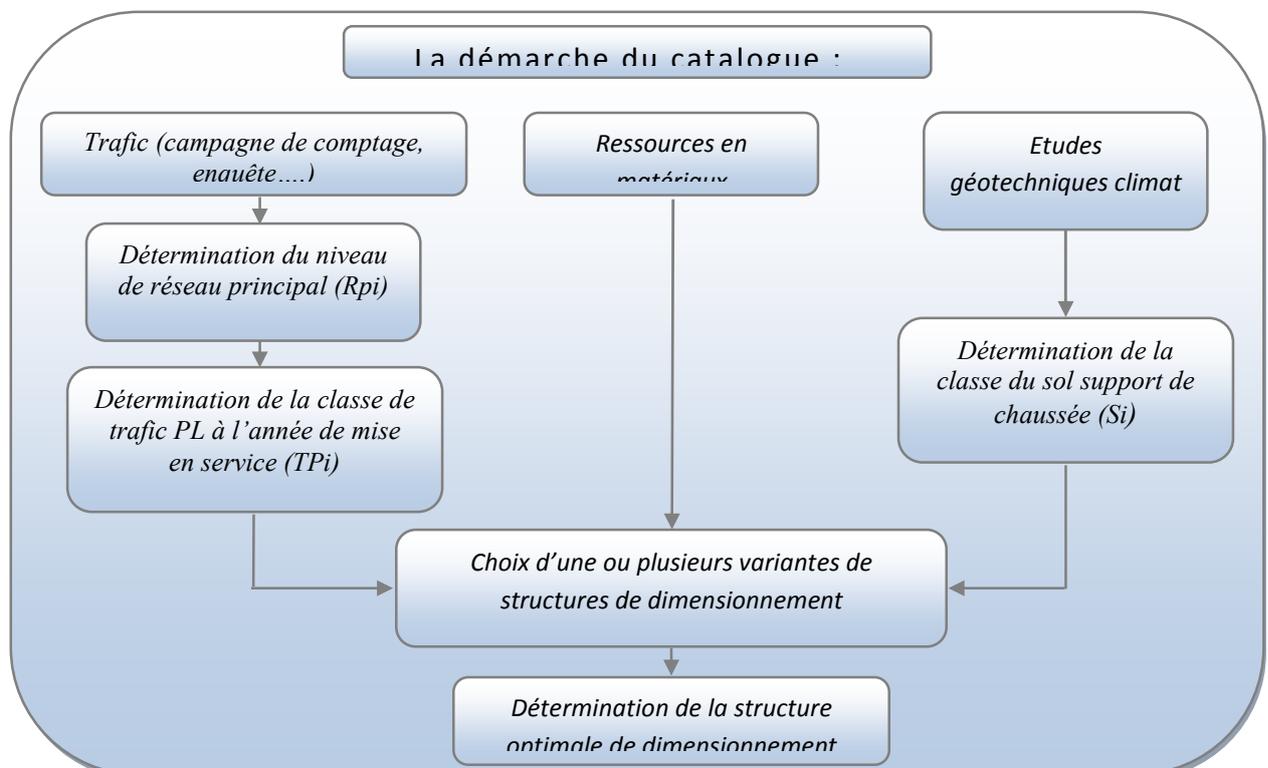
**Tab .VII. 1.coefficient d'équivalence.**

**Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves:**

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles 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.



**V .5 Application au projet :**

**V .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 ca, on vérifiera si la structure choisie sera apte à supporter le trafic qu'on a, en utilisant le logiciel ALIZE ET en basant sur les théories de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

Notre projet se décompose en deux parte, la partie 1 tronçon1 de chaussée bidirectionnel à 7m de largeur et la partie 2 tronçon 2,3 de chaussée unidirectionnel 2×2voies a 7m de largeur

**V .5 .b) Méthode C.B.R :**

**V .5 .c) Caractéristique de sol support :**

L'indice de **CBR** pour les deux parte et inferieur à **5%**, donc on est en présence d'un sol de faible portance (**S4**), le recours à un couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couche de chaussées dans des conditions acceptables.

L'utilisation d'une couche de forme en matériau naturel sélectionné permet de surclasser le sol support terrassé.

**Données de l'étude :**

- Année de comptage : 2005.
- TJMA2005=4471 v/j
- Mise en service : 2019
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement :  $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 32 \%$
- CBR=1.5

**❖ Détermination de  $N_{PL2031}$  :**

$$TJMA_{2038} = TJMA_{2005} (1 + \tau)^{33}$$

$$= 16312 \text{ v/j}$$

$$N_{PL2038} = TJMA_{2038} \times 0.5 \times \%PL = 2422 \text{ PL/j/sens}$$

Donc:  $N(PL) = 2422 \text{ PL/j/sens}$ .

