

## **Introduction générale**

La route du développement passe par le développement de la route, dit-on.

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

Cependant, La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de dédoublement.

La wilaya de Tiaret à l'instar du reste d'Algérie, a adopté un programme très promoteur basant principalement sur le réaménagement de son réseau routier existant.

Le dédoublement de la RN14 s'inscrit dans le même contexte, et qui fera l'objet de notre étude.

Les différentes phases d'étude de ce projet seront présentées et discutées en détails dans la suite de notre travail.

### I.1. Présentation de la Wilaya :

La wilaya de Tiaret est située au Nord-Ouest d'Algérie, elle est l'une des capitales des hauts plateaux.

Délimitée par Tissemsilt et Relizane au Nord, Laghouat et El Bayadh au Sud, Mascara et Saida à l'Ouest et Djelfa à l'Est. Tiaret s'étend sur 23452 Km<sup>2</sup> et regroupe 14 Dairas déclinées en 42 communes avec une population estimée 819002 habitants. Tiaret est à 340 Km de la capitale Alger.

### I.2. Plan de situation du projet :

Le projet en question se situe au PK 173 de la RN14 à côté de carrefour de l'entrée sud-ouest de la ville de Tiaret et s'étend sur un linéaire de 6.558Km vers Mellakou.

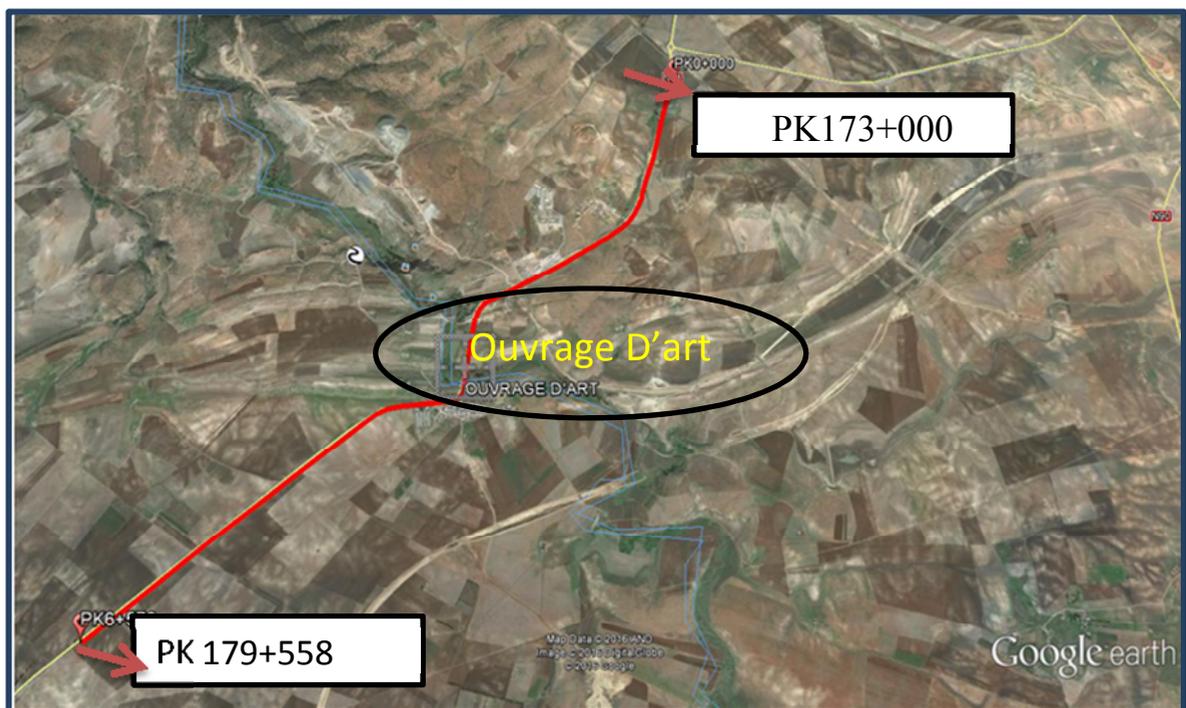


Figure I.1 : Plan de situation du projet.

### I.3. Objectif de l'étude :

Vu l'importance du trafic routier qui fréquente la RN14, et la croissance remarquable de la démographie Algérienne, le futur axe routier du dédoublement sera d'une importance majeure.

Ce pourquoi, cette étude a été conçue dont l'objectif est de dédoubler la chaussée existante de telle sorte à augmenter le niveau de service.

Tout cela se traduit par :

- ✓ Améliorer la sécurité.
- ✓ Réduire le temps de parcours.
- ✓ Améliorer les conditions de circulations.
- ✓ À réaliser un traitement architectural et environnemental

#### **I.4. Situation actuelle du projet :**

Le tronçon existant est un peu hétérogène en ce qui concerne l'organisation et les dimensions des éléments caractéristiques de la plateforme (chaussée, accotements, etc. ...) La largeur de la chaussée existante est variable, comprise entre 6m et 7m voir 8.5 m au niveau de certains virage.

La largeur des accotements est comprise entre 1 à 2m; ils sont construits avec un matériau G.N.T.

Le tracé actuel, présente en générale des bonnes caractéristiques géométriques, sauf quelques endroits où on distingue des rayons inférieurs au rayon minimal absolu.

#### **I.5. Description générale du nouveau tracé :**

La description du nouveau tracé consiste à :

- ✓ Faire une étude de trafic
- ✓ Concevoir la géométrie en plan, en long, en travers et conservé la géométrie de la route existante ;
- ✓ Dimensionner le corps de nouvelle chaussée et renforcer l'ancien si nécessaire ;
- ✓ Étudier l'assainissement du réseau pour la route neuve et modifier s'il y'a lieu du réseau de la route existante ;
- ✓ Concevoir un ouvrage d'art.

## II.1. Paramètres fondamentaux d'un projet routier :

### II.1.1. Niveau de service :

La vocation d'une route dépend de son importance et ses conditions d'aménagements qui sont entre autre :

- Le confort et la sécurité des usagers ;
- L'intensité de trafic et de sa composition ;
- Caractéristiques topographiques.

### II.1.2. L'environnement de la route :

L'environnement de la route est caractérisé par deux indicateurs qui sont la dénivelée cumulée moyenne et la sinuosité.

**La dénivelée cumulée moyenne :** C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de la route.

Le rapport de la dénivelée cumulée totale  $H$  à la longueur totale de l'itinéraire  $L_{\text{Totale}}$  permet également de mesurer la variation de relief.

**Sinuosité :** La sinuosité  $\delta$  d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse  $L_s$  sur le total de l'itinéraire.

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

Les trois types d'environnements  $E_i$  sont caractérisés par le croisement des deux indicateurs précédents dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II.1. Environnement de la route. (B40)**

Sinuosité \ Reliefs	Faible ( $\delta \leq 0.1$ )	Moyenne ( $0.1 \leq \delta \leq 0.3$ )	Forte ( $\delta \geq 0.3$ )
Plat ( $\frac{H}{L} < 1.5\%$ )	E1	E2	
Vallonné ( $1.5\% < \frac{H}{L} < 4\%$ )	E2	E2	E3
Montagneux ( $\frac{H}{L} > 4\%$ )		E3	E3

**NB :** nous allons évaluer deux variantes et retenir, celle qui répondra aux critères d'une bonne route.

**Variante N°1 :**

$$\frac{H}{L_{\text{totale}}} = \frac{994.819 - 872.582}{6577.205} = 1.86\%$$

$$\sum \delta / L_{\text{totale}} = (96.922 + 6.328 + 90.647 + 26.905 + 202.461 + 167.110) / 6577.205 = 0.089$$

**Variante N°2 :**

$$\frac{H}{L_{\text{totale}}} = \frac{994.819 - 872.582}{6558.371} = 1.86\%$$

$$\sum \delta / L_{\text{totale}} = 150.20 / 6558.371 = 0.023$$

**II.1.3. La catégorie de la route :**

Les routes sont classées en cinq catégories selon leurs finalités économiques et administratives des itinéraires considérés.

La RN14, assure la liaison entre la wilaya d'Ain defla et Mascara en passant par les wilayas de Tessemsilt et Tiaret ou on a une zone industrielle importante à la sortie de la ville de Tiaret, donc ce qui classe notre route en catégorie 2 (Cat2).

**II.1.3.1. La vitesse de référence :**

On appelle vitesse de référence ou base  $V_b$  c'est la vitesse qui peut être pratiquée en tout point de la section considérée. Elle est donc imposée par les zones dont les caractéristiques géométriques sont les plus contraignantes et elle permet ainsi de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces zones particulières. En effet, le choix de vitesse de référence joue un rôle très important sur le coût du projet. Ce pendant Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route ;
- L'importance et genre du trafic (volume, structure) ;
- La Topographie (degré de difficulté de terrain) ;
- Conditions économiques d'exécutions et d'exploitations.

**II.1.3.2. Vitesse du projet :**

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

**NB :** pour notre projet, nous avons une route de catégorie Cat2 et de l'environnement E2 et à une vitesse de base de 80km/h.

### II.1.4. Calcul de distances d'arrêt :

#### II.1.4.1. Temps de perception-réaction :

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

On a une route de catégorie Cat2 et de l'environnement E2 donc on aura :

$$\theta = 1.8s \text{ pour } V \geq 100 \text{ km/h}$$

$$\theta = 2s \text{ pour } V < 100 \text{ km/h}$$

#### - Coefficient de frottement longitudinal $f_l$ :

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

Pour notre projet, d'après la **Norme(B40)**  $f_l = 0.39$  en fonction de la vitesse de référence et de la catégorie de la route.

#### - Coefficient de frottement transversal :

Ce coefficient dépend de la vitesse de référence ou base est utilisé pour déterminer le rayon en tracé en plan associé à un devers donné : Dans notre cas on a :  $f_t = 0.13$ .

