

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

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

Thème

*Etude de la liaison entre la RN 47
et la RN 111 d'EL-BAYADH avec
conception d'un échangeur*

Dirigé par :

CHIALI SOUMIYA

Présenté par :

AMRANE MAROUANE

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics-Garidi- Kouba



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT

*Avant tout louange à ALLAH qui m'a donné
le courage, la détermination,
la volonté et la persévérance d'aller jusqu'au bout.*

*Je veux remercier aussi mon promotrice madame : **CHIALI***

*Mes remerciements vont également :
A tous mes enseignants qui ont contribué à mon formation,
ainsi que tous les personnels de l'école.
A toute ma promotion pour tous les
bons moments qu'on a passés ensemble.*

*AMRANE MAROUANE
JUIN 2012.*



DEDICACE

Au non d'Allah, le tous miséricordieux, le très miséricordieux.

*Tous d'abord je tiens a remercier le tous puissant de
m'avoir donné le courage, et la patience pour
arriver a cet stade afin de réaliser
ce modeste travail que*

Je dédie :

Ames très chers parents.

Ames frères et ma sœur.

A toute la famille.

A tous mes amis sans exception.

A mes collègues à l'ENSTP.

A toute la promotion 2012.

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



Sommaire

Introduction

1. Chapitre 1 : présentation du projet

1)	Présentation du la wilaya.....	1
2)	Présentation du projet.....	1
3)	Objectif de l'étude.....	3

2. Chapitre 2 : choix du couloir

1)	Introduction	4
2)	Choix du couloir.....	4

3. Chapitre 3 : étude de trafics

1)	Introduction.....	6
2)	Analyse des trafics existants.....	6
3)	Différent types de trafic.....	6
4)	Calcul de la capacité.....	6
5)	Application au projet.....	7

4. Chapitre 4 : tracé en plan

1)	Introduction.....	10
2)	Règles à respecter dans le tracé en plan.....	10
3)	Les éléments du tracé en plan.....	10
4)	Les conditions de raccordement.....	12
5)	Notion de dévers.....	13
6)	La vitesse de base.....	14
7)	Paramètres fondamentaux.....	14
8)	Calcul d'axe.....	15

5. Chapitre 5 : profil en long

1)	Définition.....	22
2)	Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	22
3)	Les éléments du profil en long.....	22

4)	Coordinations du tracé en plan et profil en long.....	22
5)	Déclivités.....	23
6)	Raccordement en profil en long.....	24
7)	Caractéristiques des rayons en long.....	24
8)	Détermination pratiques du profil en long.....	25

6. Chapitre 6 : profil en travers

1)	Définition.....	28
2)	Les éléments de composition du profil en travers.....	28
3)	Profil en travers du projet.....	29

7. Chapitre 7 : cubatures

1)	Introduction	31
2)	Définition.....	31
3)	Méthode de calcul des cubatures.....	31
4)	Calcul les cubatures du terrassement.....	33

8. Chapitre 8 : étude géotechnique

1)	Introduction.....	34
2)	Essai de laboratoire.....	34
3)	Matériaux de remblaiement.....	36

9. Chapitre 9 : dimensionnement du corps de chaussé

1)	Introduction.....	37
2)	Principe de la constitution de chaussé.....	37
3)	Les principales méthodes de dimensionnement.....	37
4)	Application au projet.....	37
5)	Conclusion.....	44

10.Chapitre 10 : assainissement

1)	Introduction.....	45
2)	Drainages des eaux souterraines.....	45
3)	Nature et rôle des réseaux assainissement routier.....	46
4)	Dimensionnement des ouvrages d'évacuations.....	46

5)	Application au projet.....	48
----	----------------------------	----

11.Chapitre 11 : conception d'échangeur

1)	Introduction	53
2)	Définition	53
3)	Rôles d'un échangeur.....	53
4)	Règles de conception.....	54
5)	Caractéristiques géométriques des échangeurs.....	54
6)	Les différents types des échangeurs.....	55
7)	Choix du type des échangeurs.....	55

12.Chapitre 12 : impact sur l'environnement

1)	Introduction.....	57
2)	Objectifs.....	57
3)	Impact sur l'agriculture.....	57
4)	Impact sur la nature.....	58
5)	Impact sur les habitants.....	59
6)	Conclusion.....	60

13.Chapitre 13 : signalisation et éclairage

Signalisation	61
1) Introduction.....	61
2) L'objectif de la signalisation routière.....	61
3) Type de signalisation.....	61
4) Application au projet.....	63
Eclairage.....	65
1) Introduction.....	65
2) Catégorie d'éclairage.....	65
3) Paramètres de l'implantation des luminaires.....	65

14.Chapitre 14 : devis quantitatif et estimatif

Conclusion générale

Bibliographie

INTRODUCION

Au terme de la cinquième année de la formation à l'ENSTP, l'élève ingénieur se voit confier un travail de fin d'étude à réaliser durant un stage de trois mois.

Ce stage permet à l'étudiant d'appliquer enfin les bases acquises durant sa formation et de rendre complémentaire la théorie et la pratique en travaillant sur un projet concret.

Mon travail consiste à étudier un tronçon routier « liaison entre la RN47 et RN111 » sur 5 Kms avec conception d'un échangeur.

1) PRESENTATION DU WILAYA :

La wilaya d'El-Bayadh est située dans la partie ouest de l'Algérie, limitée au Nord par les wilayas de **Saïda et de Tiaret**, au nord-ouest par la wilaya de **Sidi Bel Abbès**, au sud-est par la wilaya d'**Adrar**, au sud-ouest par la wilaya de **Béchar**, et à l'est par les wilayas de **Laghouat et de Ghardaïa**. Sa superficie est estimée à **71 697 Km²** et compte une population de **271 140 habitants**, elle compte **08 Daïras** et **22 communes**.



- Carte de situation de wilaya-

2) PRESENTATION DU PROJET:

Mon projet concerne la liaison entre la **RN47** et **RN111** dans la wilaya d'El-Bayadh et la conception de l'échangeur d'aérodrome de Ksal sur la **RN111** s'inscrit parfaitement dans cette stratégie de développement et de densification du réseau routier d'Algérie.

La section à étudier se développe sur une longueur de **05km** ou le trafic journalier moyen estimé est important de l'ordre de **6900 v /j.** avec un pourcentage de poids lourds de **20%.**

L itinéraire du projet se situe dans un relief plat, et se caractérise par des sinuosités moyennes (**E₁**), et des déclivités moyennes. Il est classé en catégorie (**C₁**) et la vitesse de base du projet est estimée à **80 Km/h.**



-PHOTO GOOGLE-

3) OBJECTIF DE L'ETUDE :

- Garantir la sécurité du voyageur sur ce tronçon.
- Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- Décongestionner le trafic de transit surtout au niveau de la ville.
- Réduire le temps de parcours.
- Réduire le nombre d'accidents.

1) INTRODUCTION :

Dans cette phase(APS), on va étudier puis comparer deux variantes de tracé afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de mon projet.

2) CHOIX DU COULOIR (APS) :

Présentation des variantes :

Les deux variantes de la présente étude permettra la liaison entre la RN 47 et la RN 111 à l'est d'El-Bayadh.

La recherche de tracé m'a permis de définir les variantes suivantes :

➤ La variante « A » :

Ce tracé est le plus long, il traverse un relief plat et franchit des habitations, de plus il se trouve une large surface exploitée au départ du tracé

Elle franchit :

- Beaucoup d'oueds
- De nombreux domaines privés
- De grandes surfaces agricoles
- Les habitations



Figure 1 : la Variante « A »

➤ **La variante « B » :**

Cette variante passe aussi à l'est d'El-Bayadh, elle traverse un relief plat et franchit certain habitations, et il se trouve une large surface non exploitée au tracé

Elle franchit :

- Quelques oueds
- Moins de surface agricole
- Des terres non cultivées



Figure 2 : La Variante « B »

Conclusion :

Apparemment la zone que traversent les deux tracés est de mêmes caractéristiques géométriques (terrain plat), toutefois une différence se situe au niveau du coût :

La variante **A** comporte le tracé le plus long et il y a besoin beaucoup d'ouvrages (plus chère) par contre la variante **B** comporte le tracé le plus court et il n'a pas besoin beaucoup d'ouvrages

Finalement on va choisir la variante **B** pour continuer mon étude.

1) INTRODUCTION :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voies jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

2) L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

3) DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :

Lors des études de trafic, on distingue en fonction de l'origine et de la destination des véhicules les catégories suivante :

- Le trafic de transit : origine et destination en dehors de la zone étudiée, il est susceptible d'être intéressée par certains aménagements tels qu'une déviation par exemple
- Le trafic d'échange : origine et destination sont l'un à l'intérieur de la zone étudiée, l'autre à l'extérieur
- Le trafic local interne qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée

4) CALCUL DE LA CAPACITÉ :

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

La capacité dépend :

1. Des conditions de trafic.
2. Des conditions météorologiques.
3. Du type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
4. Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre)
5. Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies)

5) APPLICATION AU PROJET:

Les données de trafic:

- Le trafic à l'année 2011 $TJMA_{2011} = 6900$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80$ km/h
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 20\%$
- L'année de mise en service sera en 2013
- La durée de vie estimée de 20 ans

Projection Future Du Trafic :

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

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

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

$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence (**origine 2011**)

n : nombre d'année.

τ : taux d'accroissement du trafic (**4%**).

$$TJMA_{2013} = TJMA_{2011} (1 + \tau)^2$$

$$TJMA_{2013} = 6900 \times (1 + 0.04)^2 \quad \text{Donc : } TJMA_{2013} = 7463 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année (**2033**) pour une durée de vie de **20** Ans

$$TJMA_{2033} = 7463 \times (1 + 0.04)^{20} = 16352 \text{ v/j. Donc : } TJMA_{2033} = 16352 \text{ v/j}$$

Calcul De Trafic Effectif :

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

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - z) + p \times z] TJMA_h$$

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

Z : pourcentage de poids lourd (**20%**)

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds (**p=3** d'après le tableau suivant)

Tableau 1: coefficient d'équivalence

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
Routes à bonnes caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Routes à étroites, ou a visibilité réduite	3-4	6-12	16-24

$$T_{\text{eff}} = 16352 \times [(1 - 0.2) + 0.2 \times 3] = 22892 \text{ uvp/h.} \quad \text{Donc :}$$

$$T_{\text{eff}} = 22892 \text{ uvp/j}$$

Débit De Pointe Horaire Normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (**uvp**) et donné par la formule :

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

Avec :

Q : débit de pointe horaire

n : nombre d'heures, (en général **n=8heures**)

T_{eff} : trafic effectif

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

$$Q = 0.12 \times 22892 = 2747 \text{ uvp/h}$$

Donc :

$$Q = 2747 \text{ uvp/h}$$

Débit Horaire Admissible :

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

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

Tableau 2 : Valeur de **K₁**

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau 3 : valeur de **K₂**

Environnement	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau 4 : valeur de la capacité théorique (**C_{th}**)

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

$$Q_{\text{adm}} = 0,75 \times 1,00 \times 1500$$

Donc :

$$Q_{\text{adm}} = 1125 \text{ uvp/h/voie.}$$

Détermination Nombre Des Voies :

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle** : on compare Q à Q_{adm} et on opte pour le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q .
- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle** : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S.Q/Q_{adm}$.

$$N = S \times (Q/Q_{adm})$$

Avec : Q_{adm} : débit admissible par voie

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

$$N = (2/3) \times (2747/1125) = 1.63$$

Donc : **N = 2 voies**

Donc selon la norme de **B40**, mon projet d'évitement sera une route unidirectionnelle de **2x2** voies de circulation de **3.5m** de largeur chacune et d'un accotement d'une largeur de **1.8m** de chaque côté avec un terre plain centrale de largeur de **3m**.

Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies :

$$T_{eff} (2013) = [(1 - 0.2) + 0.2 \times 3] \times 7463$$

$$T_{eff} (2013) = 10448 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2013} = 0.12 \times 10448 = 1253 \text{ uvp/h.} \quad \text{Donc : } \mathbf{Q_{2013} = 1253 \text{ uvp/h}}$$

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

$$Q_{2013} = 1253 \times 2/3 = 835 \text{ uvp/h/sens.}$$

Débit admissible par sens :

$$Q_{adm} = 1125 \text{ uvp/h/voie.}$$

$$Q_{adm} = 1125 \times 2 = 2250 \text{ uvp/h/sens.}$$

$$Q_{saturation} = (1+t)^n \times Q_{2013} \Rightarrow n = \frac{\ln(Q_{saturation}/Q_{2013})}{\ln(1+t)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{2250}{835})}{\ln(1+0.04)} = 25.27 \approx 25 \text{ ans} \quad \text{Donc : } \mathbf{n = 25 \text{ ans}}$$

D'où mon route sera saturée **25 ans** après la mise en service donc l'année de saturation est :

Année : 2038

Tableau 5 : Les calculs sont représentés dans le tableau suivant

TJMA ₂₀₁₃ (v/j)	TJMA ₂₀₃₃ (v/j)	T _{eff2033} (uvp/j)	Q ₂₀₃₃ (uvp/h)	n
7463	16352	22892	2747	2

1) DÉFINITION :

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

2) RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles, si possible.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, le cas échéant, on essaiera de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le tracé au terrain naturel.
- Appliquer les normes du **B40**.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si possible.

3) LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles se fait à l'aide de **Clothoïdes** qui assurent un raccordement progressif assurant de bonnes conditions de sécurité et de confort pour les usagers de la route.

Les Alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

Règles concernant la longueur des alignements :

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

$$L_{\min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

V_B: vitesse de base en **km/h**

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

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

Arcs De Cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

Pour cela on essaie de choisir les rayons les plus grands possibles tout en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

Pour mon projet (liaison entre RN 111 et RN 47) situé dans un environnement (**E₁**), et classé en catégorie (**C₁**) avec une vitesse de base de **80km/h**, donc à partir du règlement **B40** on peut avoir le tableau suivant:

Tableau 1: rayons du tracé en plan

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

Les Courbes De Raccordement :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

Clothoïde :

La **Clothoïde** est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

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

Parcourue à vitesse constante, la **Clothoïde** maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

1-Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure **K** linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$K = C \cdot L; K = \frac{1}{R} \text{ fi } L \cdot R = \frac{1}{C} \text{ fi } \frac{1}{R} = C \cdot L$$

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

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

2-les Eléments de la Clothoïde :

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

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

L : longueur de la branche de la Clothoïde

X_m : Abscisse du centre du cercle

K_E : Extrémité de la Clothoïde

K_A : Origine de la Clothoïde

τ : Angle des tangentes

SL : Corde ($K_A - K_E$)

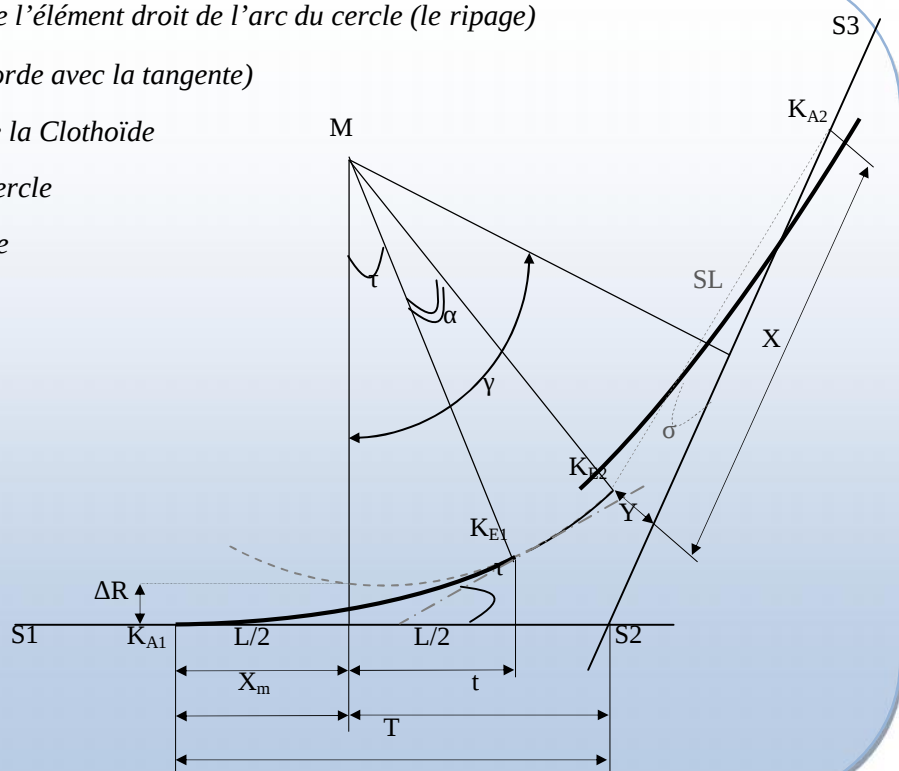
M : Centre de cercle

X : Abscisse de K_E

Y : Origine de K_E

t : tangente courte

T : tangente longue



4) LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

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

Condition de confort optique :

Cette condition permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

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

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rads} \rightarrow L > R/9 \text{ soit } A > R/3$$

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

Condition de confort dynamique :

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

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

V_B : vitesse de base (km/h)

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de dévers, elle s'applique par rapport à son axe.

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

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

Nota : La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie-chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à 2%.

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

5) NOTION DE DEVERS :

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

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

Raccordement de dévers :

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

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des **Clothoïdes**

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

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

Appelée longueur de gauchissement.

6) LA VITESSE DE RÉFÉRENCE (DE BASE) :

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

7) PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement E_1 et une catégorie C_1 , avec une vitesse de base de **80km/h**, on définit les paramètres suivants :

Tableau 2: Paramètres fondamentaux

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

8) CALCUL D'AXE :

Dans un calcul d'axe, la grande partie est celle de la courbe de clothoïde, cet élément géométrique particulier qui se définit par des formules mathématiques approchées.

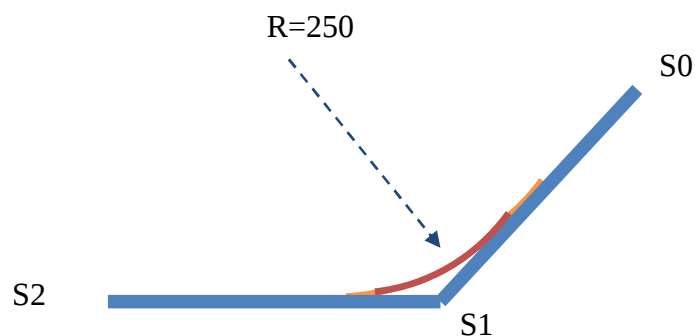
L'opération de calcul d'axe n'aura lieu, qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

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 les coordonnées, et doit suivre les étapes suivantes:

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

Exemple De Calcul D'axe Manuellement (avec clothoïde):

$V_B=80\text{Km/h}$	X (m)	Y (m)	R (m)
S0 (P1)	97354.0472	297520.6531	300
S1 (P2)	96961.5291	297044.0192	
S2 (P3)	96672.7877	297033.4466	



Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :**Calcul du paramètre A :**

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

Détermination de L :**Condition de confort optique :**

$$\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R \quad \text{D'où } 83.33 \leq A_{\min} \leq 250$$

Condition de confort dynamique et de gauchissement :

$$L \geq \frac{5}{36} \Delta d V_B \quad \text{avec : } \Delta d = d + 2.5$$

$$V_B = 80 \text{ Km/h} \Rightarrow R1 = 250 \text{ m} \text{ et } d = 7\%$$

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

$$L \geq \frac{5}{36} \times 9.5 \times 80 = 105 \text{ m}$$

Donc :

$$L \geq 105 \text{ m}$$

on aura:

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 162$$

On prend: **A = 162 m**

Vérification :

$$83.33 \leq A_{\min} = 162 \leq 300 \quad \text{vérifier}$$

Donc: **A = 162 m**

Calcul des Gisements :

$$\left. \begin{array}{l} S_0 S_1 \\ | \Delta X | = | X_{S1} - X_{S0} | = 392.5181 \text{ m} \\ | \Delta Y | = | Y_{S1} - Y_{S0} | = 476.6339 \text{ m} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_1 S_2 \\ | \Delta X_1 | = | X_{S2} - X_{S1} | = 288.7414 \text{ m} \\ | \Delta Y_1 | = | Y_{S2} - Y_{S1} | = 10.5726 \text{ m} \end{array} \right\}$$

D'où:

$$G_{s0}^{s1} = 200 + \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 243.857 \text{ grades} \quad \text{Donc :}$$

$$G_{s0}^{s1} = 243.857 \text{ grades}$$

$$G_{s1}^{s2} = 200 + \arctg \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 297.669 \text{ grades}$$

Donc :

$$G_{s1}^{s2} = 297.669 \text{ grades}$$

Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s1}^{s2} - G_{s0}^{s1}| = 53.812 \text{ grades} \quad \text{Donc :} \quad \boxed{\gamma = 53.812 \text{ grades}}$$

Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\rho} = \frac{105}{2 \times 250} \times \frac{200}{\rho} \quad \text{Donc :} \quad \boxed{\tau = 13.369 \text{ grades}}$$

Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 13.369 \text{ grades}$$

$$\gamma / 2 = 53.812 / 2 = 26.906 \text{ grades} \quad \text{D'où :} \quad \tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

Calcul des distances:

$$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{392.5181^2 + 476.6339^2} = 617.4542 \text{ m}$$

$$\overline{S_2 S_1} = \sqrt{(\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2)} = \sqrt{288.7414^2 + 10.5726^2} = 288.9348 \text{ m}$$

Calcul de ΔR :

$$\Delta R = L^2 / (24 \times R) = 105^2 / (24 \times 250)$$

$$\Delta R = 1.83 \text{ m}$$

Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = A^2 / (2 \times R) = 162^2 / 500$$

$$X_m = 52.48 \text{ m}$$

Abscisse de KE :

$$X = L (1 - L^2 / (40R^2)) = 104.53 \text{ m}$$

Origine de KE :

$$Y = L^2 / 6R = 7.35 \text{ m}$$

Calcul de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg}(\gamma / 2) \text{ (m)}$$

$$T = 52.48 + (250 + 1.83) \operatorname{tg} 26.906 = 165.738 \text{ m} \quad \text{Donc :}$$

$$\boxed{T = 165.738 \text{ m}}$$

Calcul des Coordonnées S_L :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{104.53^2 + 7.35^2} = 104.788 \text{ m} \quad \text{Donc :}$$

$$\boxed{S_L = 104.788 \text{ m}}$$

Calcul de σ :

$$\sigma = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X} = \operatorname{arctg} \frac{7.35}{104.53} = 4.469 \text{ grades} \quad \text{Donc :}$$

$$\boxed{\sigma = 4.469 \text{ grades}}$$

Calcul de l'arc:

