

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 du dédoublement du CW121 sur  
5Km avec évitement de la ville de Rouïba  
sur 2Km.*

*Entre la RN24 et la RN61 et la 2<sup>ème</sup> rocade*

*Proposé par :EPTP*

*Présenté par :Encadré par :  
BenchikhlehocineMoussaàb*

*Mr. BenchikhlehocineKhaled*

*BenchikhlehocineSoheyb*

**Promotion 2012**

*Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.*

# **SOMMAIRE**

Page:

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>5</b>
<b>Chapitre I : PRESENTATION DU PROJET ET OBJECTIF</b> .....	<b>6</b>
<b>Chapitre II : ETUDE DU TRAFIC</b> .....	<b>10</b>
1 – Introduction.....	11
2 – Analyse de trafic existant.....	11
3- Différent types de trafics .....	12
4 – Calcul de la capacité.....	12
5– <b>APPLICATION AU PROJET</b> .....	14
<b>Chapitre III : TRACE EN PLAN</b> .....	<b>20</b>
1 – Définition .....	21
2 – Règles à respecter dans le tracé en plan .....	21
3 – Les éléments du tracé en plan .....	21
4 – Les conditions de raccordement .....	26
5 – Combinaison des éléments du tracé en plan .....	26
6 – Notion de devers .....	28
7 – La vitesse de référence .....	29
8 – <b>APPLICATION AU PROJET</b> .....	30
9 – calcul d’axe .....	30
<b>Chapitre IV : PROFIL EN LONG</b> .....	<b>35</b>
1 – Définition .....	36
2 – Règles à respecter dans le tracé du profil en long .....	36
3 – Coordination du tracé en plan et profil en long .....	36
4 – Déclivités .....	37
5 – Raccordement en profil en long .....	37
6 – Caractéristiques des rayons en long .....	38
7 – Détermination pratique du profil en long .....	39
8 – <b>APPLICATION AU PROJET</b> .....	41
<b>Chapitre V : PROFIL EN TRAVERS</b> .....	<b>43</b>
1 – Définition .....	44
2 – Les éléments constitutifs du profil en travers .....	44
3 – Profil en travers du CW121 .....	45

**Chapitre VI : CUBATURES -----46**

1 – Introduction -----	47
2 – Cubatures des terrassements -----	47
3 – Méthode utilisée -----	47
4 – Méthode classique -----	48

**Chapitre VII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE -----49**

1 – Introduction -----	50
2 – La chaussée -----	50
3 – Les principales méthodes de dimensionnement -----	51
4- Les différents facteurs déterminant le dimensionnement-----	52
5 - Les principales méthodes de dimensionnement -----	53
6 – APPLICATION AU PROJET -----	54

**Chapitre VIII : RENFORCEMENT -----61**

1– Historique de la route -----	62
2–Niveau du trafic -----	62
3–Auscultation. -----	62
4–APPLICATION AU PROJET. -----	64
5–Conclusion -----	66

**Chapitre IX : ASSAINISSEMENT -----67**

1 – Introduction -----	68
2- Objectif de l'assainissement-----	68
3 – Drainage des eaux souterraines -----	68
4- Définitions -----	69
5 – Nature et rôle des réseaux d'assainissement routier -----	71
6 – Données pluviométriques_ -----	71
7 – Dimensionnement des ouvrages d'évacuations -----	69
8 – APPLICATION AU PROJET -----	70
9 – Conclusion -----	71

**Chapitre X : CARREFOURS -----77**

1 – Introduction -----	78
2 – Données utiles à l'aménagement d'un carrefour -----	79
3 – Principes généraux d'aménagement d'un carrefour -----	80
4- La visibilité aux carrefours -----	80
5– APPLICATION AU PROJET -----	61

**Chapitre XI : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE -----83**

<b>I. – <u>SIGNALISATION</u>-----</b>	<b>84</b>
1 – Introduction -----	84
2 – glissière de sécurité -----	84
3 – Signalisation -----	85
4 – <b>APPLICATION AU PROJET</b> -----	<b>88</b>
<b>II – <u>ECLAIRAGE</u>-----</b>	<b>92</b>
1 – Introduction -----	92
2 – Paramètres d’implantation des luminaires -----	92
3 – <b>APPLICATION AU PROJET</b> -----	<b>93</b>

**Chapitre XII : IMPACT SUR L’ENVIRONNEMENT -----94**

1 – Introduction -----	95
2 –Objectif -----	95
3 – Impact sur l’agriculture-----	95
4 – L’impact sur la nature -----	96
5- L’eau -----	96
6- Impact sur les habitants -----	96
7-Conclusion -----	97

**DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF -----98**

**CONCLUSION GENERALE: -----101**

**BIBLIOGRAPHIE: -----102**

## INTRODUCTION

---

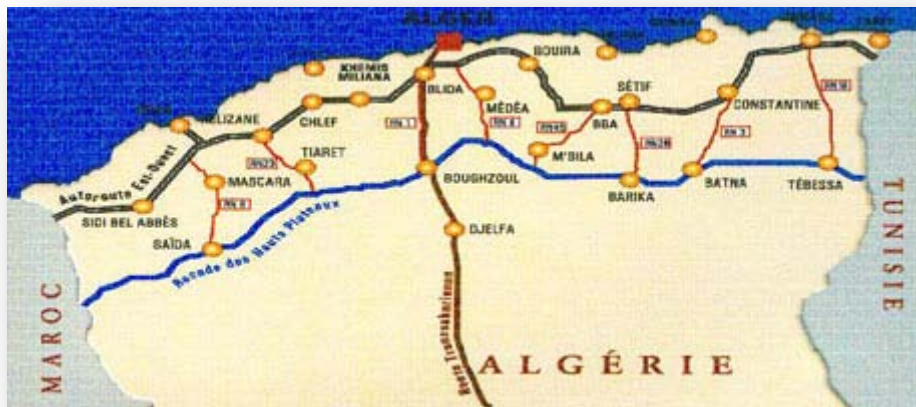
### INTRODUCTION :

Depuis la Rome antique, l'histoire des peuples est indissociable de celle de la Route. A l'aube du 3<sup>ème</sup> millénaire, la Route demeure un élément irremplaçable d'échange, d'ouverture, et de développement économique.

La modernisation, l'entretien et l'exploitation du réseau routier constituent à ce titre un véritable enjeu dans chacun des pays.

En Algérie, cet objectif se traduit actuellement par un programme ambitieux de réalisations autoroutières concédées, conjugué à un effort budgétaire de l'Etat et des collectivités territoriales.

Au-delà, l'Etat Algérien a mise en place un programme qui a pour but de relier le littorale et le sud, le redéploiement de l'armature urbaine nationale, et de réorganiser le réseau urbain





- Usine Pepsi
- Usine Coca-Cola
- NCA Rouïba
- HB Technologies

AIN TAYA : La commune d'Aïn Taya est située sur la bande côtière algérienne, à 22 km à l'est d'Alger, au nord-est de la wilaya d'Alger connue par, l'activité touristique de la ville est liée à l'existence de ses plages ainsi que par la présence de :

- zone d'expansion touristique.
- sites attrayants d'où la création d'une zone d'expansion touristique.
- la présence de nombreux hôtels et restaurants.

#### 4. Détaille sur le projet :

5. Evitement de la ville de Rouïba : Après avoir analysé plusieurs variantes casernons le démarrage du projet, tracer à l'intérieur de Rouïba, et après une étude comparative entre c'est deux variante on a opté pour la création d'une nouvelle route sur environ 2Km qui serre a dégorgé la ville de Rouïba du trafic transite
6. Dédoublément de la CW121 :le réseau routier qui voisine l'axe reliant la ville de Rouïba à la ville de Ain Taya à subit plusieurs modification, modernisation de la RN24, et la création de la 2<sup>ème</sup> Rode, et vue la croissance important du trafic durant c'est dernières années du CW121 est devenue incapable de recevoir le trafic actuel, est après un constat est un comptage de trafic justifiant le dédoublément de ce dernier, c.-à-d. la création de 2 voies supplémentaires est renforcé l'existante.

#### Les symboles sur le schéma :



améro du carrefour

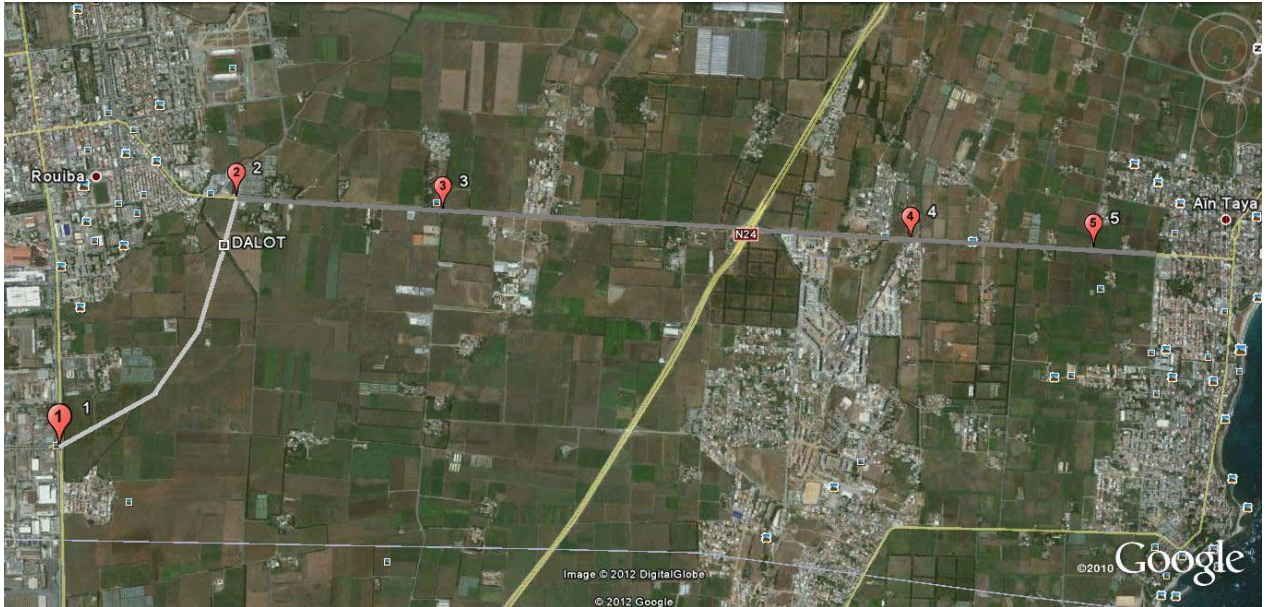


situé au PK4-800

Tracer de Rouïba de Rouïba



Tracer du dédoublément



**Leschéma du projet**

✓ **Photo sur chantier**



## 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 voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grand 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.

Cette conception repose sur une partie <stratégie, planification > sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

- Apprécier la valeur économique des projets
- Estimer les couts d'entretien.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons

## 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, condition de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données

### 2.1 la mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- Les comptages : sont permettent de quantifier le trafic
- Les enquêtes : sont permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs

### 2.2 Les comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage

#### o les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourd et les transports communs.

#### ✓ Les enquêtes origine destination :

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthode, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination.

Il existe plusieurs types d'enquêtes :

#### ✓ les enquêtes papillons ou distributions :

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons et sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

✓ Relevé des plaques minéralogiques :

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

✓ interview des conducteurs :

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'usager) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées : (origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relevé directement tels que le type de véhicule.

o les comptages automatiques :

Ils effectuent à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée.

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

- Les comptages permanents : sont réalisés en certains point choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de wilaya les plus circulés.
- Les comptages temporaires : s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

L'inconvénient de cette méthode : est que tous les matériels de comptage actuellement utilisée ne détectent pas la déférence entre les véhicules légers et les poids lourds.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (**TJMA**)

### **3. Différent types de trafics :**

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

- o Le trafic du 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
- o Le trafic échange : origine et destination sont l'un à l'intérieur de la zone étudiée, l'autre à l'extérieur
- o Le trafic local interne qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée

### **4. Calcule 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 direction) avec les caractéristiquegéométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminer.

La capacitédépend :

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.

- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre)
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies)

#### 4.1 Projection future du trafic :

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

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

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

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

$n$  : nombre d'année.

$\tau$  : taux d'accroissement du trafic (%)

#### 4.2 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 à d'équivalence pour convertir les PL en (**uvp**).

Le trafic effectif est donné par la relation suivant :

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

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

$z$  : pourcentage de poids lourd.

$p$  : coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend du tableau suivant :

Environnement	E1	E2	E3
Routes à bonnes caractéristiques	2-3	3-6	8-12
Routes à étroites, ou a visibilité réduite	3-4	6-12	16-24

**Tableau II.1 :** coefficient d'équivalence

#### 4.3 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 :

Avec :  $Q$  : débit de pointe horaire

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

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

$T_{\text{eff}}$  : trafic effectif.

#### 4.4 Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K1 * K2 * C_{th}$$

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	<b>0.85</b>	0.9à0.95

Tableau II.2 : valeur de K1

Environnement	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	<b>0.99</b>	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II.3 : valeur de K2

Type de voie	Capacité théorique(udp/h)
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	<b>1500 à 1800</b>

Tableau II.4 : valeur de la capacité théorique

#### 4.5 Détermination nombre des voies :

- ✓ **Cas d'une chaussée bidirectionnelle** : on compare Q à  $Q_{adm}$  et on opte 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 nombre le plus proche du rapport  $S*Q/Q_{adm}$   
 Avec :  $Q_{adm}$  : débit admissible par voie  
 S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.

#### 5 Application au projet :

Le trafic sur la route étudiée, d'après le résultat de trafic qui nous ont été obtenir par le comptage manuelle entre les deux sens :

Sens aller : Rouïba vers Ain taya  
 Sens retour : Ain taya vers Rouïba  
 Trafic total = 8799

Trafic total=8799

**5.1 Partie dédoublement**

**5.1.1 Les données de trafic :**

- ✓ le trafic à l'année 2011  $TJMA_{2011}=8799$
- ✓ le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau=4\%$
- ✓ la vitesse de base sur le tracé  $V_b=60\text{km/h}$
- ✓ le pourcentage de poids lourds  $Z=14\%$
- ✓ l'année de mise en service sera en 2012
- ✓ la durée de vie estimée de 20ans

**5.1.2 Calcule de TJMA horizon :**

L'année de mise en service(2012)

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

Avec : TJMA<sub>h</sub> : trafic à l'horizon

TJMA<sub>0</sub> : trafic à l'année zéro (origine 2011)

$$TJMA_{2012} = TJMA_{2011} (1 + \tau)^1$$

$$TJMA_{2012} = 8799 * (1 + 0.04)^1 \text{ donc :}$$

$$TJMA_{2012} = 9151 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année (2032) pour une durée de vie de 20 ans

$$TJMA_{2032} = 9151 * (1 + 0.04)^{20} = 20051 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2032} = 20051 \text{ v/j}$$

Donc :

**5.1.3 Calcul du trafic effectif :**

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + Z * P] TJMA_h$$

Avec :

**P** : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds.

Pour une route à 4 voies et un environnement **E<sub>2</sub>** on a **P=6**

**Z** : le pourcentage de poids lourds est égal à **14%**

$$T_{\text{eff}} = 20051 * [(1 - 0.14) + (0.14 * 6)] = 34087 \text{ uvp/h} \text{ Donc :}$$

$$T_{\text{eff}} = 34087 \text{ uvp/h}$$

**5.1.4 Débit de pointe horaire normale :**

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

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

$$Q = 0.12 * 34087$$

$$Q = 4091 \text{ uvp/h}$$

Le débit que supporte une section donnée:

$$Q_{\text{adm}} = K1 * K2 * C_{\text{th}}$$

Avec :

$K_1$  : coefficient correcteur pris égal à **0.85** pour  $E_2$

$K_1$  : coefficient correcteur pris égal à **0.99** pour environnement( $E_2$ ) et catégorie ( $C_1$ )

$C_{th}$  : capacité théorique

Cas d'une route à 2 voies de 3.5 m

$C_{th}$ =1800 pour 1 voie (d'après le **B40**)