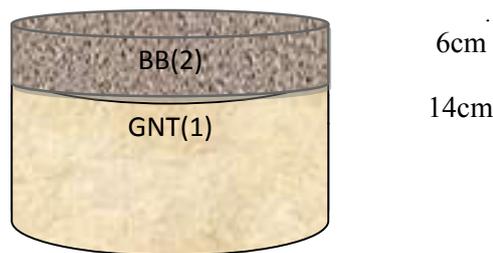
$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5(75 + 50 \log \frac{2422}{10})}}{25 + 5} = 20\text{cm}$$

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 + c_4 \times e_4$$

On suppose

Nom de la couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur de la couche
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1,2	0
Fondation	GNT	1	14
Forme	TVO	0.75	00

Donc :



**VIII.5.a) La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves**

**VIII .5.c.i) PARTE 1**

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

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
<b>RP1</b>	<b>&gt;1500</b>
<b>RP2</b>	<b>&lt;1500</b>

$TJMA_{2018} = 7444 \text{ (V/j)}$ .

$7444 \text{ (V/j)} > 1500 \text{ (V/j)} \longrightarrow$  le réseau principal est RP1.

Notre axe a un  $TJMA > 1500 \text{ v/j}$  ce qui implique que le réseau principal est **RP1**

On a choisi des matériaux traités au bitume en couche de base (MTB).

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

**Classe du trafic :**

- $TJMA_{2018} = 7444v/j$ .
- $\tau = 4\%$ .
- $Z = 32\%$ .
- $TPL = TJMA_{2018} \times Z \times 0.5 = 1105 \text{ PL} / j/\text{sens}$
- Classe TPL<sub>i</sub> pour RP1 :

TPL <sub>i</sub>	TPL <sub>3</sub>	TPL <sub>4</sub>	TPL <sub>5</sub>	TPL <sub>6</sub>	TPL <sub>7</sub>
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

TPL=1105 PL/ j/sens.  $\implies$  La classe de trafic est TPL<sub>5</sub>.

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

- Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S<sub>1</sub>. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Portance (S <sub>i</sub> )	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 : S<sub>3</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>0</sub>. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

CBR=1.5 donc la classes de sol support et S4 en surclasse le sol support a S2 par un couche de forme de 60cm (tableau 5 page 13 catalogue de dimensionnement des chaussées neuves)

Classes de sol-support	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

$$E(\text{MPa}) = 5 \times 25 = 125 \implies S1$$

❖ **Choix le corps de la chaussée :**

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

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

## Chapitre VI: DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSE

- Couche de fondation : GNT.

### ❖ Détermination de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique I (>600 mm/an).

### ❖ Choix de dimensionnement :

Notre projet a un TJMA>1500v/j ce qui implique que le réseau principal est **RP1**, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol ( $S_5$ ) et une classe de trafic (TPL4).

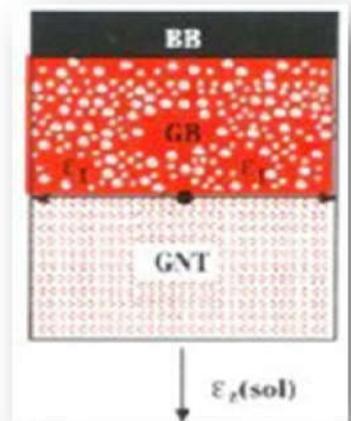
Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

$T_{PL\ 2012}$ (PL/J/S)	$TPL_i$	$S_i$	Epaisseur convertie en cm+structure
406	4	$S_2$	6 BB + 15GB + 35GNT



### ❖ Vérification en fatigue des structures (la déformation longitudinale et transversale) :

Il faudra vérifier que  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  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 :

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

- Coefficient d'agressivité : RP1  $\implies$  GB/GNT  $\implies$  A=0.6

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times A = 2.94 \times 10^6 \text{ essieux équivalents de 13 tonnes}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235} = 664.10^{-6}$$

### ❖ Calcul de la déformation admissible $\epsilon_{t,ad}$ à la base de GB :

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

## Chapitre VI: DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSE

	Zone climatique		
Température équivalente $\theta_{eq}$ (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_c$ (10°, 25Hz) ( $10^{-6}$ )	-1/b	SN	Sh (cm)	$\nu$	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

$$K_{ne} = \left( \frac{TCEi}{10^6} \right)^b = \left( \frac{2.94 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0.85$$

$$K_{\theta} = \left( \frac{E(10^{\circ}C, 10Hz)}{E(\theta_{eq}, 10Hz)} \right)^{0.5} = \left( \frac{12500}{7000} \right)^{0.5} = 1.336$$

$$K_r = 10^{-tb\delta}, \text{ avec } r = 15\%, \text{ d'où } t = -1.036$$

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

$$K_r = 10^{-1.036 \times 0.146 \times 0.61} = 0.81, K_c = 1.3$$

$$D'où : \epsilon_{t,ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.85 \times 1.336 \times 0.81 \times 1.3 = 119,57 \cdot 10^{-6}$$