#### II.1.4.2. La distance de freinage ( $d_o$ ) :

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

$$\text{Sur une route en palier : } d_o = \frac{vb^2}{260f_l}$$

Sur une route à déclivité :

$$d_o = \frac{vb^2}{100x(fl \pm 2.5i)} \quad i: \text{ étant la déclivité (\%), } vb \text{ en km/h}$$

#### II.1.4.3. La distance d'arrêt ( $d_1$ ) :

C'est la distance de freinage ajoutée à la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction avant le début de freinage. Donc on aura :

$$d_1 = d_o + v\theta \quad \text{alors } d_1 = d_o + 0.55V \text{ pour } V < 100 \text{ km/h}$$

$$d_1 = d_o + 0.5V \text{ pour } V > 100 \text{ km/h.}$$

### II.1.5.Application au projet :

Pour notre projet, RN14 avec une vitesse de base de 80km/h on aura des valeurs suivantes :

✚ La distance de freinage ( $d_0$ ) :

En palier :

$d_0 = 63.11\text{m}$

✚ La distance d'arrêt ( $d_1$ ) :

En palier :

$d_1 = 107.11\text{m}$

**Tableau II.2 : paramètre cinématique norme B40.**

Catégorie	Paramètres cinématiques		Vitesse de références (km/h)				
			20	100	80	60	40
1-2	Distance de freinage.	$D_0$	75	111	65	34	14
	Distance d'arrêt	$d_1$	35	161	109 (105)	67 (64)	36 (34)
3-4-5	Distance de freinage.	$D_0$	60	100	59	31	13
	Distance d'arrêt	$d_1$	20	150	99	64	35

## II.2. Etude du trafic :

### II.2.1. Introduction :

Tout projet d'étude d'infrastructures routières doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée est lié à cette sollicitation, la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'horizon. L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers, l'analyse de trafic est destinée à éclairer des décisions relatives à la politique des transports.

Cette conception repose, pour partie <<stratégie et planification>> sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, elle est nécessaire pour :

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

### II.2.2. Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont : La statistique générale.

- Le comptage sur route (manuel ou automatique).
- Une enquête de circulation.

### II.2.3. Différents types de trafics:

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Trafic induit** : C'est le trafic qui résulte de :
  - Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
  - Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

- **Trafic total** : C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

**NB** : nous sommes dans le cas de trafic normal

#### II.2.4. Définition de la capacité :

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

##### ❖ Calcul de TJMA horizon :

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

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

Avec  $T_0$  : trafic journalier moyen à l'année 0 ;  $\tau$  : taux d'accroissement annuel ;  $n$  : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

##### ❖ Calcul des trafics effectifs:

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de :

- Type de route et de l'environnement :

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif est donné par la relation :  $T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P * Z] * T_n$

$T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

$Z$  : pourcentage de poids lourds (%).

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

**Tableau II.3: coefficient d'équivalence (B40)**

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

❖ **Débit de pointe horaire normal :**

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

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

(1/n) : Coefficient de pointe pris égale 0.12 (en générale).

Q : est exprimé en UVP/h.

❖ **Débit horaire admissible :**

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{\text{adm}} (\text{uvp/h}) = K1 * K2 * C_{\text{th}}$$

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient lié à la catégorie de la route et de son environnement.

C<sub>th</sub> : capacité effective, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

**Tableau II.4 : Valeurs de K1**

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	0,90 à 0,95

**Tableau II.5 : Valeurs de K2**

Environnement	Catégorie de la Route				
	1	2	3	4	5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

$C_{th}$  : capacité effective, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable

**Tableau II.6 : Valeurs de la capacité théorique(B40)**

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h/sens

### II.2.5. Application au projet :

Le trafic sur la section étudiée ,d'après les informations requises auprès de la direction des travaux publics de la wilaya de Tiaret s'élève à 14809 V/J.

#### ✓ Données du trafic :

- Le comptage effectué en 2014 a donné lieu à un trafic de 14809 v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic = 4%
- La vitesse de base  $V_b = 80$  Km/h
- Le pourcentage de poids lourds  $Z = 18,4$  %
- Année de mise en service est 2018
- La durée de vie du projet est de 20 ans.

#### ✓ Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_h = (1 + \tau)^n * TJMA_{2014}$$

$$TJMA_{2018} = (1 + 0.04)^4 * 14809$$

$$TJMA_{2018} = 17325 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2038} = (1 + 0.04)^{20} * 17325 = 37961 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2038} = 37961 \text{ v/j}$$

✓ **Calcul du trafic effectif :**

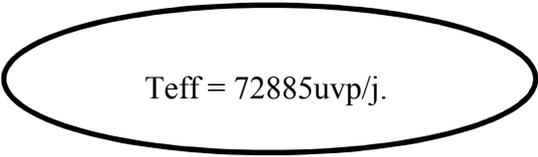
$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \text{ TJMAh}$$

$T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'horizon.

$Z$  : pourcentage de poids lourd (18,4%)  $P$  : coefficient d'équivalence

$P = 6$  (route à 2x2 voies, E2)

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.184) + 6 * 0.184] * 37961 = 72885 \text{ uvp/j.}$$



$$T_{\text{eff}} = 72885 \text{ uvp/j.}$$

✓ **Débit de pointe horaire normal :**

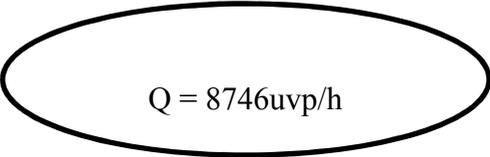
Le débit de pointe normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon  $h$ , il est exprimé en uvp/h

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

$(1/n)$  coefficient de pointe prise égale 0.12.

$$Q = (1/n) T_{\text{eff}} = 0.12 * T_{\text{eff}}$$

$$Q = 0.12 * 72885$$



$$Q = 8746 \text{ uvp/h}$$

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

$$Q \leq Q_{\text{adm}} \Rightarrow Q \leq K1 * K2 * C_{\text{th}}$$

$$K1 = 0.85 \text{ et } K2 = 0.99$$

- Catégorie C2
- Environnement E2

D'après le B40 :  $C_{th} = 2000$

✓ **Détermination de nombre de voies :**

$N = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}$  Avec S : coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic,  $S = 1/3$

$$N = \frac{1 \cdot Q}{3 \cdot Q_{adm}}$$

$$N = \frac{1 \cdot Q}{3 (K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th})} \Rightarrow N = \frac{1 \cdot 8746}{3 (0,85 \cdot 0,99 \cdot 2000)} = 1,73$$

Donc :  $N = 2$  voies

Nous optons pour un profil en Travers en chaussée séparée de (2x2 voies de 3.5m) et des accotements de 1.8m de chaque côté, avec TPC allant de 0.5m à 5m.

### III.1 .Tracé en plan :

#### III.1.1. Introduction :

La conception de tracé en plan d'une route passe tout d'abord à la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain.

**Définition :** Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontale de l'axe de la chaussée. Il est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparé ou pas par des raccordements progressifs.il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort des usagers tout en s'intégrant au mieux dans la Topographie du site.

#### III.1.2. Les règles à respecter dans la projection de tracé en plan :

Pour un meilleur choix Technico-économique du tracé en plan il revient à respecter certaines recommandations qui sont :

- Respecter les points de départ et d'arriver ;
- Eviter les sections rectilignes de grande longueur (monotonie de conduite le jour et gêne en conduite de nuit à cause de l'éblouissement des phares) ;
- Eviter la démolition du bâti (maisons, constructions et habitats) ;
- Eviter le franchissement des oueds, afin de minimiser le nombre de l'ouvrage d'art couteux ;
- Eviter le terrassement excessif et inutile, de préférence suivre les courbes de niveau ;
- Tenir compte des contraintes de réseaux (installations électriques, conduites de gaz, conduites principales d'assainissement et d'eaux potable). Etc...

#### III.1.3. Particularité de conception du dédoublement :

L'approche d'étude de dédoublement est différente des études en site vierge et différente également des études de renforcement et réhabilitation pour cela l'approches suivantes ont été adoptée :

- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à RHN est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité ;
- Elargir autant que possible d'un seul côté ;
- utiliser au maximum la plate-forme existante en se collant sur l'existant ;
- Etc.....

### III.1.4. Eléments de tracé en plan :

Un tracé en plan d'une route est constitué de trois éléments comme il est schématisé ci-dessous:

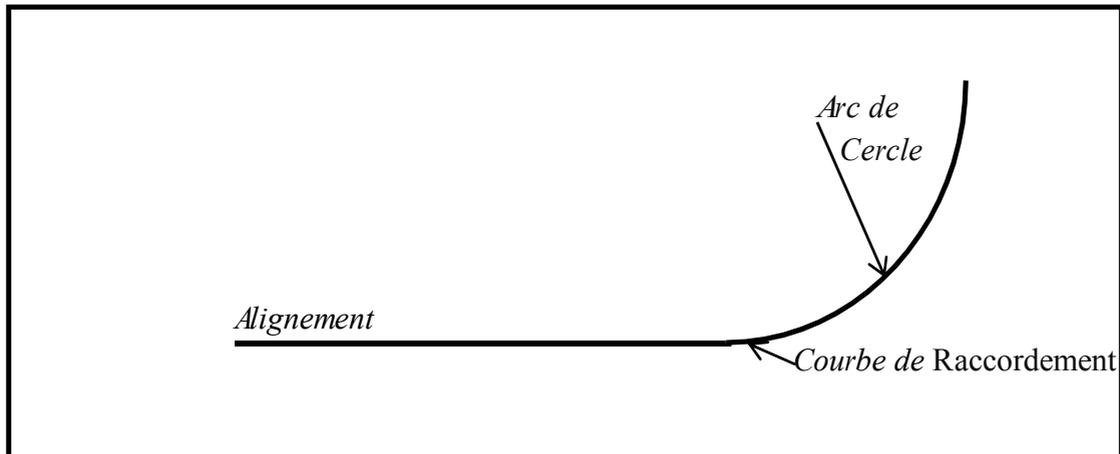


Figure III.1: Eléments de tracé en plan.

#### III.1.4.1. Alignement droit :

Un alignement droit défini comme étant une distance entre deux courbes de même sens ou non dans un tracé de l'axe. Cet alignement est constitué par une distance et un gisement.

