

République Algérienne Démocratique et Populaire  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure**  
**des Travaux Publics**  
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code : .....

# Projet de Fin d'Études

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

## Thème

Etude de l'évitement d'ABOU EL  
HASSEN sur 06 Km avec conception de 03  
carrefours .

*Proposé par :* BET SECOROUT

*Présenté par :*  
DOUADJI ZAKARIA

SAKIMI ABDERRAZEK

*Encadré par :*  
Mr. BOUGHOFALA ABDELAZIZ

**Promotion 2012**

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

# Remerciement

*Louange à ALLAH (que son Nom soit glorifié) qui nous a guidés, et sans lui nous n'aurions jamais été sur la bonne voie.*

*Nous remercions nos très chers parents pour leurs soutiens et leurs patiences.*

*Nous exprimons toute notre gratitude à Mr BOUGHOFALA ABD EL AZIZ pour son encadrement exceptionnel, à sa confiance, à son soutien incessant et à son encouragement permanents.*

*l'aboutissement de ce travail doit beaucoup à sa confiance, à son soutien incessant et à son encouragement permanents.*

*Nous remercions nos amies MR RABEH et AHMED de nous avoir aidé par les discussions fructueuses que nous avons eues dans le cadre de notre projet.*

*Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants de l'ENSTP pour toutes les informations qu'ils nous ont prodigué durant les cinq ans de notre formation.*

*Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.*

*A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce projet de fin d'étude.*

## **SOMMAIRE**

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>01</b>
<b>PREAMBULE .....</b>	<b>02</b>
 <b>PRESENTATION GENERALE.</b>	
I) Présentation de la ville de Bir el Ater.....	03
II) problématique de la ville de Bir El Ater.....	04
III) Définition de l'évitement.....	05
IV) Objectif de projet.....	06
V) Justificatio des carrefours.....	07
 <b>PARTIE I : PHASE APS</b>	
I) Introduction.....	08
II) Localisation des fuseaux retenus.....	09
III) Description des couloirs.....	10
IV) Description des variantes.....	11
V) Estimation des couts de construction.....	09
VI) Comparaison des variantes.....	14
VII) Conclusion.....	14
 <b>PARTIE II : PHASE APD.</b>	
<b>Chapitre I : ETUDE DE TRAFIC.....</b>	<b>15</b>
1) Introduction.....	15
2) Analyse du trafic.....	15
3) Différents type de trafic.....	15
4) Modèles de présentation de trafic.....	15
5) Calcul de la capacité.....	17
6) Application au projet.....	19
<b>Chapitre II : TRACE EN PLAN.....</b>	<b>21</b>
1) Introduction.....	21
2) Règles à respecter dans le tracé en plan.....	21
3) Les éléments du tracé en plan .....	21
4) Règles pour l'utilisation des rayons en plan.....	23
5) Surlargeur.....	23
6) Combinaison des éléments de tracé en plan .....	26
7) La vitesse de référence (de base).....	26
8) Paramètres fondamentaux.....	27

9) Choix des éléments géométriques.....	28
10) Calcul d'axe.....	34
<b>Chapitre III : PROFIL EN LONG.....</b>	<b>39</b>
1) Définition .....	39
2) Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	39
3) Coordination du tracé en plan et profil en long.....	40
4) Déclivités.....	40
5) Raccordements en profil en long.....	41
6) Détermination pratique du profil en long.....	43
7) Choix des éléments géométriques.....	45
8) exemple de calcul de profil en long.....	51
<b>Chapitre VI: PROFIL EN TRAVERS.....</b>	<b>53</b>
1) Définition.....	53
2) Les éléments du profil en travers.....	53
3) Classification du profil en travers.....	54
4) Application au projet.....	54
<b>Chapitre V: ETUDE GEOTECHNIQUE.....</b>	<b>55</b>
1) Introduction.....	55
2) Les différents essais en laboratoire.....	55
3) Les essais d'identifications.....	55
4) Conditions d'utilisation des sols en remblais.....	57
5) Les moyens de reconnaissance.....	57
6) Conclusion.....	64
<b>Chapitre VI: DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.....</b>	<b>65</b>
1) Introduction.....	65
2) La chaussée.....	65
3) Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée.....	68
4) Les principales méthodes de dimensionnement.....	69
5) Application au projet.....	71
6) Conclusion.....	80
<b>Chapitre VII: CUBATURE.....</b>	<b>81</b>
1) Introduction.....	81
2) Définition.....	81
3) Méthode de calcul des cubatures.....	81
4) Calcul des cubatures de terrassement.....	82

<b>Chapitre VIII: CHOIX ET CONCEPTION DU CARREFOUR.....</b>	<b>83</b>
1) Introduction.....	83
2) Données essentielles pour l'aménagement d'un carrefour.....	83
3) Choix de l'aménagement.....	83
4) Les types de carrefours.....	83
5) Principes généraux d'aménagements d'un carrefour.....	84
6) Application au projet.....	85
<b>Chapitre IX: ASSAINISSEMENT.....</b>	<b>90</b>
1) Introduction.....	90
2) Objectif de l'assainissement.....	90
3) Assainissement de la chaussée.....	90
4) Définition des termes hydraulique.....	91
5) Dimensionnement de Réseau d'assainissement à projeter.....	92
6) Application au projet.....	94
<b>Chapitre X: SIGNALISATION.....</b>	<b>102</b>
1) Introduction.....	102
2) Dispositifs de retenue.....	102
3) Signalisation.....	102
4) Les types de signalisation.....	103
5) Application au projet.....	104
<b>DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF.....</b>	<b>109</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>110</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>111</b>
<b>ANNEXES.</b>	

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

A la fin de chaque cycle de formation, l'école nationale supérieure des travaux publics (ENSTP), prévoit dans son programme du deuxième semestre de la cinquième année un travail de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois dans les services du ministère des travaux publics.

L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :

- compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
- s'intégrer au monde du travail.
- connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics.

De ce fait l'élève ingénieur est appelé à fournir beaucoup d'effort, faire des observations; des remarques afin de présenter un travail qui est digne de son nom.

C'est dans ce cadre que la BET SECOROUT nous a proposé un projet de fin d'étude qui consiste en :

**L'Etude de l'évitement de la ville d'Abou El Hassen sur 06 km. Avec conception de (03) carrefours.**

Le projet consiste à contourner la ville d'Abou El Hassen, située sur l'axe reliant la ville de Ténès à celle de Chlef.

Les avantages qui découlent de notre projet se présentent comme suite :

### Les avantages directs :

Qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain du temps et du confort, assurance de la sécurité et l'économie de fonctionnement du matériel roulant. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...).

**Les avantages indirects :**

*Le développement des infrastructures de transports est la base de l'accroissement, économique, social et culturel . Ces éléments se consolide par la construction de route, moyen de communication et d'échange a travers les localités du pays.*

**Notre étude consiste à faire les deux phases suivantes:**

- *Phase d'avant projet sommaire (APS).*
- *Phase d'avant projet détailler (APD).*
- *Conception de trois (3) carrefours.*

## PREAMBULE

*Une route est au sens littéral une voie terrestre (au niveau du sol ou sur viaduc) aménagée pour permettre la circulation des véhicules à roues. Ce terme s'applique plutôt aux voies importantes situées en rase campagne. Dans les pays vastes et peu peuplés, à la fin du XXe siècle, de nombreuses routes étaient encore des pistes de cailloux ou de sol damé. Ne peut être apparenté à une rue .*

*Le mot « **route** » dérive de l'expression latine «**Via rupta**» littéralement « voie brisée », c'est-à-dire voie « creusée » dans la roche, pour ouvrir le chemin.*

*Les premières routes sont liées à l'invention de la roue, du char et des chariots. Les Chinois disposaient d'un vaste réseau de routes. La « route de la soie » -qui relie d'Est en Ouest la Chine à la Méditerranée- est un axe commercial très ancien.*

*Les Romains développent le premier grand réseau routier pavé par des esclaves. La route romaine est une chaussée reposant sur des fondations faites de matériaux stables et résistants, recouvertes par de larges dalles. La plupart de ces voies romaines existent toujours ou ont inspiré le tracé de nos routes modernes.*

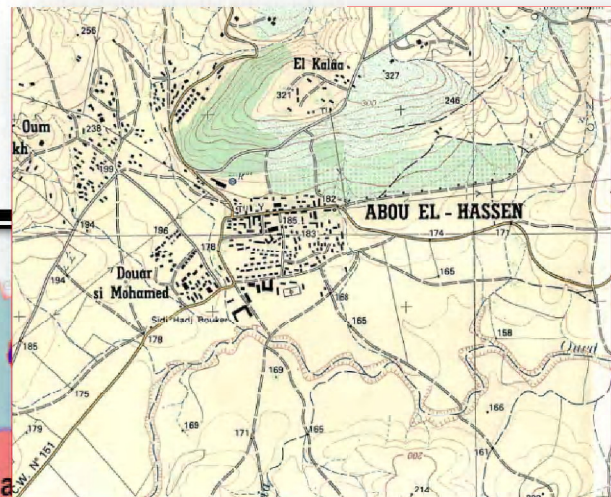
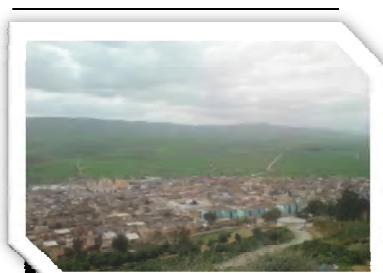
## Présentation de projet

### I) Présentation de la ville d'Abou EL HASSEN :

*Abou El Hassen est une ville de la wilaya de Chlef ; classée administrativement comme daïra avec une population de 59 096 habitant, et une superficie de 267.06 Km<sup>2</sup> , à caractère rural ; située au environ de 50 km au nord du chef lieu de wilaya , sa topographie se caractérise par un relief montagneux.*

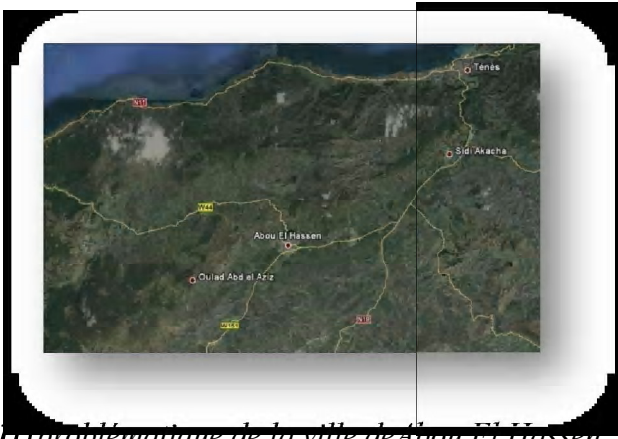
*La ville d'Abou El Hassen est limitrophe avec :*

- *La ville de Ténès au Nord.*
- *La ville de Ain Merane et Ouled Fares au Sud.*
- *La ville de Zeboudja à l'Est.*
- *La ville d'El Marsa à l'Ouest.*



La ville d'Abou El Hassen est desservie par les axes routiers suivant :

- Vers le Nord-est et le sud le CW151.
- Vers el Nord-ouest le CW44 jusqu'à Taghzout



Le problème de la ville de Abou El Hassen.

- La présence d'un grand nombre de poids lourds (**600** véhicule lourd par jour), qui transitent par la ville et qui engendrent une congestion de la circulation.
- la congestion au niveau du giratoire au droit de l'intersection du (CW151) avec le (CW 44).
- L'augmentation du nombre d'accidents au niveau du CW 151.
- Incidence environnemental (bruit, pollution).



### III) Définition de l'évitement :

Un évitement est un contournement autour d'une agglomération pour dévier un pourcentage du trafic qui transite par cette dernière.

Pour résoudre ce problème, l'Administration a opté pour la réalisation d'un évitement sur près de 6 Km permettant de relier le CW151 avec le CW 44 hors agglomération.

Notre projet prend naissance à partir du CW 44(intersection avec un carrefour giratoire projeté), après il se dirige vers le sud en franchissant le CW151 par la projection d' un carrefour giratoire, puis il s'oriente vers le nord jusqu'au raccordement avec le CW151 par la création d'un carrefour giratoire.



#### IV) Objectif du projet :

L'objectif principal de notre projet est de créer un évitement assurant le transfert d'une partie du trafic du CW151 et CW44 transitant par la ville de Abou El Hassen.

Cet objectif sera défini comme suite:

1. Décongestionner le trafic surtout au niveaux de giratoire.
2. Réduire le temps de parcours.
3. Réduire le nombre d'accidents.
4. Aide L'activité des zones agricoles et améliorer le cadre de vie des citoyens.

#### V) JUSTIFICATION DES CARREFOURS:

Le but essentiel est d'assurer la continuité du réseau routier et de desservir plusieurs directions en même temps. En distribuant les flux dans les différentes directions selon

*l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points du conflit qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables.*



## AVANT PROJET SOMMAIRE

### I. Introduction:

La phase APS ; c'est l'étape qui vient directement après la phase préliminaire dans le cas où cette dernière est prévue. Elle consiste à étudier plus profondément les variantes retenues dans l'étude antérieure ou bien quand celle-ci n'est pas prévue, de procéder à l'étude à partir de plan d'état majeure, de carte topographique et aussi géologique, permettant ainsi de mieux cerner les aléas, les contraintes et les avantages liés à la situation sociaux-géographique de chaque variante.

On devra faire une étude multicritère pour le choix de la variante à retenir, celle-ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivant :

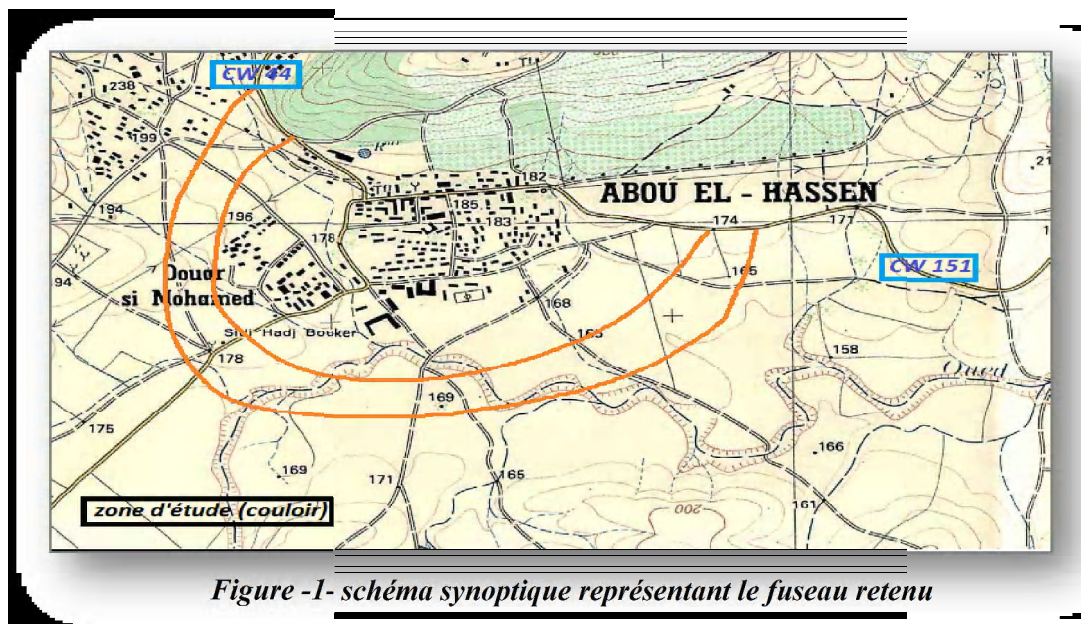
- Les contraintes remarquées sur le site.
- Le coût du projet.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement.

Finalement après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer la phase APD.

### II. Localisation du fuseau retenu :

En fonction des enjeux économique et le développement de la région, l'expansion du développement de la ville d'Abou El Hassen s'oriente vers le sud de la ville, les possibilités d'ébauches de tracé sont limitées compte tenu des difficultés topographiques du site.(terrain très accidenté)

Donc, le positionnement de cette ville par rapport au réseau routier, (notre projet entre CW 151 et CW 44), nous oblige à avoir recours au choix d'un seul couloir (voir schéma synoptique figure N°1).



*Figure -1- schéma synoptique représentant le fuseau retenu*

### **II.1. Description du couloir:**

Le couloir choisi passe du côté sud de la ville à une largeur variant entre 300 m et 1000 m, limité de part et d'autre par une zone agricole dans sa partie Sud, il franchit successivement les obstacles suivants :

- CW151 (carrefour à projeter).
- Oued Allalah (ouvrage courant à projeter).
- Oued Geuralra (ouvrage courant à projeter).