### Modélisation :

	Épaisseur (cm)	Module (Mpa)	Clef de poisson $\nu$
Couche de roulement	6 BB	4000	0.35
Couche de base	15 GB	7000	0.35
Couche de fondation	15GNT	312.5	0.25
	20GNT	125	0.25
Sol support	Sol	50	0.35

```

partel
POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
  A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 5
*****
* Z * EPSILON T * SIGMAT * EPSILON Z * SIGMA Z *
* .00 * .139E-03C * .112E+02B * -.115E-03C * .662E+01A *
* E= 40000. * * * * *
* NU= .35 * * * * *
* H1= 6.00 * * * * *
* 6.00 * .574E-04C * .595E+01B * -.599E-04C * .585E+01B *
* COLLE * * * * *
* 6.00 * .574E-04C * .806E+01B * -.624E-04C * .585E+01B *
* E= 70000. * * * * *
* NU= .35 * * * * *
* H2= 15.00 * * * * *
* 21.00 * -.118E-03C * -.111E+02B * .111E-03B * .642E+00B *
* COLLE * * * * *
* 21.00 * -.118E-03C * -.247E+00C * .237E-03B * .642E+00B *
* E= 3125. * * * * *
* NU= .25 * * * * *
* H3= 15.00 * * * * *
* 36.00 * -.152E-03C * -.497E+00C * .178E-03C * .328E+00C *
* COLLE * * * * *
* 36.00 * -.152E-03C * -.133E+00C * .309E-03C * .328E+00C *
* E= 1250. * * * * *
* NU= .25 * * * * *
* H4= 20.00 * * * * *
* 56.00 * -.159E-03C * -.195E+00C * .230E-03C * .194E+00C *
* COLLE * * * * *
* 56.00 * -.159E-03C * -.143E-01C * .404E-03C * .194E+00C *
* E= 500. * * * * *
* NU= .35 * * * * *
* H5=INFINI * * * * *
*****
* D * 58.49MM/100 * * R*D *
* R * 601.82M * * 35197.31M*MM/100 *
*****
MODULES ET CONTRAINTES EN BARS
  
```

**Conclusion :**

On remarque bien que la méthode **CBR** nous donne la structure du corps de chaussée la plus économique **6BB+15GB+35GNT**, tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie.

# CHAPITRE (VI)



## CUBATURES

**VI.1.** Introduction

**VI.2.** CUBATURE DES TERRES

## VI. Cubature

### 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).

Deux types de notions distinctes seront donc utiles pour satisfaire à ces impératifs :

- **La notion du calcul de cubatures**
- **La notion des mouvements des terres**

### VI.2. CUBATURE DES TERRES :

Avant de calculer le volume des terres compris dans une butte en déblai, ou dans un remblai, il faut déterminer au préalable les surfaces des différents profils en travers.

Deux types de profil en travers peuvent se rencontrer :

- ▶ **Profils homogènes** : ce sont des profils complètement en remblais ou complètement en déblai.
- ▶ **Profils mixtes** : ce sont des profils partiellement en remblais et complètement en déblai.

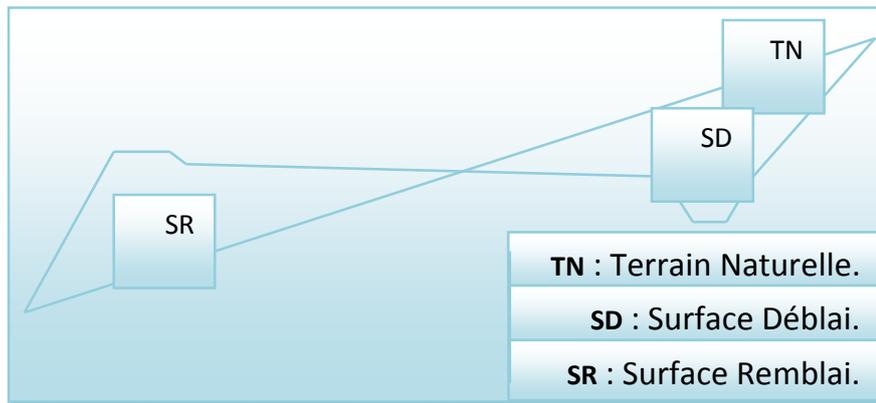
#### VI.2.a) Méthode de calcul des cubatures :

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

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut.).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