$Q_{adm}$ =0.85\*0.99\*1800 Donc :

$$Q_{adm}=1515 \text{ uvp/h/voie}$$

### 5.1.5 Le nombre de voies :

$N=S*(Q/Q_{adm})$  Avec:  $S=2/3$

$N= (2/3)*(4091/1515)=1.80$  Donc :

$$N=2 \text{ voies /sens}$$

### 5.1.6 Calcul de l'année de saturation de 2\*2 voies :

$T_{eff} (2012) = [(1-0.14) + (0.14*6)]*9151$

$T_{eff} (2012) =1557 \text{ uvp/h}$

$Q_{2012}=0.12*1557=1867 \text{ uvp/h}$  Donc:

$$Q_{2012}=1867 \text{ uvp/h}$$

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

$Q_{2012}=1867*2/3=1245 \text{ uvp/h/sens}$

#### - Débit admissible par sens :

Capacité maximale /voie = 1800 uvp/h

Capacité admissible /sens = 1800\*2 = 3600

$Q_{adm}=3600*0.75*0.99 =3030 \text{ uvp/h/sens}$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n Q_{2012} \rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{saturation}}{Q_{2012}}\right)}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{3030}{1245}\right)}{\ln(1 + 0.04)} = 22.67 \approx 23 \text{ ans}$$

Donc :

$$n=23 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée **23 ans** après la mise en service donc l'année de saturation est

Année : 2035

TJMA <sub>2012</sub> (v/j)	TJMA <sub>2032</sub>	T <sub>eff2032</sub> (uvp/h)	Q <sub>2032</sub> (uvp/h)	n
10707	20051	34087	4091	2

## 5.2 partie évitement

✓ le trafic à l'année 2011 TJMA<sub>2011</sub>=70% \* 8799

### 5.2.1 Calcul de TJMA horizon :

TJMA<sub>évité</sub> = TJMA<sub>2012</sub> \* 70%

TJMA<sub>2012</sub> = 6406 v/j

Trafic à l'année (**2032**) pour une durée de vie de 20 ans

Donc :

TJMA<sub>2032</sub> = 14036 v/j

### 5.2.2 Calcul du trafic effectif :

T<sub>eff</sub> = 23861 uvp/h

### 5.2.3 Débit de pointe horaire normale :

Q = 2863 uvp/h

Calcul de débit adm :

Q<sub>adm</sub> = 1515 uvp/h/voie

**5.2.4 Le nombre de voies :**

N=2 voies /sens

**N=1.26**      Donc :

**5.2.5 Calcul de l'année de saturation de 2\*2 voies :**

$Q_{2012}=1307$  uvp/h

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

$Q_{2012}=1307*2/3=871$  uvp/h/sens

- **Débit admissible par sens :**

n=32ans

D'où notre route sera saturée **23 ans** après la mise en service donc l'année de saturation est

Année : 2044

## **6 Conclusion :**

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que sa profile en travers et de : donc selon la norme de **B40**, notre dédoublement et l'évitement sera unidirectionnelle et de **2\*2 voies** de circulation de **3.75m** de largeur chacune et d'un accotement d'une largeur de **3.25m** de chaque côté avec un terre plain centrale de largeur de **3m**

## 1. Introduction :

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 :

- Évité de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Éviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Appliquer les normes du **B40** si possible.
- 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 c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- S'inscrire dans le couloir choisi.

## 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 ainsi 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 d'autre part, elle se fait à l'aide de **Clothoïdes** qui assurent un raccordement progressif par nécessiter de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignement).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives.

### 3.1 Les alignements :

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

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie:

- En plaine où, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de:

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

o 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.

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

$V_B$ : vitesse de base en km/h

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

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

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

### 3.2 Arcs de cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

Pour cela on essaie de choisir des plus grands rayons possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

o Stabilité en courbe :

Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite dévers exprimée par sa tangente.

- ✓ Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal.

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

$f_t$ : coefficient de frottement transversal

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

- ✓ Rayon minimal normal (RHN) :

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

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

✓ Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

Dévers associé  $d_{min} = 2.5\%$  en catégorie 1 – 2

$d_{min} = 3\%$  en catégorie 3 - 4

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

✓ Rayon minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse  $V_B$  une courbe de devers égale à  $d_{min}$  vers l'extérieur reste inférieure à valeur limitée.

Cat. 1 – 2

$$RHd = \frac{Vr}{127 \times 0.035}$$

Cat. 3 – 4 – 5

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127(f' - d_{min})}$$

Pour notre projet (dédoublément de la CW121) situé dans un environnement (E2), et classé en catégorie 1 (C1) avec une vitesse de base de 60Km/h, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

**Tableau II. 1: rayons du tracé en plan**

paramètres	symboles	valeurs
<b>Vitesse (km/h)</b>	V	60
<b>Rayon horizontal minimal (m)</b>	RHm (7%)	125
<b>Rayon horizontal normal (m)</b>	RHN (5%)	250
<b>Rayon horizontal déversé (m)</b>	RHd (2.5%)	550
<b>Rayon horizontal non déversé (m)</b>	RHnd (-2.5%)	800

○ Sur largeur:

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

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

L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10 m)

R : rayon de l'axe de la route.

### 3.3 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 dévers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la clothoïde grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du dévers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de dévers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

#### o Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.

Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant

#### o Types de courbe de raccordement:

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- Parabole cubique
- Lemniscate
- Clothoïde

#### ✓ Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

#### ✓ Lemniscate :

Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

#### ✓ Clothoïde :



- **R** : Rayon du cercle.
- **L** : Longueur de la branche de Clothoïde.
- **A** : Paramètre de la clothoïde.
- **KA** : origine de la clothoïde.
- **KE** : extrémité de la clothoïde.
- **ΔR** : ripage.
- **τ** : angle des tangentes.
- **TC** : tangente courte.
- **TL** : tangente longue
- **σ** : angle polaire.
- **S<sub>L</sub>** : corde KE –KA.
- **M** : centre du cercle d'abscisse **X<sub>m</sub>**.
- **X<sub>m</sub>** : abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**.
- **Y<sub>m</sub>** : ordonnée du centre du cercle **M** à partir de **KA**.
- **X** : abscisse de **KE**
- **Y** : ordonnée de **KE**

#### 4. Les conditions de raccordement :

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

##### 4.1 Condition de confort optique

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

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

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

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

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

##### Règle générale (B40)

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

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

$$R > 5000\text{m} \quad \Delta R = 2.5 \text{ m} \quad L = 7.75 \sqrt{R}$$

##### 4.2 condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours  $\Delta t$  du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$L = V_B^2 / 18 (V_B^2 / (127 \times R) - \Delta d)$$

$V_B$ : vitesse de base (km/h)

$R$ : rayon en (m).

$\Delta d$ : variation de dévers.

#### 4.3 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.

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

$L$ : longueur de raccordement.

$l$ : Largeur de la chaussée.

$\Delta d$ : variation de dévers.

#### Nota :

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à 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%**.

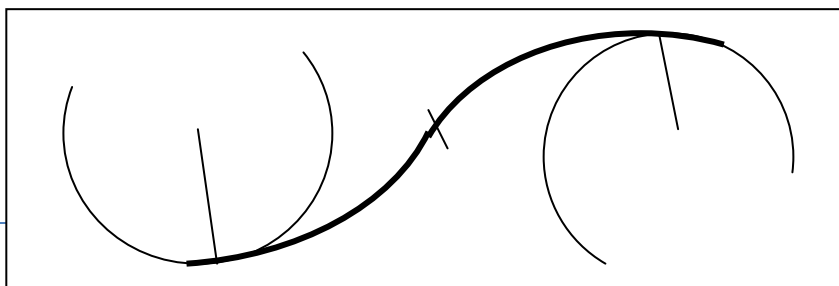
$$L = (5 \times \Delta d \times V_B) / 36$$

### 5. Combinaison des éléments du tracé en plan :

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

#### 5.1 courbe en S :

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



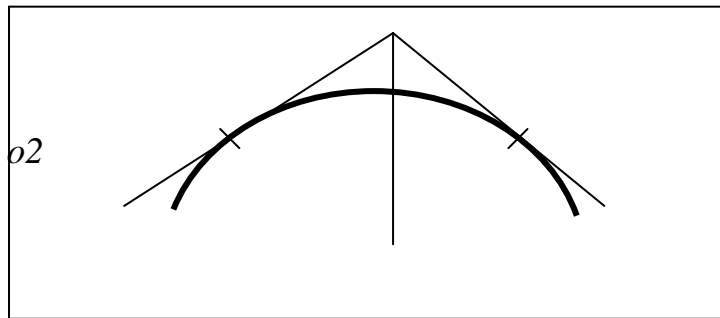
$R1$

$R2$

**5.2 Courbe à sommet :**

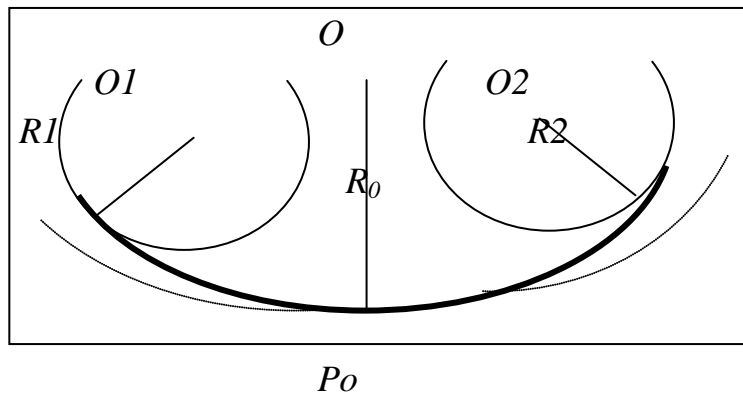
Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

$L$      $P$   
 $o1$   
 $R$



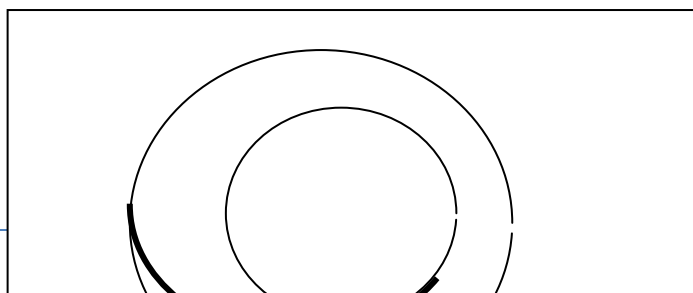
**5.3 Courbe en C :**

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



**5.4 Courbe en Ove:**

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



*P10 (R1)*

*P20 (R2)*

## 6. Notion de dévers :

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.

### 6.1 Dévers en alignement :

En alignement le dévers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à :

$$d_{min} = 2.5\%$$



### 6.2 Dévers en courbe :

En courbe permet de :

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

### 6.3 Rayon de courbure :

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

### 6.4 Calcul des dévers :

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



$$RH_m < R < RH_n \text{ on a: } \frac{d(R) - d(RH_m)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m}} = \frac{d(RH_m) - d(RH_n)}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RH_n}}$$

$$RH_n < RH_d < \text{ on : } \frac{d(R) - d(RH_d)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d}} = \frac{d(RH_n) - d(RH_d)}{\frac{1}{RH_n} - \frac{1}{RH_d}}$$

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

o 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 dévers 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 dévers sont opposés, le problème se pose pour passer du dévers d'alignement droit au dévers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un dévers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance  $D_{\min}$ .

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

appelée longueur de gauchissement.

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

## 7. La vitesse de référence (de base) :

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

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

### 7.1 Choix de la vitesse de référence:

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

### 7.2 Vitesse de projet:

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

On entend par conditions normales:

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

## 8. APPLICATION AU PROJET:

**NB:** Comme notre projet est un projet de dédoublement nous sommes contraints de suivre la route existante, c'est pourquoi nous avons pris des rayons très petits dans quelques virages en réduisant la vitesse de base bien sûre (à 60km/h).

**Le tableau II – 4** ci-dessus nous donne les différents rayons horizontaux utilisés dans le tracé en plan:

AXES	RAYONS (M)	LONGUEUR DES AXES (M)	VITESSES DE BASE (Km/h)
Axe 1	300	6535.56	60
	300		60
	300		60
	700		60

## 9. Calcul d'axe :

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

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

- Calcul de gisements
- Calcul de l'angle  $\gamma$  entre alignements
- Calcul de la tangente  $T$
- Calcul de la corde  $S_L$
- Calcul de l'angle polaire  $\sigma$
- Vérification de non chevauchement
- Calcul de l'arc de cercle

- Calcul des coordonnées des points singuliers
- calcul de kilométrage des points particuliers

### 9.1 Exemple de calcul :

Pour le cas de notre étude on a choisi notre exemple à partir du premier rayon rencontré dans l'itinéraire dont les coordonnées des sommets et le rayon qui sont les suivants:

$$S_0(X = -159.9498, Y = -282.8864)$$

$$S_1(X = -62.8877, Y = -259.915)$$

$$S_2(X = 18.956, Y = -202.903)$$

Rayon  $R_1 = 300$  met  $V_r = 60$  km/h

#### o Caractéristiques de la courbe de raccordement

- ✓ calcul du paramètre A  
On sait que  $A^2 = L \times R$

#### o Détermination de L

- ✓ Condition de confort optique :

$$\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R \quad \text{D'où } 100 \leq A_{\min} \leq 300$$

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{Comme } R = 300\text{m} < 1500\text{m} \quad \Delta R = 1$$

$$\text{Donc : } L = \sqrt{24 \times 300 \times 1} = 84.85 \dots\dots\dots 1.$$

- ✓ Condition de confort dynamique et de gauchissement :

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

$$\Delta d = ?$$

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

$$RH_m = 125 \text{ m} \Rightarrow d = 2.7 \%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 2.7 - (-2.5) = 5.2\%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \times 5.2 \times 60 = 43.33 \text{ m } \underline{2}$$

De 1 et 2 on aura:  $L \geq 43.33$  m.

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 159.54$$

On prend:  $A = 160$   $L = A^2/R$  donc  $L = 85.33\text{m}$

✓ Calcul de  $\Delta R$ 

$$\Delta R = L^2 / 24R = 85.33^2 / (24 \times 300) = 1.01 \text{ m}$$

$$\Delta R = 1.01 \text{ m}$$

✓ Calcul des Gisements :

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

$$S_0 S_1 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S_1} - X_{S_0}| = 97.0621 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |Y_{S_1} - Y_{S_0}| = 22.9714 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$S_1 S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X_1| = |X_{S_2} - X_{S_1}| = 81.8437 \text{ m} \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S_2} - Y_{S_1}| = 57.012 \text{ m} \end{array} \right.$$

D'où:

$$G_{s_0}^{s_1} = 100 - \arctg \frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|} = 85.205 \text{ grades}$$

$$G_{s_1}^{s_2} = 100 - \arctg \frac{|\Delta Y_1|}{|\Delta X_1|} = 61.27 \text{ grades}$$

✓ Calcul de l'angle  $\gamma$  :

$$\gamma = |G_{s_1}^{s_2} - G_{s_0}^{s_1}| = 23.935 \text{ grades}$$

✓ Calcul de l'angle  $\tau$  :

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{85.33}{2 \cdot 300} \times \frac{200}{\pi}$$

$$\tau = 9.058 \text{ grades}$$

✓ Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 9.058 \text{ grades}$$

$$\gamma / 2 = 23.935 / 2 = 11.967 \text{ grades}$$

D'où :

$$\tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

✓ Calcul des distances

$$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2} = \sqrt{22.9714^2 + 97.0621^2} = \mathbf{99.743 \text{ m}}$$

$$\overline{S_2 S_1} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{81.8437^2 + 57.012^2} = \mathbf{99.743 \text{ m}}$$

✓ Caractéristiques de la courbe de raccordement

$$\text{On a : } \frac{L}{R} = \frac{85.33}{300} = 0.284$$

A partir des tables de clothoïdes ligne N° 424, on tire les valeurs suivantes:

$$\frac{\Delta R}{R} = 0.003369 \quad \Rightarrow \Delta R = 1.0107$$

$$\frac{X_m}{R} = 0.142126 \quad \Rightarrow X_m = 42.638 \text{ m}$$

$$\frac{X}{R} = 0.283870 \quad \Rightarrow X = 85.161 \text{ m}$$

$$\frac{Y}{R} = 0.013465 \quad \Rightarrow Y = 4.0395 \text{ m}$$

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

$$T = 42.638 + (300 + 1.0107) \operatorname{tg} 11.967$$

$$\mathbf{T = 99.897 \text{ m}}$$

- Calcul des Coordonnées  $S_L$ :

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

Avec :

$$S_L = \sqrt{(85.161)^2 + (4.0395)^2} = 85.256 \text{ m}$$

$$\mathbf{S_L = 85.256 \text{ m}}$$

- Calcul de  $\sigma$  :

$$\sigma = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X} = \operatorname{arctg} \frac{4.0395}{85.161} = 3.017 \text{ grades}$$

$$\mathbf{\sigma = 3.017 \text{ grades}}$$

- Calcul de l'arc :

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2\tau)]}{200}$$

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot 300(23.935 - 2 \times 9.058)]}{200} = 27.407 \text{ m}$$

- Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} X_{KA1} = X_{S0} + (S_0 S_1 - T) \times \cos G_{S0}^{S1}$$

$$Y_{KA1} = Y_{S0} + (S_0 S_1 - T) \times \sin G_{S0}^{S1}$$

$$K_{A1} X_{KA1} = \begin{cases} -368.359 \text{ m} \\ Y_{KA1} = -1448.373 \text{ m} \end{cases}$$

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

$$X_{KE1} = -349.392 \text{ m}$$

$$K_{E1} \begin{cases} Y_{KE1} = -1365.253 \text{ m} \end{cases}$$

$$X_{KA2} = X_{S1} + T \times \cos G_{S1}^{S2}$$

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

$$X_{KA2} = 239.305 \text{ m}$$

$$K_{A2} \begin{cases} Y_{KA2} = -1448.956 \text{ m} \end{cases}$$

$$X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin (G_{S1}^{S2} + \sigma)$$

$$K_{E2} Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos (G_{S1}^{S2} + \sigma)$$

$$X_{KE2} = 220.498 \text{ m}$$

$$K_{E2} \begin{cases} Y_{KE2} = -1365.800 \text{ m} \end{cases}$$

*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 la route, développé et représentée sur un plan à une échelle.