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[p \cdot R(g - 2t)]}{200}$$

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[p \cdot 250(53.812 - 2 \times 13.369)]}{200} = 106.319 \text{ m} \quad \text{Donc:}$$

$$K_{E1} K_{E2} = 106.319 \text{ m}$$

Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} \quad \begin{cases} X_{KA1} = X_{S0} + (S_0 \overline{S_1} - T) \times \sin G_{S0}^{S1} \\ Y_{KA1} = Y_{S0} + (S_0 S_1 - T) \times \cos G_{S0}^{S1} \end{cases}$$

$$K_{A1} \quad \begin{cases} X_{KA1} = 97354.0472 + (392.5181 - 165.837) \times \sin (243.857) = \mathbf{97209.947 \text{ m}} \\ Y_{KA1} = 297520.6531 + (392.5181 - 165.837) \times \cos (243.857) = \mathbf{297345.6682 \text{ m}} \end{cases}$$

$$K_{E1} \quad \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin (G_{S0}^{S1} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos (G_{S0}^{S1} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \quad \begin{cases} X_{KE1} = 97209.947 + 104.788 \times \sin (243.857 - 4.469) = \mathbf{97149.171 \text{ m}} \\ Y_{KE1} = 297345.6682 + 104.788 \times \cos (243.857 - 4.469) = \mathbf{297260.304 \text{ m}} \end{cases}$$

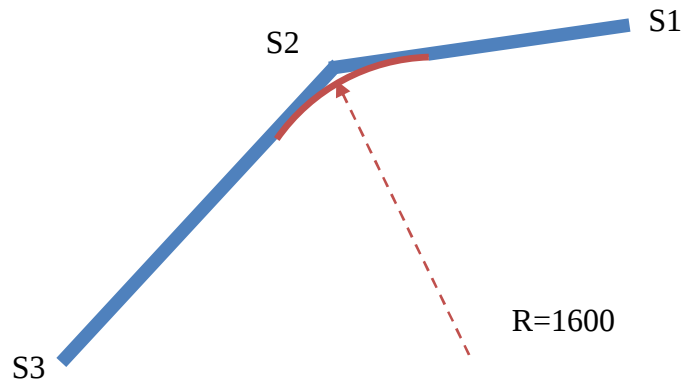
$$K_{A2} \quad \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \times \sin G_{S1}^{S2} \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T \times \cos G_{S1}^{S2} \end{cases}$$

$$K_{A2} \quad \begin{cases} X_{KA2} = 96961.5291 + 165.738 \times \sin (297.669) = \mathbf{96795.902 \text{ m}} \\ Y_{KA2} = 297044.0192 + 165.738 \times \cos (297.669) = \mathbf{297037.952 \text{ m}} \end{cases}$$

$$K_{E2} \quad \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin (G_{S1}^{S2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos (G_{S1}^{S2} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE2} = 96795.902 - 104.788 \times \sin (297.669 + 4.469) = \mathbf{96900.6309m} \\ Y_{KE2} = 297037.952 - 104.788 \times \cos (297.669 + 4.469) = \mathbf{297034.4335m} \end{array} \right.$$

Exemple De Calcul D'axe Manuellement (sant clothoide):



$V_B=80Km/h$	X (m)	Y (m)	R (m)
S1 (P2)	99866.8188	299466.3211	1600
S2 (P3)	99488.0787	299209.8402	
S3 (P4)	99082.7655	298859.1531	

Calcul des coordonnées :

$$S_1S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S2} - X_{S1}| = 378.74m \\ |\Delta Y| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 256.48m \end{array} \right.$$

$$S_2S_3 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X_1| = |X_{S3} - X_{S2}| = 405.31m \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S3} - Y_{S2}| = 350.68 m \end{array} \right.$$

Calcul des distances:

$$\overline{S_2S_1} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{378.74^2 + 256.48^2} = \mathbf{457.412 m}$$

$$\overline{S_3S_2} = \sqrt{(\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2)} = \sqrt{405.31^2 + 350.68^2} = \mathbf{535.959 m}$$

Calcul des gisements:

$$G_{s1}^{s2} = \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 62.104 \text{ grades}$$

Donc :

$$G_{s1}^{s2} = 62.104 \text{ grades}$$

$$G_{s2}^{s3} = \arctg \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 54.592 \text{ grades}$$

Donc :

$$G_{s2}^{s3} = 54.592 \text{ grades}$$

Calcul de l'angle:

$$\gamma = |G_{s2}^{s3} - G_{s1}^{s2}| = 7.512 \text{ grades}$$

Calcul de L :

$$L = \gamma \frac{p}{200} R$$

$$L = 7.512 \times \frac{p}{200} \times 1600$$

$$L = 175.929 \text{ m.}$$

Calcul de la tangente :

$$T = R \times \tan(\gamma/2)$$

$$T = 1600 \times \tan\left(\frac{7.512}{2}\right)$$

$$T = 94.508 \text{ m.}$$

Calcul des coordonnées :

$$A_1 = \begin{cases} X_{A1} = X_{S2} - T \sin(G_{s2}^{s1}) \\ Y_{A1} = Y_{S2} - T \cos(G_{s2}^{s1}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow A_1 = \begin{cases} X_{A1} = 99488.0787 - 94.508 \times \sin(62.104) = 99409.826 \text{ m.} \\ Y_{A1} = 299209.8402 - 94.508 \times \cos(62.104) = 299156.846 \text{ m.} \end{cases}$$

$$A_2 = \begin{cases} X_{A2} = X_{S2} + T \sin(G_{s2}^{s3}) \\ Y_{A2} = Y_{S2} + T \cos(G_{s2}^{s3}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow A_2 = \begin{cases} X_{A2} = 99488.0787 + 94.508 \times \sin(54.592) = 99559.548 \text{ m.} \\ Y_{A2} = 299209.8402 + 94.508 \times \cos(54.592) = 299271.677 \text{ m.} \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

1) DÉFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de référence de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. Il représente une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

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

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur:

- Eviter les angles entrants en déblai, afin d'éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- 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 certaines règles notamment.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

3) LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

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

- L'altitude du terrain naturel .
- L'altitude du projet .

4) COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin:

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- D'envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:

- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe, faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

5) DÉCLIVITÉS :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale.

Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

Déclivité Minimum :

Dans un terrain plat on n'emploie généralement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement le long de la route au bord de la chaussée.

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- Au moins **0,5%** et de préférences **1 %**.
- $I_{\min} = 0,5 \%$ dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profond.
- $I_{\min} = 0,5 \%$ dans les sections en remblai prévues avec des descente d'eau.

Déclivité Maximum :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à **1500m**, à cause de :

- la réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

- La condition d'adhérence.
- La vitesse minimum de **PL**.
- La condition économique.

Selon les B40

V_B Km/h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	4

Pour mon cas la vitesse $V_B=80$ Km/h donc la pente maximale $I_{\max}=6$ %.

6) RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

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

Raccords Convexes (Angle Saillant) :

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

Raccords Concaves (Angle Rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

7) CARACTÉRISTIQUES DES RAYONS EN LONG :

Pour le cas de la liaison routière, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge donnés par le tableau suivants (**selon le B40**).

Tableau 1

Catégorie		C_1
environnement		E_1
Vitesses de base (Km/h)		80
Rayon en angle saillant R_V	Route unidirectionnelle : (2x2voies)	
	R_{Vm1} (minimal absolu) en m	2500
	R_{Vn1} (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant R_V	R_{Vm1} (minimal absolu) en m	2400
	R_{Vn1} (minimal normal) en m	3000

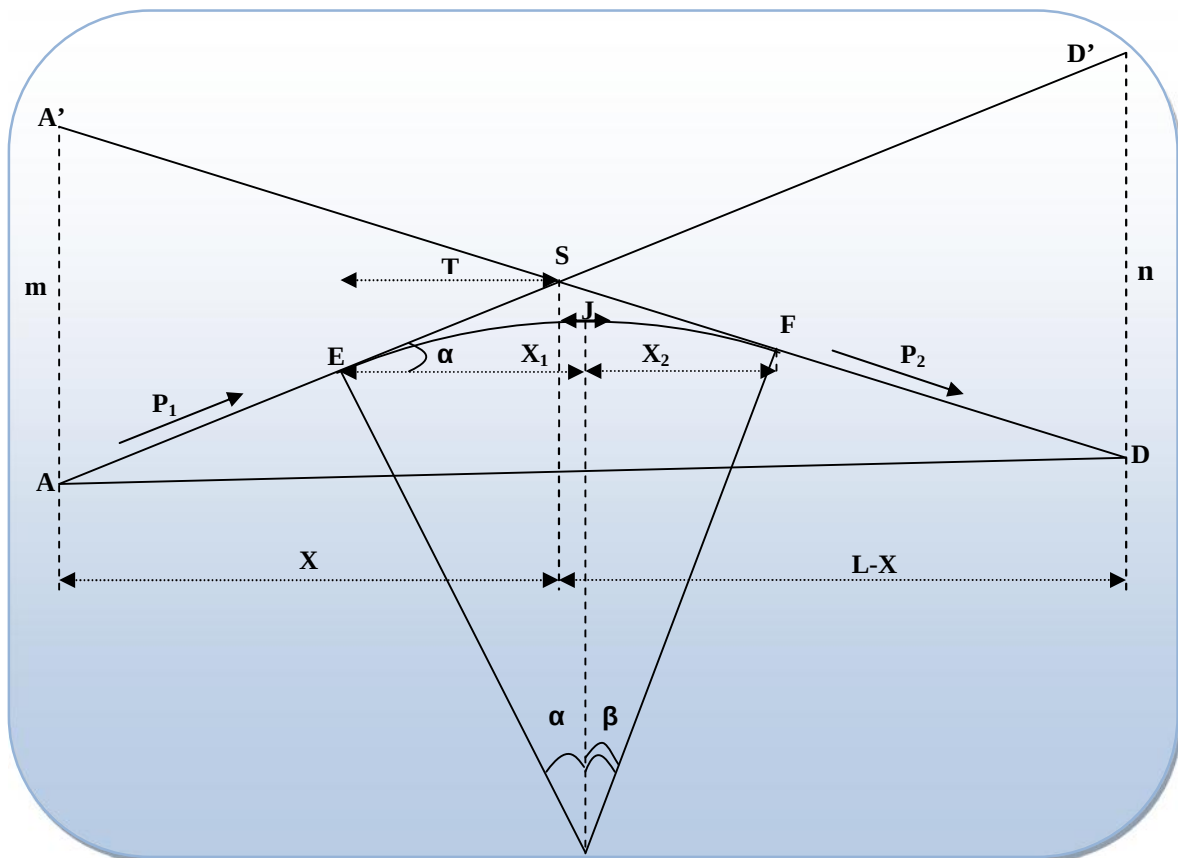
8) DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

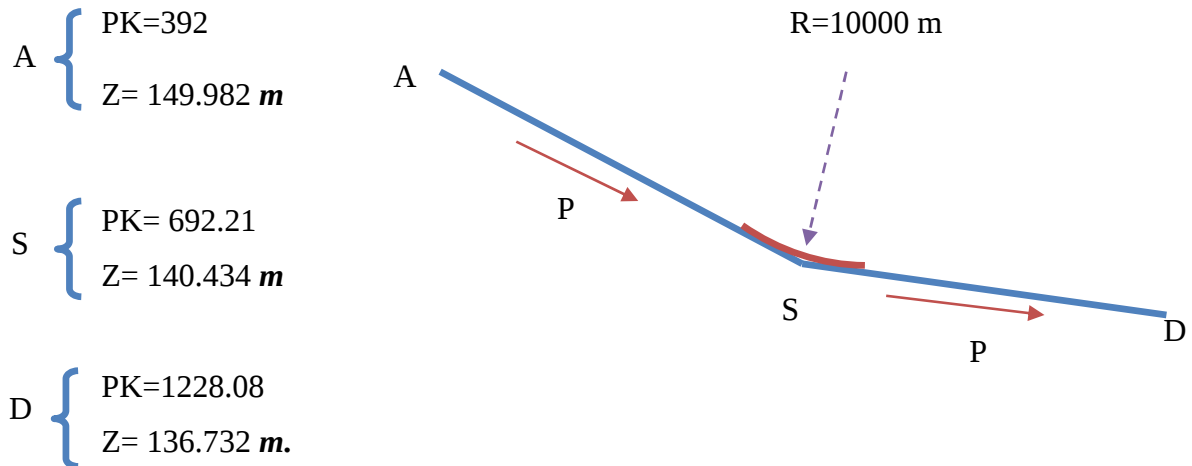
Dans les études de projets, on assimile l'équation du cercle :

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

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

- Données des coordonnées (abscisse, altitude) les points **A**, **D**.
- Données de la pente **P₁** de la droite (**A_S**).
- Données de la pente **P₂** de la droite (**D_S**).
- Données du rayon **R**.