**La méthode SARRAUS** est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs

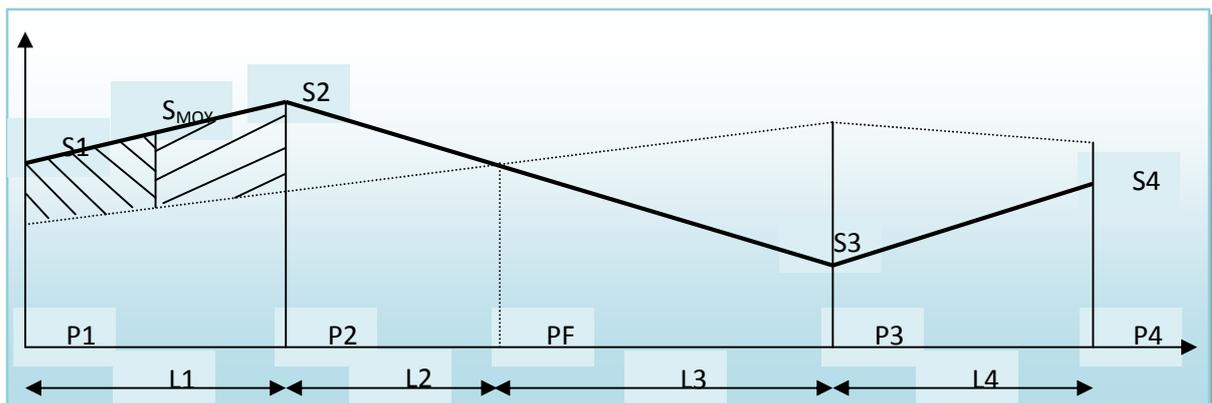
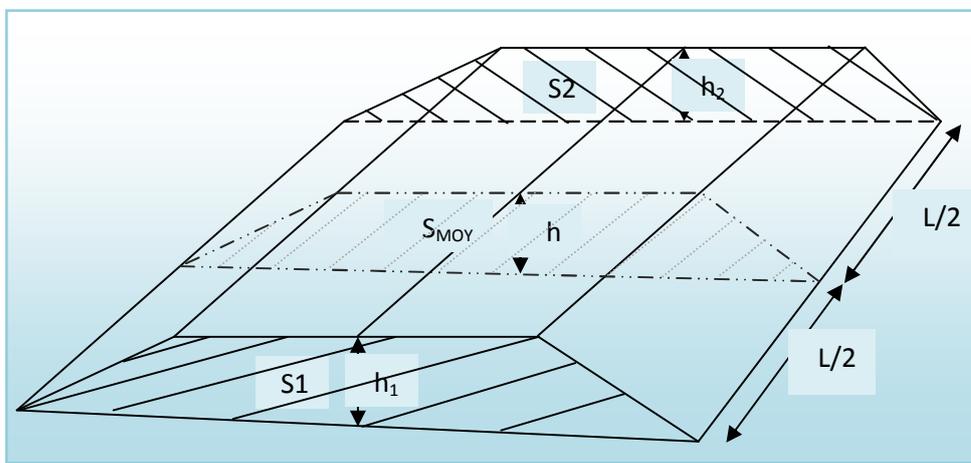
Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.



**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.

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



- ✓  $P_F$ : profil fictive, surface nulle
- ✓  $S_i$ : surface de profil en travers  $P_i$
- ✓  $L_i$ : distance entre ces deux profils
- ✓  $S_{MOY}$ : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance  $L_i$ )

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 :

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

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

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

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

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

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

**VI.2.b) Calcul des cubatures de terrassement :**

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel

# CHAPITRE (XI)



## SIGNALISATION

1. Signalisation.
2. Types de signalisation.
3. Application au projet.
4. Éclairage
5. Application au projet

## SIGNALISATION

### VI.1. Introduction :

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

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

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

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

### XI.2. Dispositifs de retenue:

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

Il existe deux catégories de dispositifs de retenue :

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

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues pour le long de l'itinéraire, elles sont implantées sur les TPC et en présence d'un TPC de 3m il convient d'adopter un dispositif de retenue constitué d'une glissière en béton.

On doit prévoir des sections revêtues et protégées dans le TPC qui seront utilisées en cas d'urgence ou d'accident, pour permettre aux éléments de la protection civile d'évacuer les blessés vers l'hôpital le plus proche.

### XI.3. Signalisation:

L'importance de la signalisation a été énoncée au début du chapitre (à l'introduction du chapitre).

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

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

**XI.4. Les types de signalisation :**

On distingue deux familles de signalisation:

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

**XI.4.a) Signalisations horizontales:**

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

❖ **Lignes longitudinales :**

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

▪ **Les lignes continues :**

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

▪ **Les lignes discontinues :**

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

✓ **Modulation des lignes discontinues :**

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

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T <sub>1</sub>	3.00	10.00	~ 1/3
T <sub>2</sub>	3.00	3.5	~ 1
T <sub>3</sub>	3.00	1.33	~ 3