C'est en général une succession d'alignements droits (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet. etc....

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

## 3. 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.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultants 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.
- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

#### 4. Déclivités :

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

##### 4.1

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit être au dessus de 0,5% et de préférence s 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux des pluies le long de la route au bord de la chaussée.

##### 4.2 Déclivité maximum :

La déclivité maximale dépend de :

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

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au nouveau de service « selon le **B40**, environnement **E2**, catégorie **C1** déclivité maximale:

$$I_{\max} = 7 \%$$

#### 5. 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 y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types raccordements :

##### 5.1 Raccordements convexes : (angle saillant)

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

###### o Condition de confort

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Limitation de l'accélération verticale :

\*  $g/40$  pour cat. 1-2

$$V_r^2/R_v < g/40$$

Pour  $g=10\text{m/s}^2$

$$R_{v \min} = \begin{cases} 0.3 V_r^2 & \text{pour 1-2} \\ 0.23 V_r^2 & \text{pour 3-4-5} \end{cases}$$

Dans notre cas  $R_{v \min} = 0.3 V_r^2$

Avec :

$R_v$  : rayon vertical (m)

$V_r$  : vitesse référence (Km/h).

o **Condition de visibilité :**

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

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

**Déclivité minimum :**

Le rayon de raccordement est donné par l'expression :

$$R_v = \frac{D_o^2}{2} (h_o + h_1 + 2\sqrt{h_o h_1})$$

Avec

$D_o$  : distance d'arrêt (m)

$h_o$  : hauteur de l'œil (m)

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

## 5.2 Raccordements 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.

Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec :

$R_v'$  : rayon minimum du cercle de raccordement.

$d_1$  : distance d'arrêt.

Condition esthétique

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ( $b > 50$ ) pour des dévers  $d < 10\%$  (spécial échangeur).

Avec :

$$R_{v_{\min}} = 100 \times \frac{50}{\Delta d (\%)}$$

$d$  : changement des dévers.

$R_{v_{\min}}$  : rayon vertical minimal.

## 6. Caractéristiques des rayons en long :

Pour le cas de la CW233, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants (selon le B40) :

Tableau :1

	unité	
Catégorie		<b>C1</b>
environnement		E2
Vitesses de base	(Km/h)	60
Rayon en angle saillant RV	Route unidirectionnelle : (2x2 voies) RVm1 (minimal absolu) en m RVn1 (minimal normal) en m	800 2000
Rayon en angle rentrant RV	Route unidirectionnelle :(2x2 voies) RVm1 (minimal absolu) en m RVn1 (minimal normal) en m	1100 1600
Déclivité maximale I <sub>MAX</sub>	(%)	7

### 7. Détermination pratiques du profil en long :

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

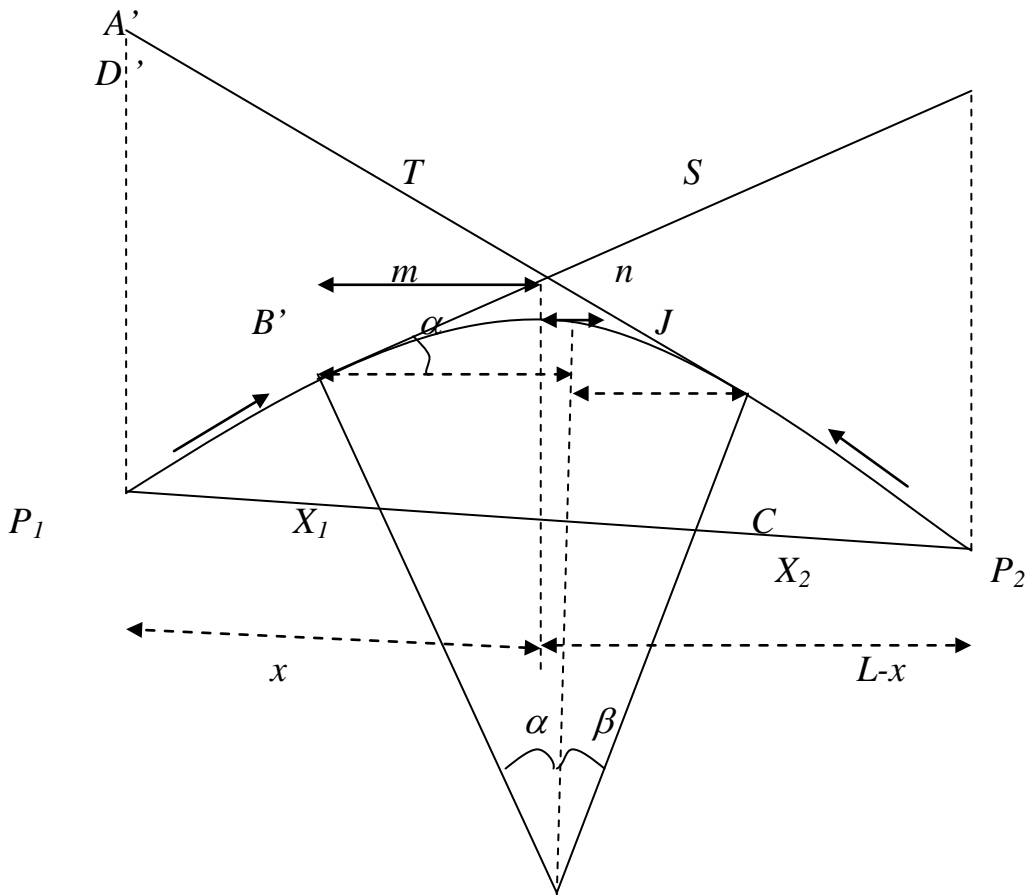
$$X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0$$

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

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

Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A,D.

- Donnée La pente **P<sub>1</sub>** de la droite **(AS)**
- Donnée la pente **P<sub>2</sub>** de la droite **(DS)**
- Donnée le rayon **R**



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

On a:

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

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

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

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

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P_1 X + Z_A \end{cases}$$

**7.2 Calcul de la tangente :**

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

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

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

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T p_1 \end{cases} \quad C \begin{cases} X_C = X_S + T \\ Z_C = Z_S + T p_2 \end{cases}$$

**7.3 Projection horizontale de la longueur de raccordement :**

$$LR=2T$$

**7.4 Calcul de la flèche :**

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

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

$$M \begin{cases} H_X = x^2/2R \\ Z_M = Z_B + X p_1 - X^2/2R \end{cases}$$

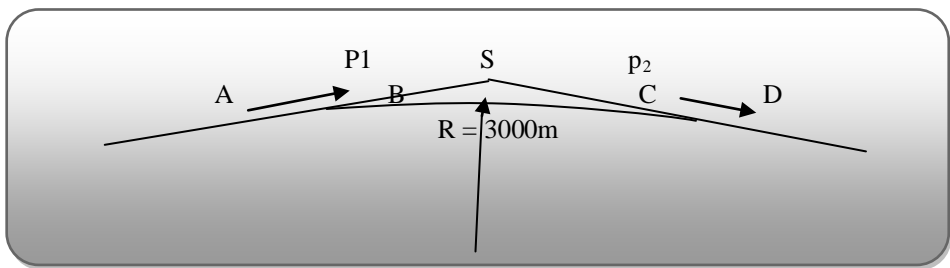
- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T)
- Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.  
 $X_1 = R p_1$   
 $X_2 = R p_2$

$$J \begin{cases} X_J = X_B - R \cdot p_1 \\ Z_J = Z_B + X_1 \cdot p_1 - X_1^2/2R \end{cases}$$

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

**8. APPLICATION AU PROJET:**

- o **Exemple du calcul du profil en long :**



$$A \begin{cases} DC = 775 \\ Z = 15.254 \end{cases}$$

$$S \begin{cases} DC = 800 \\ Z = 15.322 \end{cases}$$

$$D \begin{cases} DC = 825 \\ Z = 15.148 \end{cases}$$

**8.1 Calcul des pentes :**

$$P_1 = \Delta Z_1 / S_1$$

$$P_2 = \Delta Z_2 / S_2$$

$$P_1 = \left( \frac{15.322 - 15.254}{800 - 775} \right) = 0.272 \%$$

$$P_2 = \left( \frac{15.148 - 15.322}{825 - 800} \right) = -0.696\%$$

**8.2 Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| \pm |P_2|)$$

$$T = 3000 \times (0.00272 + 0.00696) / 2 = 14.52 \text{ m}$$

**8.3 Calcul des flèches :**

$$H = T^2 / 2R = 0.035 \text{ m}$$

**8.4 Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

$$B \begin{cases} S_B = X_S - T = 800 - 14.52 = 785.48 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 = 15.322 - (14.52 \times 0.00272) = 15.282 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} S_C = X_S + T = 800 + 14.52 = 814.52 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \cdot P_2 = 15.322 + (14.52 \times (-0.00696)) = 15.220 \text{ m} \end{cases}$$

**o Calcul des coordonnées du point G :**

$$X_{G/P} = R \times P_1 = 8.16 \text{ m}$$

$$X_{G/Q} = R \times P_2 = 20.88 \text{ m}$$

$$Z_{G/P} = Z_P + X_{G/P} \times P_1 - [(X_{G/P})^2 / 2R] = 15.293 \text{ m}$$

$$Z_{G/Q} = Z_Q + X_{G/Q} \times P_2 - [(X_{G/Q})^2 / 2R] = 15.002 \text{ m}$$

Remarque : les résultats de calcul de la ligne rouge sont joints en annexe

## 1. Définition

Le profil en travers d'une chaussée coupe perpendiculaire l'axe de la route 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 constitutifs du profil en travers:

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

### 2.1 La chaussée :

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

### 2.2 La largeur roulable :

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

### 2.3 La plate forme :

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

### 2.4 L'assiette :

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

### 2.5 L'emprise :

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

### 2.6 Les accotements :

Les accotements sont les zones 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.
- Une berne extérieure.

### 2.7 Le terre-plein central :

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

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

**2.8 Le fossé :**

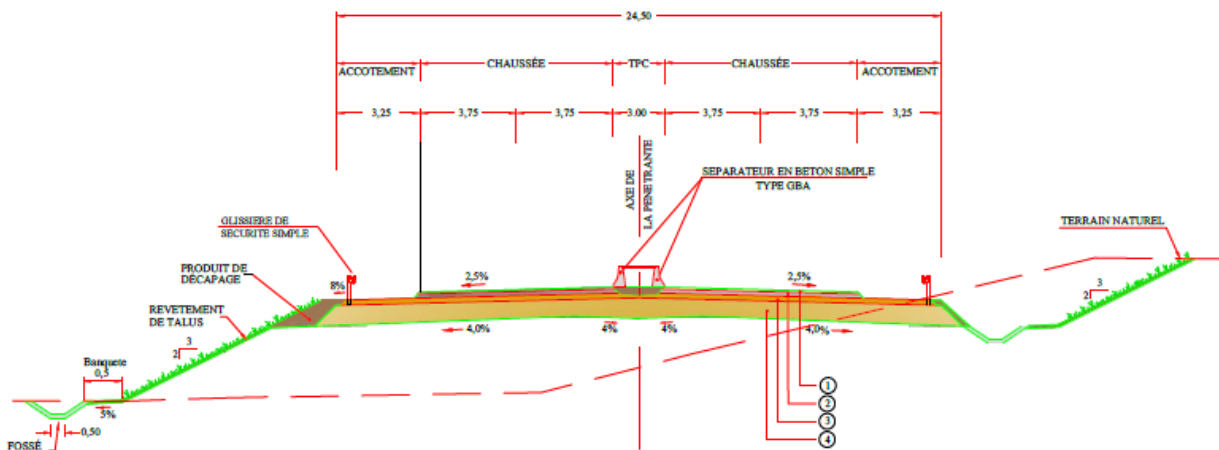
C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

**3. Profil en travers de la CW121 :**

Après dédoublement la CW121 est constituée de:

- Deux chaussées de deux voies de 7.5m chacune ;
- Un terre-plein central de 3m ;
- Un accotement de 3.25 m à chaque coté droit de la chaussée.

PROFIL TRAVERS TYPE  
PROFIL NORMAL



STRUCTURES DE CHAUSSÉES	
① BÉTON BITUMEUX	60MM
② GRAVE BITUME	200 MM
③ GRAVE NON-TRAITE	300 MM
④ COUCHE DE FORME (TUF)	600 MM

## 1. Introduction :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet :

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- les profils en long
- les profils en travers
- Les distances entre les profils.

Ces profils doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

## 2. Cubatures des terrassements :

On entend par cubature le calcul des volumes déblais remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des travaux.

Comme notre est réutilisable, on cherche un équilibre entre les volumes déblais remblais. Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des surfaces.

## 3. Méthode utilisée :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi les quelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

### 3.1 Description de la méthode :

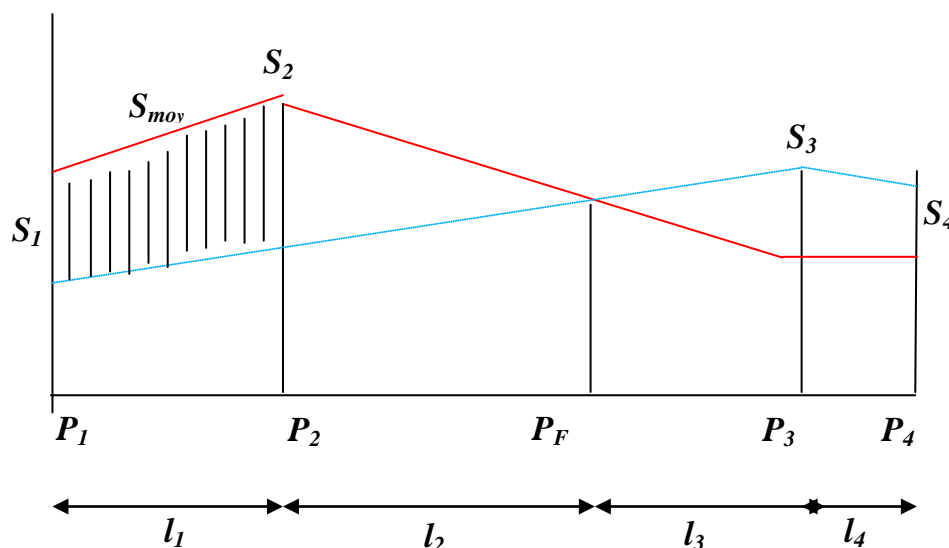
En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs

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

Où  $h$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  et  $S_0$  désignant respectivement :

- Hauteur entre deux profils.
- Hauteur des deux profils.
- Surface limitée à mi-distances des profils.

Ici à la figure ci-dessous on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.



Le volume compris entre les deux profils en travers  $P_1$  et  $P_2$  de section  $S_1$  et  $S_2$  sera égal à :

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions  $S_{\text{moy}}$  et  $\frac{(S_1 + S_2)}{2}$ .

Ceci donne :  $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Donc les volumes seront :

Entre  $P_1$  et  $P_2$   $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre  $P_2$  et  $P_F$   $V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre  $P_F$  et  $P_3$   $V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$

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

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

On voit l'utilité de placer les profils  $P_F$  puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

#### 4. Méthode classique:

Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de GULDEN où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil. Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Pour notre calcul automatique des courbures par le logiciel Piste 5.05 nous avons utilisé la méthode de GULDEN et les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci – dessous) nous donnons les résultats final du volume de remblais et déblais.