Exemple Du Calcul Du Profil En Long :**Calcul des pentes:**

$$P_1 = \Delta Z_1 / S_1 \Rightarrow P_1 = \frac{140.434 - 149.982}{692.21 - 392} = -3.18\%$$

$$P_2 = \Delta Z_2 / S_2 \Rightarrow P_2 = \frac{136.732 - 140.434}{1228.08 - 692.21} = -0.69\%$$

Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 10000 \times (0.0318 + 0.0069) / 2 = 193.5 \text{ m}$$

Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = 1.872 \text{ m}$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$\begin{aligned}
 B \left\{ \begin{aligned} X_B &= X_S - T = 692.21 - 193.5 = 498.71 \text{ m} \\ Z_B &= Z_S + T \cdot P_1 = 140.434 + 193.5 \times 0.0318 = 146.587 \text{ m} \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C \left\{ \begin{aligned} X_C &= X_S + T = 692.21 + 193.5 = 885.71 \text{ m} \\ Z_C &= Z_S + T \cdot P_2 = 140.434 + 193.5 \times (-0.0069) = 139.098 \text{ m} \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

Calcule des coordonnées du sommet de la courbe :

$$J \begin{cases} X_J = X_C - R \cdot p_2 \\ Z_J = Z_C + X_2 \cdot p_2 - X_2^2 / 2R \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = 885.71 - 10000 \times (-0.0069) \\ Z_J = 139.098 + (10000 \times 0.0069) \times 0.0069 - (10000 \times 0.0069)^2 / 2 \times 10000 \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = \mathbf{816.71 \text{ m.}} \\ Z_J = \mathbf{139.33 \text{ m.}} \end{cases}$$

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

1) DÉFINITION :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe référence de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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

2) LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS:

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants:

La chaussée :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

La route peut être à chaussée unique ou à chaussées séparées par un terre-plein central.

La largeur rouable :

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt.

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

La plate forme :

C'est la surface de la route située entre le fossé ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

Assiette :

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....), elle coïncide généralement avec le domaine public.

Les accotements :

Les accotements sont les zones latérales de la plate forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt et une berme extérieure.

Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

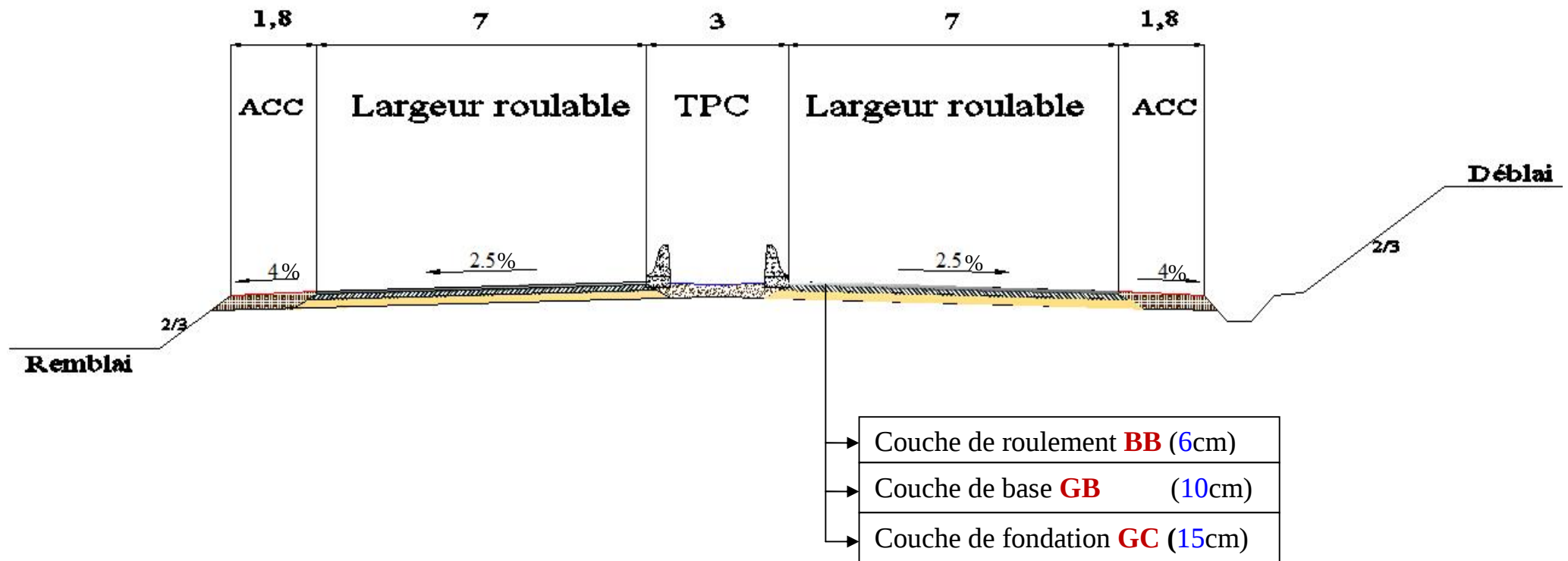
Le fossé :

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

3) PROFIL EN TRAVERS DU PROJET :

- Une chaussées de 2×2 voies de **3,5m** chacune voie.
- Un terre-plein central de **3m**.
- Un accotement de **1.8m** à chaque coté droit de la chaussée.
- Une berme de **1m**.
- Un fossé de **1.5m**.

Profil en travers type



1) INTRODUCTION:

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

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

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

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

2) DEFINITION :

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

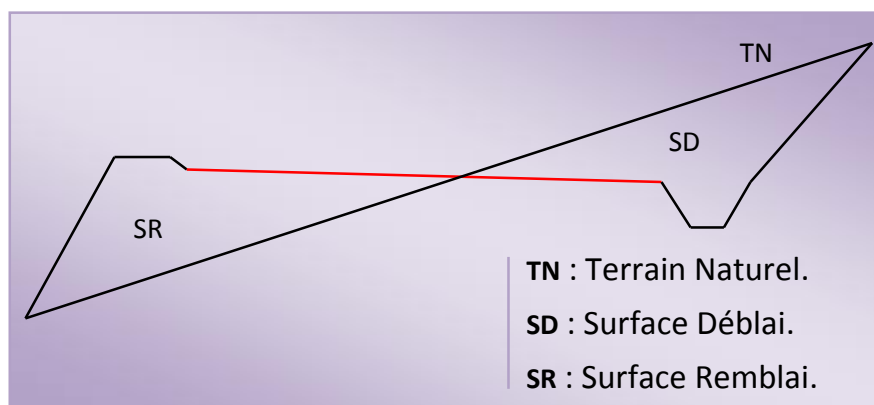
Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

3) METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans mon projet. Ces opérations sont fastidieuses, mais Il existe plusieurs méthodes qui les

Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, ensuite à les soustraire pour trouver la section pour mon projet.

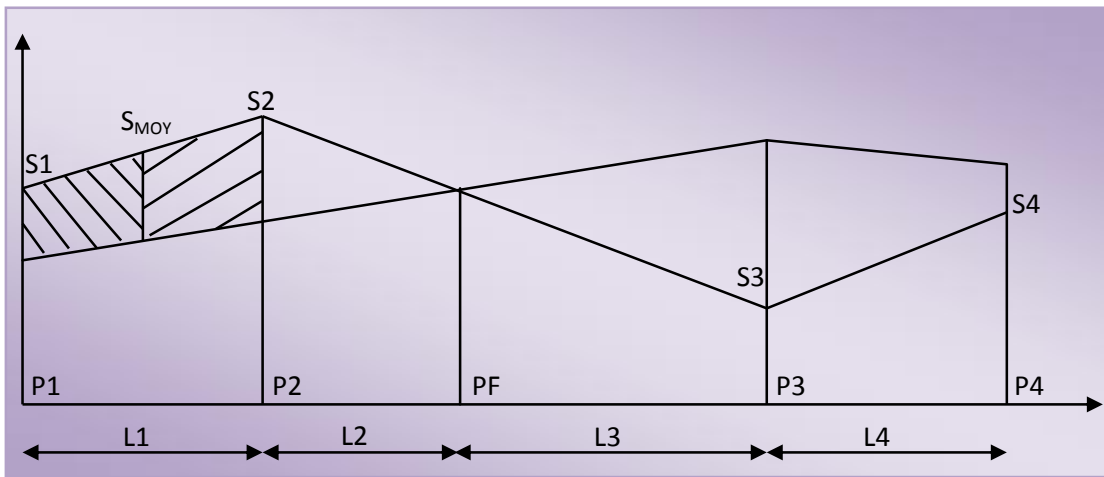
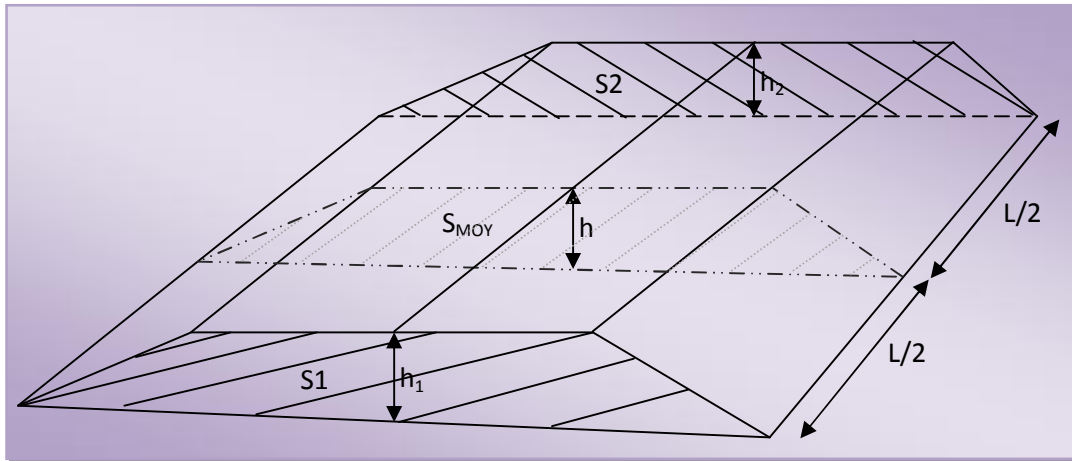
On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.



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.

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



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

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{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 membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

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

4) CALCUL LES CUBATURES DE TERRASSEMENT :

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

Voir l'Annexe

1) INTRODUCTION :

Avec l'étude géotechnique on peut traiter des problèmes fondamentaux de la route. La chaussée est un élément de répartition des charges roulant sur le terrain, de fondation pour que les roulages s'effectuent rapidement sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet des charges des véhicules, des chocs et intempéries. Sur la base de l'étude du tracé, notamment la ligne rouge, l'étude géotechnique s'est tracé comme objectif :

- La détermination des caractéristiques géotechniques aux moyens d'essai (préssiomètre) et en laboratoire.
- La mise en relief des formations géologiques aux moyens de puits de reconnaissance et des sondages carottés.
- L'interprétation des caractéristiques lithologiques et physico- mécaniques.