En effet, il existe une longueur minimale d'alignement  $L_{min}$  à respecter entre deux courbes de même sens, sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercle.

Si cette longueur minimale ne peut être obtenue, les deux courbes seront raccordées par une courbe en C ou OVE.

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_b}{3,6} \Rightarrow L_{min} = 111m \quad \text{Avec } V_b \text{ en km/h.}$$

La longueur maximale est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes :

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_b}{3,6} \Rightarrow L_{max} = 1333m.$$

#### Remarque :

La longueur minimale d'alignement  $L_{min}$  qui devra séparer deux courbes circulaires de sens différent (inverse) doit être supérieure ou égale à 50m.

$$L_{min} \geq 50m$$

### III.1.4.2. Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbure :

- La Stabilité en courbe ;
- La Visibilité latérale ;
- La Sur largeur.

Il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimal absolu RHm.

$$R \geq \text{RHm} = \frac{Vb^2}{127(ft+dmax)}$$

En règle générale on adopte, si cela n'entraîne pas un surcout, des valeurs du rayon minimal normal(RHN).

En plus il y'a lieu d'assurer la visibilité du côté intérieur du virage en décalant tout obstacle sur une largeur  $E = \frac{dv^2}{8R}$  (dv étant la distance de visibilité) et une sur largeur  $S = \frac{Lv^2}{2R}$  pour  $R \leq 200m$  (Lv étant la longueur du véhicule le plus encombrant) permettant l'inscription des véhicules longs dans le rayon.

**Rayon minimal absolu (RHm) :** Est défini comme étant le rayon au devers maximal.

Ainsi pour chaque Vb on a une série de couple (R, d).

$$\text{RHm} = \frac{Vb^2}{127(ft+dmax)} \quad \text{Avec } ft \text{ coefficient de frottement transversal.}$$

Et dmax devers associé.

**Rayon minimal normal(RHN) :** Est un rayon correspondant à la circulation normale à un véhicule traversant dans un virage de  $Vb+20\text{km/h}$ . Donc on a :  $\text{RHN} = \frac{(Vb+20)^2}{127(ft+d)}$

Avec  $d=dmax-2\%$  devers associé à RHN.

**Rayon au devers minimal(RHd) :** Le rayon au devers minimal est le rayon tel que parcouru à la vitesse Vb, l'accélération centrifuge résiduelle soit égale à 2,5%.

$$\text{RHd} = \frac{Vb^2}{127 \times 2 dmin} \quad \text{Devers associé : } dmin=2,5\% \text{ en catégorie 1 et 2}$$

$dmin=3\%$  en catégorie 3,4 et 5.

**Rayon non déversé (RHnd) :** Le rayon non déversé est le rayon tel que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée par un véhicule par courant à la vitesse Vb une courbe de devers minimal vers l'extérieur (-dmin), reste inférieur à une valeur limitée f''.

$$RHnd = \frac{vb^2}{127(f'' - dmin)} \quad \text{Avec } f'' = 0,060 \text{ pour catégorie 1 et 2}$$

$$f'' = 0,070 \text{ pour catégorie 3}$$

$$f'' = 0,075 \text{ pour catégorie 4 et 5}$$

Notre projet, est situé dans un environnement E2 et Classé en catégorie Cat2 avec une vitesse de base 80km/h, on utilise comme référence les rayons normalisés (**B40**) ainsi que les devers qui leurs sont associés.

**Tableau III.1: rayons en plan selon (B40)**

Paramètre	Symbole	Devers	Valeur R
Rayon minimal absolu	RHm	7%	250
Rayon minimal normal	RHN	5%	450
Rayon au devers minimal	RHd	2,5%	1000
Rayon non déversé	RHnd	-2,5%	1400

### **III.1.4.3 .Les courbes de raccordement :**

Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur au rayon non déversé (RHnd) devront être introduites avec des raccordements à courbures progressifs en passant de la courbure (R=infini) à l'extrémité de l'alignement à la courbure 1/R au début du cercle du virage.

#### **III.1.4.3.1. Rôle et nécessité des courbes de raccordement :**

L'utilisation des courbes de raccordements progressifs permettent d'assurer les conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule ;
- Confort des passagers du véhicule ;
- L'introduction linéaire de dévers ;
- Tracé souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

#### **III.1.4.3.2. Types de courbe de raccordement :**

Les différentes courbes Mathématiques reconnues jusqu'ici, qui satisferont les conditions désirées d'une variation continue de la courbure sont :

- Lemniscate ;
- Parabole cubique ;

### ✚ Clothoïde.

Nous utiliserons la clothoïde à la suite de notre projet car c'est le type de courbe la plus utilisée dans le tracé routier

#### ▪ Clothoïde :

La courbure est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une manière continue dès à l'entrée à la longueur de clothoïde où il est infini jusqu'au point asymétrique où il est nul.

L'expression Mathématique de la clothoïde est :

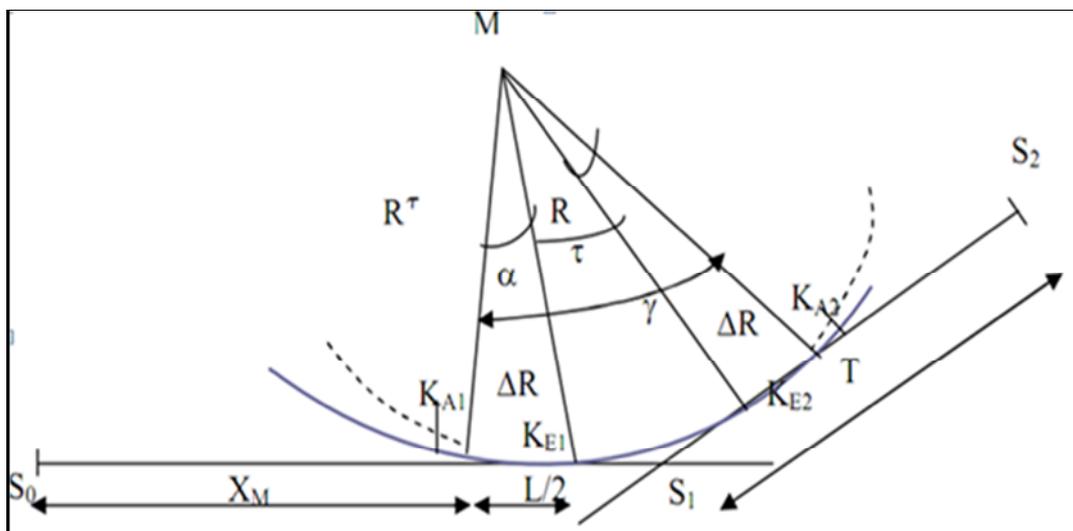
La courbure de la clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L.

$$K=C \times L \Rightarrow K=1/R \Rightarrow LR = 1/C$$

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

#### ▪ Eléments de la clothoïde :



**Figure III.2: Eléments de clothoïde.**

$\gamma$  : angle entre alignement droit

$S_L$  : la corde à la clothoïde

T : Grande tangente

$\sigma$  : l'angle polaire

$\Delta R$  : Ripage

L : longueur de clothoïde

$X_M$  : Abscisse centre de cercle

$K_A$  : début de clothoïde

R : rayon de virage

$K_E$  : fin de clothoïde

t: l'angle de tangente

La longueur de raccordement est calculée de manière à satisfaire les conditions suivantes :

✓ **Condition de gauchissement :**

Cette condition de gauchissement se traduit par la limitation de la pente relative du profil en long du bord extérieur de la chaussée par rapport à son axe.

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

L : la longueur du clothoïde

V<sub>b</sub> : vitesse de base du projet (Km/h)

Δd : la variation du devers et l : la largeur du chaussée.

✓ **Confort dynamique :**

Condition consiste à limiter la variation de la force centrifuge du véhicule dans le virage à une fraction de l'accélération de la pesanteur. La longueur de raccordement L est donnée par la relation :

$$L \geq \frac{V_b^2}{18} \left( \frac{V_b^2}{127 \cdot x \cdot R} - d \right) \text{ avec } R : \text{ rayon en m}$$

✓ **Confort optique :**

Cette condition a pour but d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de rendre perceptible suffisamment à l'avance, la courbure du tracé d'une façon à obtenir la sécurité la plus grande possible.

On admet, en règle générale **(B40)** qu'un raccordement progressif est perceptible, si le changement de direction est  $\geq 3^\circ$ .

$$t \geq 3^\circ \Rightarrow t \geq \frac{1}{18 \text{ rad}} \quad \frac{L}{2R} \cdot \frac{1}{18} \Rightarrow L = R/9 \text{ soit } \frac{R}{3} \leq A \leq R$$

$$\text{Pour } R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1 \text{ m (éventuellement 0.5) d'où } L = \sqrt{24R \cdot R}$$

$$\text{Pour } 1500 \leq R \leq 5000 \text{ m} \Rightarrow t = 3^\circ \text{ c'est à dire } L = \frac{R}{9}$$

$$\text{Pour } R \geq 5000 \text{ m} \Rightarrow \Delta R \text{ est limité à 2.5 m soit } L = 7.75 \sqrt{R}$$

Avec l'équation de la clothoïde :

$$A^2 = LR.$$

### III.1.5. Combinaison des éléments du tracé en plan :

L'assemblage des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes qui sont entre autre :

#### III.1.5.1. Courbe en S :

C'est Une courbe caractérisée de deux arcs de clothoïde, de concavité inverse de l'une à l'autre et tangente en leur point de courbure et raccordant deux arcs de cercle.

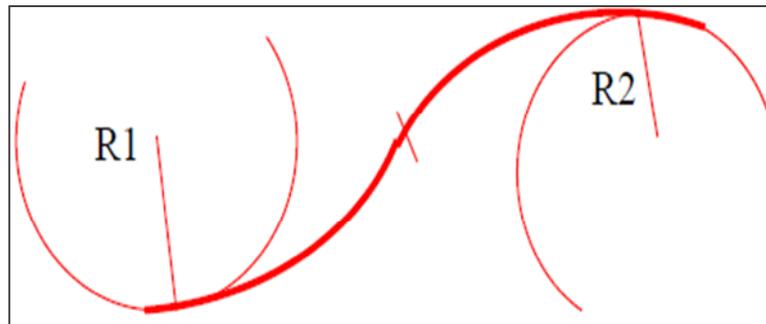


Figure III.3 : courbe en S

#### III.1.5.2. Courbe à Sommet :

C'est une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangente en un point de même courbure et raccordant deux alignements droit.