#### **II.1.a) Les contraintes de la zone d'étude :**

##### ***i. Environnement géographique:***

Le relief est généralement montagneux à vallonné, il est fortement coupé par un réseau hydrographique important (Oued Allalah et Oued Geuralra) ce qui nécessite en phase de réalisation un système d'assainissement.

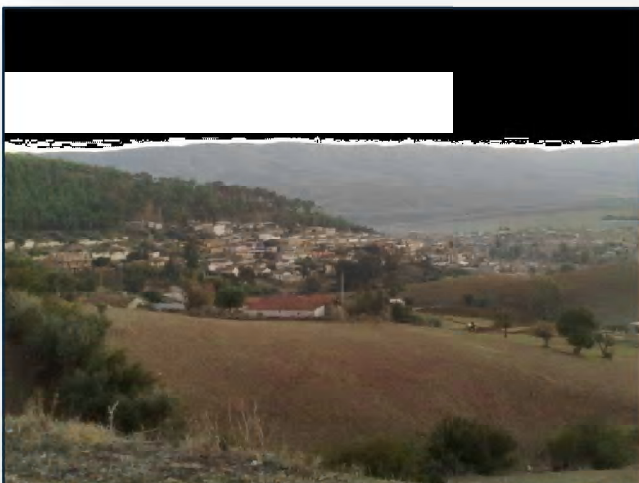
##### ***ii. Environnement naturelle :***

Le territoire du projet s'étend sur une série de milieux qui présente un enjeu exceptionnel et un intérêt écologique certain. En effet, la partie sud de la ville est caractérisée par une activité agricole importante vue la richesse du terroir.

##### ***iii. Environnement humain et urbain :***

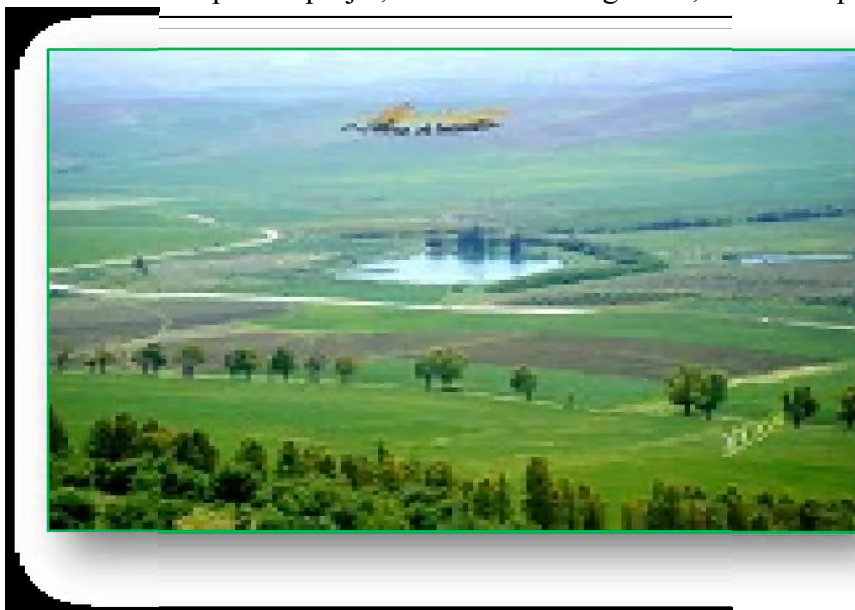
##### **✓ Habitations et urbanisation :**

La ville d'Abou El Hassen constitue un secteur qui connaît un développement de l'habitat dont des pôles urbains seront réalisés au Sud de cette ville (donc à proximité de notre couloir).



#### iv. Agriculture :

En générale la zone concernée par le projet, est une zone agricole, entaillée par un réseau hydrographique.



#### II.1.b)Présentation des variantes :

Dans cette phase, on va étudier deux (02) variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

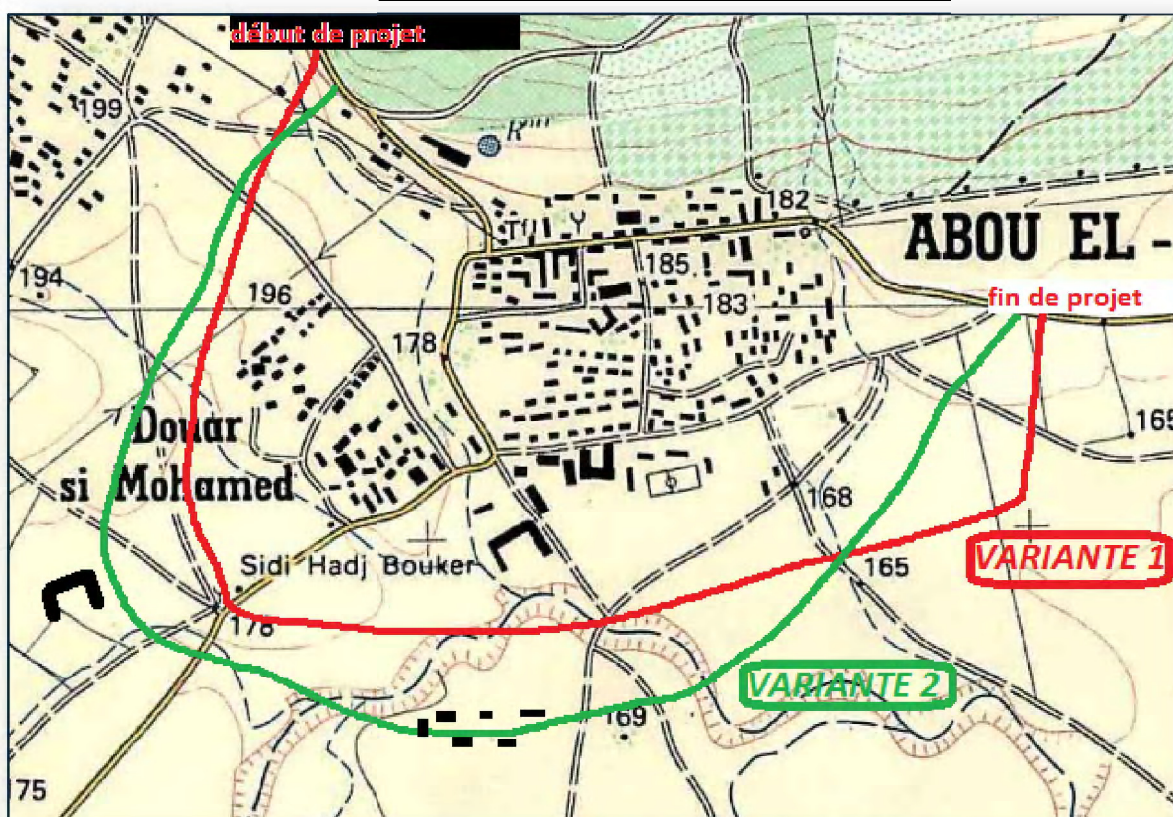


Figure -2-Schéma synoptique qui représente les variantes retenues

**1<sup>er</sup> VARIANTE :**

L'origine de la **première variante** est la jonction avec le CW 44, elle se continue vers le sud de la ville, jusqu'à le croisement avec le CW 151, puis elle se dirige vers le nord pour rejoindre finalement le CW 151 à l'est de la ville. C'est la variante la plus proche de la ville et la plus longue, elle passe entre la frontière de la ville et les terrains agricoles, elle traverse un relief montagneux au nord, en franchissant l'oued Allalah et Geuralra successivement, après on franchit un relief peu vallonné. Cette variante a une longueur à environ 6 km.

**2<sup>ème</sup> VARIANTE :**

Pour la **deuxième variante**, elle a presque la même trajectoire et franchit les mêmes obstacles. Cette variante a une longueur de 5.6Km.

**A. Comparaison entre les variantes :**

Variante	Avantages	Inconvénients
<b>1<sup>ère</sup> VAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de contrainte topographique forte (coût diminué)</li> <li>- compatible avec les routes et pistes existantes (gain de terrassements).</li> <li>- Tracé éloigné des habitations.</li> <li>- pas de nuisance.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traverse des zones agricoles</li> <li>- plus proche de la ville et plus long (5.7Km).</li> </ul>
<b>2<sup>ème</sup> VAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de contrainte topographique forte.</li> <li>- Tracé éloigné des habitations.</li> <li>- plus loin de la ville et plus courte (5.6Km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traverse des zones agricoles</li> <li>- Tracé passe par beaucoup des propriétés privé.</li> <li>- Grand terrassement</li> </ul>

**A. Conclusion :**

L'analyse comparative des deux(02) variantes, nous a permis d'opter pour la variante N°1 qui présente surtout les critères techniques et économiques les plus avantageuses .

### **II.1.c) Principales caractéristique de la variante retenue :**

La conception du projet à partir de la variante retenue est basée sur les concepts suivants :

- ❖ Choix d'un tracé tendant à s'éloigner au maximum des habitations.
- ❖ Pas de dispositions particulières contre le bruit routier.
- ❖ Impact minimum sur les grands paysages.
- ❖ Franchir le minimum des terrains agricoles.

#### ***i. Caractéristiques géométriques globale :***

##### **• Tracé en plan :**

Les caractéristiques géométriques adoptées visent à assurer des conditions de confort et de sécurité relativement homogènes et adaptées à la catégorie 3 et à la vitesse de base de 60 km/h dans un environnement E3.

En fonction de la vitesse de référence définie ci-dessus les caractéristiques du tracé en plan se déclinent comme suit :

Vitesse de référence	60 Km/h
<b>Normes</b>	<b>B40</b>
<b>Rayon minimum absolu (RHm)</b>	<b>115</b>
<b>Rayon minimum normal (RHN)</b>	<b>230</b>
<b>Rayon au devers minimum (RHd)</b>	<b>450</b>
<b>Rayon non déversé (RHnd)</b>	<b>700</b>

**Tableau -2- caractéristique géométrique du tracé en plan**

##### **• Profil en long :**

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leurs pentes et de raccordements paraboliques caractérisés par leurs rayons. Les rayons en angles saillants interviennent sur la visibilité et le confort (accélération verticale), de ce fait c'est toujours la première condition qui est déterminante. Les rayons en angle rentrant sont eux fixés principalement par des conditions de confort.

En fonction de la vitesse de référence définie, les caractéristiques de profil en long se déclinent comme suit :

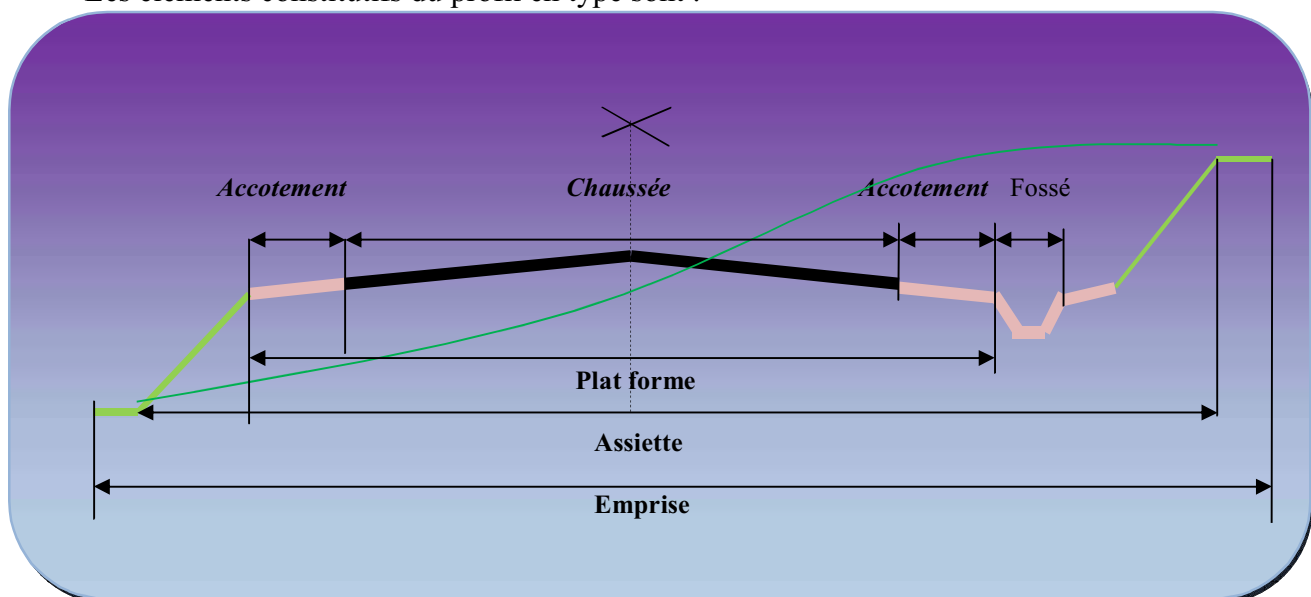
Rayons en profils en long	VALEURS
Déclivité maximum	7%
Déclivité minimum au devers nul	0.5%
Rayon en angle saillant (m)	
Minimum absolu	1300
Minimum normal	3500
Rayon en angle rentrant (m)	
Minimum absolu	1100
Minimum normal	1600

Tableau -3- caractéristiques géométriques de profil en long

- *Profil en travers type :*

Un projet de route comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers. Pour éviter de reporter sur un chacun d'eux les dimensions générales qui se répètent et des détails constructifs communs, on établit tout d'abord un profil unique, appelé « profil-type », contenant toutes les dimensions et tous les couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux...

Les éléments constitutifs du profil en type sont :



## Chapitre I: étude de trafic

### 1) Introduction:

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic et son agressivité, et aussi le type d'aménagement à réaliser.

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routière, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donnée sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autres termes de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

### 2) Analyse du trafic :

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

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

La statique générale.

Le comptage sur route (manuel et automatique).

Une enquête de circulation.

### 3) Différents type de trafic :

On distingue quatre types de trafic:

#### a) Trafic normal:

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

#### b) Trafic induit:

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

#### c) Trafic dévié:

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

#### d) Trafic total: C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

### 4) MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC:

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de

mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont:

- ✓ Prolongation de l'évolution passée.
- ✓ Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques.
- ✓ Modèle gravitaire.
- ✓ Modèle de facteur de croissance.

**a) Prolongation de l'évolution passée:**

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic  $T_n$  à l'année  $n$  sera:

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

Où :

$$\left\{ \begin{array}{l} T_0 : \text{est le trafic à l'arrivée pour l'origine.} \\ \tau : \text{est le taux de croissance.} \end{array} \right.$$

**b) Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques:**

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- ✓ Produit national brut (PNB).
- ✓ Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

**c) Modèle gravitaire:**

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

**d) Modèle de facteurs de croissance:**

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine – destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants:

- ✓ Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- ✓ Le nombre d'emploi.
- ✓ La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

**Remarque:**

*Pour notre cas, nous utilisons la méthode « prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.*

**5) CALCUL DE LA CAPACITÉ:**

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passé sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée.

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

**a) Trafic à un horizon donné:**

- ✓ Du fait de la croissance annuelle du trafic.

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

Tel que:

- ✓  $TJMA_n$  : trafic journalier moyen à l'année  $n$ .
- ✓  $TJMA_0$  : trafic journalier moyen à l'année 0.
- ✓  $\tau$  : taux d'accroissement annuel.
- ✓  $n$  : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

**b) Trafic effectif:**

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

$$T_{eff} = [(1-Z) + PZ] TJMA_n$$

Tel que :

$Z$  : le pourcentage de poids lourds.

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

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

Tableau 1 Coefficient d'équivalence «  $P$  »

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

c) **Evaluation de la demande:**

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

$$Q = 0.12T_{\text{eff}} \quad (\text{UVP/h})$$

d) **Evaluation de l'offre:**

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

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

Tel que :

$C_{\text{th}}$  : la capacité théorique.

$K_1$  : coefficient qui dépend de l'environnement.

$K_2$  : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Environnement	E1	E2	E3
$K_1$	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau 2 : Coefficient «  $K_1$  »

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

Tableau 3 : Capacité théorique «  $C_{\text{th}}$  »

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau 4 : Coefficient «  $K_2$  »

**d) Calcul du nombre de voies :**

Chaussée bidirectionnelle :

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

$$Q \leq Q_{adm}$$

Chaussée unidirectionnelle :

✓ Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :

$$N = \frac{S \cdot Q}{Q_{adm}}$$

Tel que :

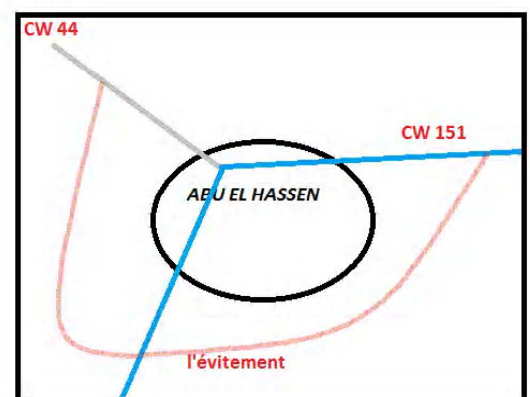
$S$  : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.