***Le volume de déblais est de:  $V_D = 181414.89 \text{ m}^3$***   
***Le volume de remblais est de:  $V_R = 87234.14 \text{ m}^3$***

## 1. INTRODUCTION :

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent, Le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier .cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

## 2. LA CHAUSSEE :

### 2.1 Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y'compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- ✓ Supporter la circulation des véhicules de toute nature
- ✓ reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel la chaussée est défini comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

### 2.2 Les différents types de chaussée :

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

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

### 2.3 Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

### 2.4 Chaussée semi-rigide :

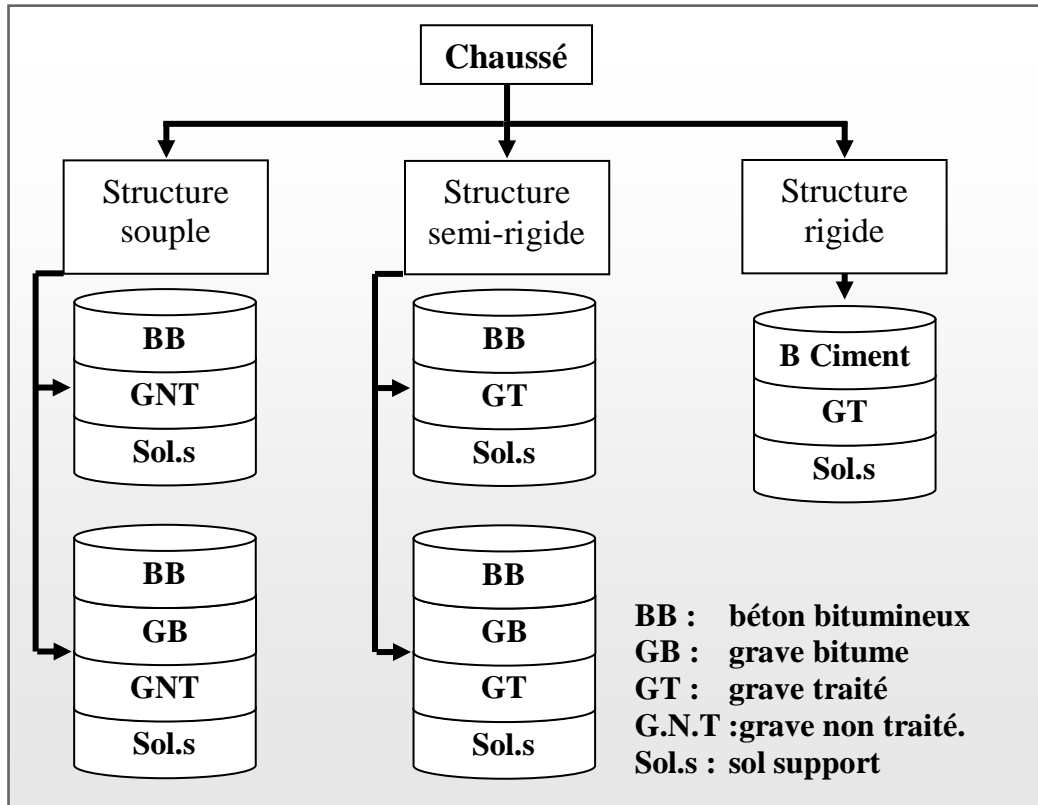
On distingue :

- ✓ Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,..). La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- ✓ Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

## 2.5 Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

### Schéma récapitulatif :



## 3. Les différentes couches de corps de chaussée :

### 3.1 Couche de roulement (surface) :

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

### 3.2 Couche de base :

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

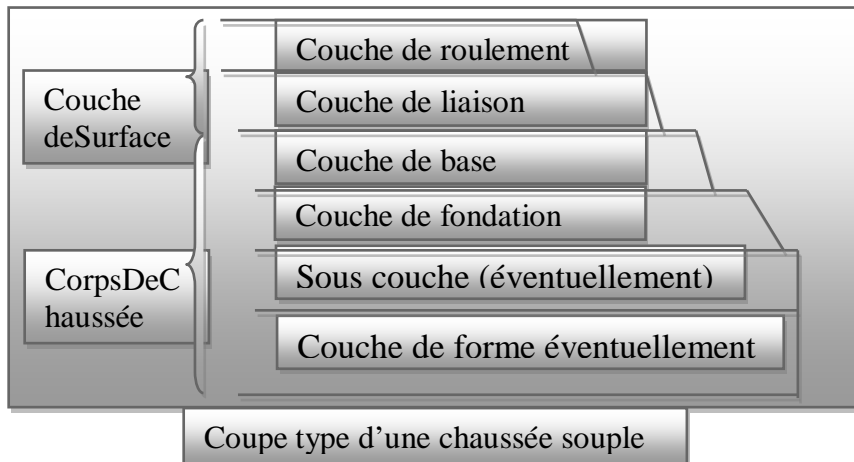
### 3.3 Couche de fondation :

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

### 3.4 Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm



## 4. Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée :

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnés par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

### 4.1 Le trafic :

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

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

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

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

$$TCE_i = TPL_i \cdot A \cdot C$$

TCE<sub>i</sub> : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

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

$\tau$  : Taux de croissance du trafic.

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

## 4.2 Environnement :

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

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

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

## 4.3 Le Sol Support :

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

Les plates formes sont définies à partir :

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

## 4.4 Matériaux :

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

## 5. Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

### 5.1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

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

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

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

Avec:

e: épaisseur équivalente

l: indice CBR (sol support)

n: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

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

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

Où:

$c_1, c_2, c_3$  : coefficients d'équivalence.  
 $e_1, e_2, e_3$  : épaisseurs réelles des couches.

#### o 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
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau 1 : les coefficients d'équivalences pour chaque matériau

### 5.2 Méthode A.A.S.H.O.:(American Association of State Highway Officials)

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

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

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

### 5.3 Méthode de ASPHALT INSTITUTE :

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

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

### 5.4 Méthode du catalogue des structures :

Le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA »

- ✓ Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).
- ✓ Il classele trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens.
- ✓ Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

- ✓ Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :
  - Trafic cumulé de poids lourds à la 20ème année  $T_j$ .
  - Les caractéristiques de sol ( $S_j$ ).

o **Détermination de la classe de trafic :**

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

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé
T1	$T < 7.3.10^5$
T2	$7.3.10^5 < T < 2.10^6$
T3	$2.10^6 < T < 7.3.10^6$
T4	$7.3.10^6 < T < 4.10^7$
T5	$T > 4.10^7$

Tableau 2 : La classe de trafic

Le trafic cumulé «  $T_c$  » est donné par la formule:

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

TPL : trafic poids lourds à l'année de mise en service

n : durée de vie.

$\tau$  : taux d'accroissement

o **Détermination de la classe du sol :**

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait d'après le tableau suivant:

Classe de sol	Indice C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

Tableau 3 : La classe du sol

**5.5 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :**

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

$$T_{eq} = TJMA. a. 0.75. p. 365. \frac{[(1 + z)^n - 1]}{[(1 + z) - 1]}$$

T<sub>eq</sub> = trafic équivalent par essieu de 13t.  
 TJMA = trafic à la mise en service de la route.  
 a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.  
 n = durée de vie de la route.  
 p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente e (en fonction de T<sub>eq</sub>, I CBR) à partir de l'abaque L.C.P.C.

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

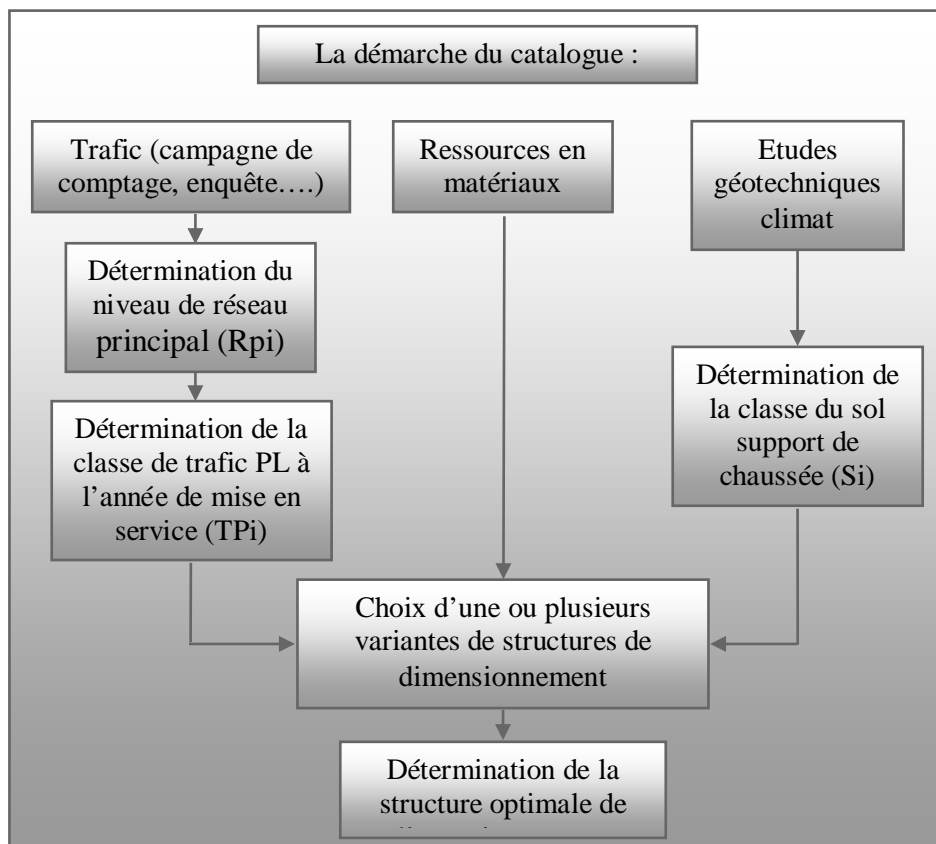
### 5.6 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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

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

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches :

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.



## 6. Application au projet :

### 6.1 Caractéristiques du sol support :

L'indice de CBR= 3 (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S<sub>4</sub>. On doit prévoir une couche de forme en matériau non traité de 60cm (en deux couches) pour améliorer la portance de sol support.

#### o Amélioration de la portance du sol support :

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support,

Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de la couche de forme, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la couche de forme.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF Ecf	Portance visée
<S <sub>4</sub>	Matériau Non traité	50cm (2couches)	S <sub>3</sub>
S <sub>4</sub>	Matériau Non traité	35cm	S <sub>3</sub>
<b>S<sub>4</sub></b>	<b>Matériau Non traité</b>	<b>60cm (2couches)</b>	<b>S<sub>2</sub></b>
S <sub>3</sub>	Matériau Non traité	40cm (2couches)	S <sub>2</sub>
S <sub>3</sub>	Matériau Non traité	70cm (2couches)	S <sub>1</sub>

**N B** : Nous avons choisit le matériau non traité pour des conditions économiques.

Pour notre cas on a un CBR=3 ⇒ S<sub>4</sub> ⇒ nous proposons e<sub>cf</sub> =60cm de TUF pour obtenir un CBR compris entre 10 et 25 ⇒ S<sub>2</sub> (tableau 3).

### 6.2 Choix de la méthode de dimensionnement :

Les six méthodes de dimensionnement qui sont cités avant ont comme point commun leurs prises en considération (d'une façon différente) le trafic circulant sur la voie à construire et du sol sur lequel cette même voie va être utilisé.

Ceci représente les points nécessaires et suffisants pour tout dimensionnement d'une chaussée routière cependant, bien que ces paramètres aient fait l'unanimité des experts, on note qu'il n'existe pas actuellement une méthode universellement acceptée pour le calcul des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode à appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- ✓ De la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plate forme dans les zones base.
- ✓ De la qualité des matériaux mise en place.
- ✓ Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

Peu importe la méthode choisie, c'est la maîtrise qui nous intéresse le plus, c'est pour cela on a choisit les deux méthodes sont C B R et catalogue des dimensionnement des chaussées neuves (CTTP), car c'est les méthodes les plus répondues en Algérie.

### 6.3 Méthode C.B.R :

$$TJMA_{2012} = 9151 \text{ v/j.}$$

$$PL = 14\%$$

$$N(PL) = 1153 \text{ PL/j/sens.}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5(75 + 50 \log \frac{1153}{10})}}{3 + 5} = 70\text{cm}$$

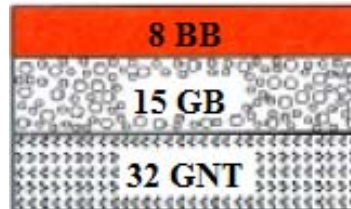
$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

On suppose:

Nom du couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur du couche
Roulement	BB	2	8
Base	GB	1,5	15
Fondation	GC	1	?

$$e_3 = 70 - (2 \times 8 + 1,5 \times 15) = 32 \text{ cm}$$

Comme le CBR=3 il nécessite d'ajouté une couche de forme de 60cm (en 2 couche)



**6.4 La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**

Tous les axes étudiés ont un TJMA > 1500v/j, réseau principal RP1  
 On a choisi des matériaux traités au bitume en couche de base (MTB).  
 Le projet est à Alger (zone climatique 1 : pluviométrie > 600mm/an).  
 Durée de vie 20 ans.

o **Classe du trafic :**

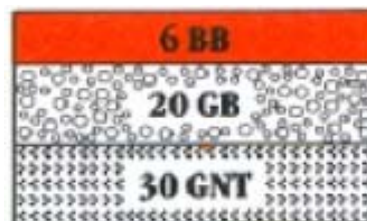
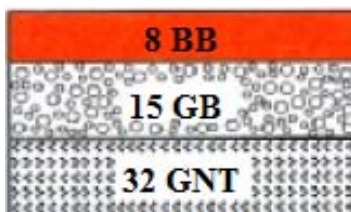
TJMA<sub>2012</sub> = 9151 v/j.  
 τ = 4 %.  
 Z = 14%.  
 TPL = 1153 PL / j / sens  $\implies$  TPL<sub>5</sub>

D'après la fiche structure, on choisit:  
 6 BB + 20 GB + 30 GNT avec couche de forme (60 cm en TUF).

	TPL 2012 (PL/J/Sens)	TPLi	Si	Epaisseur convertie en cm+structure
Voie express	1153	TPL <sub>5</sub>	S2	6 BB + 20GB + 30 GNT

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

	C.B.R	Catalogue des structures
Voie expresse	8BB+15GB+32GNT	6BB+20GB+30GNT

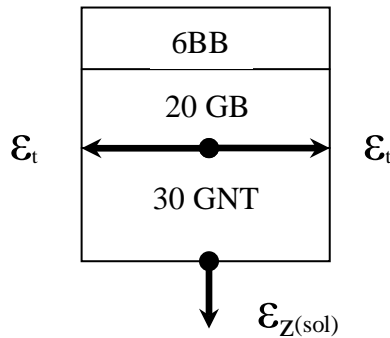


o **Conclusion :**

D'après le tableau, malgré que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique, nous choisissons les résultats du catalogue du dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).

**6.5 Vérification des contraintes dans les différentes couches :**

A l'aide du programme ALIZE III nous allons vérifier la structure retenue : 6BB+20GB+30GNT



**o Données :**

**Trafic :**

$TPL_{2011} = 1232 \text{ PL /j /sens}$

Durée de vie :  $n = 20 \text{ ans}$

Taux d'accroissement :  $i = 4 \%$

Coefficient d'agressivité :  $A = 0.6$  (Chaussée a matériaux traités au bitume)

$TPL_{2012} = 1232(1+0.04)^1 = 1281 \times 0.9 = 1153 \text{ PL/j/sens}$

$TCEi = TPLi \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times A = 7.51 \times 10^6 \text{ essieux équivalents de 13 tonnes}$

**TCEi:**trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

**Risque de calcul :**  $r = 10 \%$

**Couche de roulement :** 6 cm de béton bitumineux

**Zone climatique :** Zone climatique I,  $\theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$  (Température équivalente)

**Sol support :** Classe du sol support  $S_2$  :  $E = 50 \text{ à } 125 \text{ Mpa}$  ,  $u = 0.25$

**Conditions aux interfaces :** Toutes les couches sont collées.

**Donnée de calage :**  $k_c = 1.3$

**o Modélisation :**

	Epaisseurs (cm)	Modules (Mpa)	Coeff. de poisson
Couche de roulement	6 BB	4000	0.35
Couche de base	20 GB	7000	0.35
Couche de fondation	300 GNT	225	0.25
Couche de forme	60 TUF	90	0.25

**o .2Calcul de la déformation admissible sur le sol support  $\epsilon_{z,ad}$  :**

$\epsilon_{z,ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235} = 0.532 \times 10^{-3}$

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

$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 ( 10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \times k_{ne} \times k_\theta \times k_r \times k_c$

$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$  : déformation limite détenue au bout de  $10^6$  cycles avec une probabilité de rupture de 50 % à  $10^\circ\text{C}$  et 25Hz.