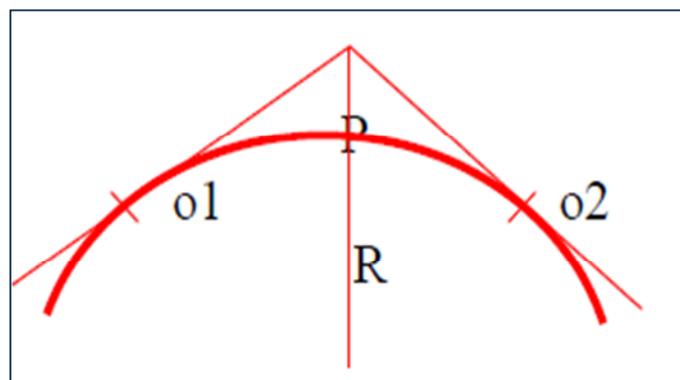


Figure III.4 : courbe à sommet.

**III.1.5.3. Courbe en C :**

C'est une courbe caractérisée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangente en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécantes ou extérieur l'un à l'autre.

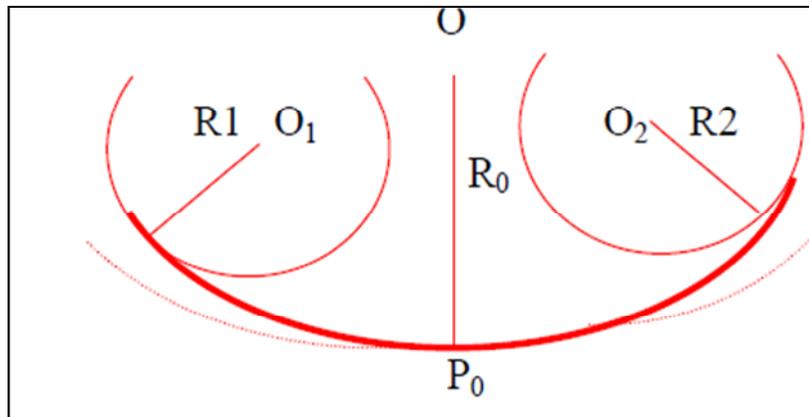


Figure III.5 : courbe en C

**III.1.5.4. Courbe en OVE :**

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

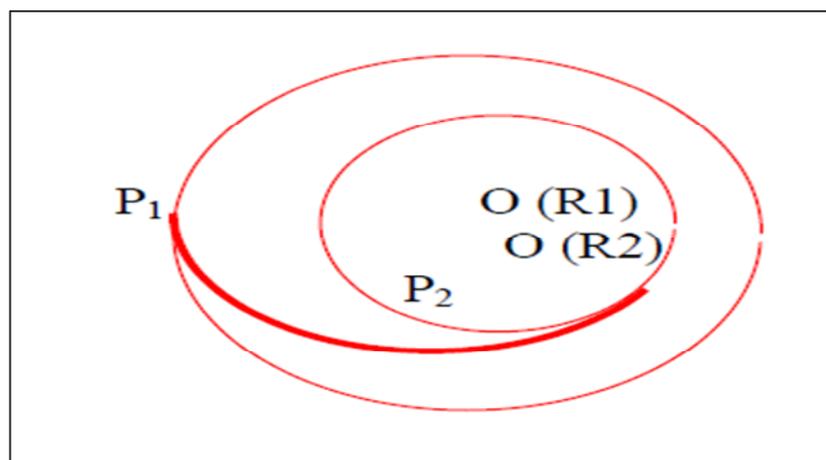


Figure III.6 : courbe en OVE

**Remarque :**

Pour notre étude, de tracé en plan nous avons étudié deux variantes distinctes leurs valeurs de paramètres sont résumés dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau III.2 : Paramètres de variante1**

Nombre de virages	Rayons de courbes (m)	Longueur de l'arc (m)
1	230	96.922
2	400	51.771
3	200	6.328
4	450	8.718
5	400	138.860
6	200	90.247
7	380	50.721
8	150	26.905
9	350	37.093
10	600	31.856
11	400	45.266
12	190	202.461
13	120	167.110
14	380	211.910
15	600	39.988

**Tableau III.3: paramètres de variante2**

Nombre de virages	Rayons (m)	Longueur de l'arc (m)
1	260	79.251
2	400	6.177
3	1200	31.757
4	460	87.695
5	250	85.006
6	1300	32.519
7	800	21.245
8	250	241.908
9	120	150.200
10	380	160.500
11	600	39.988

**NB :** Tous les éléments de l'axe en plan de deux variantes, obtenu à l'aide de logiciel Autopiste sont joints en annexe.

## III.2.Profil en long :

### III.2.1. Définition du profil en long :

Le profil en long est la projection de l'axe de la route sur un plan vertical. Il est constitué d'une succession d'alignements droits raccordés par des courbes à rayons parabolique.

### III.2.2. Tracé de la ligne rouge du nouvel aménagement :

Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes :

- Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais ;
- Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance ;
- Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais ;
- Respecter les valeurs des rayons verticaux en angle saillant et rentrant (norme B40);
- Respecter la coordination tracé en plan et profil en long ;
- Respecter les pentes minimales et maximales ;
- Opter pour une déclivité minimale de 1% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

### III.2.3. Eléments constituant de la ligne rouge :

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements paraboliques caractérisés par leur rayon.

#### III.2.3.1. Déclivité :

On appelle déclivité d'une route, la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

##### ❖ *Déclivité minimale :*

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

##### ❖ *Déclivité maximale :*

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

**Remarque :** l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburant
- Faibles vitesses.
- Gène des véhicules.

Le tableau ci-dessous représente la valeur maximale de la pente qui est en fonction de la vitesse de base de la route.

**Tableau III.4 : valeur de la déclivité maximale ( B40 )**

Vb(Km/h)	40	60	80	100	120	140
Imax(%)	8	7	6	5	4	4

**Application au projet :**

La vitesse de base qu'on a retenue dans notre projet est 80Km/h, donc la déclivité maximale est de 6%.

**III.2.4.Raccordements verticaux :**

Les changements de déclivités constituent des points particuliers au niveau du profil en long.

A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement parabolique où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort.

On distingue donc deux types de raccordement :

**III.2.4.1.Raccordement convexe (angle saillant) :**

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

$$\text{Condition de visibilité : } RV = \frac{d^2}{2(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})^2}$$

Où  $h_0$  : hauteur de l'œil = 1.10m et  $d$  : distance de visibilité

Si l'obstacle est éventuel :  $h_1=0.15\text{m}$  (Cat 1-2) et  $h_1=0.20$  (Cat3-4-5)

Si l'obstacle est permanent :  $h_2=1.20\text{m}$ .

Pour les chaussées unidirectionnelle :

$$\text{Le Rayon minimal absolu } R_{vm} = a d_1^2 \quad \text{Où } d=d_1 : \text{ distance d'arrêt.}$$

$$a = 0.24 \text{ (Cat1-2)}$$

$$a = 0.22 \text{ (Cat3-4-5)}$$

Le Rayon minimal normal  $R_{VN} = R(d1)$  pour  $V=V_b+20$ .

Les valeurs de rayons en angle saillant pour les catégories (1-2) et chaussée unidirectionnelle ont consignées dans le tableau suivant :

**Tableau III.5 : Valeurs de rayons en angle saillant (B40).**

Vb(km/h) \ RV(m)	40	60	80	100	120
RV <sub>m</sub>	300	1000	2500	6000	12000
RV <sub>N</sub>	1000	2500	6000	12000	18000

#### III.2.4.2. Raccordement concave (angle rentrant) :

Les rayons minimaux absolus  $R'V_m$  des raccords concaves assurent :

- Pour  $V_b \leq 80 \text{ km/h}$  (Cat 1-2), la vision dans un faisceau de phares d'axe horizontal situé à 0.75m de hauteur, d'un objet situé à  $d=d_1(V_b)$ .

Cette condition s'exprime par : 
$$R'V_m = \frac{d_1^2}{1.5+0.035d_1}$$

- Pour  $V_b > 80 \text{ km/h}$ , la limitation de l'accélération verticale  $\gamma_v$  à  $g/40$  (Cat1-2)

Cette condition s'exprime par :  $R'V_m = 0.30 V_b^2$  (Cat 1-2).

Les rayons minimaux normaux :  $R'V_N = R'V_m(V_b+20)$

Les valeurs de rayons en angle rentrant pour les catégories (1-2) sont consignées dans le tableau suivant :

**Tableau III.6 : Valeurs de rayons en angle rentrant(B40).**

Vb(Km/h) \ R'V(m)	40	60	80	100	120
R'V <sub>m</sub>	500	1200	2400	3000	4200
R'V <sub>N</sub>	1200	2400	3000	4200	18000

### III.2.5. Coordination du tracé en plan et profil en long :

Le profil en long et le tracé en plan sont coordonnés de telle sorte que la route apparaisse à l'usager sans discontinuité gênante de tracé, lui permette de prévoir son évolution et de distinguer clairement les dispositions des points singuliers, notamment les carrefours, les entrées et les sorties dans les échangeurs etc.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long sont fondées sur des paramètres conventionnels de technique de la circulation (temps de perception réaction, coefficients de frottement, hauteur d'obstacle, etc.)

Dans les zones où les distances de visibilité ne peuvent pas être assurées (de façon permanente ou temporaire), un marquage et une signalisation appropriée doivent interdire le dépassement de façon claire et perceptible par les usagers. Ce pendant les avantages de la coordination tracé en plan-profil en long sont :

- Assurer de bonnes conditions générales de visibilité.
- Eviter de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu.