2) ESSAIS DE LABORATOIRE :**essais d'identification :**

- Suivant l'expérience de l'identification, on peut savoir visuellement la nature du sol en se basant sur les éléments suivants : sa couleur, son odeur, sa consistance, la dimension de grain, la nature organique.....etc.
- propriétés physique des sols ; ils ont pour but de déterminer un ensemble de paramètres physiques qui caractérisent l'importance relative aux éléments constituants du sol, on trouve :

❖ Teneur en eau naturelle :

On définit la teneur en eau, comme étant le rapport exprimé en % du poids d'eau d'un échantillon de sol au poids de la matière solide sèche ; $W = W_w / W_s$.

❖ analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution en poids des particules d'un matériau suivant leur dimension.

❖ Analyses chimiques sommaires :

Son but est de déterminer la distribution en pourcentage des sels appartenant à Un sol.

❖ limites d'Atterberg :

Les Limites d'Atterberg sont paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance.

Limites d'Atterberg (limite de liquidité, Limite de plasticité) : teneur en eau pondérales correspondant à des états particuliers d'un sol.

Limite de liquidité (W_L) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquides et plastiques.

Limite de plasticité (W_P) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastiques et solides.

L'indice de plasticité (I_P) : différence entre les limites de liquidité et de plasticité

$$I_P = W_L - W_P$$

essais de comportement du sol :

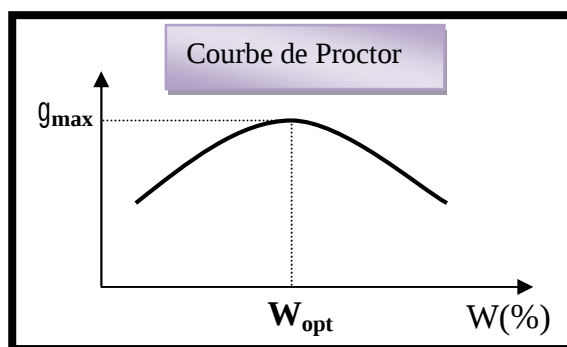
❖ **essai Proctor- CBR**

L'essai Proctor –CBR a pour but d'établir les relations expérimentales existant dans le cas des sols sensibles à l'eau, entre les paramètres suivants :

- La teneur en eau W .
- La densité sèche.
- L'énergie de compactage.
- La résistance au poinçonnement R_p .

❖ **l'essai Proctor**

Cet essai a pour but d'étudier la variation de la densité sèche en fonction de la teneur en eau et de l'énergie de compactage pour une énergie donnée, on compacte des échantillons de sol à diverses teneurs en eau, et on trace la courbe $\gamma_d = f(W)$, qui représente un maximum de densité sèche pour une teneur en eau optimum.



❖ **L'essai CBR :**

L'essai CBR « californien Bearing Ratio » ou indice de portance californien a pour objectif de la détermination de la portance d'un sol en estimant sa résistance au poinçonnement afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassement.

On jugera ainsi la portance du sol à l'aide de l'indice de CBR selon une fourchette telle que dans le tableau suivant :

I _{CBR}	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

3) MATERIAU DE REMBLAIEMENT :

Le calcul des volumes de remblais et déblais montre qu'on a un déficit de matériaux de déblais.

Ce dernier peut bénéficier d'une éventuelle réutilisation pour remblais ;

Cela est possible dans des conditions normales d'utilisation qu'il convient de respecter pour obtenir des remblais répondant au besoin courant de qualité.

NOTA: A défaut de ne pas avoir eu le rapport géotechnique je n'ai pas pu traiter la partie géotechnique à l'application de mon projet.

1) INTRODUCTION :

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit simultanément de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic.
- L'environnement de la route (le climat essentiellement).
- Le sol support.

2) PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSES :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

3) LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

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

4) APPLICATION AU PROJET :**Méthode de C.B.R :**

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support.

On a :

$$PL = 20 \% \quad \tau = 4\% \quad CBR = 10$$

$$TJMA_{2013} = 7463 \text{ v/j (année de mise de service)}$$

$$N_{PL\ 2013} = 7463 \times 20\% = 1493 \text{ PL/j}$$

$$N_{PL\ 2033} = 1493/2 \times (1 + 0.04)^{20} \times 0.9 = 1472 \text{ PL/j/sens.}$$

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivant

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

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

P : charge par roue $P = 6.5 \text{ t}$ (essieu 13 t)

Log : logarithme décimal

I_{CBR} : indice de CBR

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log 1472 / 10)}{10 + 5} \approx 38 \text{ cm}$$

❖ **Coefficient d'équivalence :**

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

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

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

- a_1 : couche de roulement. —→ $a_1 = 2$: béton bitumineux
- a_2 : couche de base. —→ $a_2 = 1.5$: grave bitume
- a_3 : couche de fondation. —→ $a_3 = 1$: grave concassées

$$e = 2 \times 6 + 1.5 \times 10 + 1 \times 15 = 42 \text{ cm}$$

Donc la répartition de l'épaisseur réelles est de **6(BB) + 10(GB) + 15(GC)=31 cm**

Méthode du catalogue des structures :

Cette méthode découle du règlement algérien B60-B61 et elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20^{ème} année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2011.
- TJMA₂₀₁₁=6900 v/j.
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$.
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 20 \%$.

❖ Détermination du type de réseaux principaux :

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

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

$$\text{TJMA}_{2011} = 6900 \text{ (V/j)}.$$

6900 (V/j) > 1500(V/j) —————> le réseau principale est **RP1.**

❖ Détermination de la classe de trafic :

-définition du poids lourd :

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

$$\text{TJMA}_{2011} = 3450 \text{ (V/j/sens)}.$$

$$\text{TPL}_{2011} = 0,20 \times 3450 = \boxed{690 \text{ PL/j/sens.}}$$

$$\text{TPL}_{2013} = (1+\tau)^2 \times \text{PL}_{2011} = (1+0,04)^2 \times 690 \approx \boxed{747 \text{ (PL/j/sens)}}$$

❖ répartition transversale du trafic :

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

- chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL.

$$TPL_{2013} = 747 \times 0.9 = \boxed{672 \text{ (PL/j/sens)}}$$

❖ **détermination de la classe de trafic (TPL_i) :**

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

Classe TPL_i pour RP1 :

TPL _i	TPL ₃	TPL ₄	TPL ₅	TPL ₆	TPL ₇
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

TPL = 672 (PL/j/sens). $\longrightarrow$ La classe de trafic est **TPL₅**.

❖ **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 S₄ à S₀. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Portance (S _i)	CBR
S ₄	<5
S ₃	5-10
S₂	10-25
S ₁	25-40
S ₀	>40

➤ **classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :**

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

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

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

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

50 < **50** < 125 $\longrightarrow$ la classe de portance de sol support est de **S₂**.

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

Dans le cadre de mon projet, j'ai proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : **BB**.
- Couche de base : **GB**.
- Couche de fondation : **GNT**

❖ **Détermination de la zone climatique :**

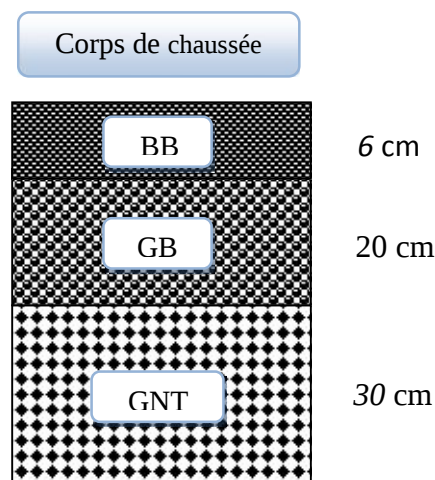
D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, mon projet est dans la zone climatique II

❖ **Choix de dimensionnement :**

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **II**, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement (**4%**), portance de sol (**S2**) et une classe de trafic (**TPL5**).

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

- couche de roulement : BB = 6 cm.
- couche de base : GB = 20 cm.
- couche de fondation : GNT = 30 cm.



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

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

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{hZ}) \times (\text{TCE}_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(qeq)}} \times 10^{-tb\delta} \times K_c$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (\text{TCE}_i)^{-0.235}$$

$$TCE_i = TC_i \times A$$

$$TC_i = TPL_i \times 365(1 + i)^n - 1/i.$$

$$TC_{2033} = 672 \times 365(1 + 0.04)^{20} - 1/0.04$$

$$TC_{2033} = 1.34 \times 10^7 \text{ PL/J/sens}$$

Niveau de réseau principal(RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP ₁	Chaussées a matériaux traites au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/GC	0.6
	Chaussées a matériaux traites au liants hydraulique : GL/GL, BCg / GC	1

Alors :

$$TCE_{2033} = 8.06 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$$

❖ **Choix des températures équivalentes :**

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

❖ **Performances mécaniques des matériaux bitumineux :**

Matériau	E(30° ,10 HZ) (MPa)	E(25° ,10 HZ) (MPa)	E(20° ,10 HZ) (MPa)	E(10° ,10 HZ) (MPa)	$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{HZ})10^{-6}$	-1/b	SN	S _H (c m)	v	Kc cal age
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Alors d'après Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivant :

- θ_{eq} = température équivalent ($\theta_{eq} = 20 \text{ C}^\circ$) => E (20° ,10Hz)=7000 MPa.
- Classe de trafic (T_{PL5}).
- Risque adoptés pour réseau RP₁ (R%=10).
- C : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (t = - 1.282).

$$\delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{C}{b} Sh\right)^2}$$

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

$$\delta = 0.609$$

➤ Déformation admissible verticale :

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (8.06 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 5.24 \times 10^{-4}$$

➤ Déformation admissible de traction :

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (8.06 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times 0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 1.6653 \times 10^{-4}$$

❖ Résultats de calcul par Alize III :

Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

```

PFE 2012 AMRANE MAROUANE
POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 4
*****
* * * * *
* Z * * * EPSILON T * SIGMAT * EPSILON Z * SIGMA Z *
* * * * *
* .00 * * .112E-03C * .984E+01B * -.926E-04C * .662E+01A *
* * E= 40000. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H1= 6.00 * * * * *
* 6.00 * * .512E-04C * .572E+01B * -.560E-04C * .601E+01B *
* ----- COLLE -----
* 6.00 * * .512E-04C * .759E+01B * -.588E-04C * .601E+01B *
* * E= 70000. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H2= 20.00 * * * * *
* 26.00 * * -.102E-03C * -.972E+01C * .943E-04B * .320E+00B *
* ----- COLLE -----
* 26.00 * * -.102E-03C * -.506E-01C * .270E-03B * .320E+00B *
* * E= 1250. * * * * *
* * NU= .25 * * * * *
* * H3= 30.00 * * * * *
* 56.00 * * -.115E-03C * -.133E+00C * .180E-03C * .161E+00C *
* ----- COLLE -----
* 56.00 * * -.115E-03C * .133E-02B * .318E-03C * .161E+00C *
* * E= 500. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H4=INFINI * * * * *
* * * * *
*****
* D * 53.07MM/100 * * R*D *
* R * 778.64M * * 41321.16M*MM/100 *
*****
MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

```

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III
$\epsilon_{t,adm} = 1.6653 \times 10^{-4}$	$\epsilon_t = 1.02 \times 10^{-4}$
$\epsilon_{z,adm} = 5.24 \times 10^{-4}$	$\epsilon_z = 3.18 \times 10^{-4}$

D'après les résultats précédents :

$$\begin{cases} \epsilon_t < \epsilon_{t,adm} \\ \epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \end{cases} \quad \text{vérifier}$$

Résumé :

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

indice C.B.R	Méthode	
	C.B.R	C.T.T.P
10	6 BB + 10GB + 15GC	6BB + 20GB + 30GNT

5) CONCLUSION :

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

1) INTRODUCTION:

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines. C'est à dire :

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale. Et par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoies, etc....
- **Les drainages** : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées et canalisations drainantes).
- **Les canalisations** : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambres, cheminées, sacs. ...)

2) DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES:

Nécessité Du Drainage Des Eaux Souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée.
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

Protection Contre La Nappe Phréatique :

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale.

Lorsque cette dernière est faible, on pourra :

- soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces trois solutions dépend :

- des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- de l'importance des problèmes de gel.
- de leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

3) NATURE ET ROLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT ROUTIER :

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires. Linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés.

Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire. Point de rejet hors de l'emprise routière; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance. Coupé par la route.

4) DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'EVACUATIONS :

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

Estimation de débit d'apport Q_a :

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

Selon la méthode rationnelle

- K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s). $K = 2.778$.
- I_t : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- C : coefficient de ruissellement.
- A : aire du bassin versant (m^2).

a) Détermination de l'intensité de la pluie I_t :

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

Avec : $\beta = b - 1$

- I : Intensité de la pluie (mm/h).
- t_c : temps de concentration (h).

b) L'intensité horaire I :

$$I = \frac{I_L}{24}$$

❖ Temps de concentration t_c :

$$\Rightarrow t_c = 0.127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} \quad \Rightarrow \text{Si } A < 5 \text{ km}^2. \text{ selon VENTURA.}$$

$$\Rightarrow t_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}} \quad \Rightarrow \text{Si } 5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2. \text{ GIANDOTTI.}$$

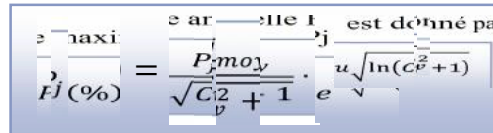
$$\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H}} \quad \Rightarrow \text{Si } 25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2: \text{ PASSINI}$$

Où :

- A : Superficie du bassin versant (km²).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

❖ Pluie journalière maximale annuelle P_j :

- Pluie journalière maximale annuelle P_j est donné par la formule de GALTON



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

- $P_{j\text{moy}}$: pluie moyenne journalier.
- C_v : coefficient de variation climatique.
- U : variation de Gauss. donnée par le tableau suivant :

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0.00	0.84	1.28	2.05	2.372

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

c) Coefficient de ruissellement :

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

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

débit de saturation :

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

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

- S : section mouillée.
- K_{ST} : coefficient de STRICKLER
 - $K_{ST} = 70$ pour les dalots.
 - $K_{ST} = 80$ pour les buses.
- R_H : rayon hydraulique (m). $R_H = S / P$
- J : la pente moyenne de l'ouvrage.

5) APPLICATION AU PROJET :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- Pluie moyenne journalière maximale $P_j = 36.2\text{mm}$
- Exposant climatique $b = 0.27$
- Coefficient de variation $C_v = 0.49$

Calcul hydraulique :

Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j :

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

Pour une période de retour égale à 10 ans :

$$u = 1.28 \quad C_v = 0.49 \quad P_{jmoy} = 36.2\text{mm}.$$

$$P_j(10\%) = \frac{36.2}{\sqrt{0.49^2 + 1}} \cdot e^{1.28 \cdot \sqrt{\ln(0.49^2 + 1)}} \Rightarrow P_j(10\%) = 58.86 \text{ mm}$$

L'intensité horaire I:

$$I = \frac{P_j(10\%)}{24} \text{ donc : } I(10\%) = \frac{58.86}{24} \Rightarrow I(10\%) = 2.452 \text{ mm/h}$$

Calcul de la surface du bassin versant:

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

- $A_c = 7 \times 890 \cdot 10^{-4} = 0.623 \text{ ha}$
- $A_a = 1.8 \times 890 \cdot 10^{-4} = 0.1602 \text{ ha}$
- $A_t = 2 \times 890 \cdot 10^{-4} = 0.178 \text{ ha}$

Calcul des débits d'apport :

$$Q_a = K.C.I.A$$

Le débit apporté par la chaussée :

$$C = 0.9 \quad P = 2.5 \% \quad I (10\%) = 2.452 \text{ mm/h} \quad A = 0.623 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.623}{2.5}} \Rightarrow t_c = 0.063 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.452 \times \left(\frac{0.063}{24}\right)^{0.27-1} \Rightarrow I_t = 187.74 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{chaussée} = 2.778 \times 0.9 \times 187.74 \times 0.623$$

$$(Q_a)_{chaussée} = 292.43 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par l'accotement :

$$C = 0.4 \quad P = 4\% \quad I (10\%) = 2.452 \text{ mm/h} \quad A = 0.623 \text{ ha}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.623}{4}} \Rightarrow t_c = 0.05 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.452 \times \left(\frac{0.1602}{24}\right)^{0.27-1} \Rightarrow I_t = 94.98 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{accotement} = 2.778 \times 0.4 \times 94.98 \times 0.1602$$

$$(Q_a)_{accotement} = 16.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par Le talus :

$$C = 0.3 \quad P = 66.67\% \quad I (10\%) = 2.452 \text{ mm/h} \quad A = 0.178 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.178}{66.67}} \Rightarrow t_c = 0.0065 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.452 \times \left(\frac{0.0065}{24}\right)^{0.27-1} \Rightarrow I_t = 985.48 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{talus} = 2.778 \times 0.3 \times 985.48 \times 0.178$$

$$(Q_a)_{talus} = 146.19 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = (Q_a)_{chaussée} + (Q_a)_{accotement} + (Q_a)_{talus} = 455.52 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimensionnement des fossés :

On fixe la base du fosse à (**$b = 50 \text{ cm}$**) et la pente du talus à ($1/n = 1/1=1$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h

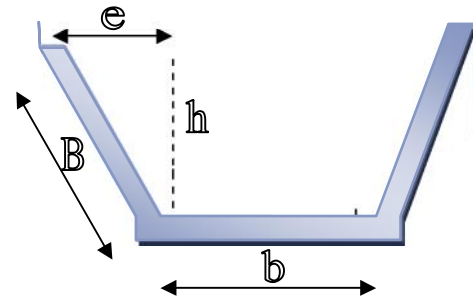
Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = b \cdot h + 2 \cdot \frac{e \cdot h}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où : } e = n \cdot h$$

$$S_m \approx b \cdot h + n \cdot h^2 = h \cdot (b + n \cdot h)$$

$$S_m = h \cdot (b + n \cdot h)$$



Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

$$\text{Avec : } B = \sqrt{h^2 + e^2} \approx \sqrt{h^2 + n^2 \cdot h^2} = h \cdot \sqrt{1 + n^2}$$

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

Calcul le rayon hydraulique :

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

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

$$Q_a = Q_s \quad K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

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

A partir des résultats obtenus précédemment :

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

$$J = 0.75\% \quad K_{ST} = 70$$

$$0.455 = 70 \cdot h \cdot (0.5 + 1 \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (0.5 + 1 \cdot h)}{0.5 + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + 1^2}} \right]^{2/3} \cdot (0.0075)^{1/2}$$

J'ai obtenue par calcul itératif : **$h = 0.45$** .

Donc je propose **$h = 0.5 \text{ m}$**
 $e = 0.5 \text{ m}$

Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse. C'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s . Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

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

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$$

- S_m : section mouillée

$$S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

- R_H : rayon hydraulique

$$R_h = \frac{R}{2}$$

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

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

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

$$Q_s = Q_a$$

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

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

Exemple d'application :

J'ai :

- $Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A = 0.455 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$
- $J = 2.5\%$

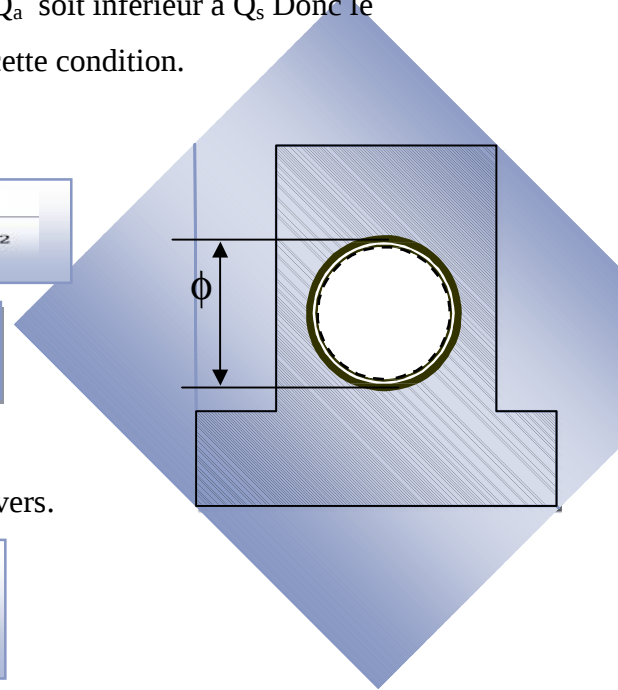
$$Q_s = 80 \cdot \left(\frac{R}{2} \right)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot (J)^{1/2}$$

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

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times 0.455}{80 \times \pi \times \sqrt{0.025}} \Rightarrow R = 0.288 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } D = 2 \cdot R = 2 \times 0.288 = 0.577 \text{ m} = 577 \text{ mm}$$

$$\text{D'où : } f = 800 \text{ mm.}$$



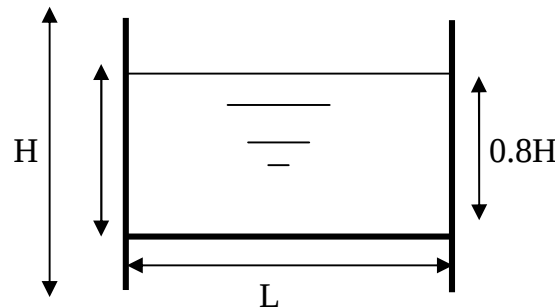
Dimensionnement des dalots:

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans mon projet, les dalots sont en béton

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

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $p = 0.8H$.



Un dalot

➤ **Les Solutions proposées :**

N°	PK (km)	SOLUTION PROPOSE
1	0+60	Buse 0.8×1
2	0+602	Dalot 1.5×6
3	1+200	Buse 0.8×1
4	1+580	Buse 0.8×1
5	1+720	Buse 0.8×1
6	2+130	Dalot 1.5×6
7	2+179	Dalot 1.5×8
8	2+440	Buse 0.8×1
9	2+488	Dalot 1.5×6
10	3+932	Dalot 1.5×6
11	4+280	Dalot 1.5×4

1) INTRODUCTION :

Si l'intensité de la circulation devient trop forte (voir l'étude de trafic) pour s'accommoder d'un écoulement intermittent des véhicules et surtout lorsque l'importance des itinéraires n'est pas compatible avec les systèmes d'arrêt et de reprises, on est conduit à supprimer le carrefour plan en faisant le croisement des routes à des niveaux différents.

2) DÉFINITION:

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir.

3) RÔLE D'UN ÉCHANGEUR :

Le but d'un échangeur est de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré.

➤ Avantages de l'échangeur :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de sécurité.
- éviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- éviter les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérables
- éviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

➤ Inconvénients de l'échangeur :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

4) RÈGLE DE CONCEPTION :

La conception est l'étape la plus déterminante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages procurés à moyen et long terme, pour alléger son prix de revient en évite :

- Le passage sur des terrains agricoles.
- Les longs alignements droits.
- Les sections à forte déclivité.
- Les sites en courbures à faibles rayons.

5) CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DES ÉCHANGEURS :

Tout échangeur quelque soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- Pont.
- Carrefour (s) plan (s).
- Bretelles.

❖ Pont :

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé » implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne **pont**.

❖ Carrefour plan :

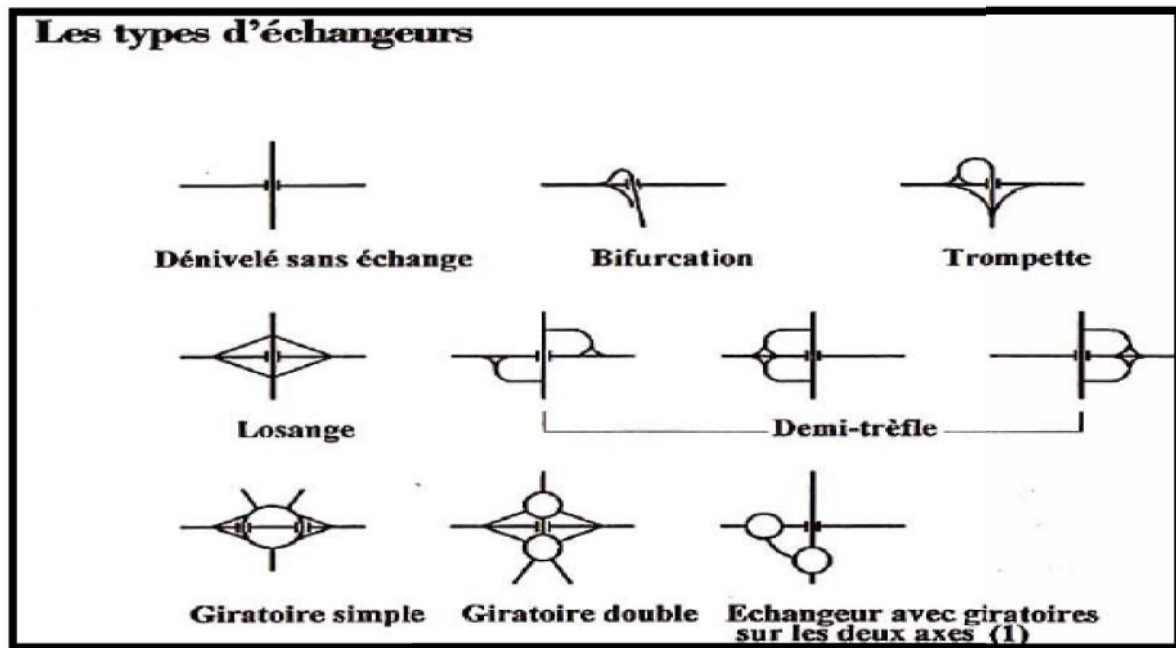
On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débit un compromis entre ces conditions doit être recherché.

❖ Bretelles :

Se sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droite de la chaussée considérée, terminer à une de ses extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération.

6) LES DEFFERENTS TYPES D'ÉCHANGEURS :

- Le losange
- Le demi-trèfle à quadrants opposés
- Le demi-trèfle à quadrants contigus
- Le quart de trèfle
- La trompette



7) CHOIX DU TYPE L'ÉCHANGEUR :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « avantages, inconvénient... » Et la limite de leur utilisation, permet de choisir la configuration la plus adaptée au cas qui présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Et pour ce but on suit le chemin suivant :

Étape 1 : détermination du tracé à partir de :

- Présentation du site d'implantation.
- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratiquée qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

Étape 2 : configuration de tracé à adopter.

L'échangeur à adopter doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci en respectant les règles de l'art de la conception qui se résument en:

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, de pente d'alignements... ».
- Longueurs réglementaires des voies « insertion, décélération ».

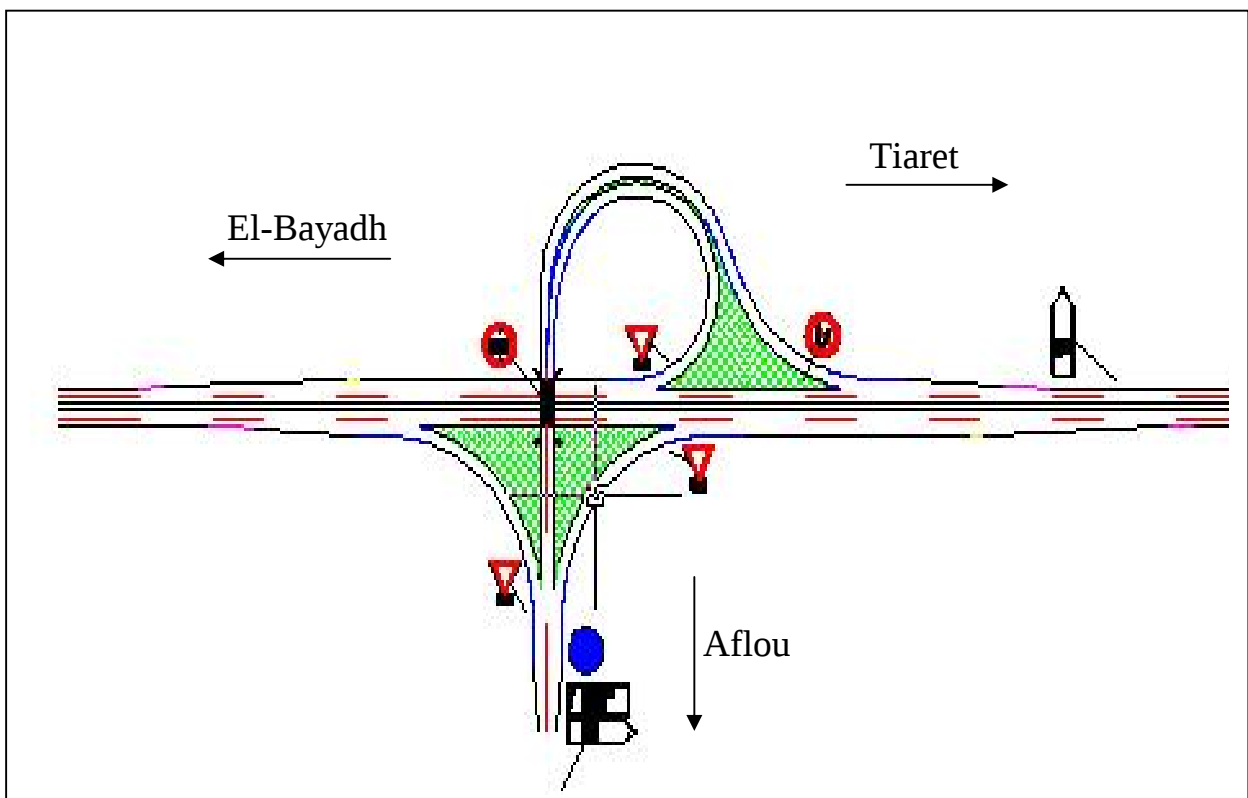
Étape 3 : analyse C'est cette dernière étape qui valide le choix sur la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

Dans le cadre de mon projet, j'ai opté pour l'échangeur trompette par ce qu'il y a un raccordement entre trois branches et ce type d'échangeur assure toutes les directions avec les conditions de visibilité, de confort, et de sécurité requises

Trompette :

Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches, il comporte :

- Alignement droit commun à toutes les bretelles.
- Une boucle « entrée ou sortie ».
- Une diagonale de sortie.



1) INTRODUCTION :

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

Il sera alors nécessaire pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet autoroutier peuvent se résumer en :

- L'analyse de l'état initial.
- La justification de la solution retenue.
- La détermination des impacts.

2) OBJECTIFS :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

3) IMPACT SUR L'AGRICULTURE :

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

Les impacts :

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la diminutions des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

Les remèdes :

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

➤ **Mesures préventives :**

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, si non on aura recours aux :

➤ **Mesures curatives :**

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les préventions et les remèdes sont :

- le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
- La pris en compte des superficies d'exploitation.
- Evier des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

4) L'IMPACT SUR LA NATURE :

La faune :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec les animaux présents aux abords de la route.

La flore :

Les études de prospections menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux présents le long du tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage.

L'eau :

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception. Les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour parer aux effets dévastateurs des écoulements torrentiels.

En section courante, on doit veiller à adapter le niveau d'équipement des ouvrages de protection aux enjeux de l'environnement local, l'évacuation des eaux vers l'oued constitue dans la plupart des cas une réponse efficace, tout a fait adaptée au problème posé par l'épuration des eaux de ruissellement et permettant d'éviter des aménagements massifs, difficilement compatibles avec l'intégration paysagère de la route.

5) IMPACT SUR LES HABITANTS :

Les principaux impacts d'une infra structure autoroutière sur les habitants sont :

- La destruction
- La pollution
- Le bruit.

La destruction :

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

➤ Les impacts de destruction concernent :

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
- Les populations situées dans le périmètre d'accueil.

➤ Ces impacts sont d'ordre :

- Economique : modification des systèmes de production.
- Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

Le bruit :

➤ Les impacts :

La construction d'une autoroute au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- Fatigue
- Baisse de l'acuité auditive.

➤ Les remèdes :

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.

- L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés pour minimiser les bruits de circulation.

6) CONCLUSION :

Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception,
- Sa construction,
- Son exploitation.

-1- LA SIGNALISATION

1) INTRODUCTION :

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

2) L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet :

- De faciliter et de rendre plus sûr la circulation routière.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

3) TYPES DE SIGNALISATION :

❖ Signalisation verticale :

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

- Signalisation avancée.
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

❖ Signalisation horizontale :

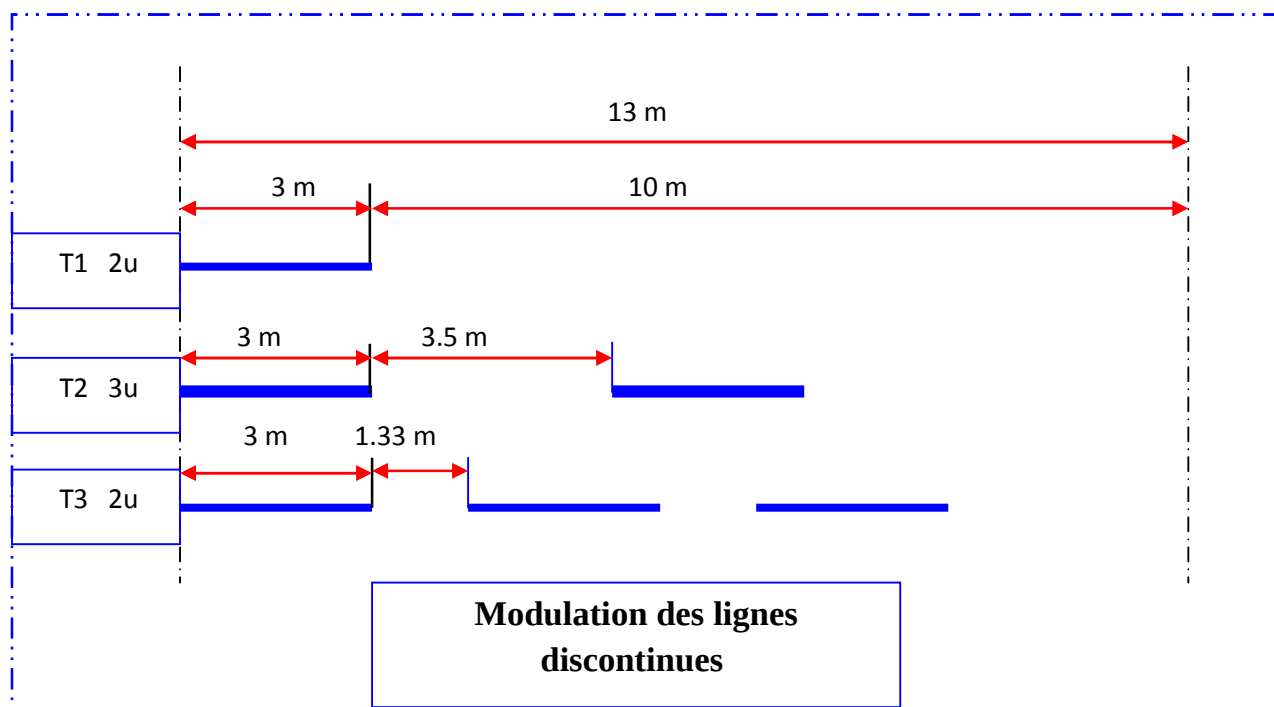
Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, la signalisation horizontale se divise en trois types.