$Q_{adm}$  : débit admissible par voie.

**5) Application au projet :****a) Les données de trafic :**

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé de la DTP nous avons :

- ✓ Le CW151 :  $TJMA_{2011} = 1813v/j \longrightarrow 100\%$ .
- ✓ Le CW 44  $TJMA_{2011} = 1750v/j \longrightarrow 100\%$ 
  - Vers l'évitement  $TJMA_{2011} = 1978v/j$  .
- ✓ Année de référence : 2011.
- ✓ Année de mise en service : 2013.
- ✓ Le pourcentage des poids lourds :  $Z = 30\%$ .
- ✓ Taux de croissance annuelle de trafic :  $\tau = 4\%$ .
- ✓ La durée de vie: 20ans.



**Répartition du trafic**

**b) Dimensionnement de l'évitement :**

On à :

- $P= 8$  (Route à bonne caractéristique, environnement E3).
- $K1= 0,9$  (environnement E3).
- $K2=0.97$  (E3, C3).

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

$$TJMA_{2013} = 1978 (1 + 0.04)^2$$

$$TJMA_{2013} = 2140 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2033} = 2140 (1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2033} = 4687 \text{ v/j.}$$

$$T_{eff2033} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2033}$$

$$T_{eff2033} = [(1 - 0.3) + 8 \times 0.3] 4687$$

$$T_{eff2033} = 14528 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2033} = 0.12 \times T_{eff2033}$$

$$Q_{2033} = 0.12 \times 14528$$

$$Q_{2033} = 1743 \text{ uvp/h.}$$

$$Q \leq Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th}$$

$$C_{th} = Q / (K1 \times K2).$$

$$C_{th} \geq 1743 / (0.9 \times 0.97).$$

$$C_{th} \geq 1997 \text{ uvp/h.}$$

On prend  $C_{th} = 2000 \text{ uvp/h.}$

D'après **B40** on adopte pour l'évitement un profil de 2 voies de 3,5 m de largeur et 1,8 m pour l'accotement.

**c) L'année de saturation :**

On détermine la durée de vie avant saturation de l'évitement en 2 voies par la formule suivante :

$$Q_F = Q_D$$

1- Calcul de  $Q_F$  :

$$Q_F = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

$$Q_F = 0.97 \times 0.9 \times 2000 = 1746 \text{ uvp/j}$$

2- Calcul de  $Q_D$ :

$$Q_D = 0.12 T_{\text{effe } n}$$

$$Q_D = 0.12 \times ((1 - Z) + P \times Z) \times TJMA_n$$

$$Q_D = 0.12 \times ((1 - 0.30) + 8 \times 0.30) \times TJMA_n$$

$$Q_D = 0.372 \times TJMA_n$$

$$TJMA_n = TJMA_{2013} (1 + \tau)^n$$

$$TJMA_n = 2140(1.04)^n$$

$$Q_D = 796(1.04)^n$$

$$Q_F = Q_D$$

$$1746 = 796(1.04)^n \Rightarrow n = \log(2.19) / \log(1.04) = 20 \text{ ans.}$$

Donc l'année de saturation = 2013 + 20 = 2033.

## Chapitre II: Tracé en plan

### 1) Introduction :

Dans sa définition, le tracé en situation ou le tracé horizontal au Le tracé en plan est la projection verticale de la route sur un plan horizontale. Ce plan est en générale une carte topographique ou un plan de situation ou le relief du terrain est représenté par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et la rugosité de la chaussée assuré par la couche de roulement.

### 2) Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le **B40**, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✓ Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

### 3) Les éléments du tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles :

#### a) Les alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement  $L_{min}$  qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens. Cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

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

La longueur maximale  $L_{max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{max}=60V \text{ avec } V \text{ en (m/s)}$$

$$L_{min}=5 V \text{ avec } V \text{ en (m/s)}$$

### b) Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

La stabilité des véhicules.

L'inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon.

La visibilité dans les tranchées en courbe

#### ➤ Stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons et augmenter le rayon.

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

#### ➤ Rayon horizontal minimal absolu :

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

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

#### ➤ Rayon minimal normal :

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

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

#### ➤ Rayon au dévers minimal :

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

Dévers associé  $d_{\min} = 2.5\%$ .

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

#### ➤ Rayon minimal non déversé :

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

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127.0,035}$$

→ Cat 1-2

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(f - 0,035)}$$

→ Cat 3-4-5

Avec :

$$f' = 0.07 \quad \longrightarrow \quad \text{cat 3}$$

$$f' = 0.075 \quad \longrightarrow \quad \text{cat 4-5}$$

#### 4) Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Il n'y a aucun rayon inférieur à  $RH_m$ , on utilise autant des valeurs de rayon  $\geq$  à  $RH_n$  que possible.

Les rayons compris entre  $RH_m$  et  $RH_d$  sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en  $1/R$  arrondi à 0,5% près entre  $d_{max}$  et  $d_{(RH_m)}$ .

Si  $RH_m < R < RH_n$  :

$$d = d_{max} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m} \right) \frac{d_{max} - d_{RH_n}}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RH_n}}$$

Entre  $d(RH_n)$  et  $d_{min}$  si  $RH_n < R < RH_d$  :

$$d = d_{min} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d} \right) \frac{d_{RH_n} - d_{RH_n}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RH_n}}$$

- Les rayons compris entre  $RH_d$  et  $RH_n$  sont en dévers minimal  $d_{min}$ .
- Les 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.
- Un rayon  $RH_m$  doit être encadré par des  $RH_n$ .

#### Remarque :

On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

#### 5) Sur largeur :

Un long véhicule à 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  $\leq 200$  m

c) Les raccordements progressifs « CLOTHOÏDE » :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de  $R=\infty$  jusqu'à  $R=\text{constant}$ ), pour assurer :

✓ La stabilité transversale de véhicule.

Le confort des passagers.

✓ La transition de la chaussée.

✓ Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Il y a beaucoup des courbes de raccordement Pour assurée ce confort. Mais la Clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

➤ Expression de la Clothoïde :

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

$$\Rightarrow K = C.L ; K = \frac{1}{R} \quad L.R = \frac{1}{C}$$

On pose :  $\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow A^2 = L.R$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

➤ Les éléments de la Clothoïde :

$\Delta R$ : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)

$\sigma$  : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

L : longueur de la branche de la Clothoïde

$X_m$  : Abscisse du centre du cercle

$K_E$  : Extrémité de la Clothoïde

A : Paramètre de la Clothoïde

$K_A$  : Origine de la Clothoïde

$\tau$  : Angle des tangentes

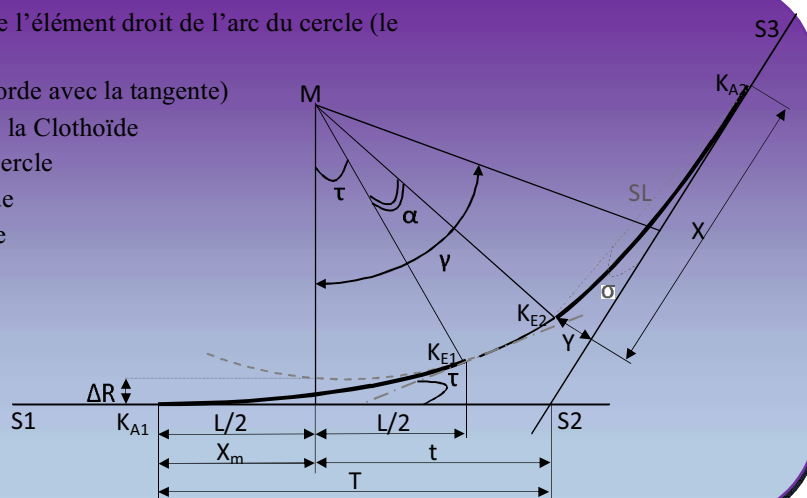
SL : Corde ( $K_A - K_E$ )

M : Centre de cercle

X : Abscisse de  $K_E$

Y : Origine de  $K_E$

t : tangente courte



➤ Les conditions de raccordement :

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

➤ Condition optique :

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

L'orientation de la tangente doit être supérieure à  $3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.

$$\begin{aligned} \tau &\geq 3^\circ && \text{soit} && \tau \geq 1/18 \text{ rad.} \\ \tau = L/2R &> 1/18 \text{ rad} &\Rightarrow L &\geq R/9 &\text{ soit } A &\geq R/3. \\ R/3 &\leq A \leq R \end{aligned}$$

Pour  $R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$  (éventuellement 0.5m) d'où  $L = (24 R \Delta R) / 2$

Pour  $1500 < R < 5000 \text{ m}$   $\tau = 3^\circ$  c'est-à-dire  $L = R/9$

Pour  $R < 5000 \Rightarrow \Delta R$  limité à 2.5m soit  $L = 7.75(R)$

➤ Condition de confort dynamique :

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

$$\left( \frac{V^2}{R} - g \cdot \Delta d \right) \text{ Ce dernier est limité à une fraction de}$$

L'accélération de pesanteur  $Kg = g/0.2VB$

Avec une gravitation  $g = 9.8\text{m/s}$  on opte :

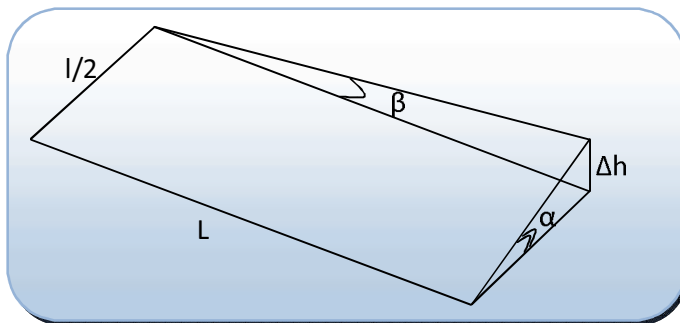
$$L \geq \frac{V_B^2}{18} \left( \frac{V_B^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right)$$

$VB$  : vitesse de base (Km/h).

$R$  : le rayon (m).

$\Delta d$  : la variation de divers ( $\Delta d = d_{final} - d_{init}$ ) (%).

➤ Condition de gauchissement :



La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

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

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

Nous avons :

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

$l$  : largeur de chaussée

### 6) Combinaison des éléments de trace en plan :

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

#### a- 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.

#### b- Courbe à sommet :

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

#### c- Courbe en Ovale:

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

#### d- Courbe en C :

Une courbe constituée 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.

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

La vitesse de référence ( $V_B$ ) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers 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'usager (traverser d'une ville, modification du relief, etc...).

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.

#### ➤ 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 bonne conditions normales.

### 8) Paramètres fondamentaux:

Notre projet s'agit d'une route de catégorie **C3**, dans un environnement **E3**, avec une vitesse de base  $V_B = 60$  km/h.

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme **B40** :

<i>Paramètres</i>	<i>Symboles</i>	<i>Valeurs</i>
<i>Vitesse (km/h)</i>	$V_B$	<b>60</b>
<i>Longueur minimale (m)</i>	$L_{min}$	<b>84</b>
<i>Longueur maximale (m)</i>	$L_{max}$	<b>1000</b>
<i>Devers minimal (%)</i>	$d_{min}$	<b>3</b>
<i>Devers maximal (%)</i>	$d_{max}$	<b>7</b>
<i>Temps de perception réaction (s)</i>	$t_1$	<b>2</b>
<i>Frottement longitudinal</i>	$f_l$	<b>0.46</b>
<i>Frottement transversal</i>	$f_t$	<b>0.18</b>
<i>Distance de freinage (m)</i>	$d_0$	<b>31</b>
<i>Distance d'arrêt (m)</i>	$d_1$	<b>64</b>
<i>Distance de visibilité de dépassement minimale (m)</i>	$d_m$	<b>240</b>
<i>Distance de visibilité de dépassement normale (m)</i>	$d_n$	<b>360</b>
<i>Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)</i>	$d_{md}$	<b>120</b>
<i>RHm (m) (devers associe %)</i>	$RHm$	<b>115 (7 %)</b>
<i>RHN (m) (devers associe %)</i>	$RHN$	<b>230 (5 %)</b>
<i>RHd (m) (devers associe %)</i>	$RHd$	<b>450(3 %)</b>
<i>RHnd (m) (devers associe %)</i>	$RHnd$	<b>700 (-3 %)</b>

D'après tout ce qui précède les éléments utilisés dans notre projet sont comme suite :

✓ Les rayons:

Rayon(m)	nombre	Dévers associe (%)
40	2	2.5
60	2	6
80	3	5.5
100	1	5.2
130	2	6.5
150	3	6
160	1	5.9
250	1	4.7
300	1	3
310	1	2.5
350	1	3.6
400	4	2.5
500	1	3
1500	1	2.5

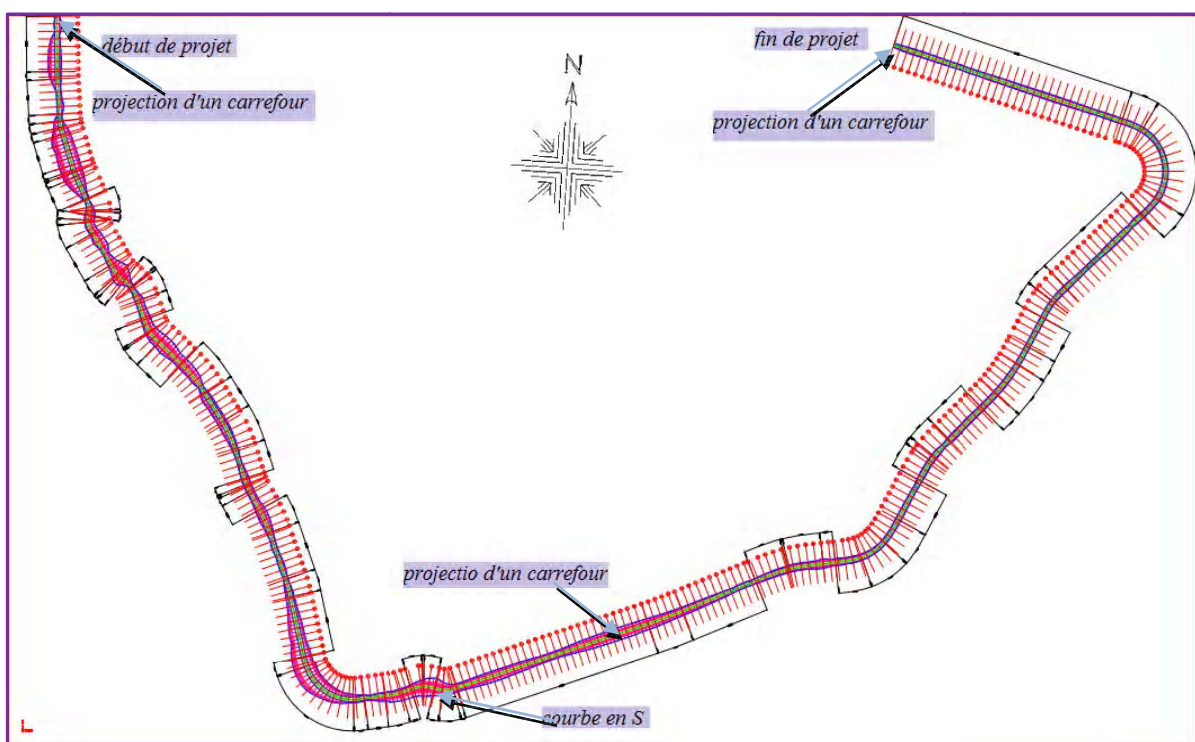
✓ Les alignements (max et min):

$$L_{max} = 623.420m < L_{max}(B40).$$

$$L_{min} = 96.126m > L_{min}(B40).$$

✓ Le pourcentage de la longueur des alignements est de 53% entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

### 9) Tracé en plan adopté :



### 10) CALCUL D'AXE :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

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

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

#### Calcul manuel des raccords :

##### ❖ Courbe avec Clothoïde :

Liaison 22 :

$$\left\{ \begin{array}{l} R=500m \\ D=3\% \\ XS2 = 32436.5178 (m) \\ YS2 = 49033.1874(m) \end{array} \right.$$

Calcul du paramètre A :

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

Détermination de L :

1- Condition de confort optique :

$$R/3 \leq A_{min} \leq R \quad \text{d'où : } 167 \leq A_{min} \leq 500$$

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{comme : } R=500m \leq 1500m \quad \Delta R=1$$

$$\text{Donc } L \geq \sqrt{24 \times 500 \times 1} = 109.54 \text{ m} \quad \longrightarrow \mathbf{1}$$