✓ **Marques sur chaussée :**

- **Les lignes mixtes :**

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

❖ **Lignes transversales :**

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

▪ **Ligne stop :**

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

❖ **Autres signalisation :**

▪ **Les flèches de rabattement :**

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

▪ **Les flèches de sélection :**

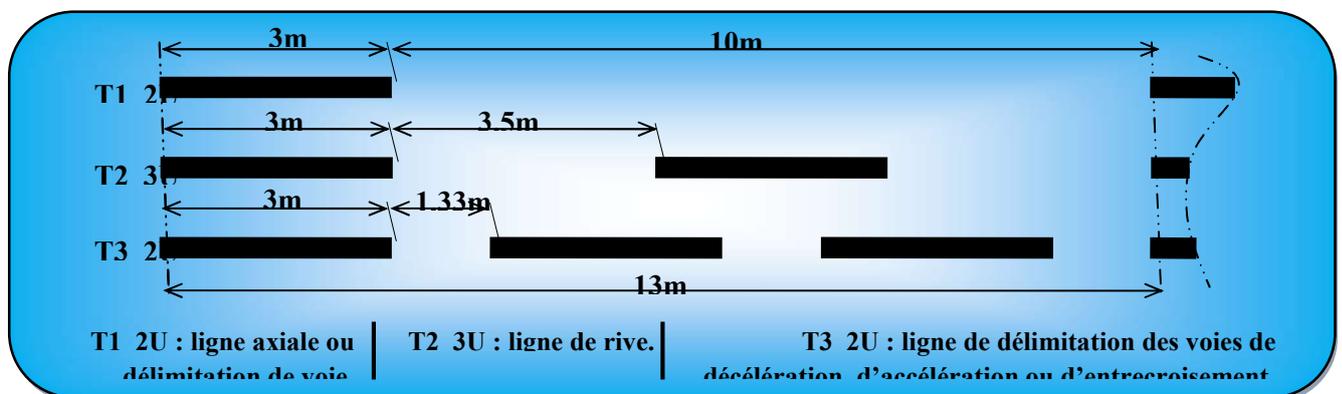
Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

✓ **Largeur des lignes :**

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

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

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5cm.



**Fig -1- ypes de modulation  
Référence signalisation routière (art-144)**

**XI.4.b) Signalisations verticales :**

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

❖ **Signalisation avancée :**

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

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

❖ **Signalisation de position :**

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

❖ **Signalisation de direction :**

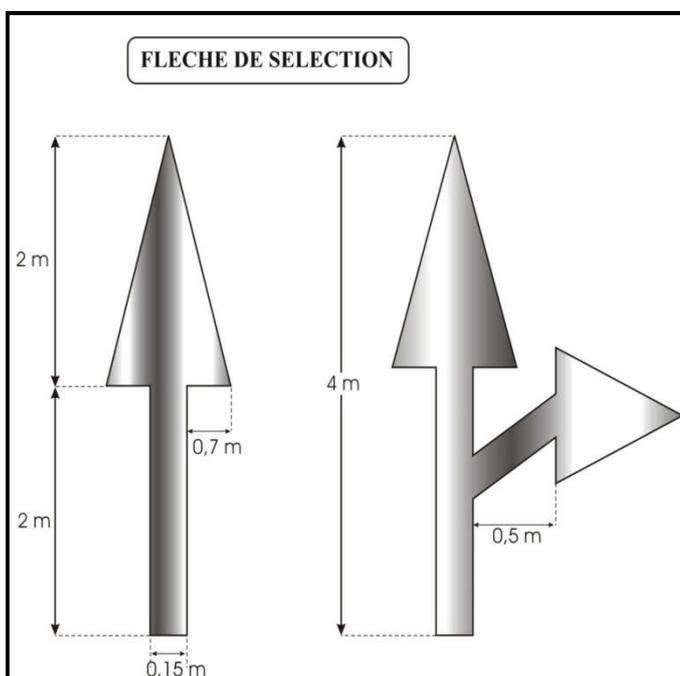
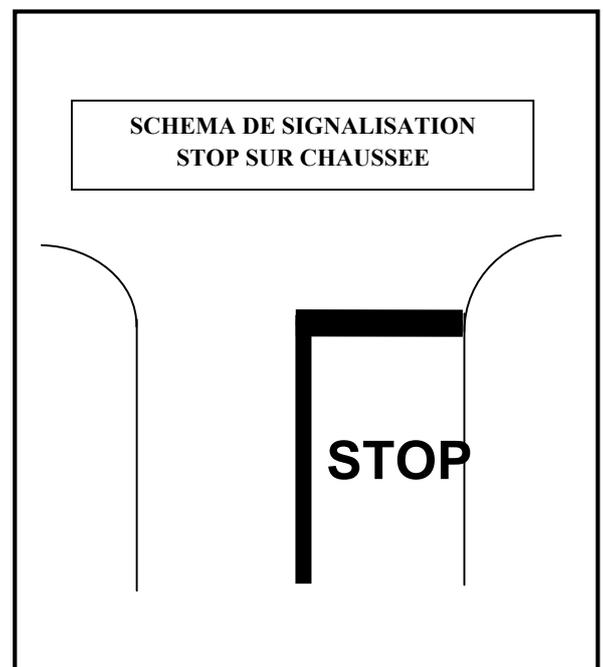
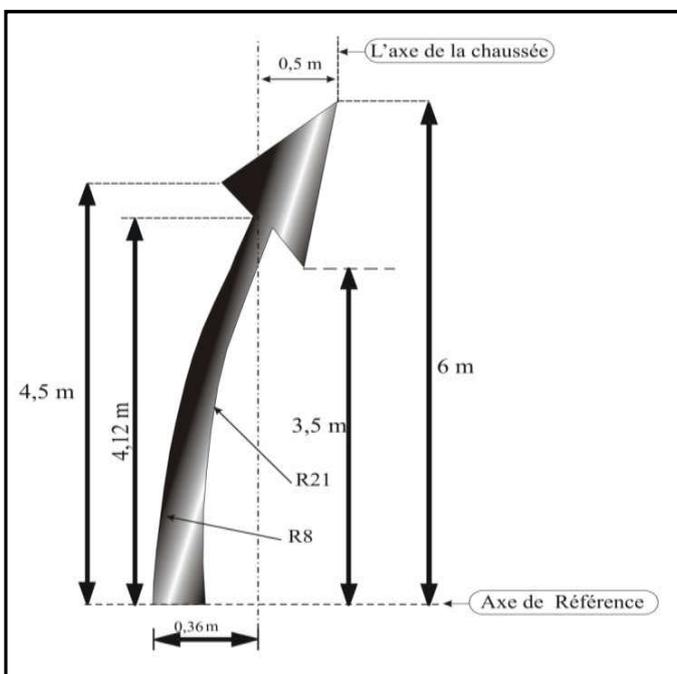
L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