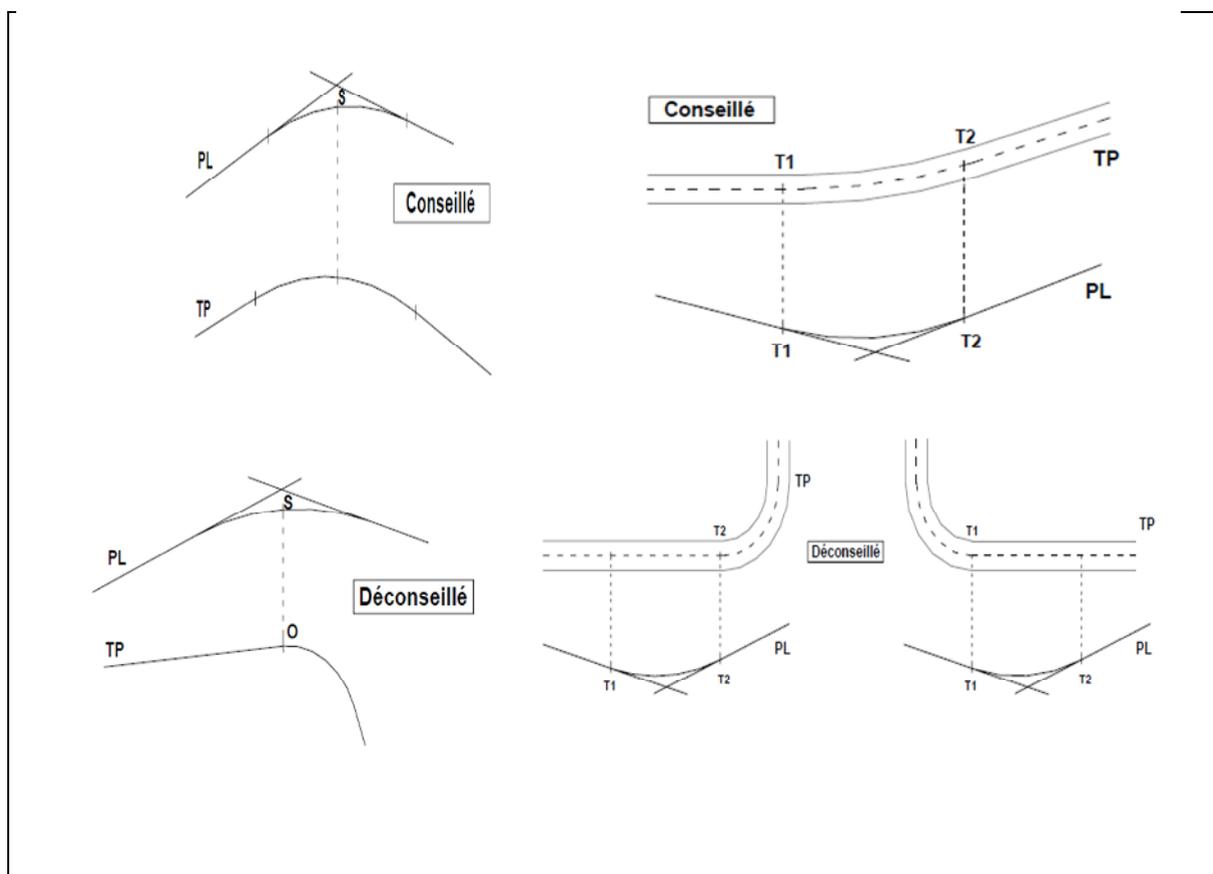


Figure III.7 : coordination tracé en plan-profil

### III.3 Profil en Travers

#### III.3.1. Définition :

Le profil en travers d'une chaussée c'est la coupe verticale perpendiculaire suivant l'axe de la route projetée.

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

Le profil en travers doit être tel qu'il puisse assurer à tout moment l'écoulement du trafic actuel et prévisible dans les bonnes conditions de sécurité et de confort, ainsi que l'évacuation rapide des eaux de pluie.

➤ **Il existe deux types de profil en travers qui sont :**

**Profil en travers type :** est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constitutifs de la route notamment les dimensions de la chaussée et ses dépendances, la structure de la chaussée et ses composantes ainsi que les épaisseurs. Il est également composé de deux demi-profilés juxtaposés, l'un en remblai, l'autre en déblai.

**Le profil en travers courant :** s'applique au PK indiqué, il prend en compte toutes les données caractérisant la section transversale de la route au PK considéré. Notamment cote du terrain naturel, cote du projet et les devers transversaux.

#### III.3.2. Les éléments constitutifs du profil en Travers :

Un profil en travers est constitué de plusieurs éléments qui sont :

- **L'emprise :**

Surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances. En outre, comporter certains excédents. Elle coïncide en général au domaine public.

- **Assiette :**

Partie de la route située entre les limites extérieures des fossés latéraux et concernée par les travaux de déblais ou de remblais.

- **La plate-forme :**

C'est l'ensemble de la chaussée, les accotements, éventuellement terre-plein central (TPC).

- **Chaussée :**

C'est la surface aménagée sur laquelle circulent réellement les véhicules.

- **Accotement :**

Zone latérale de la plate-forme qui borde extérieurement la chaussée. L'accotement peut être constitué par un trottoir ou en piste cyclable.

- **Fossé :**

Dépression creusée dans le terrain pour l'écoulement des eaux.

- **Berne :**

Elle est située à l'extérieure de la bande dérasée ou de la bande d'arrêt d'urgence (BAU), est généralement engazonnée. Elle supporte d'éventuels panneaux de signalisation et équipement (glissières de sécurité en particulier). Elle a une largeur de 0.75m éventuellement portée, en présence de dispositifs de retenu, à une valeur de 1m ou davantage selon le dispositif de retenu mis en œuvre.

- **Terre-plein central :**

Bande de terrain située entre deux chaussées constantes sur une même plate-forme. Il joue des rôles très important, notamment la séparation, environnement et le drainage.

- **Nombre de voies :**

Le nombre de voies à prévoir est en fonction de la capacité de la route et de son trafic.

- **Largeur des voies :**

En alignement droit, la largeur est établie en fonction du gabarit du véhicule et d'après le nombre de voies de circulation. Sur de route de circulation intense et rapide, une largeur de 2.5m est insuffisante ; il faut au moins 3m et au mieux 3.5m pour que le véhicule puisse se croiser et se dépasser en toute sécurité.

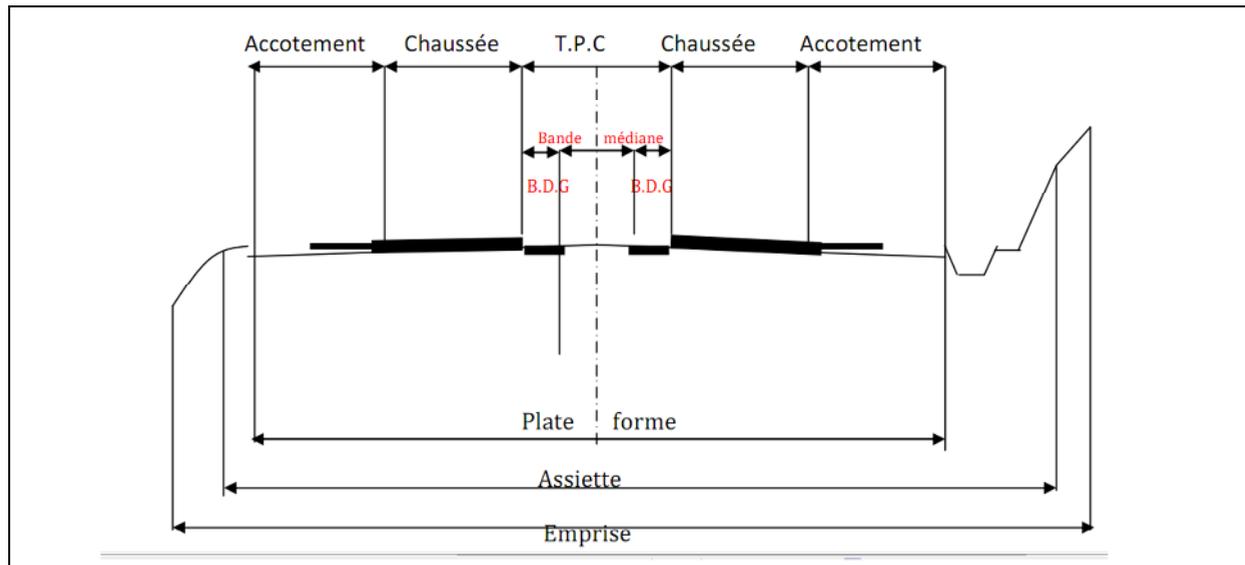


Figure III.8 : coupe transversale de profil en travers.

### III.3.4. Application au projet :

Le profil en travers de la chaussée existante est constitué de deux voies dont la largeur totale variant de 6 à 7 m, et un accotement de 1 à 2 m de part et d'autre.

Pour notre projet de dédoublement, à partir d'une nouvelle étude de capacité faite dans le chapitre étude de trafic, donc grâce celle-ci le profil en travers de nouvel aménagement sera constitué de **2 voies de roulement de 3.5m** de largeur chacune, avec un devers en toit de **-2.5%** en alignement, et avec les devers en courbe selon le rayon associé.

Et d'après le tableau de **B40** intitulé l'étude de capacité théorique, nous avons extrait des accotements de **1.8m** de part et d'autre avec une pente correspondre de **4%**, et une berme de **0.8m** caractérisée d'une pente de **8%** vers l'extérieur de la chaussée.

Nous notons également la présence d'un terre-plein central entre la nouvelle chaussée et celle existante, d'une largeur variante.