2- Condition de confort dynamique et de gauchissement :

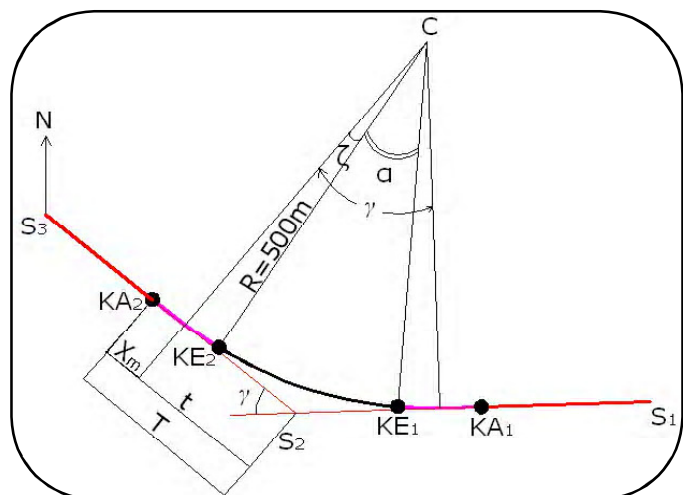
$$L \geq 5/36 \times \Delta d \times V_B$$

$$\Delta d = d - (-2.5\%) = 3 - (-2.5) = 5.5\%$$

$$L \geq 5/36 \times 5.5 \times 60 = 45.8 \text{ m} \quad \longrightarrow \mathbf{2}$$

De 1 et 2 on aura  $L \geq 110 \text{ m}$

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 234.5$$



Calcul de  $\Delta R$  :

On prend  $A = 234.5 \Rightarrow L = A^2/R = (234.5)^2/500 = 110m$ .

$$\Delta R = L^2/24R = 1.008 m.$$

$$L/R = 110/500 = 0.22$$

A partir des tables des Clothoïde ligne 392, on tire les valeurs suivantes :

$$\begin{cases} \Delta R/R = 0.00203210 & \Rightarrow \Delta R = 1.01605 m \\ X_m/R = 0.110405276 & \Rightarrow X_m = 55.202638 m \\ X/R = 0.220631551 & \Rightarrow X = 110.3157755 m \\ Y/R = 0.00812640 & \Rightarrow Y = 4.0632 m \end{cases}$$

$$\text{La corde polaire } S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = 110.3905789 m$$

$$\text{L'angle polaire } \delta = \text{arctg}(Y/X) = 2.3437 g.$$

Calcul Des Gisements :

$$G_{S2}^{S1} = 100 - \text{arctg}(\Delta X/\Delta Y) = 100 - \text{arctg}(214.88/201.49) = 6.34 g$$

$$G_{S3}^{S2} = 100 - \text{arctg}(\Delta X/\Delta Y) = 100 - \text{arctg}(119.21/209.85) = 67.11 g$$

Calcul Des distances :

$$\begin{cases} D_{S1-S2} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 294.57 m \\ D_{S2-S3} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 241.35 m \end{cases}$$

Calcul de l'angle  $\gamma$  :

$$\gamma = G_{S3}^{S2} - G_{S2}^{S1} = 60.77 g$$

Calcul de l'angle  $\tau$  :

$$\tau = 200 \times L/2R \pi = 200 \times 110/2 \times 500 \times 3.14 = 7.031 g$$

Vérification de non chevauchement :

$$\begin{cases} \tau = 7.031 g \\ \gamma/2 = 60.77/2 = 30.385 g \end{cases}$$

D'où :  $\tau < \gamma/2$  (pas de chevauchement).

Calcul de la longueur de l'arc du cercle :

$$L = R(\gamma - 2\tau) \times \pi/200 = 500(60.77 - 2 \times 7.031) \times 3.14/200 = 366.65 m.$$

Calcul des coordonnées du début de la Clothoïde :

$$T = X_m + t$$

$$t = (R + \Delta R) \times \text{tg}(\gamma/2) = (500 + 1.01605) \times \text{tg}(30.385) = 259.109 m$$

$$T = 55.203 + 259.109 = 314.312 m$$

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S2} + T \times \sin(G_{S2}^{S1} - 200) = 32436.5178 + 314.312 \times \sin(-191.66) = 32395.4592 m \\ Y_{KA1} = Y_{S2} + T \times \cos(G_{S2}^{S1} - 200) = 49033.1874 + 314.312 \times \cos(-191.66) = 48721.5687 m \end{cases}$$

$$G^{KE1}_{KA1} = G^{S1}_{S2} + \delta = 6.34 + 2.3437 = 8.6837 \text{ g}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - S_L \times \cos(G^{KE1}_{KA1} - 300) = 32395.4592 - 110.39 \times \cos(-291.317) = 32410.469 \text{ m} \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \sin(G^{KE1}_{KA1} - 300) = 48721.5687 + 110.39 \times \sin(-291.317) = 48830.934 \text{ m} \end{cases}$$

Calcul des coordonnées de la fin de la Clothoïde :

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} - T \times \sin(400 - G^{S2}_{S3}) = 32436.5178 - 314.312 \times \sin(332.89) = 32709.808 \text{ m} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \times \cos(400 - G^{S2}_{S3}) = 49033.1874 + 314.312 \times \cos(332.89) = 49188.444 \text{ m} \\ G^{KE2}_{KA2} = G^{S2}_{S3} - \delta = 67.11 - 2.3437 = 64.7663 \text{ g} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + S_L \times \cos(G^{KE2}_{KA2} - 300) = 32709.808 + 110.39 \times \cos(-235.2337) = 32615.897 \text{ m} \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \sin(G^{KE2}_{KA2} - 300) = 49188.444 - 110.39 \times \sin(-235.2337) = 49130.420 \text{ m} \end{cases}$$

*Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe*

## Profil en long

### **1) Définition:**

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

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

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

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

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte –sauf dans des cas exceptionnels- lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

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

### 3) Coordination du tracé en plan et profil en long :

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

Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

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

### 4) Déclivités :

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

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

#### a) Déclivité minimum :

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

#### b) Déclivité maximum :

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

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

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ( $I_{max} = 7\%$ ) dans le franchissement de la côtière

#### Nota :

Selon le B-40 on a :

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

Pour notre cas la vitesse  $V_r = 60$  Km/h donc la pente maximale  $I_{max} = 7\%$ .

### 3) Raccordements en profil en long :

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

Et on distingue deux types de raccordements :

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

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- ✓ condition de confort.
- ✓ condition de visibilité.

#### • Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à «  $g/40$  (cat 1-2) et  $g/30$  (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2 / R_v < g / 40 \text{ avec } g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ et } v = V/3.6.$$

D'où :

$$R_v \geq 0,3 V^2 \quad (\text{cat 1-2})$$

$$R_v \geq 0,23 V^2 \quad (\text{cat 3-4-5})$$

Tel que :

$R_v$  : c'est le rayon vertical (m).

$V$  : vitesse de référence (km/h).

#### • Condition de visibilité :

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_p + 2 \times \sqrt{h_a h_p})} \approx 0.27 D^2$$

$d$  : Distance de visibilité nécessaire (m)

$h_0$  : Hauteur de l'œil (m)

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

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base  $V_r = 60 \text{ km/h}$  et pour la catégorie 3 on a :

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	$R_{vm}$	1300
Min-normal	$R_{vN}$	3500
Dépassement	$R_{vd}$	5000

### 6) Raccordements concaves (angle rentrant):

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

$$R_{vm} = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035 d_1)}$$

Pour une vitesse  $V_B = 60$  Km/h et catégorie 3 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	$R_{vm}$	1100
Min-normal	$R_{vn}$	1600

### 3) Détermination pratique du profil en long :

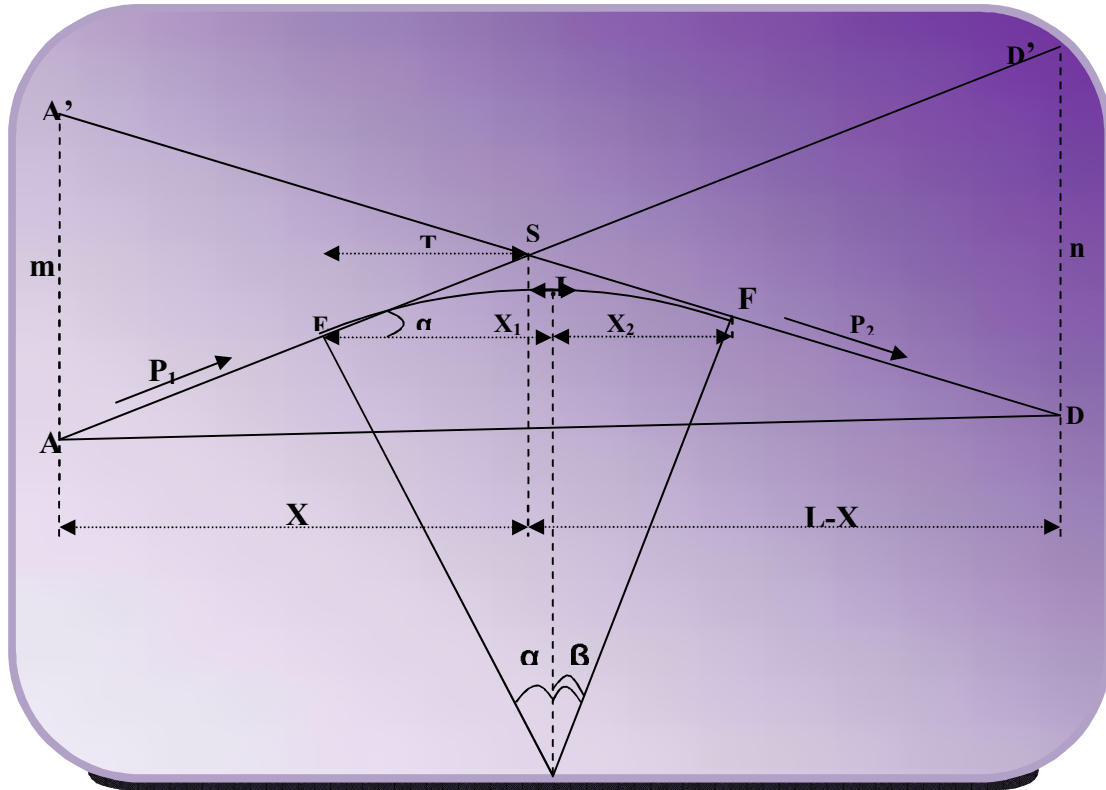
Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

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

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

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

- ✓ Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- ✓ Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- ✓ Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- ✓ Donnée le rayon R.



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

On a:

$$Z_{D'} = Z_A + L.P_2 \quad , \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{A'} = Z_D + L.P_1 \quad , \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

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

$$S \left\{ \begin{array}{l} X_S = x + x_A \\ Z_S = P_1 \cdot x + z_A \end{array} \right.$$

b) Calcul de la tangente :

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

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

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

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T.P_1 \end{array} \right.$$

$$F \left\{ \begin{array}{l} X_F = X_S + T \\ Z_F = Z_S + T.P_2 \end{array} \right.$$

c) Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR=2T$$

d) Calcul de la flèche :

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

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

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_x = \frac{x^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + x \cdot P_1 - \frac{x^2}{2R} \end{array} \right.$$

f) Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \cdot P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} X_1 = R \cdot P_1 \\ X_2 = R \cdot P_2 \end{cases}$$

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 vers A et D.

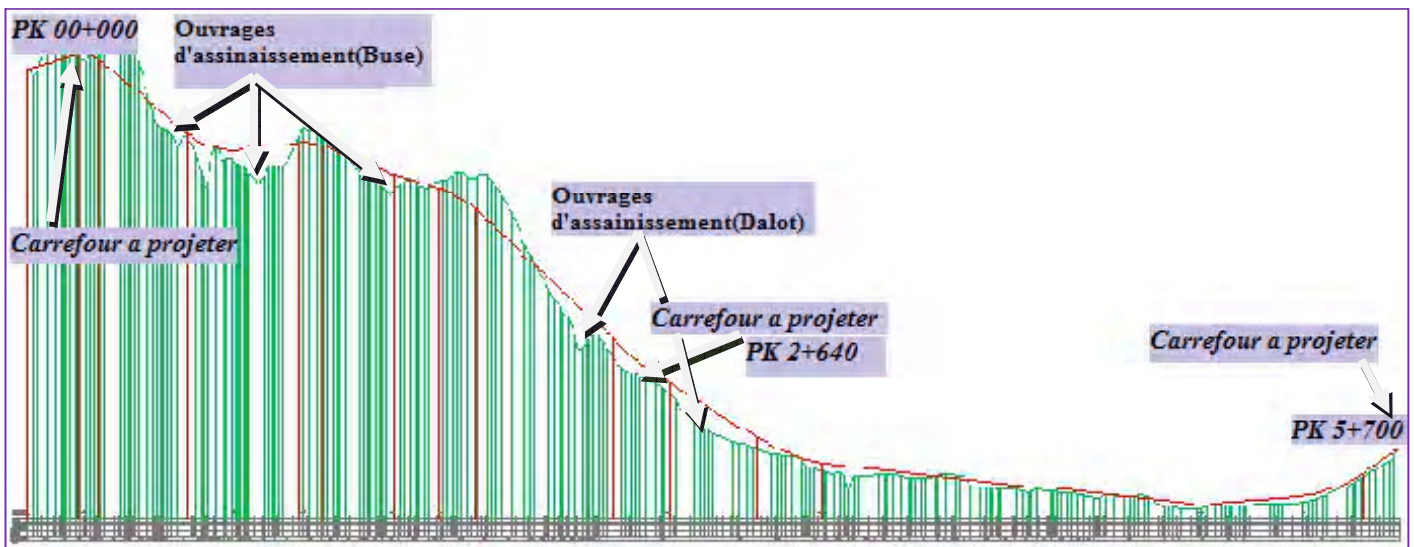
RV(m)	nombre
1000	1
2000	1
2500	1
3000	2
5000	1
6000	1
7000	1
10000	1

✓ La déclivité (max et min):

$$I_{max} = 6.82\% < I_{max}(B40).$$

$$I_{min} = 0.577\% \geq I_{min}(B40).$$

### Le profil en long de projet :



4) exemple de calcul de profil en long :● Cas d'un Raccordements convexes :Raccordement N°3:

$$R=2500 \text{ m}$$

$$A : \begin{cases} S_A = 773.7076 \text{ m} \\ Z_A = 469.437 \text{ m} \end{cases}$$

$$S : \begin{cases} S_S = 1170.1675 \text{ m} \\ Z_S = 473.644 \text{ m} \end{cases}$$

$$D : \begin{cases} S_D = 1504.4253 \text{ m} \\ Z_D = 463.540 \text{ m} \end{cases}$$

Calcul des pentes :

$$i_1 = \left| \frac{(Z_S - Z_A)}{(S_S - S_A)} \right| = \left| \frac{(473.644 - 469.437)}{(1170.1675 - 773.7076)} \right| = 1.052\%$$

$$i_2 = \left| \frac{(Z_S - Z_D)}{(S_S - S_D)} \right| = \left| \frac{(473.644 - 463.540)}{(1170.1675 - 1504.4253)} \right| = 3.023\%$$

Calcul des tangentes :

$$T = (|i_1| + |i_2|) \times R/2 = (|1.052\%| + |3.023\%|) \times 2500/2 = 50.94 \text{ m.}$$

Calcul des flèches :

$$H = T^2/2R = (50.94)^2 / (2 \times 2500) = 0.519 \text{ m.}$$

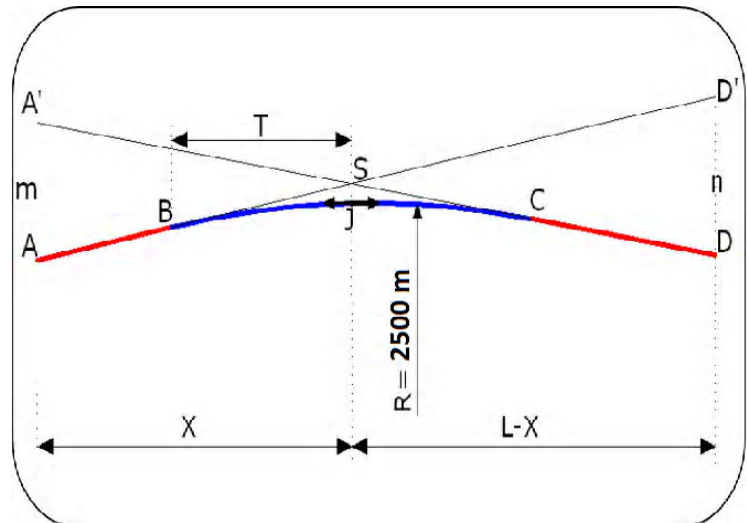
Calcul des coordonnées des points de tangentes :