**kne** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée

**k $\theta$**  : facteur lié à la température

**kr** : facteur lié au risque et aux dispersions

**kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

$$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$$

$$kne = \left( \frac{TCEi}{10^6} \right)^{-b} = \left( \frac{7.51 \times 10^6}{10^6} \right)^{0.146} = 1.34$$

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

$E(\theta_{eq}, 10\text{Hz}) = 7000 \text{ Mpa}$ , zone climatique I

$$Kr = 10^{-tb\delta} \quad r = 10 \% \text{ d'ou } t = -1.282$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left( \frac{C}{B} \times Sh \right)^2} = \sqrt{(0.45)^2 + \left( \frac{0.02}{0.146} \times 3 \right)^2} = 0.609$$

**b** : pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ )

**E(10°C)** : Module complexe du matériau bitumineux à  $10^\circ\text{C}$

**E( $\theta_{eq}$ )** : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

**$\delta$** : f (dispersion), avec :

**SN** : dispersion sur la loi de fatigue

**Sh** : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

**C** : coefficient égal à 0.02

**t** : fractile de la loi normale,  $t = f(r)$

$$Kr = 0.77, kc = 1.3$$

$$\text{D'où: } \epsilon_{t,ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 1.37 \times 1.336 \times 0.77 \times 1.3 = \mathbf{1.78 \times 10^{-4}}$$

#### o Résultats de la simulation:

	Déformations admissible	Déformations réelle
$\epsilon_z$ Sol support	$5.32 \times 10^{-4}$	$2.6 \times 10^{-4}$
$\epsilon_t$ à la base de GB	$1.784 \times 10^{-4}$	$0.846 \times 10^{-4}$

**Donc la structure 6BB+20GB+30GNT+60TUF est admissible**

## 1. Historique de route :

L'historique de la route devra être recueilli auprès du gestionnaire de la route au niveau des subdivisions des travaux publics concernées.

Les informations suivantes sont nécessaires :

- renseignements existants sur la structure en place (nature, épaisseur, date des travaux, etc.)
- nature et date des derniers travaux d'entretien.
- localisation et fréquence des travaux d'entretien.
- zones à problèmes (inondation. points noirs. ensablements. enneigement.etc.)

Les premières données citées permettront de connaître l'âge des différentes couches de chaussée et leur évolution.

## 2. Niveau du trafic :

La classe de trafic (TPL<sub>i</sub>) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Si on prend un taux d'accroissement (τ) et une durée de vie (n).

Avec :  $TPL_i = \%PL \times TJMA_i$  (PL/j/sens) sur la voie la plus chargée.

### Classe TPLi pour RP1

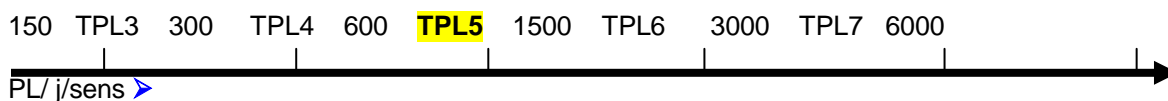


Figure 1 : classe du trafic

On tire à partir du trafic poids lourd du projet la classe de trafic de la structure à construire sur la base de la classification donnée dans la **Figure 1**.

## 3. Auscultation :

### 3.1 Auscultation automatique :

- o Unis :
- ✓ Mesure de l'uni

Les mesures d'UNI permettent de connaître les irrégularités du profil en long (état de planéité de la surface de la chaussée)...

L'évolution de l'UNI est caractérisée principalement par trois éléments :

- déformation structurelle
- état de la surface
- un terme d'Uni

- ✓ Procédé de mesure :

L'UNI donnant un indice international ou "international ROUGHNESS INDEX" (I.R.I) peut être mesuré par plusieurs types d'appareils existants à travers le monde.

En Algérie, deux appareils de mesure sont utilisés en l'occurrence le BUMP INTEGRATOR (BI) et l'analyseur de profil en long (A.P.L. 25).

En général des seuils admissibles de valeurs de l'UNI au-delà des quels des actions d'entretien routier sont nécessaires pour maintenir un niveau de service acceptable. En Algérie, les valeurs limites nécessaires pour maintenir un niveau de service acceptable sont données dans le **tableau 1**.

Tableau 1

Etat	Seuils admissibles (mm/km)	
	Enrobés bitumineux	Enduits superficiels
Bon	UNI < 2000	UNI > 2500
Moyen	2000 à 3500	2500 à 4000
mauvais	> 3500	> 4000

o **La déflexion :**

✓ **Mesure de déflexion :**

La déflexion est la déformation élastique mesurée à la surface d'une chaussée au passage d'une charge roulante constituée par deux roues jumelées d'un essieu de 13 tonnes.

Elle est utilisée pour connaître le comportement des structures de chaussée (portance).

✓ **Procédé de mesure :**

Les déflexions sont mesurées à l'aide du déflectographe automatique LACROIX (à essieux de 13 t en charge).

D'autres procédés de mesure sont utilisés selon les pays tels que le curvimètre, le déflectographe optique, la Poutre BENKELMAN, le déflectographe à boulet ou FWD ...

✓ **Définition de la déflexion caractéristique ( $d_c$ ) :**

Pour chacun des tronçons homogènes considérés, on déterminera la déflexion caractéristique. On traitera séparément l'ensemble des déflexions correspondant à chacune des zones auscultées ainsi que pour l'axe de la chaussée.

La déflexion caractéristique est définie par l'expression suivante :

$$D_c = m + 2s$$

Avec :

$$m : \text{moyenne des mesures, } m = (1/n) + \sum_{i=1}^{i=n} (d_i)$$

$d_i$  = déflexion au point  $i$

$$s : \text{écart type, avec } s^2 = \frac{1}{1-n} + \sum_{i=1}^{i=n} (m - d_i)^2$$

La déflexion caractéristique permet de juger de la portance résiduelle de la chaussée d'après **tableau 2**.

**Tableau 2** : évaluation de la portance résiduelle en fonction de la déflexion caractéristique

trafic	état		
	Bon	Moyen	Mauvais
T0	$D_c < 250$	$250 < D_c < 300$	$D_c > 300$
T1	$D_c < 200$	$200 < D_c < 250$	$D_c > 250$
T2	$D_c < 150$	$150 < D_c < 200$	$D_c > 200$

Lorsquela mesuredeladéflexion est impossible, on peut avoir recoursàun logiciel **ALIZE III** fourni par le CTTTP, pour l'estime.

### 3.2 Auscultation visuelle :

L'examen visuel est l'élément fondamental de l'auscultation. Il permet à l'ingénieur d'établir les premières hypothèses au sujet de l'origine des dégradations constatées et d'observer les points singuliers décelés par des mesures de déflexions et d'uni.

#### o Nature du relevé :

En règle générale le relevé comprendra :

- un relevé des dégradations et des réparations.
- un relevé des conditions de drainage et d'assainissement.
- un relevé de l'état des accotements et des talus.
- relevé des zones instables et particularités qui feront l'objet d'une étude spécifique.

#### o Procédé du relevé :

Le relevé visuel peut s'opérer de deux manières :

- par indentification directe par l'ingénieur parcourant la route à pied et reportant les informations sur les fiches descriptives.
- Par identification photographique automatique à l'aide d'appareils à grand rendement.

### 3.3 Relevé des dégradations :

Plusieurs types de dégradations sont reportés :

- fissures : faïençage, fissures longitudinales, fissures transversales, etc.
- déformations : ornières, flache, affaissements, bourrelets, etc.
- arrachements : pelade, nid de poule, dés enrobage, etc.
- remontées : ressuage, remontées d'eau, etc.

## 4. Application de projet :

### 4.1 Méthode C B R :

D'après le sondage effectuer sur terrain on les épaisseurs différent couches de la chaussée existant : (BB=5 cm),(GB=15 cm),(GNT=20 cm),(TUF=40 cm)

$$E_{\text{neuf}} = (6 \cdot 2) + (20 \cdot 1.5) + (30 \cdot 1) + (60 + 0.7) = 114 \text{ cm}$$

$$E_{\text{existante}} = (8 \cdot 2) + (15 \cdot 1.5) + (20 \cdot 1) + (40 \cdot 0.6) = 78 \text{ cm}$$

$E_{neuf} - E_{existante} = 36 \text{ cm} \rightarrow \text{on pose : } E_{BB} = 6 \text{ cm}$   
 $E_{GB} = y \text{ cm}$

$E_{neuf} - E_{existante} = (6 \cdot 2) + (y \cdot 1.5)$   
 Donc :

$E_{BB} = 6 \text{ et } E_{GB} = 16 \text{ cm}$

BB = 6 cm
GB = 16 cm

**4.2 Méthode du catalogue de renforcement :**

$TCE_{2032} = 12.53 \cdot 10^6$

$E (7.3 \cdot 10^5, 2 \cdot 10^6) \rightarrow T_2$

Classe du trafic	Trafic cumulé à la fin de la durée de vie durée de vie escomptée au nombre de poids lourd Cu>5t
T <sub>2</sub>	$7.3 \cdot 10^5 \text{ à } 2 \cdot 10^6$

	UNI			DEFLEXION			DEGRADATION		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>ENTRETIEN</b>	◇			◇			◇		
<b>LEGER</b>	◇			◇				◇	
	◇				◇		◇		
		◇		◇			◇	◇	
<b>MOYEN</b>		◇		◇				◇	
	◇			◇					◇
		◇		◇					◇
		◇			◇		◇		
			◇	◇		◇	◇	◇	
	◇		◇		◇		◇		◇
<b>LOURD</b>			◇		◇				◇
			◇		◇			◇	
		◇			◇				◇
			◇			◇	◇	◇	
		◇				◇	◇	◇	
<b>TRES LOURD</b>		◇				◇			◇
			◇			◇			◇

D'après le relevé visuelle effectuer sur terrain on a les résultats suivant :

Uni	Déflexion	Dégradation	Entretien
Mauvais	Moyen	Bon	Moyen

Type de Renforcement \ Classes de trafic	léger	moyen	lourd	très lourd
T0	ES 8 GB	ES 12 GB	ES 16 GB	ES 20 GB
T1	ES 10 GB	ES 16 GB	ES 20 GB	ES 25 GB
T2	5 BB 8 GB	BB 5 GB 16	5 BB 20 GB	5 BB 25 GB

Donc :  $E_{BB} = 5 \text{ cm}$  et  $E_{GB} = 16 \text{ cm}$

**5. Conclusion :**

Les 2 méthodes nous donne presque les mêmes structure, alors en choisit celle du catalogue du renforcement pour des raisons économique.

## **1- Introduction :**

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et 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, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, etc....
- Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant).
- Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...)

## **2- Objectif de l'assainissement :**

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

## **3- Drainage des eaux souterraines :**

### **3.1 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 détrempent 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.

### **3.2 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 :

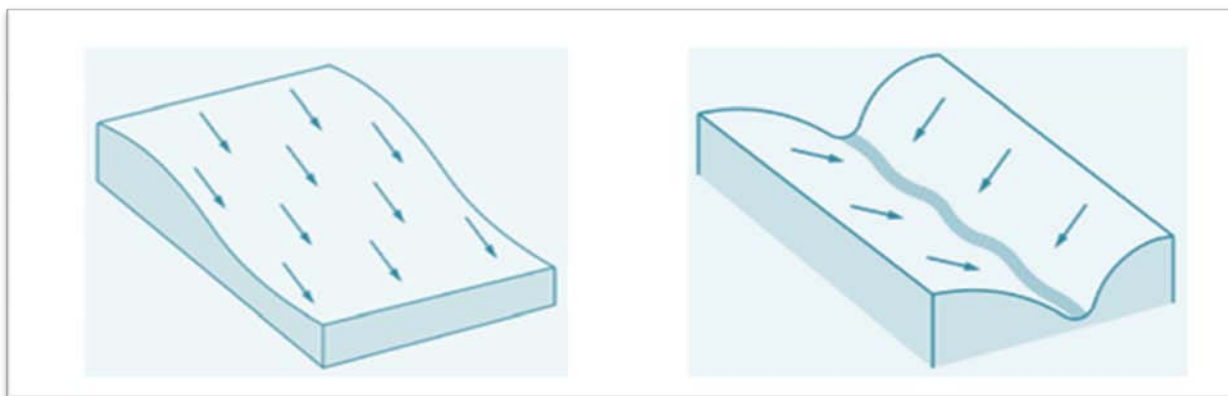
- des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- de l'importance des problèmes de gel.
- de leurs coûts respectifs.

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 suffisant à garantir un comportement acceptable des accotements.

#### **4- Quelques définitions :**

##### **4.1 Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.



##### **4.2 Collecteur principal (canalisation):**

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs.

Secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

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

##### **4.3 Chambre de visite (cheminée):**

Ouvrages placés sur les canalisations pour permettre le contrôle et le nettoyage.

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

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

##### **4.4 Sacs:**

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

##### **4.5 Fossés de crêtes :**

Outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des puits.

**4.6 Descente d'eau:**

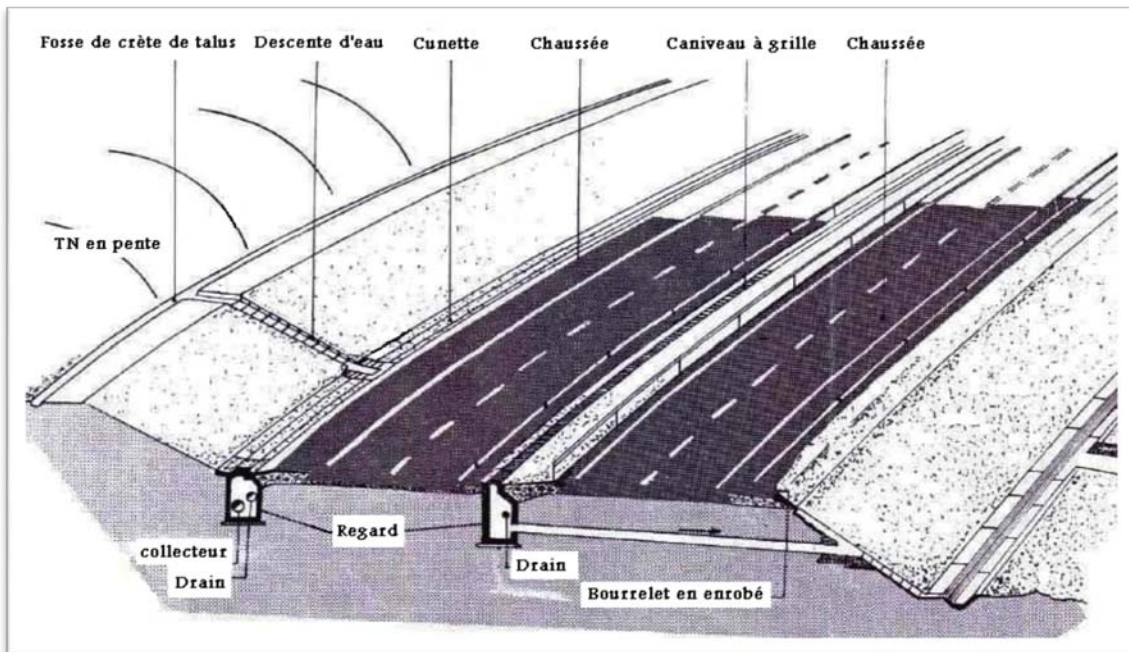
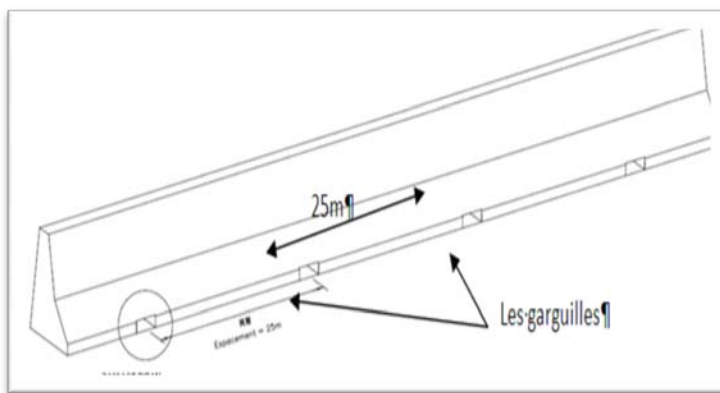
Draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

**4.7 Le regard:**

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

**4.8 Les gargouilles :**

il est prévu des gargouilles de 40cmx10cm à chaque 25m le long du GBA (glissière en béton adhérent), qui seront raccordés aux descentes d'eau. Les eaux pluviales sur chaussée seront évacuées dans les fossés de pied de remblai par des descentes d'eau. Voir le plan



**Fig. : Assainissement de la chaussée**

## 5. Nature et rôle des réseaux 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.

## 6. Données pluviométriques:

Les données pluviométriques nécessaires pour les calculs sont :

- Coefficient de variation  $C_v=0,37$
- Exposant climatique  $b=0,36$
- Hauteur de pluie journalière moyenne  $P_j=55\text{mm}$

## 7. Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

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.