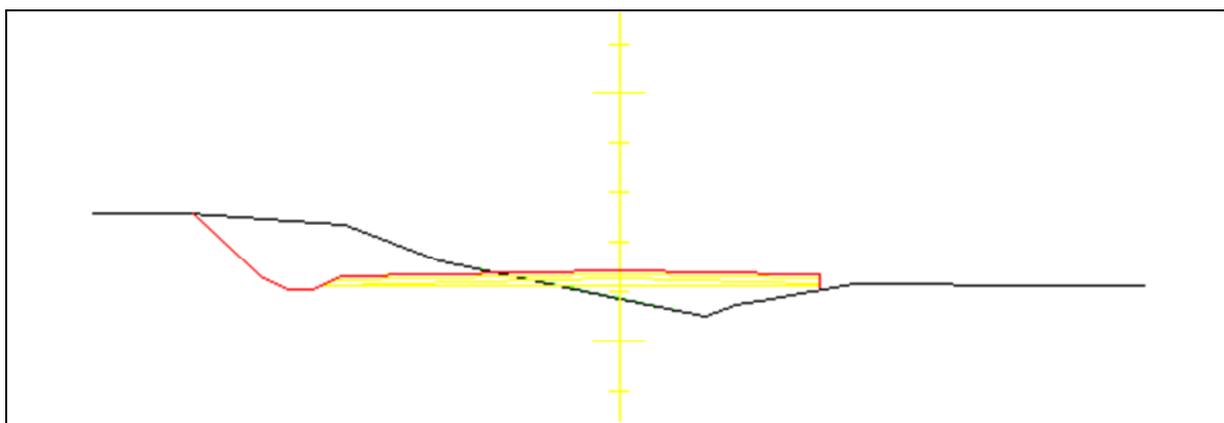


Figure III.9 : Exemple de profil en travers type obtenu à l'aide d'Autopiste.

**III.3.5 : Choix de la variante :**

Le choix de la variante sera retenu en évaluant les critères de deux variantes résumés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau III.7 : Récapitulatif des critères de choix de deux variantes**

Critère	unité	VarianteN°1	VarianteN°2	Evaluation	
				VN°1	VN°2
Longueur totale du tracé	m	6577.205	6558.371	-	+
Longueur Max en A.D	m	1919.073	1919.073	+	+
Longueur Min en A.D	m	43.834	57.733	-	+
Nombre de R<RHm		6	1	-	+
Devers Max	%	7	7	+	+
Nombre d'angle saillant		13	11	-	+
Nombre d'angle rentrant		9	9	+	+
Nombre de R<RVm		1	0	-	+
Nombre de R<RV'm		1	0	-	+
Déclivité Max	%	6.32	6.00	-	+
VD-VR	m <sup>3</sup>	9362	23430	+	-
				<b>4</b>	<b>10</b>

**+ : favorable**

**- : moins favorable**

**NB :** au terme de cette évaluation, nous avons retenu la variante N°2 pour des raisons beaucoup plus techniques.

### IV.1. Introduction :

Les cubatures de terrassement c'est la détermination des volumes de remblais et déblais nécessaire à la réalisation du projet, cela nécessite la connaissance :

- ✓ des profils en long ;
- ✓ des profils en travers ;
- ✓ des distances entre ces profils ;

### IV.2. Méthode de calcul :

Il y'a plusieurs méthodes qui peuvent déterminer les volumes de remblais et déblais, entre autre la méthode de la moyenne des aires.

#### IV.2.1. Description de la méthode de la moyenne des aires :

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

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

h : hauteur entre deux profils.

S<sub>0</sub> : surface limitée à mi- distances des profils.

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> : surface des deux profils.

### IV.3. Application :

La figure ci-dessous représente le profil en long d'un tracé donné.

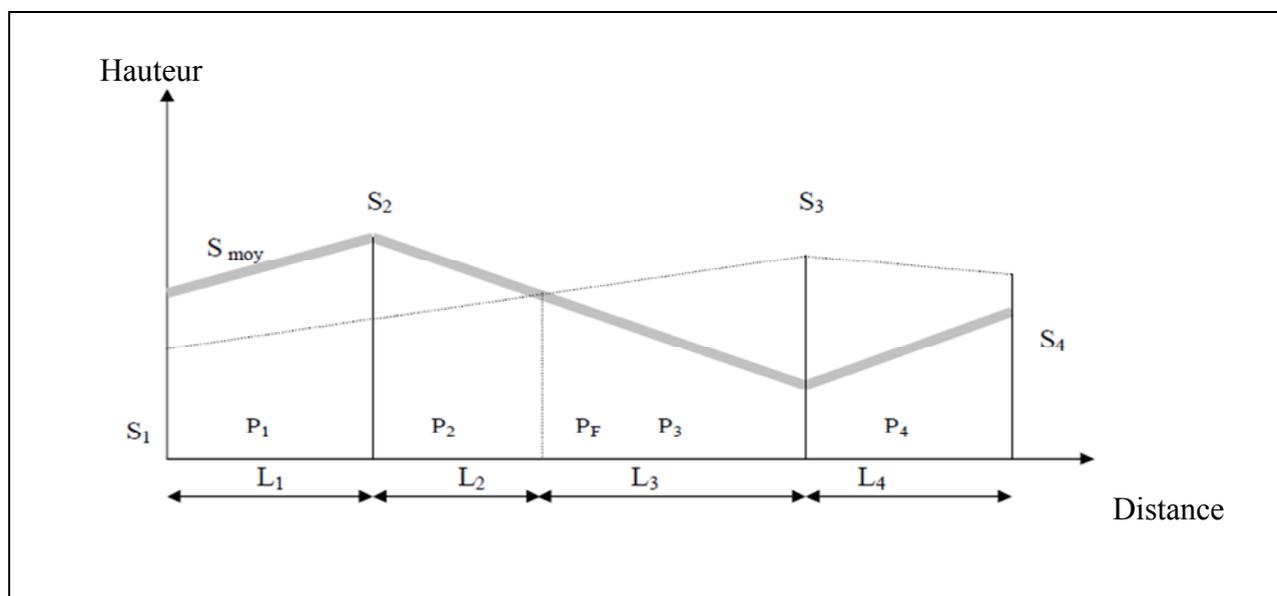


Figure IV.1 : Profil en long.

Le volume compris entre les deux profils en travers P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> de section S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> sera égale à :

$$V = \frac{L_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour un calcul plus simple on à considérer que :  $S_{\text{moy}} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

$$\text{D'où : } V_1 = L_1 \times \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre P}_1 \text{ et P}_2 \quad V_1 = L_1 \times \frac{(S_2 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre P}_2 \text{ et P}_F \quad V_2 = L_2 \times \frac{(S_2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre P}_F \text{ et P}_3 \quad V_3 = L_3 \times \frac{(0 + S_3)}{2}$$

$$\text{Entre P}_3 \text{ et P}_4 \quad V_4 = L_4 \times \frac{(S_3 + S_4)}{2}$$

$$\text{Le volume total } V = (S_1) \times \frac{L_1}{2} + (S_2) \times \frac{L_1 + L_2}{2} + (0) \times \frac{L_2 + L_3}{2} + (S_3) \times \frac{L_3 + L_4}{2} + (S_4) \times \frac{L_4}{2}$$

**NB :** Les résultats de calcul des cubatures obtenus à l'aide d'Autopiste sont joints en annexe.

## V.1. Introduction :

Après avoir déterminé, de façon justicière les éléments constituant la partie géométrique de tronçon, nous allons aborder à présent le dimensionnement de son corps de chaussée, ayant comme objectifs de déterminer la nature et l'épaisseur des couches afin qu'elle puisse résister aux agressions multiples auxquelles elle sera soumise pendant sa durée de vie. Ces agressions peuvent être de nature différente, d'une part le trafic écouler sur la chaussée notamment celui de poids lourd, et d'autre part les effets climatiques (problème de gel et dégel) ainsi que la variation de température. Pour permettre une circulation rapide et confortable aux usagers, elle doit présenter une surface parfaitement et constamment régulière.

A cet effet, donc elle doit être capable de recevoir les charges verticales et horizontales et leurs transmettre au sol support de façon convenable.

## V.2. Les Différents types de chaussée:

On distingue trois types de chaussées selon la composition de matériaux utilisés :

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

Pour notre étude, on a adopté la structure de type souple car ce le type la plus utilisée en offrant de meilleures qualités mécaniques. Les différentes couches qu'elle compose sont :

- **La Couche de surface :**

C'est l'ensemble des couches de roulement et la couche de liaison. La couche de roulement, qui est la couche supérieur de la chaussée sur laquelle s'exercent les agressions conjuguées du trafic et du climat, donc elle assure l'imperméabilité, l'adhérence et la résistance. Quant à la couche de liaison assure la transition entre la couche de roulement et les couches d'assises.

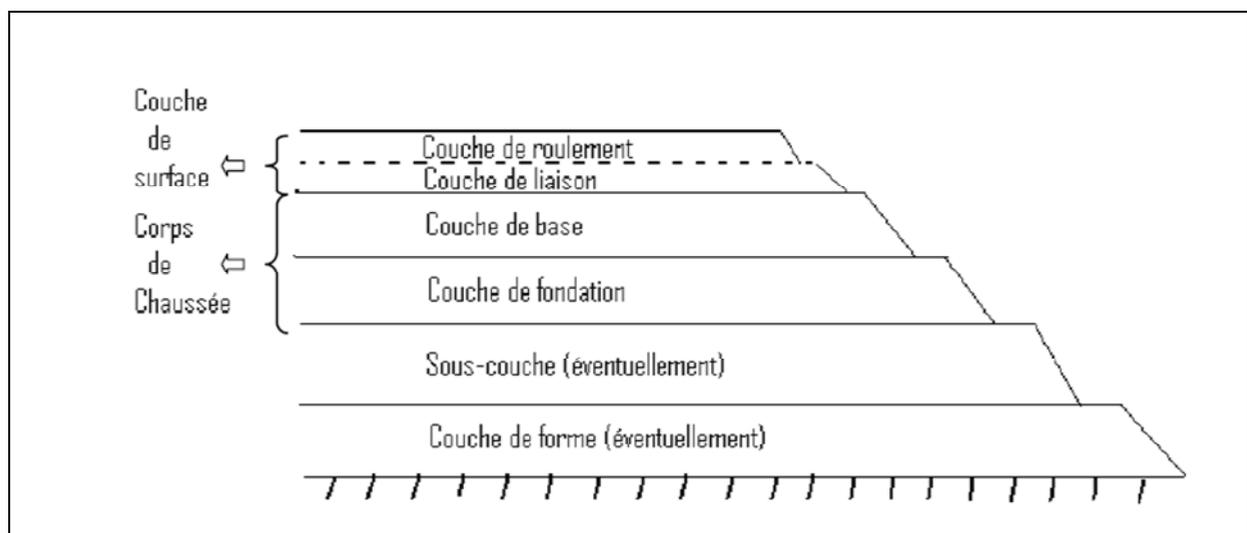
- **La couche d'assises de chaussée :**

Elle est constituée de l'ensemble de la couche de base et la couche de fondation. Ces couches en matériaux sélectionné, le plus souvent de (bitume, liants hydrauliques), pour les forts trafics apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales et horizontales induites par le trafic. Donc Elles repartissent les pressions sur le sol support, afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles.