Calcul des coordonnées du point B:

$$\begin{cases} S_B = S_S - T = 1170.1675 - 50.94 = 1119.2275 \text{ m.} \\ Z_B = Z_S - T \times |i_1\%| = 473.644 - 50.94 \times |1.052\%| = 473.108 \text{ m.} \end{cases}$$

Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_S + T = 1170.1675 + 50.94 = 1221.1075 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times |i_2\%| = 473.644 + 50.94 \times |3.023\%| = 475.184 \text{ m} \end{cases}$$



Calcul de la longueur de la courbe :

$$L=2 \times T=2 \times 50.94 = 101.88 \text{ m.}$$

• Cas d'un Raccordements concave :

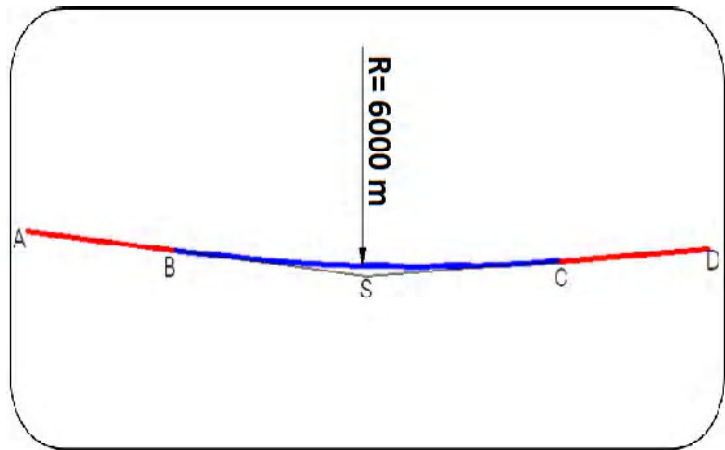
Raccordement N°09:

$$R=6000 \text{ m}$$

$$A : \begin{cases} S_A = 4860.9235 \text{ m} \\ Z_A = 360.696 \text{ m} \end{cases}$$

$$S : \begin{cases} S_S = 5400 \text{ m} \\ Z_S = 364.44 \text{ m} \end{cases}$$

$$D : \begin{cases} S_D = 5678.7005 \text{ m} \\ Z_D = 378.05 \text{ m} \end{cases}$$



Calcul des pentes :

$$i_1 = \left| \frac{(Z_S - Z_A)}{(S_S - S_A)} \right| = \left| \frac{(364.44 - 360.696)}{(5400 - 4860.9235)} \right| = 0.694\%$$

$$i_2 = \left| \frac{(Z_S - Z_D)}{(S_S - S_D)} \right| = \left| \frac{(364.44 - 378.05)}{(5400 - 5678.7005)} \right| = 4.88\%$$

Calcul des tangentes :

$$T = (|i_1| + |i_2|) \times R/2 = (|0.694\%| + |4.88\%|) \times 6000/2 = 167.22 \text{ m.}$$

Calcul des flèches :

$$H = T^2/2R = (167.22)^2 / (2 \times 6000) = 2.33 \text{ m}$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

Calcul des coordonnées du point B :

$$\begin{cases} S_B = S_S - T = 5400 - 167.22 = 5232.78 \text{ m} \\ Z_B = Z_S + T \times |i_1\%| = 364.44 + 167.22 \times |0.694\%| = 365.6 \text{ m} \end{cases}$$

Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_s + T = 5400 + 167.22 = 5567.22 \text{ m} \\ Z_C = Z_s + T \times |i_2\%| = 364.44 + 167.22 \times |4.88\%| = 372.6 \text{ m} \end{cases}$$

Calcul de la longueur de la courbe :

$$L = 2 \times T = 2 \times 167.22 = 344.44 \text{ m.}$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe





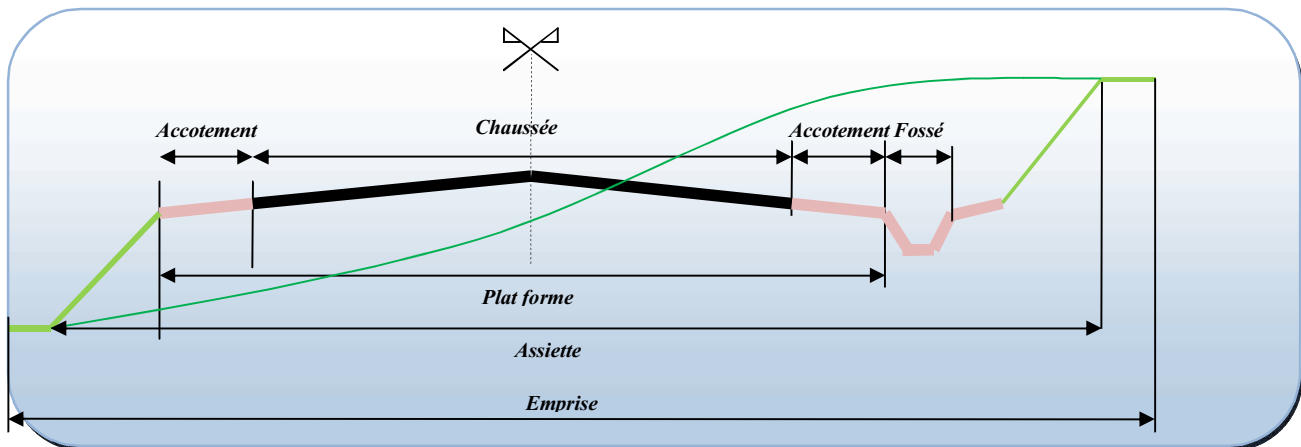


## Chapitre VI: profil en travers :

### 1) définition:

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. 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 type» 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 du profil en travers :



#### 1- La chaussée:

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

#### 2- La largeur roulable:

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

#### 3- Plate forme:

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

#### 4- L'assiette:

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

#### 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.

#### 6- Les accotements:

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent

Généralement les éléments suivants :

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

#### 7- Le fossé :

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

### **3) Classification du profil en travers :**

Ils existent deux types de profil :

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

#### 1- Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

#### 2- Le profil en travers courant :

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

### **4) Application au projet :**

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

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée :  $3,5 \times 2 = 7,00m$
- Accotement :  $1,8 m \times 2 = 3,6 m$ .
- Plate forme :  $= 10,6 m$ .

## Chapitre IV : La Géotechnique

### VII-1-LA GEOTECHNIQUE

*La géotechnique est l'ensemble des activités liées aux applications de la mécanique des sols, de la mécanique des roches et de la géologie de l'ingénieur.*

*La géotechnique s'appuie principalement sur deux sciences :*

- ✓ *La géologie qui retrace l'histoire de la terre, précise la nature et la structure des matériaux et leur évolution dans le temps,*
- ✓ *La mécanique des sols et des roches qui modélise leur comportement en tant que déformabilité et résistance des matériaux.*

### VII-2-INTRODUCTION

*La géotechnique routière a pour objectif de définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour la structure de chaussée.*

*Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs, appliquée aussi bien au sol que l'on rencontre dans la nature et qui supporte de construction d'une route et des massifs de terres artificiels (remblai).*

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

*Pour cela on fait des essais en laboratoire qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.*

### VII-3-OBJECTIFS

*Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :*

- ✓ *le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement,*
- ✓ *la sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais,*
- ✓ *l'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de gisement .*

### VII-4-REGLEMENTATION ALGERIENNE EN GEOTECHNIQUE

*La géotechnique couvre un grand champ d'activité qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place.*

*Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisées en laboratoire dans le cadre des études géotechniques ; par exemple :*

- ✓ **Les essais en place** : essais pénétromètre statique ou dynamique .....etc.,
- ✓ **Les essais de laboratoire** : essais d'identification et de classification.

### VII-5-LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE

Les essais de laboratoire sont dans tous les cas nécessaires pour préciser et compléter la nature et le comportement des sols. En géotechnique routière les essais plus utilisés dans laboratoire sont.

#### VII-5-1-Les essais d'identification:

##### ➤ Teneur en eau et masse volumique :

- ✓ **La teneur en eau (w%) :** La teneur en eau d'un granulat ou d'un sol est le pourcentage d'eau (en masse) par rapport au matériau sec :

$$w \% = \frac{\text{masse de l'eau } (W_w)}{\text{masse du matériau sec } (W_s)} \times 100$$

- ✓ **Masse volumique:** masse du sol par unité de volume du sol (t/m<sup>3</sup>)

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

On calcule aussi la masse volumique sèche  $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

##### ➤ Analyses granulométriques :

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

Suivant la dimension des particules, les dénominations suivantes ont été adoptées :

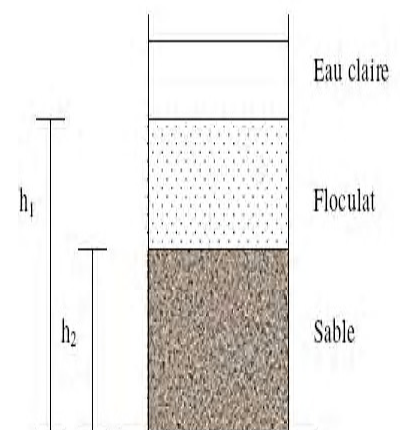
Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
$D > 20$	Cailloux	Sols Grenus
$20 > D > 2$	Graves	Sols Grenus
$2 > D > 0.2$	Gros sable	Sols Grenus
$0.2 > D > 0.02$	Sable fin	Sols Grenus
$0.02 > D > 2 \mu$	Limons	Sols fins
$D < 2 \mu$	Argiles	Sols fins

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

##### ➤ Équivalent de sable :

Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments fins et faiblement plastiques. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution floculante destinée à mettre en suspension et à faire gonfler les particules argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur  $h_2$  du sable et la hauteur  $h_1$  du sommet du floculat.

On calcule ensuite :



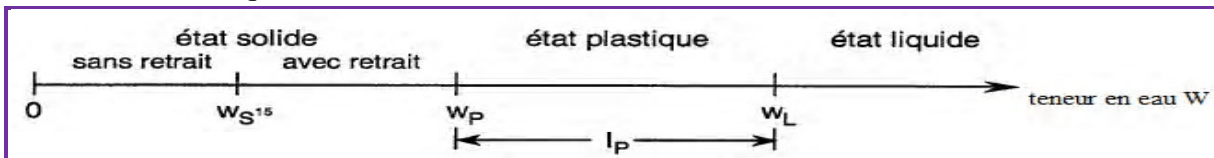
$$ES = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$$

➤ **Limites d'Atterberg :**

Les limites d'Atterberg caractérisent le comportement des sols fins en présence d'eau en pratique on détermine à l'aide de l'appareil de Casagrande.

Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau :

- **La limite de plasticité  $w_P$**  caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique,
- **La limite de liquidité  $w_L$**  est caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide,



On définit alors l'indice de plasticité  $I_P$ :

$$IP = w_L - w_P$$

Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement.

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

**$IP < 12$  : Faiblement argileux**

**$12 \leq IP < 25$  : Moyennement argileux**

**$25 \leq IP < 40$  : argileux**

**$IP \geq 40$  : Très argileux**

➤ **Essai au bleu de méthylène VBs:**

Il s'agit d'un autre paramètre permettant de caractériser l'argilosité d'un sol mais dont l'application à l'identification des sols remonte seulement à quelques années. Ce paramètre représente la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur les surfaces externes et internes des particules du sol, ou autrement dit une grandeur directement liée à la surface spécifique du sol

La valeur de bleu, notée VBs (valeur de bleu du sol) et exprimée en grammes de bleu pour 100 g de sol.

	Seuil VBs	Sols
<b>Sensibilité à l'eau</b>		
<b>Insensibles</b>	0.1	
<b>Éventuellement sensible</b>	0.2	
<b>Sensible</b>	0.2 à 1.5	Sablo-limoneux
	1.5 à 2.5	Sablo-argileux
	2.5 à 6	limoneux
	6 à 8	argileux
	Sup à 8	Très argileux

Le tableau qui donne la sensibilité à l'eau des différents sols en fonction de la valeur au bleu.

**VII-5-2-Les essais mécaniques:****➤ Essai PROCTOR :**

Ces essais permettent de déterminer les caractéristiques de compactage d'un matériau et à rechercher la relation entre la densité sèche  $\gamma_d$  et la teneur en eau  $\omega$  pour une énergie  $E$  de compactage donnée.

En pratique l'énergie de compactage  $E$  correspond à un nombre de coups de dame standard correspondant soit :

L'essai **Proctor normal** rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

L'essai **Proctor modifié**, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

	<i>Proctor normal</i>	<i>Proctor modifié</i>
<i>Poids de la dame (kg)</i>	2.495	4.54
<i>Hauteur de la chute (cm)</i>	30.5	45.7
<i>Nombre de couches</i>	3	5
<i>Nombre coups de dame/couche</i>	55	55

**➤ Essai C.B.R (California Bearing Ratio):**

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'indice portant CBR exprime le rapport, en % entre les pressions produisant un enfoncement donné dans un sol et dans un sol de référence (grave concassée).

Le principe de l'essai consiste à enfoncer un poinçon normalisé de **19.3 cm<sup>2</sup>** à la vitesse de **1.27 mm/mn** dans le sol compacté selon l'essai Proctor modifié

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

**➤ Essai Los Angeles:**

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

**➤ Essai Micro Deval :**

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

1) Conditions d'utilisation des sols en remblais :

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension  $> 80\text{mm}$ .
- Matériaux plastique  $I_P > 20\%$  ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à fort teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compacté avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

2) Les moyens de reconnaissance :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site.
- Les essais « in –situ ».
- Les essais au laboratoire.

**Nota :** Par manque de données géotechnique, cette partie n'a pu être traitée en détail.

**Conclusion :**

Notre projet traverse une zone connue de par de ces bonnes caractéristiques physico-mécanique (à partir de la DTP de Chlef) .matériaux pour remblai et couches de fondation seront issues des carrières.

La classification du sol support dans le calcul de dimensionnement du corps de chaussée et de classe de portance S2 pour un indice C.B.R =10.

## Dimensionnement du corps de chaussée

### .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 chaussée :

#### 2.a) 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.b) Les différents types de chaussée :

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

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

*i. 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 :

**❖ 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.

**❖ 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.

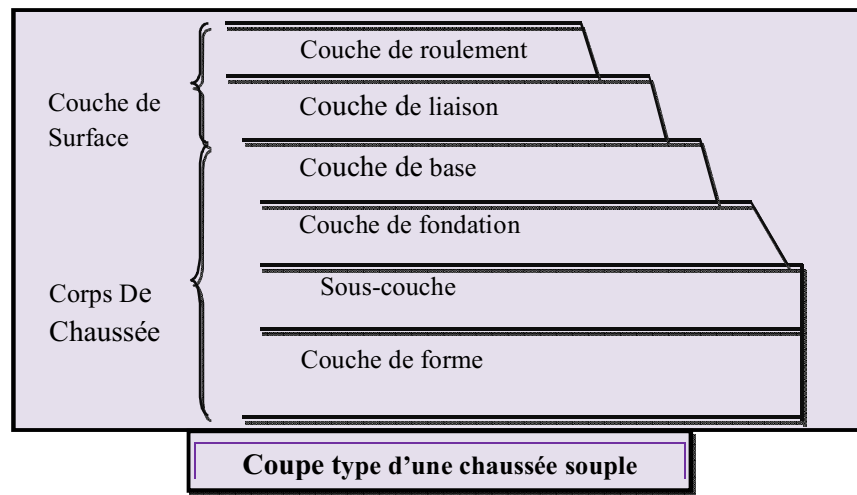
**❖ Couche de fondation :**

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.