### 7.1 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).  
 $K = 0.2778$ .
- $I_t$  : 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 ( $\text{m}^2$ ).

### 7.2 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).

#### o L'intensité horaire $I$ :

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

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

o **Tempsdeconcentration  $t_c$ :**

✓  $t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow \text{Si } A < 5 \text{ km}^2, \text{ selon VENTURA.}$

✓  $t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}} \Rightarrow \text{Si } 5 \text{ km}^2 \rightarrow A < 25 \text{ km}^2, \text{ GIANDOTTI.}$

✓  $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H}} \Rightarrow \text{Si } 25 \text{ km}^2 \rightarrow A < 200 \text{ km}^2, \text{ PASSINI}$

Où:

- A : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>).
- 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).

**7.3 Pluie journalière maximale annuelle  $P_j$  :**

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

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

- $P_{j\text{moy}}$  : 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	2,057	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.

**7.4 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 :

Typedechaussée	C	Valeurs prises
Chausséerevêtueneenrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement ousollégèrementperméable	0,15 à 0,40	0,40
Talus	0,10 à 0,30	0,30
Terrainnaturel	0,05 à 0,20	0,20

### 7.5 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.

- RH: rayon hydraulique (m).  $RH = S / P$
- J : la pente moyenne de l'ouvrage.

### 7.6 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.

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

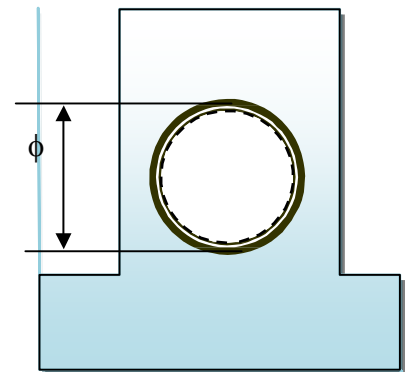
- $S_m$ : section mouillée  $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$

- $R_h$  : 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.

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

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

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



### 7.7 Dimensionnement des fossés :

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

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

On fixe la base du fosse à ( $b = 50$  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  $h$

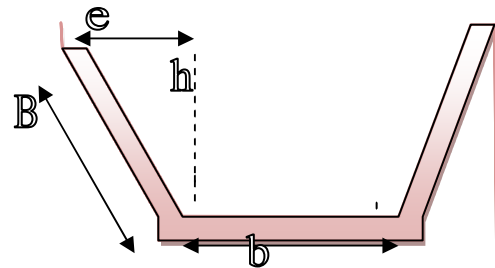
Calcul de la surface mouillée :

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

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

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

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



Calcul du périmètre mouille :

$$P_m = b + 2B$$

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

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

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 :

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

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

## 8. APPLICATION AU PROJET :

### 8.1 Rappel des données pluviométriques:

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- Pluie moyenne journalière maximale  $P_j = 55$  mm
- Exposant climatique  $b = 0,36$
- Coefficient de variation  $C_v = 0.37$

**8.2 Calcul hydraulique:****o Calcul de la pluie journalière maximale annuelle  $P_j$  :**

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

Pour une période de retour égale à 50 ans :

$$u = 2.057 \quad C_v = 0,37 \quad P_{j\text{moy}} = 55 \text{ mm.}$$

$$P_j(10\%) = \frac{55}{\sqrt{0,37^2 + 1}} \cdot e^{2,057 \cdot \sqrt{\ln(0,37^2 + 1)}} \Rightarrow P_j(10\%) = 107,76924 \text{ mm}$$

**o L'intensité horaire  $I$  :**

$$I = \frac{P_j(10\%)}{24} \text{ Donc : } I(10\%) = \frac{107,769}{24} \Rightarrow I(10\%) = 4,49 \text{ mm/h}$$

**o Calcul de la surface du bassin versant:**

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

$$A_c = 7,6 \times 149,78 \cdot 10^{-4} = 0,1138 \text{ ha}$$

$$A_A = 3,25 \times 149,78 \cdot 10^{-4} = 0,0486 \text{ ha}$$

$$A_t = 553,212 \cdot 10^{-4} = 0,0553 \text{ ha}$$

**o Calcul des débits d'apport :**

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

**- Ledébitapportépar lachaussée:**

$$C = 0,95 \quad P = 2,5\%, \quad I(10\%) = 4,49 \text{ mm/h} \quad A = 0,1138 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,1138}{2,5}} \Rightarrow t_c = 0,0271 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,49 \times \left(\frac{0,0271}{24}\right)^{0,36-1}$$

$$\Rightarrow I_t = 345,52 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{chaussée}} = 2,778 \times 0,95 \times 345,52 \times 0,1138$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 103,76 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Le débit apporté par l'accotement :

$$C = 0,4 \quad P = 4\% \quad I(10\%) = 4.49 \text{ mm/h} \quad A = 0.0486 \text{ ha}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0.0486}{4}} \Rightarrow t_c = 0.0139 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.49 \times \left(\frac{0.0139}{24}\right)^{0,36-1}$$

$$\Rightarrow I_t = 529.72 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 2,778 \times 0,4 \times 529.72 \times 0.0486$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 28.25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Le débit apporté par Le talus :

$$C = 0,3 \quad P = 66,67\% \quad I(10\%) = 4.49 \text{ mm/h} \quad A = 0.0553 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0.0553}{66,67}} \Rightarrow t_c = 0.00359 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.49 \times \left(\frac{0.00359}{24}\right)^{0,36-1}$$

$$\Rightarrow I_t = 1259.85 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 1259.85 \times 0.0553$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 58.06 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = (Q_a)_{\text{chaussée}} + (Q_a)_{\text{accotement}} + (Q_a)_{\text{talus}} = 190.07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

### 8.3 Dimensionnement des fossés :

Apartir des résultats obtenus précédemment:

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

$$J = 2\% \quad K_{ST} = 700.954 = 70 \cdot h \cdot (0,5 + 1 \cdot h) \cdot \left[ \frac{h \cdot (0,5 + 1 \cdot h)}{0,5 + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + 1^2}} \right]^{2/3} \cdot (0,02)^{1/2}$$

J'ai obtenu par calcul itératif: **h=0,44**, donc je propose **h=0,5m**

## 9. CONCLUSION :

Après les résultats obtenues, nous avons utilisé le long du projet des fausses bétonnées de base  $b=0.5 \text{ m}$ , et  $h=0.4 \text{ m}$  avec utilisation ponctuelle des décentes d'eau au niveau des talus des déblais.

## 1. Définition :

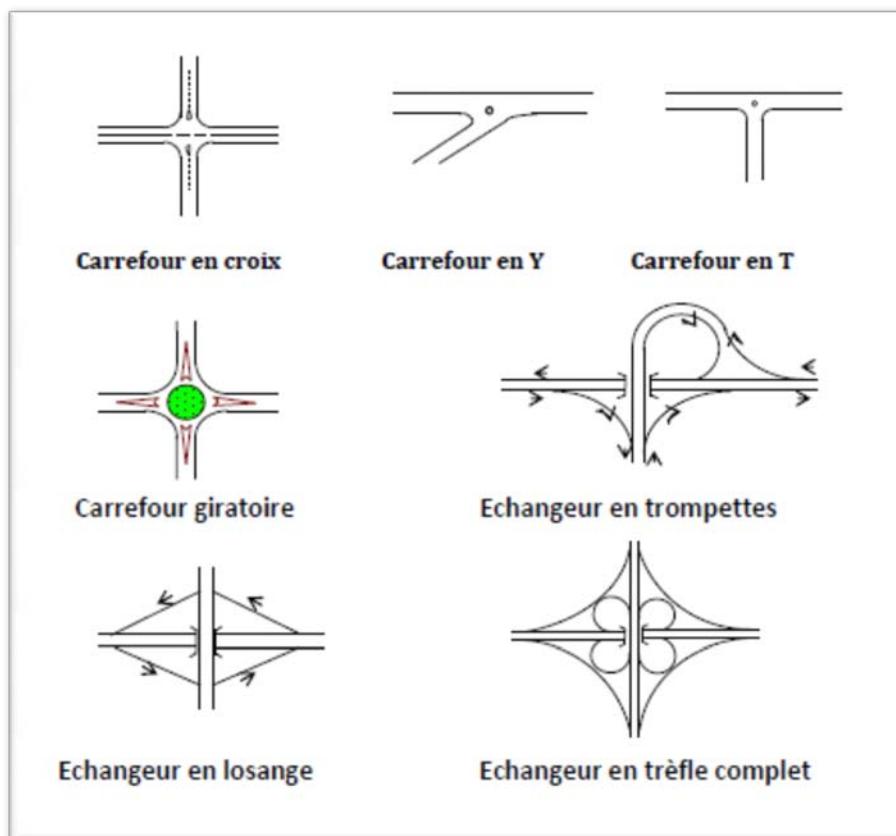
Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

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

On classe les carrefours en quatre types :

- ✓ les carrefours à trois branches (en T et en Y)
- ✓ Les carrefours à branches multiples
- ✓ Les carrefours giratoires (plus de quatre branches)
- ✓ Les carrefours à quatre branches (type crois)



**Figure 1.** Types de carrefours

### 1.1 Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

### 1.2 Carrefour à trois branches (en Y) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°).

### 1.3 Carrefour à quatre branches (en croix) :

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

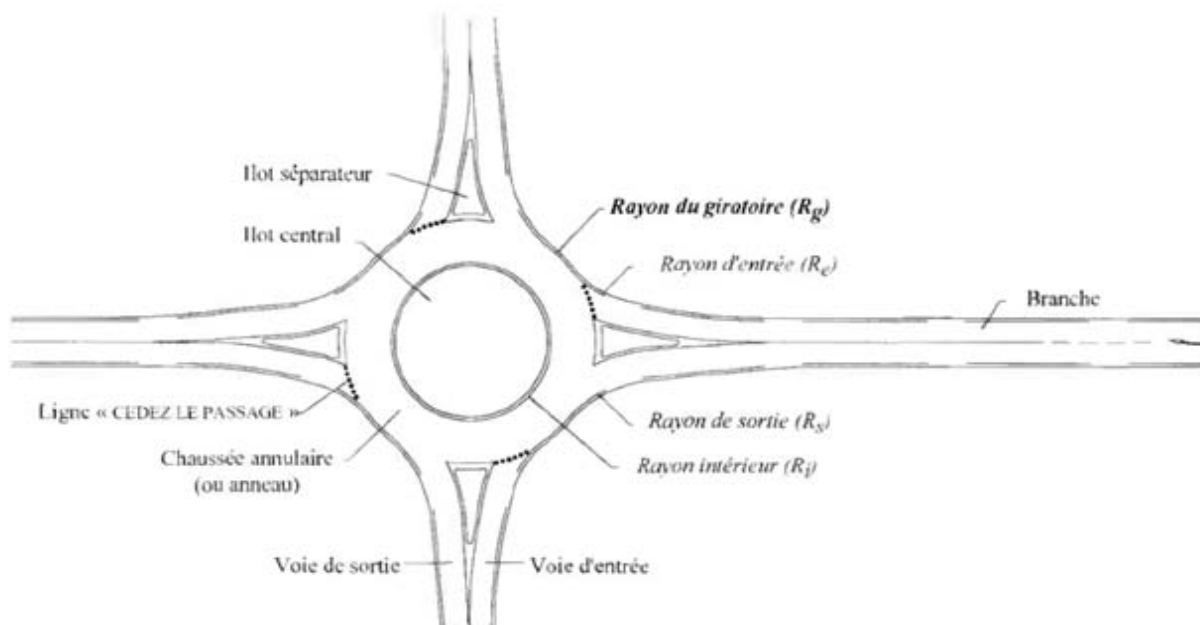
### 1.4 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique. Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible. Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond-point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

Fig. 2 — Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire.



### 2. Données utiles à l'aménagement d'un carrefour :

Pour Les choix d'un aménagement de carrefour on doit suivre un certain nombre des données essentielles concernant :

Les caractéristiques du site d'implantation (le trafic et leur révolution prévisible dans le futur, Environnement, sécurité)

- ✓ Les genres et les causes des accidents constatés dans les cas de l'aménagement d'un carrefour existant
- ✓ Les vitesses d'approche à vide pratique.
- ✓ Des caractéristiques sections adjacents et des carrefours voisins.
- ✓ Condition topographique.

Tableau 1 Catégories de carrefours giratoires

Type de giratoire	Milieu	Rayon du giratoire *(m)	Vitesse d'entrée (km/h)
Mini giratoire	Urbain	8 à 12	25
Petit giratoire	Urbain	12 à 15	25
Moyen giratoire**	Urbain	15 à 20	35
	Rural	17 à 25	40
Grand giratoire**	Urbain	20 à 27	40
	Rural	25 à 30	50

### 3. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour:

Les cisaillements doivent se produire sous un angle de  $90 \pm 20$  afin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.

- ✓ Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- ✓ Regrouper les points d'accès à la route principale.
- ✓ Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- ✓ Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- ✓ Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

#### 3.1 La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- ✓ Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- ✓ Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires.

#### 3.2 La vitesse :

Vitesse ralentir les véhicules entrants en particulier pour les courants non prioritaires Ayant un signal d'arrêt à respecter.

#### 3.3 La sécurité :

- ✓ La convergence et la divergence de courants doivent d'effectuer tangentiellement.
- ✓ Localise et séparer les points de conflit en canalisant la circulation dans des

### 4. La visibilité aux carrefours :

Si les conditions de visibilité ne sont pas assurées, envisage de mesure de réduction des vitesses (inflexion du tracé en plan, îlots séparateurs sur voie non prioritaire) ou de modification du régime des priorités.

#### 4.1 Triangle de visibilité :

Déterminé à partir de la vitesse d'approche à vide  $V_0$ , il est associé à chaque point de conflit et a pour sommets :

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

Vitesse approche à vide $V_p$	Vitesse approche $V_{np}$	60	80	90	100	110	120
	dnp	70	110	130	160	190	235
60	Distance de visibilité sur voie prioritaire dp	70	80	90	100	105	120
80		95	110	120	130	140	155
90		105	120	130	145	160	175
100		120	135	145	160	175	195
110		130	150	160	175	190	210
120		140	160	175	195	210	235

Tableau 2 : distance de visibilité dp et dnp-priorité à droite et balise B1.