- **Eventuellement la couche de forme :**

Cette couche, qui ne fait pas partie intégrale de la chaussée, est prévue pour améliorer la portance du sol, lorsque celle-ci ; représente une capacité portante faible. Donc Elle assure plusieurs fonctions qui sont :

- la protection de sol d'assise pendant les travaux de terrassement et la circulation des engins de chantier ;
- Elle permet de rendre plus homogènes les caractéristiques du sol terrassé et de protéger ce dernier du gel.
- Etc.....



**Figure V.1: coupe type d'un corps de chaussée.**

### V.3. Les méthodes de dimensionnement du corps de chaussées:

Les méthodes de dimensionnement de chaussées en vigueur dans le monde peuvent être classées en deux catégories :

- ✓ **Les méthodes empiriques**, basées généralement sur l'observation des chaussées existantes et, plus exceptionnellement, sur des expérimentations en vraie grandeur, telles que celles de l'AASHO (American Association of State Highway Officials).
- ✓ **Les méthodes semi-empiriques ou rationnelles**, qui, tout en prenant largement en compte l'observation de chaussées existantes, se basent, pour la détermination de l'épaisseur des couches, sur des méthodes mécaniques de comportement des matériaux et des assises de chaussées. Cette double approche permet de tirer un meilleur parti des observations de terrain.

Les méthodes de dimensionnement du corps de chaussée les plus utilisées en Algérie sont :

- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves ;
- La méthode C.B.R ;
- La méthode L.C.P.C. (Laboratoire central des ponts et chaussées).

Dans ce qui suit, nous allons utiliser uniquement la méthode C.B.R. car c'est elle qui donne le meilleur résultat économiquement appréciable.

#### V.4. Méthode C.B.R. (CALIFORNIA- BEARING- RATIO):

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum PROCTOR modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre à œuvre s'obtient de l'application de la formule ci-dessous :

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \times \log N / 10)}{ICBR + 5}$$

Avec :

Log : logarithme décimal

E<sub>eq</sub> : épaisseur équivalente

ICBR : indice C.B.R. du sol support

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

N : désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide sur la voie la plus chargée.

#### Notion d'épaisseur équivalente :

Est définie comme étant l'épaisseur réelle constituée par un matériau de référence qui est « la grave non traité concassé et gradué ».

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes de différente couche.

L'épaisseur équivalente d'une couche est égale au produit de l'épaisseur réelle par un coefficient d'équivalence.

$$E_{eq} = \sum_{i=1}^3 a_i x e_i$$

**Avec :**

$a_1 x e_1$  : couche de roulement

$e_2 x a_2$  : couche de base

$e_3 x a_3$  : couche de fondation.

Où :

$e_1, e_2, e_3$  : ce sont des épaisseurs réelles des couches

$a_1, a_2, a_3$  : ce sont des coefficients d'équivalence, et varient en fonction de qualité de matériaux.

#### Coefficients équivalences:

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalences pour chaque matériau utilisé dans la construction de chaussées routières :

**Tableau V.1 : les coefficients d'équivalences.**

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

**NB :** Les matériaux utilisés pour la composition de la structure de chaussée du projet sont de types : béton bitumineux (BB), grave bitume (GB) et grave non traité (GNT).

### ✚ Les classes de portance des sols supports:

Le tableau ci-après donne la classe de la portance du sol support en fonction de l'indice C.B.R :

**Tableau V.2 : Illustre de la portance des sols supports.**

Portance (S <sub>i</sub> )	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
Indice C.B.R	<5	5-10	10-25	25-40	>40

### V.5. Application au projet:

Compte tenu de non disponibilité du rapport géotechnique qui en cours d'élaboration, la direction des travaux publics de Tiaret, nous a suggéré de prévoir un indice C.B.R allant du 10 à 12. Vu que le tronçon parcourt une zone de sol de bonne portance, selon l'expertise de l'ingénieur en charge à la DTP. D'où nous avons pris ICBR=10 classé en S2.

Nous tenons à rappeler :

TJMA2014=14809 v/j (année de comptage)

Z=18.4% (PL), i=4%, n=20 ans.

TJMA2018= 17322 v/j (année de mise en service).

TJMA2038=37961 v/j (l'année horizon c'est à dire à la 20ieme année d'exploitation).

#### ○ Calcul de nombre de poids lourd :

Répartition transversale du trafic est :

Pour une Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

$$\text{NPL horizon} = \frac{\text{TJMA2038}}{2} \times Z \times 90\%.$$

AN :

$$\text{NPL2038} = \frac{37961}{2} \times 0.184 \times 0.9 = 3144 \text{ PL/j/sens.}$$

$$\text{NPL2038} = 3144 \text{ PL/J/sens.}$$

#### ○ Calcul d'épaisseur d'équivalence :

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \times \log 3144/10)}{10 + 5} \approx 42 \text{ cm}$$

$$E_{eq} \approx 42\text{cm}$$

Avec :

$$E_{eq} = a_1 x e_1 + a_2 x e_2 + a_3 x e_3.$$

Pour le calcul des épaisseurs réelles  $e_1$ ,  $e_2$  et  $e_3$  on fixe les épaisseurs  $e_1$ ,  $e_2$  :

On calcul l'épaisseur  $e_3$  :

$$e_1 = 6\text{cm en béton bitumineux (BB)} \Rightarrow a_1 = 2.0$$

$$e_2 = 10\text{cm en grave bitume (GB)} \Rightarrow a_2 = 1.5.$$

$$e_3 = \text{épaisseur en grave non traitée (GNT)} \Rightarrow a_3 = 1.0$$

Ainsi on aura :

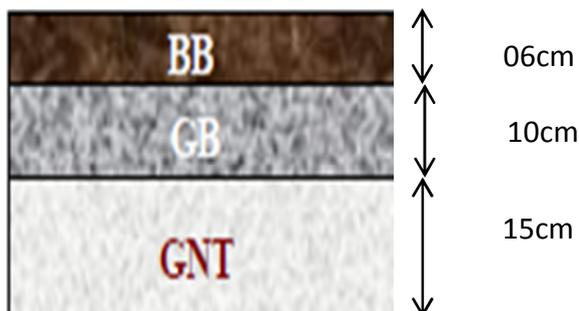
$$e_3 = 15\text{cm en GNT.}$$

**Tableau V.3 : Epaisseur réelle et équivalence du corps de chaussée.**

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence ( $a_i$ )	Epaisseur équivalence (cm)
BB	06	2.0	12
GB	10	1.5	15
GNT	15	1.0	15
Totale	31	/	42

○ La structure proposée est :

**06BB+10GB+15GNT**



**Figure V.2 : les différentes couches de la chaussée du projet**

## **VI.1.Introduction :**

L'assainissement routier est l'une des composantes essentielles de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des problèmes d'ordres multiples et complexes. Pour cela nous essayerons de répondre à ces problèmes afin de garantir, Son évacuation rapide sur la couche des chaussées et assurer la sécurité des usagers et la durabilité du corps de chaussée. Les types de dégradation provoquée par l'eau sont :

- Pour les chaussées :
  - Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussée) ;
  - Désenrobage ;
  - Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important) ;
  - Décollement des bords (problème d'affouillement).
- Pour les talus :
  - Glissement ;
  - Erosion ;
  - Affouillement du pied de talus.

Les études hydrauliques et hydrologiques permettent d'inventorier l'existence des oueds et d'une manière générale l'écoulement d'eau en surface. Afin de dimensionner adéquatement des ouvrages courants (ponceaux ou dalots et buses).

## **VI.2.Objectif de l'assainissement :**

L'assainissement des chaussées routières doit remplir les objectifs suivants :

- le rétablissement des écoulements naturels ;
- la collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route ;
- la collecte et l'évacuation des eaux internes c'est à dire le drainage ;
- la lutte contre la pollution ;
- Eviter les problèmes d'érosion.

## **VI.3.Description des ouvrages d'assainissements existants sur le tronçon:**

Après plusieurs sorti sur le terrain, nous avons pu appréhender, l'état de chaque ouvrages d'assainissement constituant du tronçon considéré, et leur niveau de service. Donc, le tronçon est constitué en grande partie des ouvrages de types busés. Ils sont tous en bon état, donc ils sont maintenus.



**Photo VI.1 : Ouvrage d'Assainissement en bon état nécessitant un curage.**



**Photo VI.2 : Buse en bon état.**

## VI.4. Etude hydraulique :

### VI.4.1. Données hydrauliques :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul sont :

Pluie moyenne journalière maximale  $P_j=50.9\text{mm}$  ;

Exposant climatique  $b=0.36$  ;

Coefficient de variation  $C_v=0.26$ .

### VI.4.2. Calcul de précipitation :

Le calcul de la pluie journalière maximale annuelle de fréquence donnée s'effectue par la formule suivante :

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

$P_{j\text{moy}}$  : pluie moyenne journalière (mm).

$C_v$  : Coefficient de variation.

$U$  : Variable de Gauss, donnée par le tableau suivant :

**Tableau VI.1 : Variable de GAUSS**

Fréquence au dépassement	50	20	10	5	2	1
Période de retour	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

### Remarque :

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

### VI.4.4. Calcul de l'intensité de l'averse :

L'intensité de l'averse est fonction du temps de concentration ( $T_c$ ), donnée par la relation suivante :

$$I_t = I.(T_c/24)^B \quad \text{car } B=b-1$$

Avec :

$I = P(\%)/24$  (L'intensité horaire).