**❖ 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 40et 70 cm



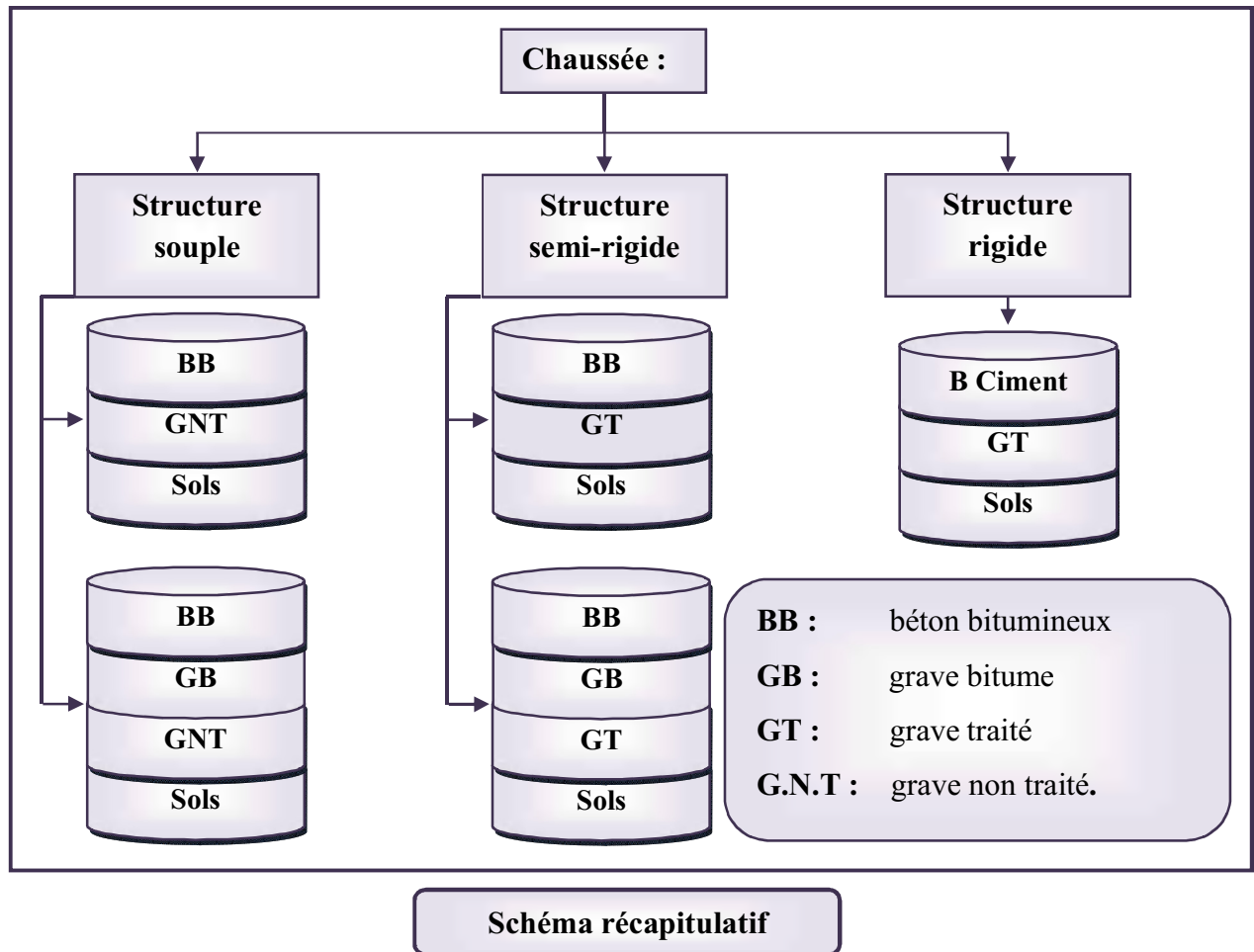
ii. Chaussée semi-rigide :

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.

iii. 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.



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

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

#### 3.a) *Trafic :*

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

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

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

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

$$N = T.A.C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul

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

$\tau$ : Taux de croissance du trafic.

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

### 3.b) 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.

### 3.c) Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué 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.

### 3.d) Matériaux :

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

## 4. Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

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

#### 4.a) 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:

Avec:

**e**: épaisseur équivalente

**I**: 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:

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

Où:

**c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>** : coefficients d'équivalence.

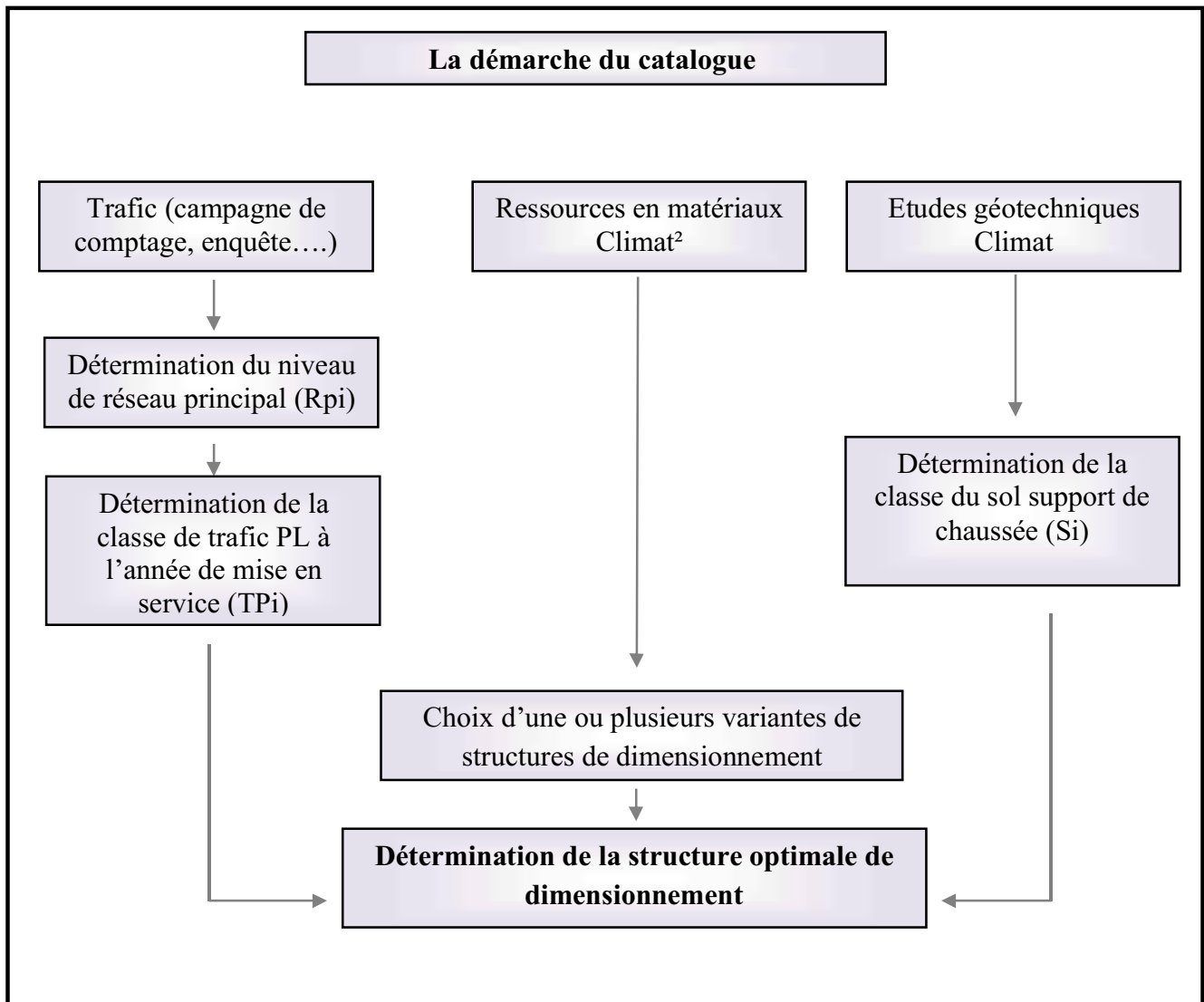
**e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub>** : épaisseurs réelles des couches.

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

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

#### ❖ Coefficient d'équivalence :

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 gypseux	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60



#### VI.4.b) 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.



5. Application au projet :**5.a) Méthode C.B.R :**❖ **Données de l'étude :**

- Année de comptage : 2011.
- TJMA<sub>2011</sub>=1978 v/j
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement :  $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 30 \%$
- $I_{CBR}=10\%$ .

❖ **Détermination de  $N_{PL2033}$  :**

$$\begin{aligned} TJMA_{2013} &= TJMA_{2011} (1 + \tau)^2 \\ &= 1978 (1 + 0.04)^2 \\ &= 2139 \text{ v/j} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{PL2033} &= TJMA_{2013} \times 0.5 \times \%PL \times (1 + \tau)^{20} \\ &= 2139 \times 0.5 \times 0.3 \times (1 + 0.04)^{20} \\ &= 703 \text{ PL/j/sens} \end{aligned}$$

❖ **Détermination de l'épaisseur équivalente :**

$$E_{\text{équi}} = [100 + \sqrt{P} (75 + 50 \log_{10} (N/10))] / (ICBR + 5)$$

$$E_{\text{équi}} = [100 + \sqrt{\frac{13}{2}} (75 + 50 \log_{10} (703/10))] / (10 + 5)$$

$$E_{\text{équi}} = 35 \text{ cm}$$

**Donc l'épaisseur équivalente :  $a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + a_3 \cdot e_3 = 35 \text{ cm}$**

Où

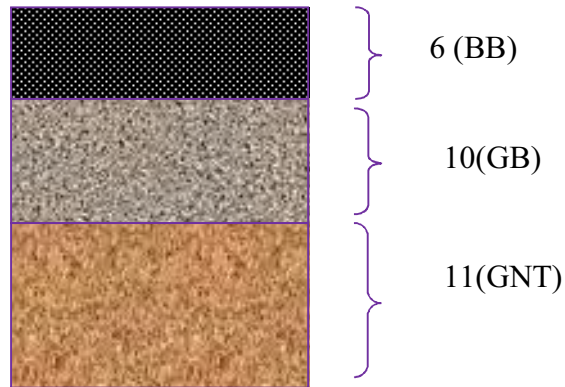
$a_i$  : coefficient d'équivalente des différents matériaux.

On suppose:

Nom de la couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur de la couche
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1,2	10
Fondation	GNT	1	?

$$e_3 = 35 - (2 \times 6 + 1,2 \times 10) / 1 = 11 \text{ cm}$$

On prend  $e_3 = 11 \text{ cm}$



### 5.b) La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

#### ❖ Données de l'étude :

- Année de comptage : 2011.
- TJMA<sub>2011</sub> = 1978 v/j
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement :  $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 30 \%$
- CBR = 10%.

#### ▪ Détermination du type de réseaux principaux :

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

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

$$\text{TJMA}_{2013} = 2139 \text{ (V/j)}.$$

$2139 \text{ (V/j)} > 1500 \text{ (V/j)} \longrightarrow$  le réseau principal est RP1.

#### ▪ Détermination de la classe de trafic :

### Définition du poids lourd :

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

- $\text{TJMA}_{2013} = 2139 \text{ v/j}$ .
- $\tau = 4 \%$ .
- $Z = 30 \%$ .
- $\text{TPL} = 2139 \times 0.3 \times 0.5 = 321 \text{ PL/j/sens}$ .

- **Répartition transversale du trafic :**

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

- chaussée bidirectionnelle à 2vois :50% du trafic PL.

$$TPL_{2013} = 321 \times 0.5 = 161 \text{ (PL/j/sens).}$$

- **Détermination de la classe de trafic (TPL<sub>i</sub>) :**

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

Classe TPL<sub>i</sub> pour RP1 :

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

TPL= 161 (PL/j/sens). —————> La classe de trafic est TPL<sub>3</sub>.

- **Détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

- **Présentation des classes de portance des sols :**

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S<sub>4</sub> à S<sub>0</sub>. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Portance (S <sub>i</sub> )	CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

- **Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :**

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

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

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

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

$E \text{ (MPa)} = 5 \times 10 = 50 \text{ (MPa)} \longrightarrow S_2.$

▪ **Choix de différentes couches constituée de la chaussée :**

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

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

**Détermination de la zone climatique :**

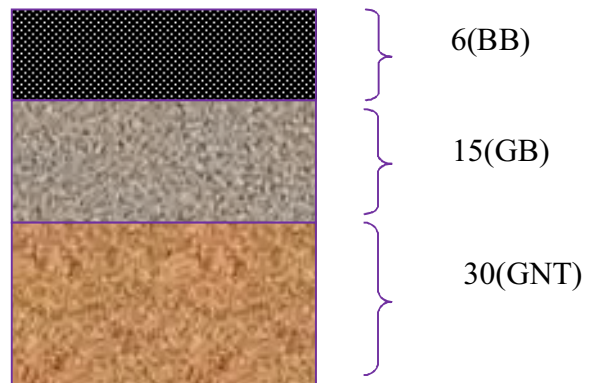
D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique II ( $350 < II < 600 \text{ mm/an}$ ).

**Choix de dimensionnement :**

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S3) et une classe de trafic (TPL3).

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) on a proposé la structure suivante:

- couche de roulement : BB = 6 cm.
- couche de base : GB = 15 cm.
- couche de fondation : GNT = 30 cm.



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

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

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \cdot 10^{-3} \times T \cdot C \cdot F^{0.235}$$

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times$$



**Résumé :**

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

Indice C.BR	Méthode C.B.R	Méthode catalogue
10	<b>6BB+10GB+11GNT</b>	<b>6BB+15GB+30GNT</b>

**Conclusion :**

*D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme pour l'ensemble du tracé, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes et différentes selon l'indice portant du sol support.*

*La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes.*

- *Augmentation de la longévité de la route.*
- *Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.*
- *Minimiser les coûts d'entretien.*
- *Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.*
- *Un meilleur comportement à l'agressivité des charges son cesse croissantes (l'orniérage).*

## Choix et conception des carrefours

### 1) Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection 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.

### 2) LES DIFFÉRENTS TYPES DE CARREFOUR :

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

#### **2.1. Carrefour à trois branches (en T) :**

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

#### **2.2. 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°).

#### **2.3. Carrefour à quatre branches (en croix) :**

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

#### **2.4. 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.

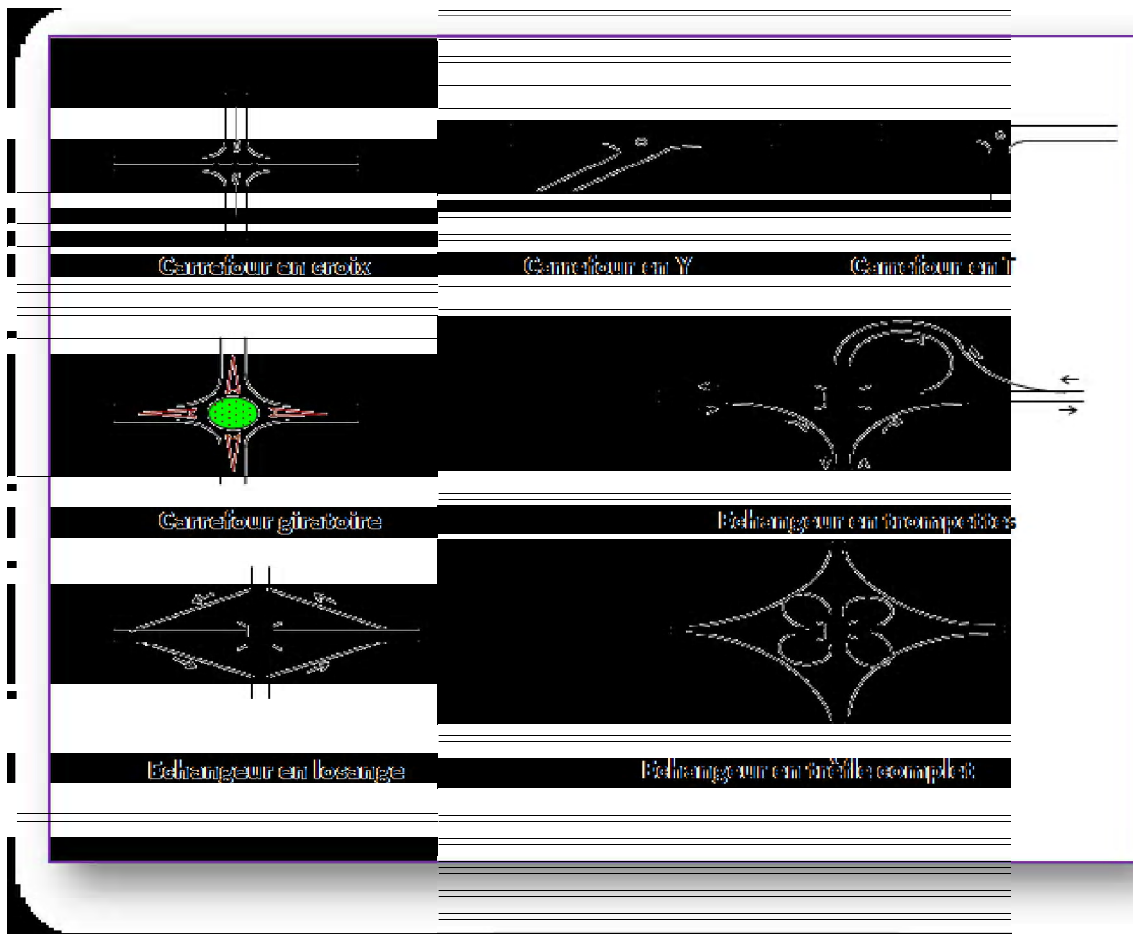
Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

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.