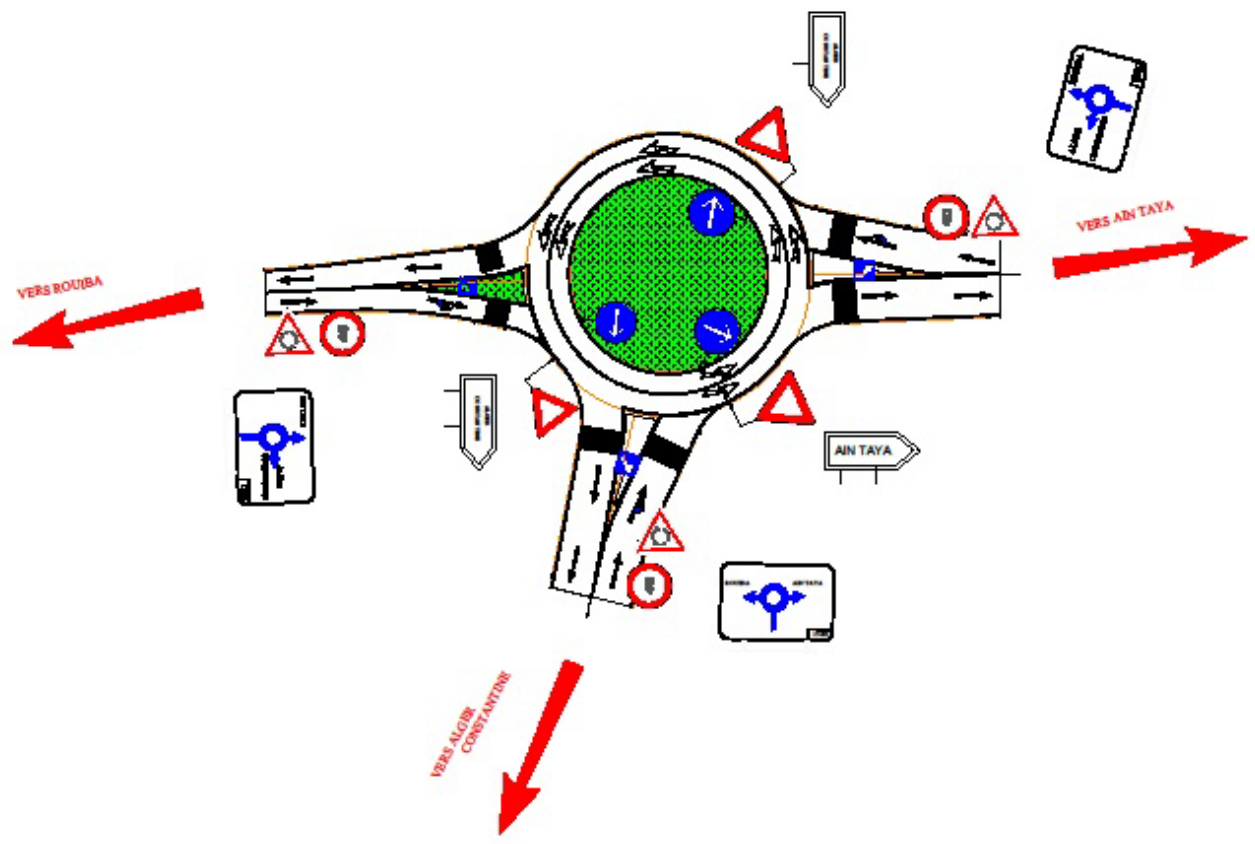
### 5. Application au projet :

#### 5.1 Les paramètres de construction des ilots séparateurs :

	Notation	Paramétrage	Valeur courante en (m)
Rayon giratoire	$R_g$		25
Hauteur du triangle de construction	H	$H = R_g$	25
Base du triangle de construction	B	$B = R_g/4$	6.25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0.5 + R_g/50)/2$ ou 0	0.5
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = R_g/50$	0.5

#### 5.2 Les paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie :

	Notation	Paramétrage	Valeur courante en (m)
Rayon du giratoire	$R_g$	-	25
Largeur de l'anneau	$l_a$	$6m \leq l_a \leq 9m$	8
Surlargeur franchissable	$Sl_f$	$1.5m \leq R_g \leq 9m$	-
Rayon intérieur	$R_i$	$R_g - l_a - sl_f$	18
Rayon d'entrée	$R_e$	$10m \leq R_e \leq 15m$	15
Largeur de la voie entrante	$l_e$	-	7
Rayon de sortie	$R_s$	$15m \leq R_s \leq 30m$	20
Largeur de la voie sortante	$l_s$	-	7
Rayon de raccordement	$R_r$	$R_r = 4R_g$	100





## I. SIGNALISATION:

### 1. Introduction:

La route une fois réalisée doit être « habillée » grâce à des équipements qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, pour d'autres d'informer et de guider l'automobiliste.

Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement les principaux types d'équipement.

### 2. Barrières de Sécurité:

Il convient de mener une étude d'ensemble intégrant la présence de barrières afin :

- d'assurer leurs servitudes de fonctionnement, les sujétions d'entretien et d'exploitation.
- de prendre en compte les usagers particuliers (motocyclistes, piétons...).
- de définir la configuration optimale des abords (pente des talus, dispositif d'assainissement...), Le dimensionnement de la berme doit permettre la mise en place des dispositifs les plus adaptés.

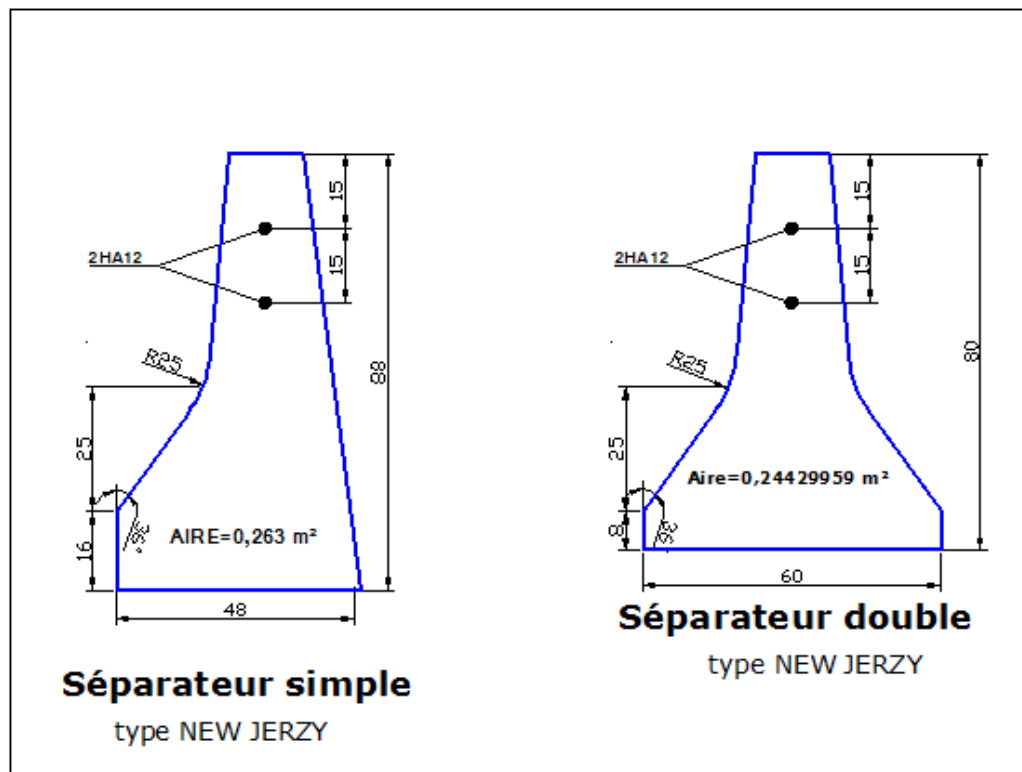
#### o Le T.P.C.

Des barrières de sécurité équipent systématiquement le T.P.C.

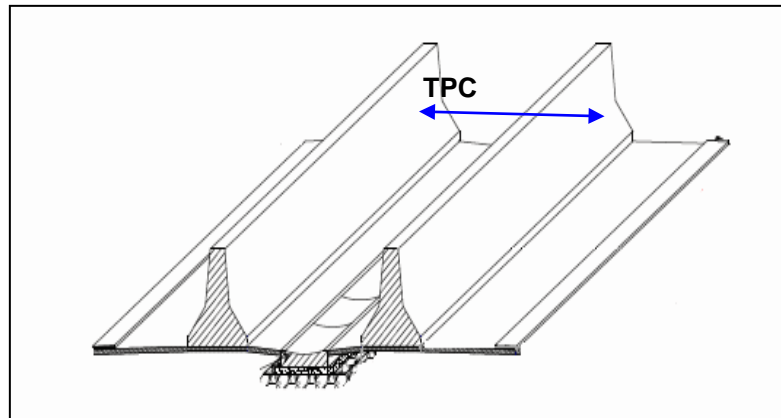
Le choix du type de barrière est :

Fonction du volume et de la composition du trafic, du risque à couvrir (obstacle, dénivelé...), des Contraintes de visibilité et d'exploitation, de la largeur du T.P.C.

On utilise les **séparateurs en béton** de type GBA (glissière en béton adhérent) ou DBA (double en béton adhérent) sont constitués d'un muret continu en béton faiblement armé coulé en place et qui présente un profil spécifique. Ils sont capables de retenir les poids lourds de 12 t et entrent donc dans la classe des barrières normales de sécurité. Pour les voitures légères le profil par sa forme particulière limite le frottement de la carrosserie sur le dispositif.



## Séparateurs en béton GBA et DBA



Murettes en béton armé

**3. SIGNALISATION:**

Parmi les principales composantes de l'environnement routier, on trouve la signalisation, Cette dernière est de deux types, le premier est la signalisation verticale, elle est constituée par des panneaux alors que la deuxième est horizontale elle est matérialisée par un marquage sur la chaussée.

**3.1 Les critères de conception de la signalisation:**

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.
- Eviter la publicité irrégulière.

**3.2**

On distingue :

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

**3.2.1 Signalisations horizontales:**

La signalisation routière horizontale regroupe, dans le cadre de la signalisation routière, tous les différents marquages au sol.

La signalisation horizontale se divise en trois types :

✓ **Marquage longitudinal :**

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

- Les lignes continues :

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

- les lignes discontinues :

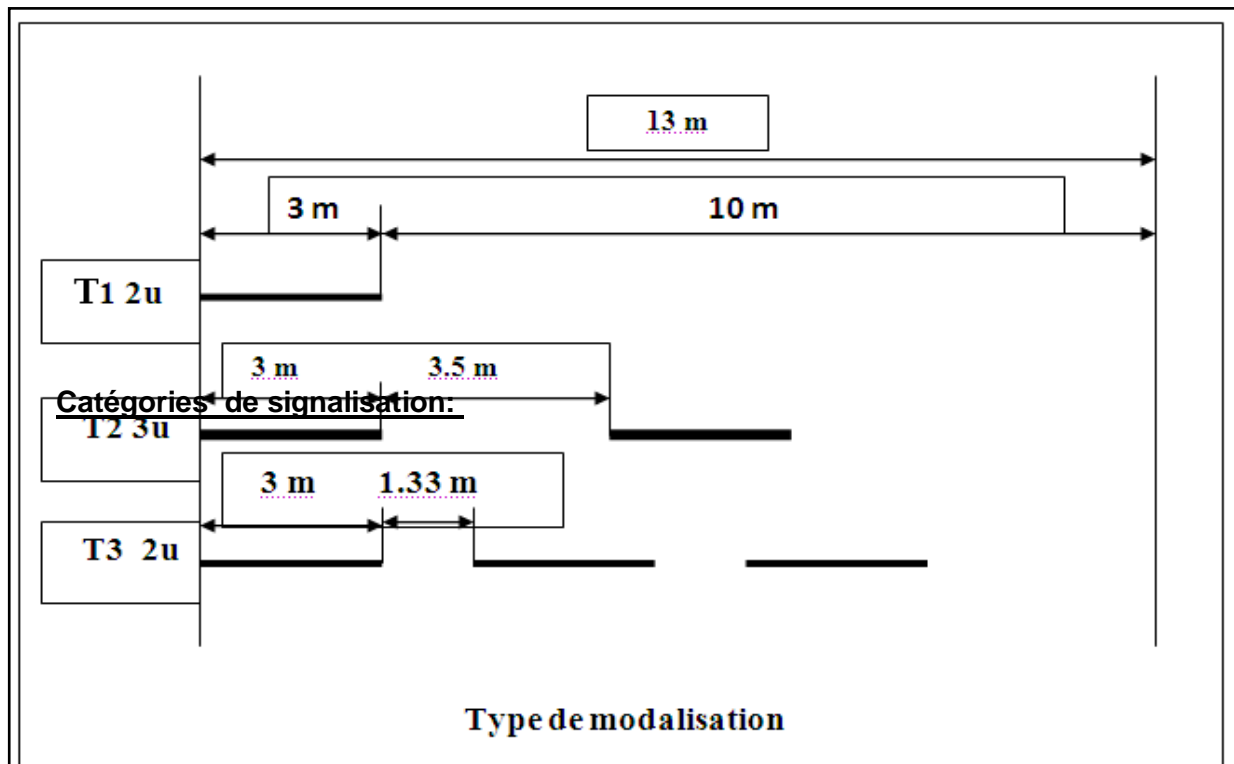
Sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive).

• Modulation des lignes discontinues :

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

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

Tableau 01



- Les lignes mixtes :

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

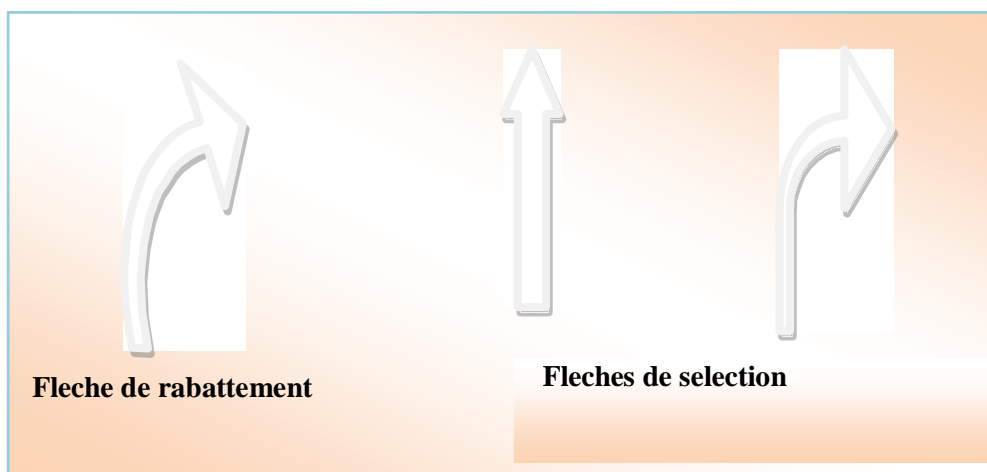
✓ **Marquage transversales:**

On distingue :

- Ligne stop : C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

✓ **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.



« Flèche de signalisation »

✓ **Couleur des marques:**

Dans la plupart des pays, les marques sur la chaussée sont de couleur jaune ou blanche. Le terme « blanc » couvre les nuances argent ou gris clair.

La couleur bleue peut toutefois être employée pour les marques indiquant les emplacements où le stationnement est permis mais soumis à certaines conditions ou restrictions (durée limitée, paiement, catégorie d'usagers, etc.).

**3.2.2 Signalisations verticales:**

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'usager à travers leur emplacement, leur couleur et leur forme. Elles peuvent être classées dans quatre classes

✓ **Signaux de danger :**

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

✓ **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

✓ **Signaux à simple indication :**

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
  - Signaux divers.

✓ **Signaux de position des dangers :**

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

**3.2.3 Caractéristiques générales du marquage:**

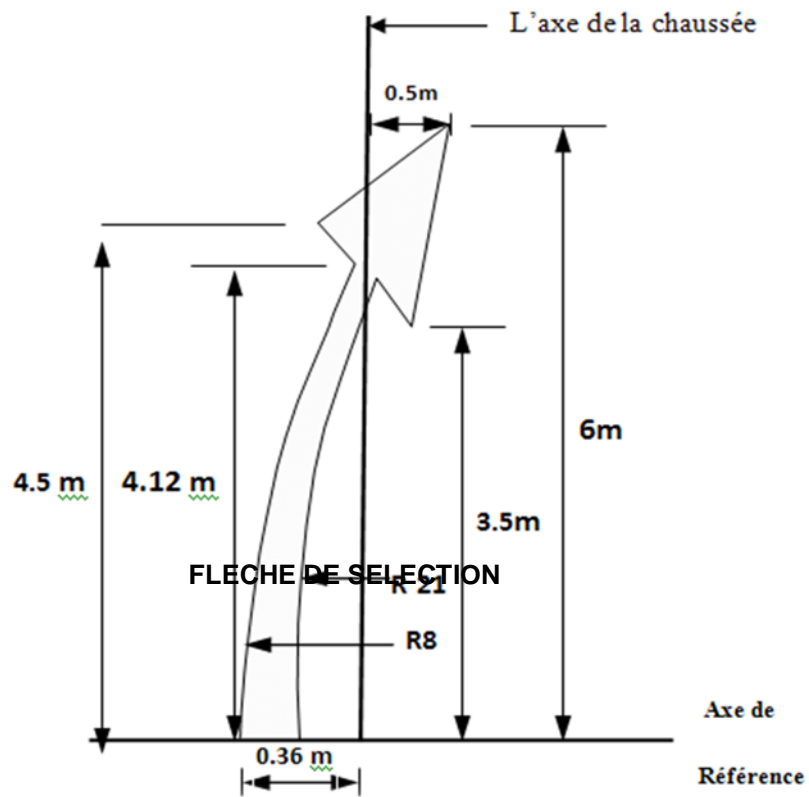
- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
  - U = 7.5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
  - U = 6cm sur les routes et voies urbaines.
  - Pour les bretelles et les voies d'accès : U = 5cm.