**XI.5. Application au projet :**

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

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

**Exemple Des signalisations horizontales**





Limitation de vitesse



**B1**

Sens interdit à tout  
véhicule

**B21-1**

Obligation de  
tourner à droite  
avant le panneau.

**AB3a**

Cédez le passage à  
l'intersection. Signal de  
position

Détail de signalisation le long du tracé dans un seul sens :

### I.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 est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

### XI.2. Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

### XI.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.

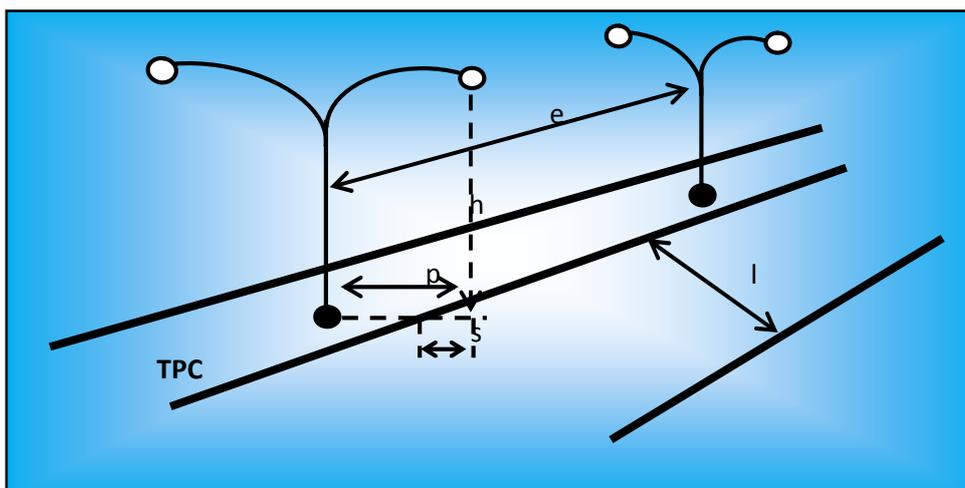


Figure -1- Paramètres de l'implantation des luminaires.

## **DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF**

N°	désignation	Unit é	Quantité	Prix unitaire	Montants DA
1	Démolition de construction	ML	50	5000.00	250000.00
2	Abattage des arbres 20 à 40 cm	U	50	5500.00	275000.00
3	Terrassement			<b>525000.00</b>	
	Décapage de terre végétale (20cm)	M <sup>3</sup>	15278	295.00	4507010.00
	Déblais en sol inutilisable mise en dépôt	M <sup>3</sup>	54986	365.00	20069890
	Remblais en provenance d'emprunts	M <sup>3</sup>	89958	450.00	40481100
	<b>Total terrassement</b>			<b>511251990</b>	
4	Chaussée				
	C. Fondation (35cm GC)	M <sup>3</sup>	48604.8	2200.00	106930560
	C. Base (10cm GB)	T	19546.23	4200.00	82094166
	C. Roulement (6cm BB)	T	7762.4	4600.00	35707040
	Matériaux sélectionnés pour accotements	M <sup>3</sup>	790	900.00	711367.00
	<b>Total chaussée</b>			<b>295868466</b>	
8	Assainissement			F (10 %)	16927730
9	Signalisation			F (5 %)	8463865
10	Impact sur l'environnement			F (1%)	16927730
11	Installation de chantier + replié des matériels			F (4%)	6771092.00
12	Etude complémentaire			F (10 %)	16927730
	<b>TOTAL</b>				<b>3175025692</b>

## ***DEVIS ESTIMATIF ET QUATITATIF***

---

# *Conclusion générale*

### *Conclusion générale*

Dans cette étude j'ai essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut négliger et qu'on doit prendre en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement, et nous avons suivi le tracé de la route existante avec modification des points noirs.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de formation afin de pouvoir diminuer la congestion que subit la Rn 3 Sud.