❖ Différents types des carrefours.

### 3) DONNEES UTILES À L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR:

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans la future.
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Le respect de l'homogénéité de tracé.
- La surface neutralisée par l'aménagement.
- La condition topographique.
- 

### 4) PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR:

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de  $90 \pm 20$  à fin 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.

#### 4.1. La visibilité :

*Dans toute zone d'approche du carrefour, on doit assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicules et sur les îlots.*

*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.*

#### 4.2. Les îlots :

*Les îlots séparateurs sont des éléments physiques obligatoires dans la conception des carrefours giratoires, leur géométrie est déterminante pour la fonctionnalité du carrefour, sa capacité et sa sécurité, de forme triangulaire, ils combleront l'espace entre la voie d'entrée et la voie de sortie de chaque branche du carrefour giratoire et permettent aux piétons de s'y réfugier quant ils traversent le carrefour.*

*Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :*

- *Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1(m).*
- *Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1(m).*
- *Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1(m).*
- *Longueur de l'îlot : 15 m à 30 (m).*

## 5) APPLICATION AU PROJET :

- **Introduction :**

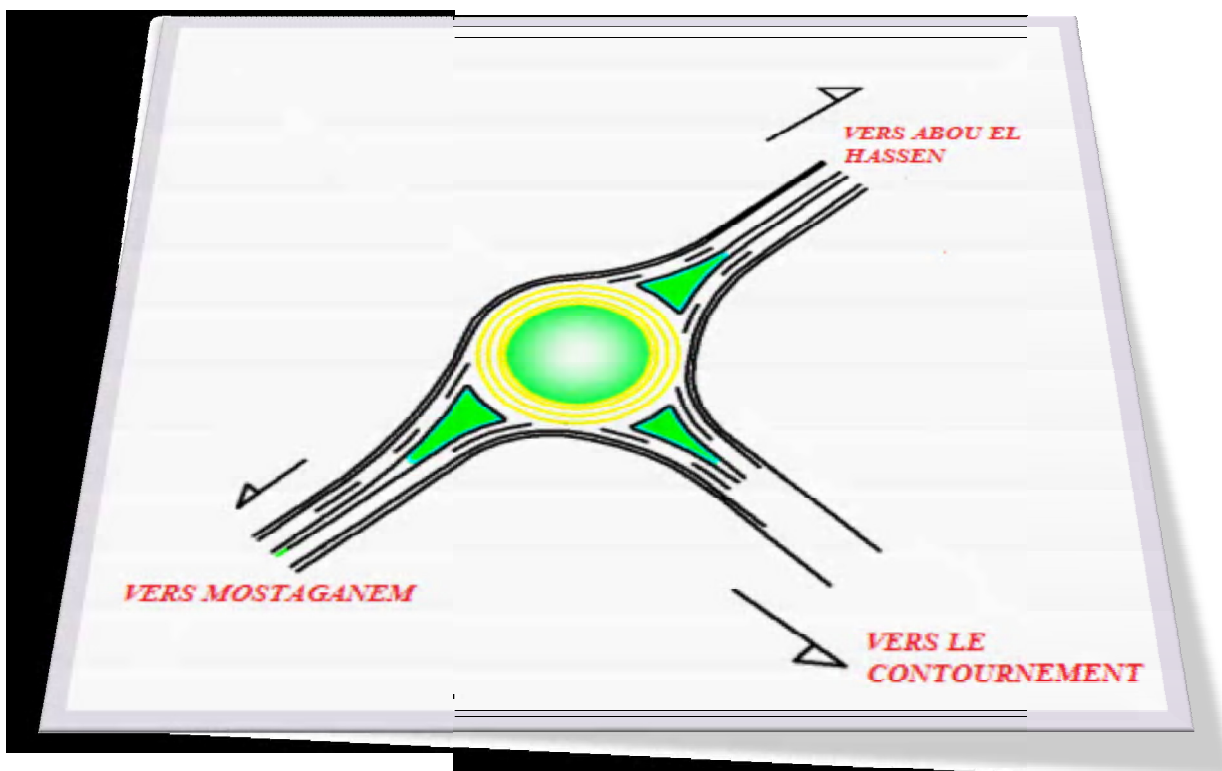
Pour assurer l'écoulement du trafic au niveau des jonctions, nous avons prévu d'aménager trois carrefours en type giratoire et offrir la priorité au contournement.

En effet, ces aménagements seront mis en place dans le but d'améliorer les conditions de circulation au niveau des intersections des routes avant même qu'elles ne deviennent des points noirs.

### 5.1. Carrefour giratoire au début de projet :

L'étude d'aménagements du carrefour plan situés au début de projet ; (intersection **CW44- contournement**) correspondant à l'abscisse 00+000, consiste à aménager le contournement de la ville d'Abou El Hassen ou niveaux de **CW44** en un carrefour giratoire de trois branches :

- CW 44 (vers Mostaganem).
- CW44 (vers la ville d'Abou El Hassen)
- Accès au contournement.

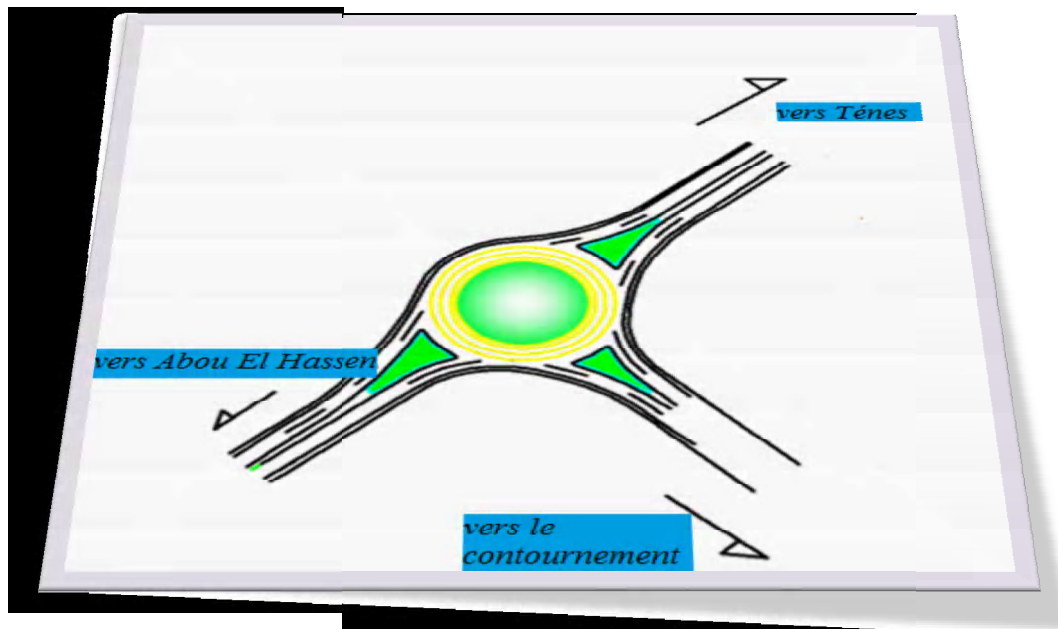


❖ Carrefour giratoire au début de projet

### 5.2 Carrefour giratoire a la fin de projet :

L'étude d'aménagements du carrefour plan situés a fin de projet ;  
(intersection **contournement-CW151**) correspondant à l'abscisse 05+700, consiste à aménager le contournement de la ville d'Abou El Hassen ou niveaux de **CW 151** en un carrefour giratoire de trois branches :

- CW 151 (vers Ténès).
- CW151 (vers la ville d'Abou El Hassen)
- Accès au contournement.

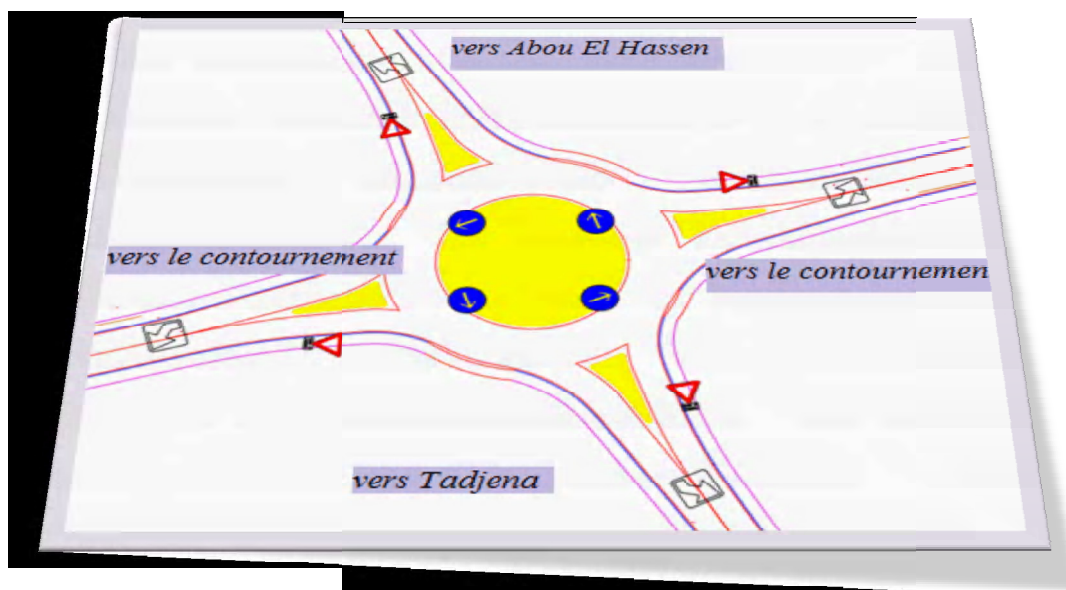


❖ Carrefour giratoire a la fin de projet

### 5.3. Carrefour giratoire à travers le contournement :

L'étude d'aménagements du carrefour plan situés a travers le contournement ;  
(Intersection **contournement-CW 151**) correspondant à l'abscisse 02+650, consiste à aménager le contournement de la ville d'Abou El Hassen ou niveaux de **CW 151** en un carrefour giratoire de quatre branches :

- CW151 (vers Abou El Hassen ).
- CW151 (vers la ville de Tadjena)
- Le contournement
- Le contournement



❖ Carrefour giratoire a travers le contournement

- L'aménagement des carrefours :

- **Zone d'implantation :**

*Le carrefour giratoire se prête particulièrement bien aux conditions de trafic du milieu périurbain, d'autre part du point de vue de la sécurité, ce peut être un élément intéressant pour le traitement des zones de transition entre ras compagne et milieu urbain, dans la mesure où il incite à la réduction des vitesses et souligne la modification de l'environnement .*

*Dans notre projet nous avons prévu d'aménager des carrefours giratoires que seront implantés dans une zone périurbain, on peut remarquer que ces giratoires sont des éléments intéressants pour le traitement des zones de transition entre le CW 44 et le CW 151 et le contournement de la ville d'Abou El Hassen .*

- **L'aménagement des entrées et des sorties :**

*La détermination de la vitesse à laquelle les véhicules entrent et sortent du carrefour giratoire, la largeur des entrées doit en conséquence être considérée comme un facteur déterminant quant à la capacité et à la sécurité du carrefour giratoire.*

*La largeur de l'entrée, établie à partir des manœuvres de virage simulées, aura une influence déterminante sur sa capacité.*

*En milieu urbain, le rayon de sortie devrait être inférieur à 15 m, de manière à éviter que la vitesse de sortie n'excède 40 km/h. En milieu rural, le rayon de sortie peut être supérieur à 15 m, à condition qu'il n'y ait pas de piétons.*

*Voir L'Annexe*

## Chapitre IX: Assainissement

### **1) Introduction:**

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

#### a) Pour les chaussées :

- ✓ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- ✓ Dés enrobage.
- ✓ Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important).
- ✓ Décollement des bords (affouillement des flancs).

#### b) Pour les talus :

- ✓ Glissement.
- ✓ Erosion.
- ✓ Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

### **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) Assainissement de la chaussée:**

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- ✓ Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- ✓ Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot)

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

a) Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

b) Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

c) Fossé de pied de talus de remblai :

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

d) Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

e) Descentes d'eau :

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

#### 4) Définition des termes hydraulique :

a) Bassin versant :

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

b) Collecteur principal (canalisation) :

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

c) Chambre de visite (cheminée) :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur 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 consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

d) Sacs :

C'est un 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.

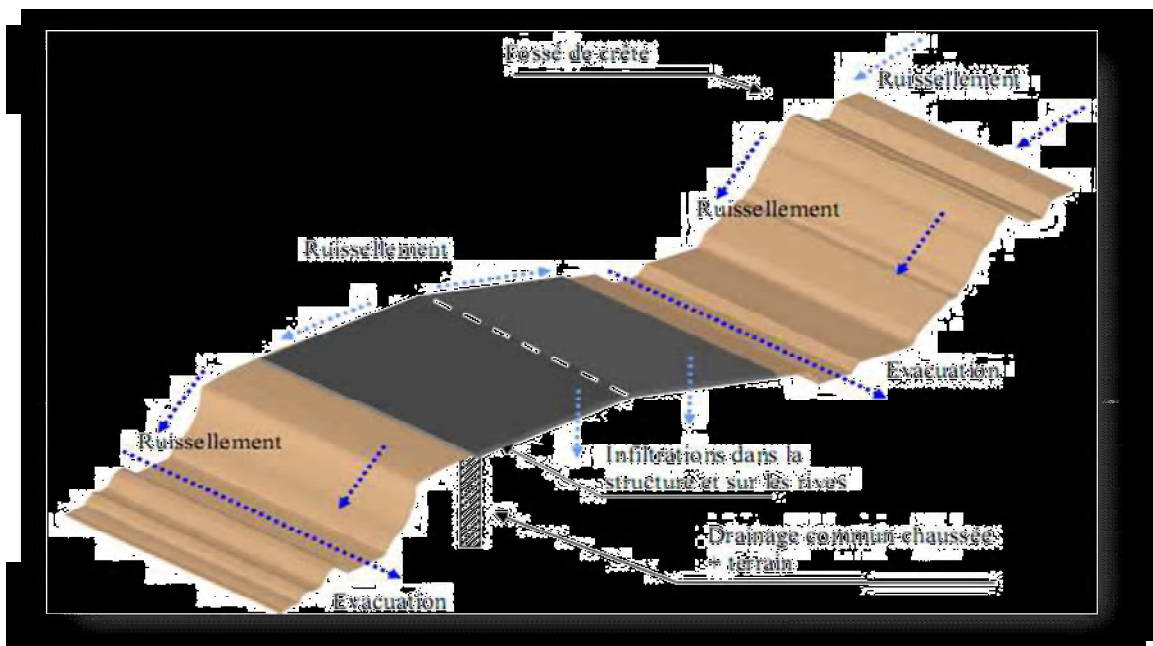
e) Fossés de crêtes :

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

f) Décente d'eau : Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

g) Les regards :

Ils sont constitués 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.



### 5) Dimensionnement de Réseau d'assainissement à projeter :

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée La méthode Rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe.

#### La méthode rationnelle :

$$Q_a = Q_s$$

$Q_a$  : débit d'apport en provenance du bassin versant ( $m^3/s$ ).

$Q_s$  : débit d'écoulement au point de saturation ( $m^3/s$ ).

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle :

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

Avec :

$K$  : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s).

$I$  : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

$C$  : coefficient de ruissellement.

$A$  : aire du bassin versant ( $m^2$ ).

a) Détermination de l'intensité :

Pour la détermination de l'intensité on utilise la courbe « Intensité-Durée-fréquence », qui donne l'intensité en fonction de la période de retour et la durée (temps de concentration).

❖ La période de retour :

- ✓ 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 dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

❖ Le temps de concentration :

La durée  $t$  de l'averse qui produit le débit maximum  $Q$  étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

1) Lorsque :  $A < 5 \text{ km}^2$  :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

2) Lorsque :  $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$  :

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

3) Lorsque :  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$  :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{P}}$$

- $T_c$  : Temps de concentration (heure).
- $A$  : Superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).
- $L$  : Longueur de bassin versant (km).
- $P$  : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

b) Coefficient de ruissellement :

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

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

c) Calcul de débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de « MANNING-STRICKLER » :

✓  $K_{si}$  : coefficient de **STRICKLER** qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

- Paroi en terre :  $K_{si} = 30$ .

Paroi en béton :  $K_{si} = 60$ .

✓ S : section mouillée.

✓ R : rayon hydraulique (m).

✓ J : la pente moyenne de l'ouvrage.