**4. Application au projet :**

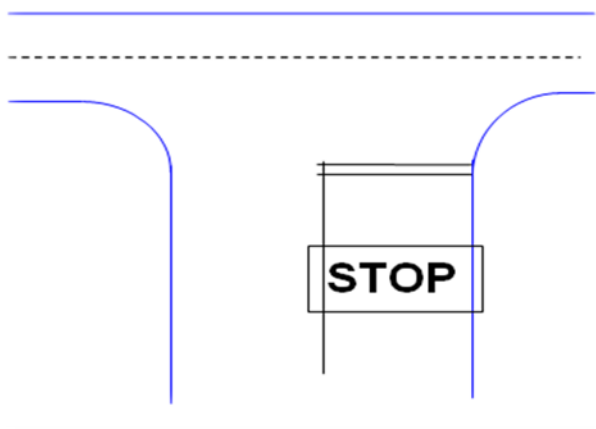
Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

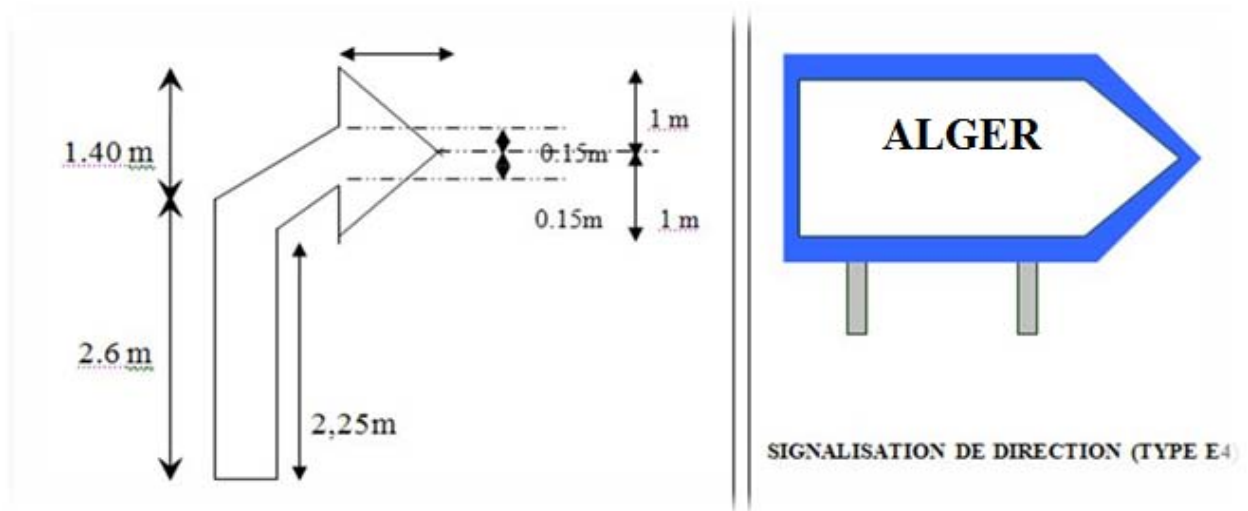
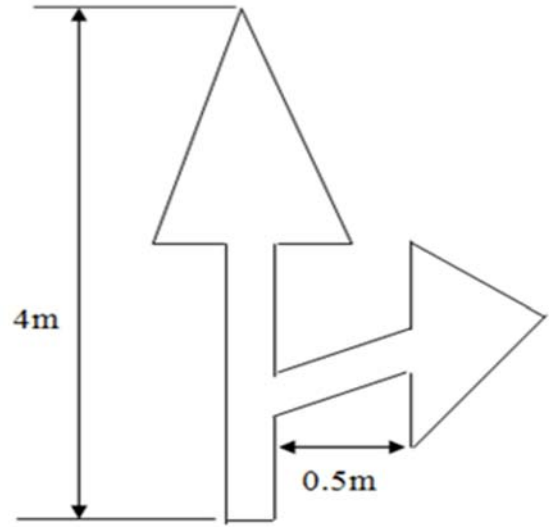
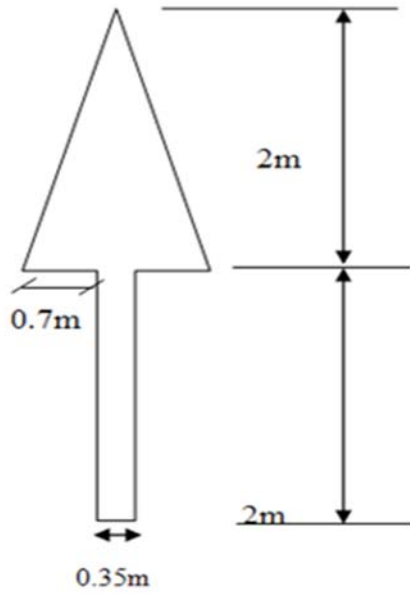
- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux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

**FLECHE DE RABATTEMENT**

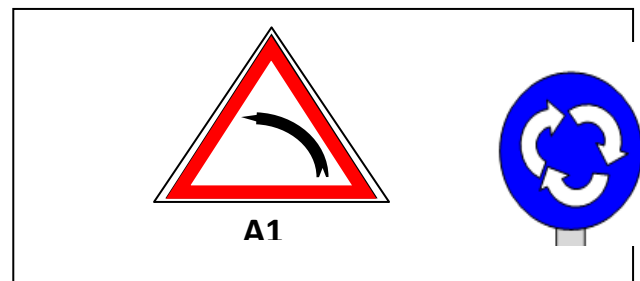
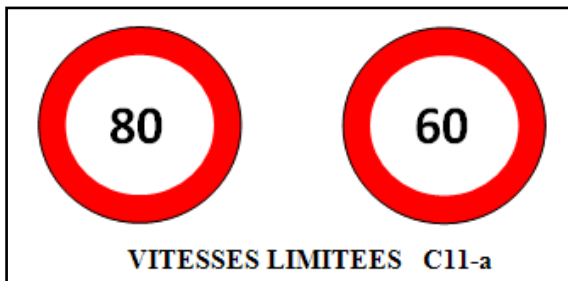


**SCHEMA DE SIGNALISATION**



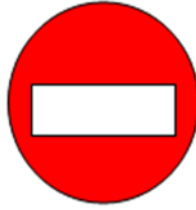


Signaux d'interdiction ou de restriction

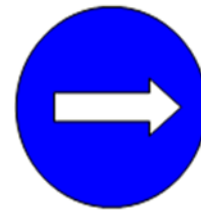




STOP(A24)



SENS INTERDIT C1



SENS OBLIGATOIR D1



## **II. ECLAIRAGE :**

### **1. Introduction :**

L'éclairage des voies urbaines constitue un élément important de sécurité pour les piétons et pour les automobilistes, en même temps qu'un agrément évident pour le cadre de vie. Il est maintenant généralisé dans toutes les villes et beaucoup de villages.

L'éclairage des routes de rase campagne est un élément de confort pour la conduite en même temps qu'un facteur de sécurité.

Compte tenu de son coût d'investissement et de fonctionnement, il ne peut cependant être utilisé que pour les routes très circulées ainsi que dans toutes les zones où sa présence est susceptible d'améliorer de façon importante la sécurité.

En ville, l'éclairage doit faciliter le déplacement des piétons sur les trottoirs et les rendre visibles par l'automobiliste lorsqu'ils traversent la chaussée. En section courante, le but à rechercher est qu'ils se détachent sur le fond général constitué par la chaussée éclairée.

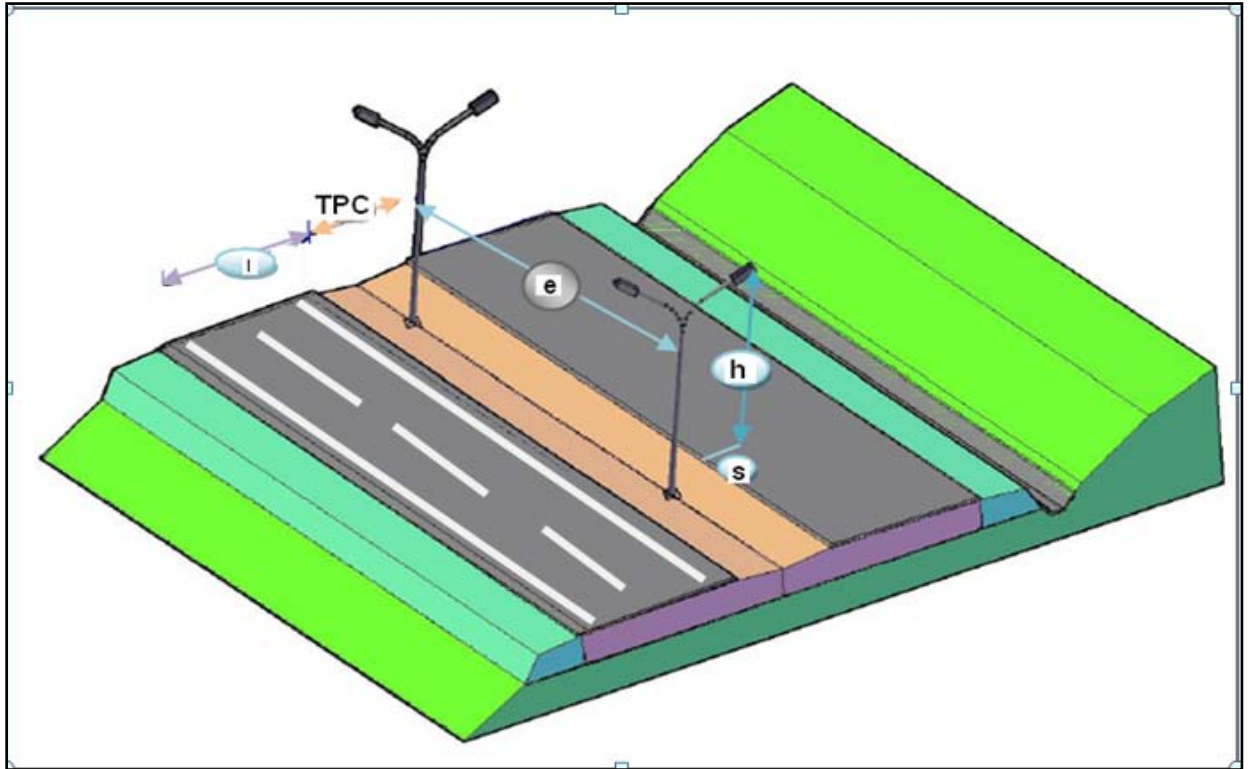
Au droit des passages piétons, on tend à utiliser le principe inverse et à mettre en place un éclairage focalisé sur le seul passage piéton, grâce à des lampadaires spécialement adaptés. On recherche pour ce type d'éclairage une luminance importante, de telle façon que les automobilistes perçoivent la présence du passage en même temps que celle des piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

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

### **2. Paramètres de l'implantation des luminaires:**

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



Paramètres de l'implantation des luminaires

### 3. Application au projet

Eclairage de la voie (le long de la route) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

#### **NB :**

Deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

Les points singuliers notamment les intersections (carrefours giratoires), ils doivent être bien éclairés de raison du croisement des véhicules au niveau de ces derniers.

## 1. Introduction :

La protection constante de la qualité de vie et des milieux naturels est l'affaire de tous, nous devons faire face aux multiples atteintes parfois irréparables qui menacent notre environnement.

Le transport routier par les différentes nuisances qu'il génère et devenu aujourd'hui une préoccupation majeure, qui concerne tout particulièrement ceux qui sont chargés de concevoir, de construire et d'exploiter cette infrastructure.

Tout projet de construction ou d'aménagement doit faire l'objet d'une étude de son impact sur l'environnement.

- 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 d'abord l'ensemble des thématiques liées directement à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

Le code de l'environnement a récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du l'impact 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 le divers compartiment du milieu.

✓ Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet routier 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 autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher les meilleures intégrations de la route dans l'environnement, favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ce qui peut conduire à des dégradations de ce dernier.
- 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 intarissable. De ce fait, elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

### 3.1 Les impacts :

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

- a- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la diminution des surfaces exploitées.
- b- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par allongement de parcours (rupture des cheminements).
- c- L'effet de modification du régime agricole

### **3.2 Les remèdes :**

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

- Mesures préventives : Nous devons intervenir en amont, lors du choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on ferait 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 la prévention et le remède sont :

- Le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure des zones agricoles
- La prise en compte des superficies d'exploitation.
- Eviter des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

## **4 Impact sur la nature :**

### **4.1 Les remèdes :**

- Limiter les rejets gaz polluants tels que le CO<sub>2</sub>, grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs.
- Utiliser d'autres moyens de transport.
- Rechercher les effets réels sur le climat la pollution atmosphérique.
- Utiliser d'autres sources d'énergie.
- Contrôler les véhicules et les vitesses.

## **5 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 courantes, on doit veiller à adapter le niveau d'équipement des ouvrages de protection aux enjeux des eaux de ruissellement et permettant d'éviter des aménagements massifs, difficilement compatible avec l'intégration paysagère de la route.

## **6 Impact sur les habitants :**

Les principaux impacts d'une route sur les habitants sont :

- la destruction
- la pollution
- le bruit

En outre, des impacts moins difficile à évaluer :

- l'effet de bornage d'une ville.
- l'effet de barrière entre deux centres urbains.
- l'effet de destruction au sein d'une agglomération.

### **6.1 La destruction :**

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement de la population, et leur réinstallation en suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés

Les impacts de destruction concernant :

- les populations situées sur l'emprise du projet, qui seront obligées de se déplacer.
- la population située au 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.

## 6.2 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.
- la fatigue.
- baisse de l'acuité auditive.

### ✓ les remèdes :

- Éviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- agir sur les façades des bâtiments concernés.
- la protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.
- dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs

## 7. Conclusion :

On générale on peut avoir recours à

- l'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation
- le maître d'ouvrage compense les déboisements par de nouvelles plantation réalisées à ses frais et verse des indemnités compensatrices pour les préjudices subis

désignation	unité	prix unitaire(en DA)	quantité	montant
<b>1) Acquisition de terrain</b>	M2	500	1065443.75	532721875
<b>total(1)=</b>			532721875	
<b>2) L'installation de chantier et repliement</b>	F	4% du total (3+4+5)		
<b>Total(2)=</b>			27045768.35	
<b>3) Préparation de terrain</b>				
Abattage d'arbre	Unité	1250	70	87500
Déplacement des poteaux électriques	Unité	160000	30	4800000
regard à déplacer	Unité	130000	3	390000
regard PTT	Unité	50000	8	400000
Poste de transélectrique	Unité	500000	1	500000
poteaux PTT	Unité	60000	5	300000
<b>Total(3)=</b>			6477500	
<b>4) Terrassement</b>				
Décapage de terre végétale épaisseurs de 20 a 30 cm	M2	115	111467	12818705
Déblais	M3	290	181414.89	52610318.1
Remblais en provenance d'emprunts	M3	505	87234.14	44053240.7
matériaux sélectionnés pour accotement	M3	505	17017	8593585
<b>Total(4)=</b>			118075848.8	109482264
<b>5) chaussée</b>				
Mise en place d'une couche de forme	M3	600	77452	46471200
Couche de fondation en GNT	M3	1800	18775.26	33795468
Couche de base en grave bitume	T	7000	50105.25	350736750
Couche de liaison	M2	85	98033.4	8332839
Couche d'accrochage	M2	45	98033.4	4411503
Couche de roulement en béton bitumineux	T	7500	13339.08	100043100
Bordure et glissière de sécurité	ML	300	26000	7800000

<b>Total(5)=</b>	551590860			543790860
<b>6) dalot en beton armée (5*5.25)</b>	M2	25000	125	3125000
<b>Total(6)=</b>	3125000			
<b>7) Ouvrage d'art courant et assainissement</b>	F	10% du total (3+4+5)		
<b>Total(7)=</b>	67614420.88			
<b>8) Impact sur l'envrenement</b>	F	1% du total (3+4+5)		
<b>Total(8)=</b>	6761442.088			
<b>9) Déviation des réseaux</b>	F	3% du total (3+4+5)		
<b>Total(9)=</b>	20284326.26			
<b>10) Eclairage: signalisation et équipements routiers</b>	F	5% du total (3+4+5)		
<b>Total(10)=</b>	33807210.44			
<b>11) Contrôle (bureau d'etude et laboratoire )</b>	F	2% du total (3+4+5)		
<b>Total(11)=</b>	13522884.18			
<b>TOTAL GENERAL=</b>	<b>1381027136</b>			

Le montant totale est estimé a :

***Un milliard trois cent quatre-vingt-un million vingt-sept mille cent trente-six DA.***

## **CONCLUSION GENERALE:**

*Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tous 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 et l'environnement. Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation afin de pouvoir diminuer la congestion que subit la CW121.*

*Cette étude d'APD nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans les agglomérations comme la wilaya d'Alger où nous a été confié un tronçon routier.*

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

*De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de PISTE 5.06, l'AUTO CAD+COVADIS et AUTO CAD CIVILE 3D*

# BIBLIOGRAPHIE

- ✓ **B40** Normes techniques d'aménagement des routes.
- ✓ catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « **CTTP** ».
- ✓ Cours de dimensionnement des chaussées **ENSTP** 5<sup>ème</sup> année.
- ✓ Cours de routes ENSTP 4<sup>ème</sup> année.
- ✓ Guide technique routière. « **GTR** »
- ✓ Aménagement des carrefours « **SETRA** »
- ✓ Le guide des renforcements fascicule I méthodologie de dimensionnement