Cette étude a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier.

Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels d'AUTOPISTE, l'AUTOCAD et COVADIS.

# **Références bibliographiques**

### **Références bibliographies**

- **KALLIFATIMA- ZOHRA** et **GIUMETTRE** “manuel de projet de Routes“ (: office des publications universitaires 2011).
- **RAHAL** et **KALLIFATIMA- ZOHRA**“ cours de routier : conception des tracés Routiers – Norme-“ (édition des publications universitaires 2012).
- **CTTP**,(2001), catalogue de dimensionnement des chaussées neuves: fascicule1 ,2et3 **CTTP**.
- **Norme technique d'aménagement des routes** “B40Niveaux de service“, ministère des travaux publics (1977).
- **Aménagement des carrefours (SETRA)**.
- **Guide technique “ARP-SERTA”** « Aménagement des routes principales Recommandations technique pour la conception générale et géométrie de la route»(1994).
- **Cours de route** (Dr. Khelifa Tarek et Dr. Ramadana Mohamed Sadek ) « Université Mohamed Khider – Biskra ».
- **ABDI Ahmed LAIDOUDI Mohamed**, projet fin d'étude “Etude de l'évitement de la ville d'El OUENZA sur 14 Km avec conception d'un carrefour et d'un échangeur” « Ecole national supérieure des travaux publics promotion 2010 ».
- **Sakhraoui Achour Amine** mémoire de master 2ème année voies et ouvrage d'art “Etude d'un dédoublement d'une RN à Biskra-application sur le contournement de la ville” « Université Mohamed Khider – Biskra promotion 2015 ».

## ***Références bibliographiques***

---

### **Les documents de la DTP:**

- Rapport technique (étude du dédoublement de la RN 03 Sud sur 56 Km) Avant - Projet Détaillé « APD ».
- Rapport géotechnique du sol devant recevoir le projet du dédoublement de la RN 03 Sud sur 56 Km « Lot Route

### **Outils informatique:**

- Logiciel de calcul Autopiste.
- Logiciel de calcul Covadis.
- Outils de dessin Auto CAD 2008.
- Logiciel Alize Lcpc.
- Microsoft Excel 2010.
- Microsoft Word 2010.
- Google Earth.

## ● LISTE DES FIGURES

<b>N°Figure</b>	<b>Nom des figures</b>	<b>Page</b>
Figure. I. 2	Terrains agricoles plats appartenant au premier tronçon du projet	<b>02</b>
Figure. I. 3	Terrains agricoles plats appartenant au troisième tronçon du projet	<b>02</b>
Figure. I. 4	Terrains agricoles de relief moyen appartenant au deuxième tronçon du projet	<b>03</b>
Figure. I. 5	Début du tronçon 1 du projet	<b>04</b>
Figure. I. 6	Fin du tronçon 1 du projet	<b>04</b>
Figure. I. 7	Début du tronçon 2 du projet	<b>05</b>
Figure. I. 8	Tracé de dédoublement de la 24D qui traverse le village de Boudhar	<b>05</b>
Figure. I. 9	Soutènement des deux coté du dédoublement (PK4+025)	<b>06</b>
Figure. I. 10	Fin du tronçon 2	<b>06</b>
Figure. I. 11	Début du tronçon 3 et passage par une zone inondable	<b>07</b>
Figure. I. 12	Détail 1 : Protection du talus de remblai par gabionnage	<b>07</b>
Figure. I. 13	Passage sur des terrains agricoles au sud de la ville de Zemmouri	<b>08</b>
Figure. I. 14	Passage sur Oued el Merdja par un dalot bicellulaire au PK8+491	<b>08</b>
Figure. I. 15	Oued El Merdja (PK8+491)	<b>09</b>
Figure. I. 16	Passage sur Oued el Merdja par un dalot bicellulaire au PK8+491.	<b>09</b>
Figure. I. 17	Merdja dans laquelle passera la fin du projet	<b>10</b>
Figure. II. 18	Schémas du trafic	<b>16</b>
Figuer.III. 2	Les éléments de la clothoïde	<b>27</b>
Figure. IV. 1	visibilité en raccordement convexes	<b>38</b>
Figure. IV. 2	visibilité en raccordement concaves	<b>39</b>
Figure .V. 3	Différents types de profil	<b>44</b>
Figure .V. 4	Profil en travers type 01	<b>47</b>
Figure .V. 5		
Figure .V. 6	Profil en travers type 05	<b>49</b>
Figure .V. 7	Profil en travers type 06	<b>50</b>
Figure .VII.7	Matériel utilisé dans l'essai granulométrie	<b>55</b>
Figure .VII. 8	Éprouvette après repos	<b>56</b>
Figure .VII.9.	Matériel utilisé dans l'essai Proctor	<b>56</b>
Figure .VII. 10	Presse CBR avec système d'acquisition électronique	<b>57</b>
Figure .VII. 11	Appareil Los Angeles	<b>57</b>
Figure .VII. 12	Le diagramme de Casagrande	<b>60</b>
Figure .VIII. 2	Structure type d'une chaussée souple	<b>63</b>
Figure .IX. 1	présenté les éléments de l'assainissement de chaussée	<b>80</b>