➤ Marque longitudinale :

Lignes continues : il est interdit de les franchir. Elles peuvent être précédées par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

Lignes discontinues : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

➤ **Modulation des lignes discontinues** : elles sont basées sur une longueur parodique de 13m. Leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :



Caractéristiques des lignes Discontinues

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
$\approx 1/3$	10	3	T ₁
	5	1.5	T' ₁
≈ 1	3.5	6	T ₂
	0.5	0.5	T' ₂
≈ 3	1.33	3	T ₃
	6	20	T' ₃

➤ **Marquage transversal :**

Lignes transversales continues : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

Lignes transversales discontinues : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

➤ **Autre marquage :**

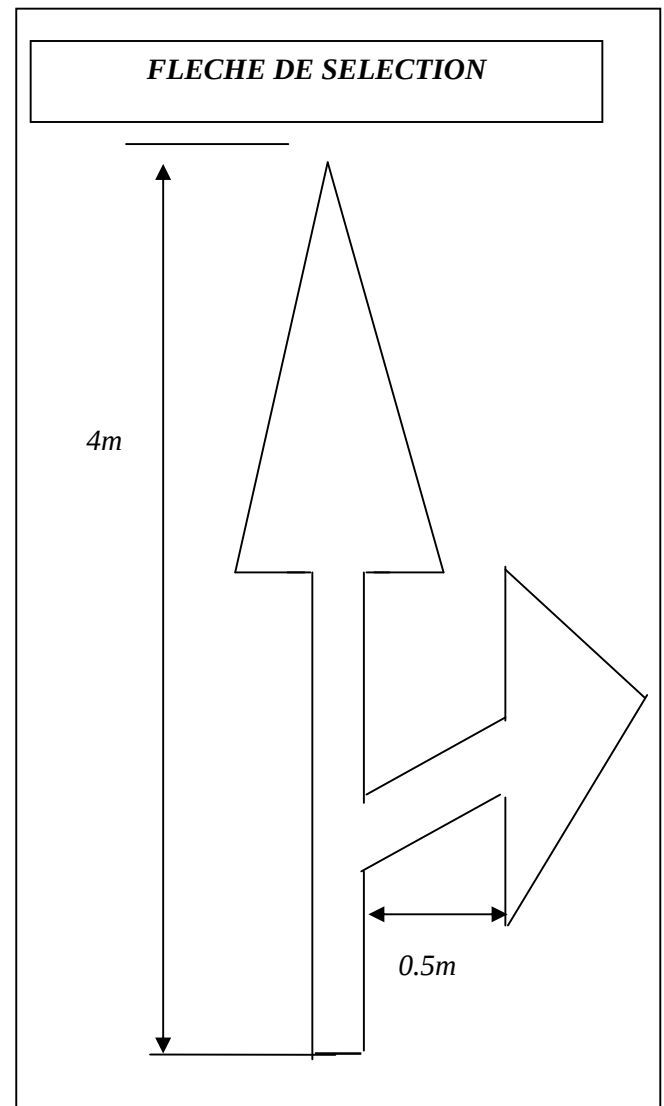
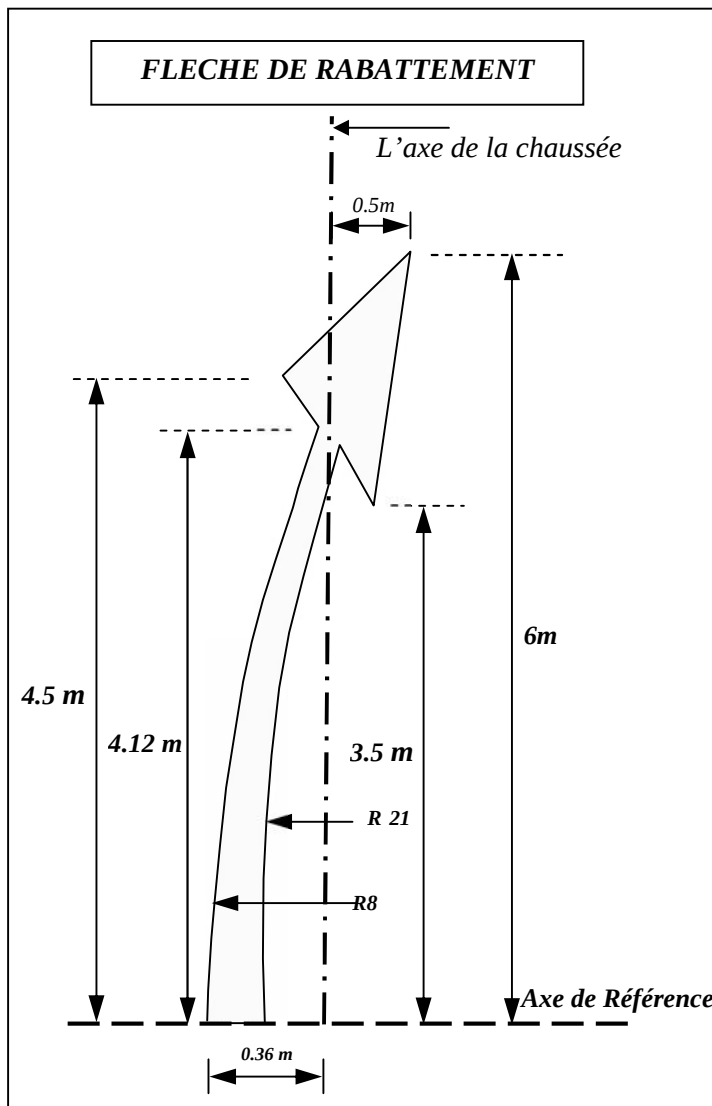
Flèche de rabattement : une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

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

4) APPLICATION AU PROJET :

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

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).



➤ les différents panneaux utilisés dans mon projet :



-2- ECLAIRAGE

1) INTRODUCTION :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

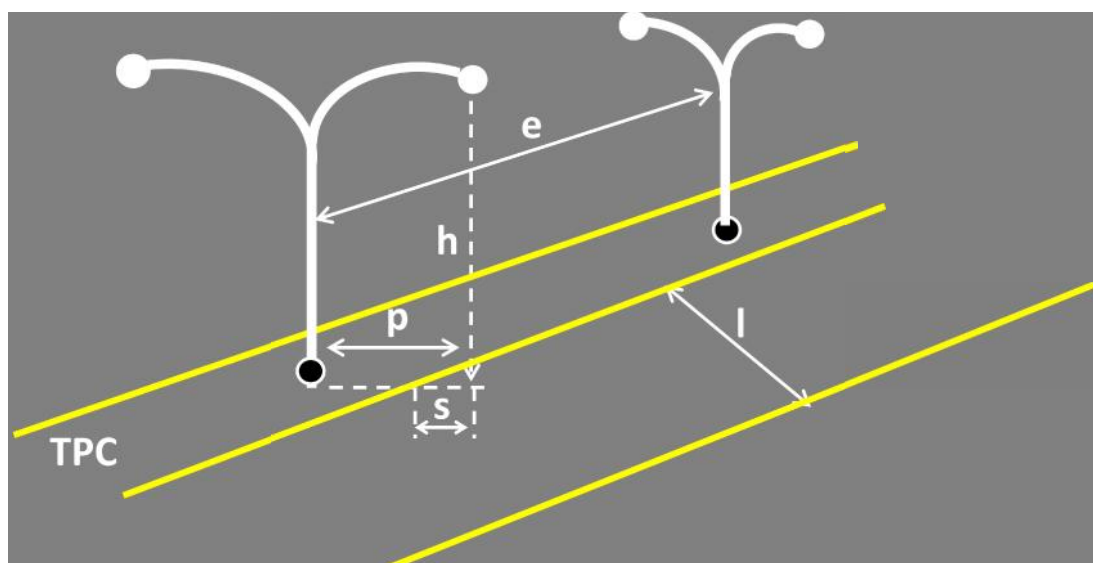
Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

2) CATEGORIES D'ECLAIRAGE :

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

3) PARAMETRES 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 parfois 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.



désignation	unité	prix unitaire(en DA)	quantité	montant
1) Acquisition de terrain	M2	1000	238250	238250000
Total(1)=	238250000			
2) Installation de chantier et repliement	F	4% du total (3+4+5)		
Total(2)=	11445982			
3) préparation de terrain				
Débroussaillage d'arbre	M2	250	3161	790250
Déplacement des poteaux électriques	Unité	300000	10	3000000
Total(3)=	3790250			
4) Terrassement				
Décapage de terre végétale épaisseurs de 20 a 30 cm	M3	120	30274	3632880
Remblais	M3	310	48405	15005550
Déblais excédentaires en terrain meuble mis en dépôt	M3	760	68387	51974120
Total(4)=	70612550			
5) chaussée				
Mise en place d'une couche de forme	M3	800	0	0
Couche de fondation en GC	M3	2200	18617	40957400
Couche de base en grave bitume GB	T	6000	15105,2	90631200
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	50000	51,828	2591400
Couche d'accrochage dosée 200à 300g/m2	T	40000	20,731	829240
Couche de roulement en béton bitumineux BB	T	7100	10808,1	76737510
Total(5)=	211746750			
6) Ouvrage d'art	M2	100000	1134	113400000

Total(6)=	113400000			
7) Ouvrage d'art courant et assainissement	F	10% du total (3+4+5)		28614955
Total(7)=	28614955			
8) Impact sur l'environnement	F	1% du total (3+4+5)		2861495,5
Total(8)=	2861495,5			
9) Déviation des réseaux	F	3% du total (3+4+5)		8584486,5
Total(9)=	8584486,5			
10) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F	5% du total (3+4+5)		14307477,5
Total(10)=	14307477,5			
11) Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	F	4% du total (3+4+5)		11445982
Total(11)=	11445982			
12) séparateur en béton pour le TPC	ml	6320	9530	60229600
Total(13)=	60229600			
TOTAL GENERAL=	563542778,5 DA			

CONCLUSION GENERALE

On conclut que la monnaie courante de toute étude d'un projet routier est en premier lieu la sécurité puis l'économie.

Dans ma démarche d'étude j'ai essayé de respecter tout les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie. Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour moi de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de ma formation.

De plus une occasion pour moi d'approfondir mes connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de PISTE (5.05), AUTOCAD (2008) et COVADIS (9.1).

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ Cours de routes de 4^{ème} année ENSTP.
- ✓ Cours de 5^{ème} année ENSTP.
- ✓ Cours d'hydraulique de 4^{ème} année ENSTP.
- ✓ B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- ✓ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(C.T.T.P).
- ✓ Les Signaux Routiers (SETRA).
- ✓ ENSTP : anciennes mémoires de Fin d'étude.