$b$  : l'exposant climatique.

$I$  : l'intensité horaire pour une durée  $1h$  ;

$I_t$  : l'intensité de l'averse en (mm/h) ;

**Tc** : c'est le temps de concentration obtenu à l'aide des formules ci-dessous en fonction de la superficie de bassin versant (BV) :

- Formule de VENTURI : lorsque  $A < 5 \text{ km}^2$ .

$$T_c = 0.127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$$

- Formule de PASSINI : lorsque  $5 \leq A < 25 \text{ km}^2$

$$T_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt{AL}}{P}$$

- Formule de GIANDOTHI : lorsque  $25 \leq A < 25 \text{ km}^2$

$$T_c = \frac{1.5L + \sqrt{A}}{0.8 H}$$

Avec :

**Tc** : temps de concentration (heures) ;

**A** : superficie du bassin versant  $\text{km}^2$  ;

**P** : pente moyenne du bassin versant (%) ;

**L** : longueur du bassin versant (km) ;

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

#### **VI.4.5.Coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement est le rapport entre la quantité d'eau tombée sur le bassin versant et celle qui ruisselle effectivement sur sa surface.

Le coefficient de ruissellement varie avec la nature de la couverture végétale et la pente P du bassin versant.

Le tableau ci-dessous résume quelque valeur de C en fonction de la couverture :

**Tableau VI.2 : valeurs de coefficient de ruissellement.**

Types de couvertures	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobé	0.80 à 0.95	0.95
Accotement sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.4
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

#### VI.4.6. Calcul des débits :

##### ✚ Débit d'apport :

Pour les petits bassins versants, la méthode utilisée est généralement la méthode rationnelle où le débit de pointe se définit par la formule suivante :

$$Q_a = 0.278 \cdot C \cdot I_t \cdot A.$$

Avec :

$Q_a$  : débit de la crue décennale (en  $m^3/s$ ) ;

C : coefficient de ruissellement supposé uniforme sur le bassin ;

$I_t$  : l'intensité de l'averse en mm/h sur la période de concentration (temps de concentration) ;

A : superficie du bassin versant en  $Km^2$ .

##### ✚ Débit de saturation :

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par la formule de MANNING- STRICKLER

$$Q_s = K_{st} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} J^{1/2}$$

Avec:

$Q_s$  : débit en  $m^3/s$  ;

$S_m$  : section mouillée en  $m^2$  ;

J : pente longitudinale du cours d'eau en m/m ;

$R_h$  : rayon hydraulique en m ( $R_h = S_m / U$ )

$K_{st}$  : coefficient de Manning.

### VI.5. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement :

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, sa pente puis à vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, et pour cela on utilise la formule suivante :

$$Q_a = Q_s$$

**Q<sub>a</sub>** : Débit d'apport provenant du bassin versant (m<sup>3</sup>/s).

**Q<sub>s</sub>** : Débit d'écoulement au point de saturation (m<sup>3</sup>/s).

#### VI.5.1. Dimensionnement des fossés :

Le profil en travers du fossé choisi est de type trapézoïdal, compte tenu sa forme facilement réalisable mais également son coût très supportable. Il est à noter que les fossés sont latéraux.

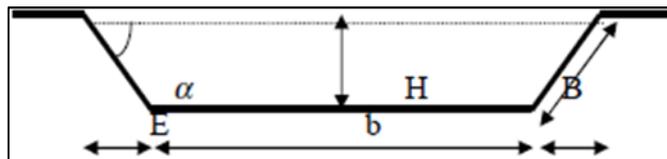


Figure VI.2 : Fossé

- section mouillée :

$$S_m = bH + 2\left(E \cdot \frac{H}{2}\right)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{E} = \frac{1}{n} \text{ d'où } E = H \cdot n$$

$$S_m = bH + n \cdot H^2 = H(b + n \cdot H)$$

$$S_m = H(b + n \cdot H).$$

- Périmètre mouillé:

$$P_m = b + 2B$$

$$\text{Avec } B = \sqrt{H^2 + E^2} = \sqrt{H^2 + (n \cdot H)^2} = H \cdot \sqrt{1 + n^2}$$

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

**NB** : les dimensions du fossé sont obtenues en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

### V1.5.2. Dimensionnement des ouvrages traversés :

On appelle ouvrages hydrauliques traversés, toute construction dans le remblai pour permettre à l'eau de passer d'un côté à l'autre de la route. Dans le cadre de cette étude ces ouvrages se composent essentiellement, des ouvrages busés. Et leurs dimensions (diamètres) sont obtenues en s'écrivant :  $Q_a = Q_s$ .

Avec :

$$Q_a = 0.278 \cdot C \cdot I_t \cdot A.$$

$$Q_s = K_{st} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} J^{1/2}$$

### VI.6. Application au projet :

➤ **Calcul hydraulique :**

- **La précipitation :**

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{u \cdot \sqrt{\ln(Cv^2 + 1)}}$$

Généralement le dimensionnement des fossés et des buses sont faites pour une période de retour de **10ans**.

$$P_j(10\%) = \frac{50.9}{\sqrt{0.26^2 + 1}} e^{1.282 \cdot \sqrt{\ln(0.26^2 + 1)}} = 68.34 \text{mm}$$

- **Calcul de l'intensité de l'averse :**

$$I(10\%) = P(10\%) / 24 = 68.34 / 24 = 2.85 \text{mm/h. (l'intensité horaire).}$$

Les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble de la chaussée de l'accotement et du talus.

On considère la présence de ces trois éléments pour une section de 100m.

Le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m on aura :

Donc, la surface de chaque élément est :

$$A_c = 7 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.07 \text{ha.}$$

$$A_a = 1.8 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.018 \text{ha.}$$

$$A_t = 10 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.1 \text{ha.}$$

$$A_{\text{totale}} = A_c + A_a + A_t \Leftrightarrow 0.07 + 0.018 + 0.1 = 0.188 \text{ha.}$$

○ **Pour la chaussée:**

$$C=0.95, P=2.5\%, I(10\%) = 2.85\text{mm/h}, A_c=0.07\text{ha}.$$

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.07}{2.5}} = 0.0212\text{h}$$

$$I_t = I(10\%) \times \left(\frac{T_c}{24}\right)^{b-1} = 2.85 \times \left(\frac{0.0212}{24}\right)^{0.36-1} = 256.64\text{mm/h}$$

○ **Pour l'accotement:**

$$C=0.4, P=4\%, I(10\%) = 2.85\text{mm/h}, A_a = 0.018\text{ha}.$$

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.018}{4}} = 8.52 \cdot 10^{-3}\text{h}.$$

$$I_t = 2.85 \times \left(\frac{8.52 \cdot 10^{-3}}{24}\right)^{0.36-1} = 459.94\text{mm/h}.$$

○ **Pour le talus:**

$$C=0.3, P=100\%, I(10\%) = 2.85\text{ mm/h}, A=0.1\text{ha}.$$

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.1}{100}} = 0.0040\text{h}.$$

$$I_t = 2.85 \times \left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{24}\right)^{0.36-1} = 746.21\text{mm/h}.$$

• **Le débit d'apport:**

$$Q_a = 2.78 \times 10^{-3} \cdot C \cdot I_t \cdot A.$$

$$\text{Débit d'apport de la chaussée : } Q_a = 2.78 \times 10^{-3} \times 0.95 \times 256.64 \times 0.07 = 0.047\text{m}^3/\text{s}$$

$$\text{Débit d'apport de l'accotement : } Q_a = 2.78 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 459.94 \times 0.018 = 9.206 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$$

$$\text{Débit d'apport du talus : } Q_a = 2.78 \times 10^{-3} \times 0.3 \times 746.21 \times 0.1 = 0.062\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{at} = 0.047 + 9.206 \times 10^{-3} + 0.062 = 0.118\text{m}^3/\text{s}.$$

➤ **Dimensionnement des fossés :**

On fixe la base du fossé (**b=0.5m**), la pente  $J=1/n$  et on calcule la hauteur  $H$ .

$$Q_a = Q_s \Rightarrow 0.118 = 60 \times H (0.5 + 1.5 \cdot H) \cdot \left( \frac{H(0.5 + 1.5 \cdot H)}{0.5 + 2 \cdot H \cdot \frac{1}{1 + 1.5^2}} \right)^{2/3} (0.007)^{1/2}$$

Après calcul itératif on trouve pour  $n=1.5$ ,  $K_{st} = 60$  (paroi en béton), la hauteur **H = 0.3m**.

$$Q_a < Q_s \Leftrightarrow 0.118 < 0.456$$

➤ **Dimensionnement des ouvrages traversés :**

En connaissant la surface totale du bassin versant d'un ouvrage et l'intensité de l'averse  $I_t$ , on pose l'égalité débit d'apport et débit de saturation :

$$Q_a = Q_s$$

Avec :

$$Q_a = 2.78 \times 10^{-3} \times C \times I_t \times A.$$

$$A = 4.05 \text{ ha}, I_t = 74 \text{ mm/h}, C = 0.9 \text{ (béton)}.$$

$$Q_a = 0.750 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_s = K_{st} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}.$$

$$J = 2\%, K_{st} = 80 \text{ (buse)},$$

$$S_m = \pi R^2 / 2,$$

$$P_m = \pi R$$

$$R_h = \frac{\pi R^2 / 2}{\pi R} \Rightarrow R_h = R / 2.$$

$$Q_a = Q_s \Leftrightarrow 0.750 = 80 \times \pi R^2 / 2 \times R / 2^{2/3} \times 0.02^{1/2} \Rightarrow R = 0.363 \text{ m soit } R = 363 \text{ mm}.$$

$$D = 2R \Rightarrow D = 727 \text{ mm}.$$

**NB :** comme nous avons bien signalé un peu plus haut, le tronçon considéré est constitué en grande partie des ouvrages busés avec diamètre de 1000mm. Donc, après ce calcul, on constate que le diamètre trouvé est largement inférieur aux diamètres relevés en place. En effet, tous les ouvrages seront prolongés à leurs diamètres respectifs.