## ● LISTE DES TABLEAUX

N°Tableau	Nom des Tableau	Page
Tab. I. 1	Les caractéristiques en plan du projet	<b>10</b>
Tab. I. 2	Les caractéristiques du profil en long du projet.	<b>11</b>
Tab. I. 3	Les caractéristiques du profil en travers du projet	<b>11</b>
Tab. I. 4	Les ouvrages de protection dans le projet	<b>11</b>
Tab .II. 3	Coefficient d'équivalence « <b>P</b> »	<b>17</b>
Tab .II. 4	Coefficient « <b>K<sub>2</sub></b> »	<b>17</b>
Tab .III. 4	Les principaux paramètres de conception géométrique des routes	<b>23</b>
Tab .III. 5	Paramètres fondamentaux Indépendants de l'environnement	<b>28</b>
Tab .III. 6	Paramètres fondamentaux Dépendants de l'environnement	<b>29</b>
Tab .IV. 1	Tableau de déclivité maximal	<b>36</b>
Tab .IV. 2	Pour le choix unidirectionnel	<b>28</b>
Tab .IV. 3	Pour le choix bidirectionnel	<b>28</b>
Tab .VII. 4	Des résultats des essais au laboratoire	<b>59</b>
Tab .VII. 5	Dénominations adoptées en fonction de la grosseur des grains	<b>60</b>
Tab .VII. 6	Classification de chaque puits selon LCPC	<b>60</b>
Tab .VIII. 2	coefficient d'équivalence.	<b>66</b>

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION GENERALE

### **CHAPITRE (I) :** **PRESENTATION DU PROJET**

I.1. Introduction.	01
I.2. OBJECTIFS DU PROJET.	01
I.3. DESCRIPTION DU PROJET.	01
I.4. PROJET DE DEDOUBLEMENT.	11

### **CHAPITRE (II) :** **ETUDE DE TRAFIC**

II.1. Étude de trafic d'un projet routier.	13
II.2. Vocabulaire à connaître.	13
II.3. Mode de réalisation d'une étude de trafic routier.	14
II.4. Application au projet.	16
II.5. Vitesse de base et catégorie.	16
II.6. Détermination de nombre des voies.	18

### **CHAPITRE (III) :** **TRACE EN PLAN**

III.1. Les études de tracé.	22
III.2. Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes.	23
III.3. L'esprit de la conception géométrique routière.	24
III.4. Paramètres fondamentaux du projet routier.	28
III.5. Exemple de Calcul D'AXE.	29

### **CHAPITRE (IV) :** **PROFIL EN LONG**

IV.1. INTRODUCTION.	33
IV.2. Courbes des niveaux.	33
IV.3. Règles à respecter dans lors de la conception du profil en long.	35
IV.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long.	35
IV.5. Déclivités.	36
IV.6. Voie supplémentaire pour véhicule lent.	36
IV.7. Raccordements en profil en long.	37
IV.8.détermination pratiques du profil en long. .	39
IV.9. Exemple de calcul de profil en long.	42

**CHAPITRE (V) :****PROFIL EN TRAVERS**

V.1. Définition.	44
V.2. Les éléments du profil en travers.	45
V.3. Les Profils en travers type appliqué au projet.	47

**CHAPITRE (VI) :****CUBATURES**

VI.1. Introduction.	51
VI.2. CUBATURE DES TERRES.	51

**CHAPITRE (VII) :****ETUDE GEOTECHNIQUE**

VII.1. Introduction.	54
VII.2. Objectif.	54
VII.3. Les différents essais en laboratoire.	54
VII.4. Essais in site.	58
VII.5. Interprétation des résultats d'essais.	59
VII.6. Conclusion.	61

**CHAPITRE (VIII) :****DIMENTIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE**

VIII.1. Introduction.	62
VIII.2. La chaussée.	62
VIII.3. Paramètres pris en compte pour le dimensionnement.	64
VIII.4. Les principales méthodes de dimensionnement.	65
VIII.5. Application au projet.	63
VIII.6. Conclusion.	64

**CHAPITRE (XIII) :****SIGNALISATION**

XIII.1. Signalisation.	65
XIII.2. Types de signalisation.	66
XIII.3. Application au projet.	67
XIII.4. Eclairage.	68
XIII.5. Application au projet.	69

## **DEVIS QUANTATIF ET ESTIMATIF**

- **CONCLUSION GENERALE.**
- **BIBLIOGRAPHIE.**
- **ANNEXE.**