6) Application au projet :

a) Dimensionnement des fossés :

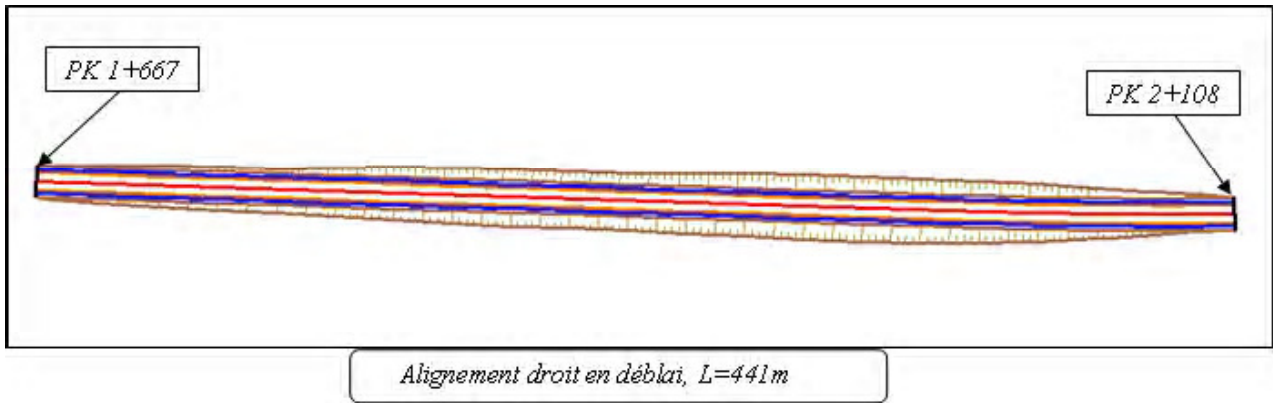
La section transversale des fossés peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme trapézoïdale et triangulaire.

Pour le dimensionnement des fossés on prend un temps de concentration égale à 15min. Alors  $t_c = 0.25h$ . Et une période de retour de 10ans.

Période	15min	30min	1H	2H	3H	6H	12H	24H
5ans	38.29	27.2	19.33	13.73	11.24	7.986	5.674	4.031
10ans	54.81	31.83	22.62	16.07	13.16	9.346	6.64	4.717
50ans	61.06	36.28	25.77	18.31	14.99	10.65	7.566	5.375
100ans	75.22	46.33	32.92	23.39	19.15	13.6	9.664	6.866

D'après les données précédentes et le tableau « **Intensité-Durée-Fréquence** ». On a obtenu une intensité  $I = 54.81 \text{ mm/h}$ .

- Cas d'alignement droit en déblai entre le PK 1+667 et le PK 2+108 de longueur  $L = 441 \text{ m}$  :



- Calcul de la surface du bassin versant :

Surface de la chaussée :  $A_c = 3.5 \times 441 = 1543.5 \text{ m}^2 = 0.15435 \text{ ha}$ .

Surface de l'accotement :  $A_{ac} = 1.8 \times 441 = 793.8 \text{ m}^2 = 0.07938 \text{ ha}$ .

Surface du talus :  $A_t = 5556.6 \text{ m}^2 = 0.55566 \text{ ha}$ .

Calcul du débit d'apport ( $Q_a$ ):

Débit de la chaussée :  $Q_c = 2.78 \times 0.95 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 0.15435 = 0.0223 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Débit de l'accotement :  $Q_{ac} = 2.78 \times 0.4 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 0.07938 = 0.0048 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Débit du talus :  $Q_t = 2.78 \times 0.3 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 0.55566 = 0.025 \text{ m}^3/\text{s}$ .

D'où :  $Q_a = Q_c + Q_{ac} + Q_t = 0.0223 + 0.0048 + 0.025 = 0.053 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- Calcul du débit de saturation ( $Q_s$ ):

Le débit de saturation où le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning- Strickler sur un écoulement en régime uniforme.

La forme transversale du fossé est trapézoïdale :

La section mouillée :

$$S_m = bh + 2(eh/2).$$

Avec :  $\text{tg } \alpha = h/e = 1/n$ , d'où :  $e = n \cdot h$

$$S_m = bh + nh^2 \Rightarrow S_m = h(b + nh).$$

Le périmètre mouillé :

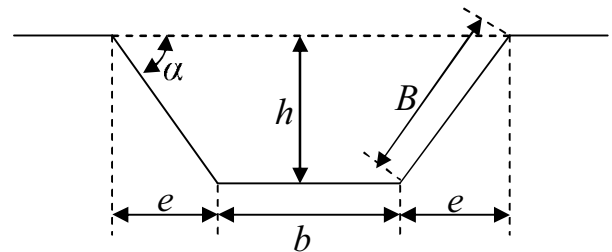
$$P_m = b + 2 \cdot B$$

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

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

Le Rayon hydraulique :

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



$$\text{Donc : } Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot [h(b + nh)] \left[ \frac{h(b + nh)}{b + 2h \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre  $n$  et on fait varier  $b$  et  $h$ . on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport :

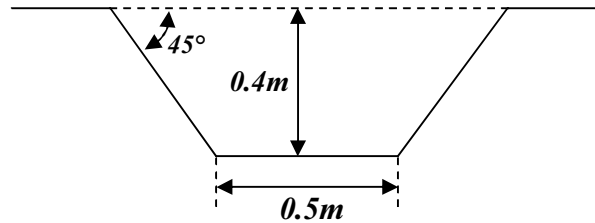
$$Q_s \geq Q_a$$

❖ Conception :  $b=0.5m$ ,  $h=0.4m$ ,  $K_{st}=60$ ,  $J=0.87\%$ ,  $n=1$  :

On trouve :

$Q_s=0.081m^3/s$ , Ce débit est nettement supérieur à  $Q_a=0.053m^3/s$ .

Donc cette conception est retenue :



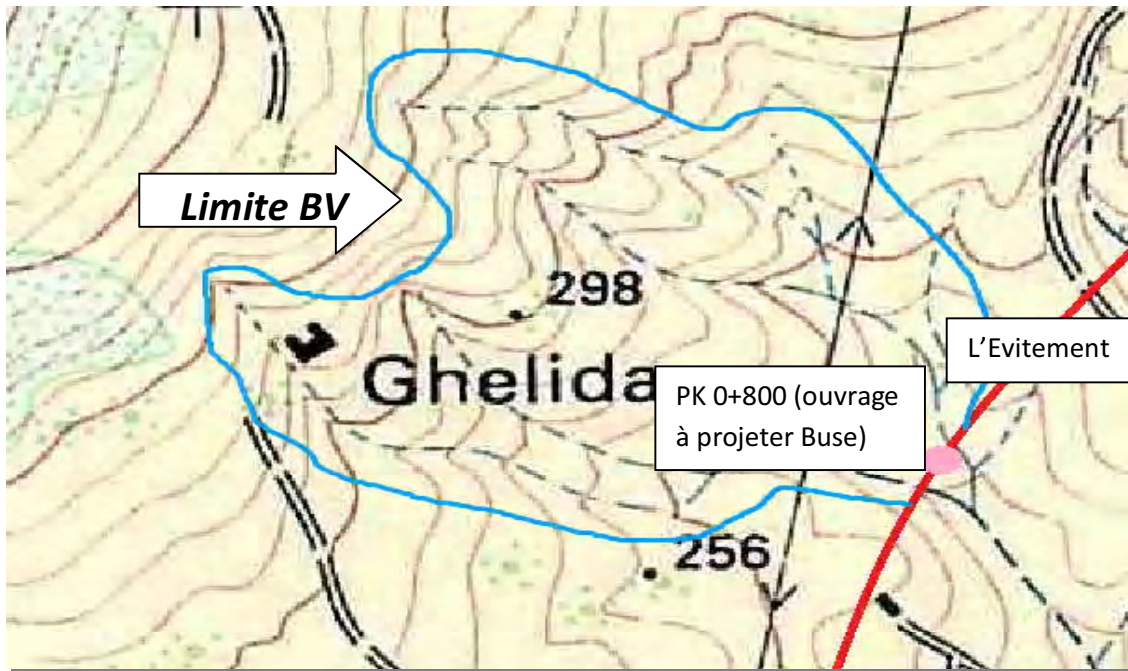
b) Dimensionnement des buses :

Pour le dimensionnement des buses on prend un temps de concentration égale à 15min. Alors  $t_c=0.25h$ . Et une période de retour de 10ans.

Période	15min	30min	1H	2H	3H	6H	12H	24H
5ans	38.29	27.2	19.33	13.73	11.24	7.986	5.674	4.031
10ans	54.81	31.83	22.62	16.07	13.16	9.346	6.64	4.717
50ans	61.06	36.28	25.77	18.31	14.99	10.65	7.566	5.375
100ans	75.22	46.33	32.92	23.39	19.15	13.6	9.664	6.866

D'après les données précédentes et le tableau « **Intensité-Durée-Fréquence** ». On a obtenu une intensité  $I=54.81mm/h$ .

❖ Exemple de calcul : PK 0+800 (ouvrage busé à projeter) :



- Calcul de la surface du bassin versant :

Surface de la chaussée :  $A_c = 3.5 \times 100 = 350 \text{ m}^2 = 0.035 \text{ ha}$ .

Surface de l'accotement :  $A_{ac} = 1.8 \times 100 = 180 \text{ m}^2 = 0.018 \text{ ha}$ .

Surface du bassin versant :  $A_{bv} = 260000 \text{ m}^2 = 26 \text{ ha}$ .

- Calcul du débit d'apport ( $Q_a$ ):

Débit de la chaussée :  $Q_c = 2.78 \times 0.95 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 0.035 = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Débit de l'accotement :  $Q_{ac} = 2.78 \times 0.4 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 0.018 = 0.0011 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Débit du bassin versant :  $Q_{bv} = 2.78 \times 0.2 \times 54.81 \times 10^{-3} \times 26 = 0.79 \text{ m}^3/\text{s}$ .

D'où :  $Q_a = Q_c + Q_{ac} + Q_{bv} = 0.005 + 0.0011 + 0.79 = 0.796 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- Calcul du diamètre de la buse  $\emptyset$ :

On a :  $Q_a = Q_s$

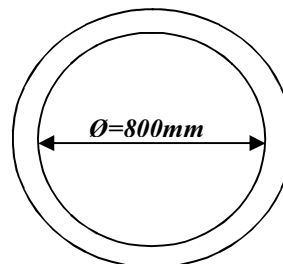
Donc la formule de Manning - Strickler deviendra :

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot (R/2)^{2/3} \cdot (\pi/2) \cdot R^2 \cdot (I)^{1/2}$$

$$\Rightarrow R = (Q_a \cdot 2 \cdot 2^{1/2} / \pi \cdot K_{st} \cdot I^{1/2})^{3/8}$$

A.N:  $R = (0.796 \times 2 \times 2^{1/2} / 3.14 \times 80 \times (0.015)^{1/2})^{3/8} \Rightarrow R = 375 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

Le débit est assuré pour un diamètre  $\emptyset = 2R = 800 \text{ mm}$ .



c) **Dimensionnement des dalots :**

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

Pour le dimensionnement des dalots on prend un temps de concentration égale à 15min. Alors  $t_c = 0.25h$ . Et une période de retour de 50ans.

Période	15min	30min	1H	2H	3H	6H	12H	24H
5ans	38.29	27.2	19.33	13.73	11.24	7.986	5.674	4.031
10ans	54.81	31.83	22.62	16.07	13.16	9.346	6.64	4.717
50ans	61.06	36.28	25.77	18.31	14.99	10.65	7.566	5.375
100ans	75.22	46.33	32.92	23.39	19.15	13.6	9.664	6.866

D'après les données précédentes et le tableau « **Intensité-Durée-Fréquence** ». On a obtenu une intensité  $I = 61.06 \text{ mm/h}$ .

❖ **Exemple de calcul :** PK 3+400 : ouvrage à projeter (dalot)

- Calcul de la surface du bassin versant :

Surface de la chaussée :  $A_c = 3.5 \times 380 = 1330 \text{ m}^2 = 0.133 \text{ ha}$ .

Surface de l'accotement :  $A_{ac} = 1.8 \times 380 = 684 \text{ m}^2 = 0.0684 \text{ ha}$ .

Surface du bassin versant :  $A_{bv} = 375400 \text{ m}^2 = 37.540 \text{ ha}$ .

- Calcul du débit d'apport ( $Q_a$ ):

Débit de la chaussée :  $Q_c = 2.78 \times 0.95 \times 61.06 \times 10^{-3} \times 0.133 = 0.021 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Débit de l'accotement :  $Q_{ac} = 2.78 \times 0.4 \times 61.06 \times 10^{-3} \times 0.0684 = 0.046 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Débit du bassin versant :  $Q_{bv} = 2.78 \times 0.2 \times 61.06 \times 10^{-3} \times 37.540 = 1.274 \text{ m}^3/\text{s}$ .

D'où :  $Q_a = Q_c + Q_{ac} + Q_{bv} = 0.021 + 0.046 + 1.274 = 1.341 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- Calcul du débit de saturation ( $Q_s$ ):

$$Q_s = S \cdot K_{ST} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Avec :

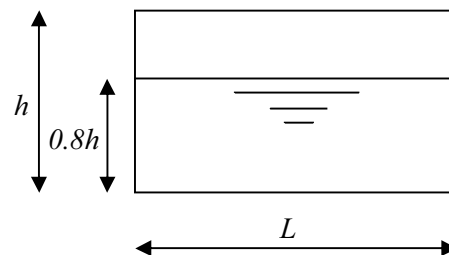
-  $K_{ST}$  : pour les dalots (béton armé) nous avons pris un coefficient de rugosité égal à 70.

- Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,80 h \quad \text{si } h < 2 \text{ m}$$

$$H_r = h - 0.50 \quad \text{si } h > 2 \text{ m}$$

$h$  : hauteur du dalot.



Donc:

- Périmètre mouillé :  $P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$
- Section mouillée :  $S_m = 0.8 \times h \times L$
- Rayon hydraulique :  $R_h = S_m / P_m = (0.8hL) / (1.6h + L)$
- Pente longitudinale de l'ouvrage  $I = 0.1\%$

Donc  $Q_s$  deviendra :

$$Q_s = K_{st} \cdot I^{1/2} \times 0.8hL [0.8hL / (1.6h + L)]^{2/3}$$

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre  $L$  et on fait varier  $h$ . on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport :  $Q_s \geq Q_a$

❖ Conception 01 : En fixant la largeur  $L = 1.5$  m et on pose  $h = 1.5$  m

On trouve :

$$Q_s = 2.39 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ Ce débit est nettement supérieur à } Q_a = 1.341 \text{ m}^3/\text{s}.$$

❖ Conception 02 : En fixant la largeur  $L = 1.5$  m et on pose  $h = 1.2$  m

On trouve :

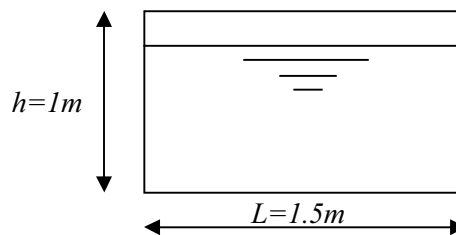
$$Q_s = 1.80 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ Ce débit est nettement supérieur à } Q_a = 1.341 \text{ m}^3/\text{s}.$$

❖ Conception 03 : En fixant la largeur  $L = 1.5$  m et on pose  $h = 1$  m

On trouve :

$$Q_s = 1.411 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ Ce débit est sensiblement supérieur à } Q_a = 1.341 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Donc cette conception est retenue :



- Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

PK	DISIGNATION	DIMENSIONS
0+20	Buse	$\varnothing = 1000$ mm
0+240	Buse	$\varnothing = 1000$ mm
0+620	Buse	$\varnothing = 800$ mm
0+729	Buse	$\varnothing = 1000$ mm
0+800	Buse	$\varnothing = 800$ mm
0+960	BUSE	$\varnothing = 800$ mm
1+500	Buse	$\varnothing = 1000$ mm
1+640	BUSE	$\varnothing = 800$ mm
1+840	BUSE	$\varnothing = 800$ mm
2+280	DALOT	$L = 1.5$ m, $h = 1$ m
3+400	DALOT	$L = 1.5$ m, $h = 1.2$ m
4+421	Buse	$\varnothing = 600$ mm
4+700	DALOT	$L = 1.5$ m, $h = 1$ m

## Chapitre X: Signalisation

### 1) Introduction :

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

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

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

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

### 2) Dispositifs de retenue :

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

Il existe deux catégories de dispositifs de retenue :

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

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

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

### 3) Signalisation :

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

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

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

### 4) les types de signalisation :

On distingue deux familles de signalisation :

- ✓ Signalisation horizontale.
- ✓ Signalisation verticale.

a) Signalisations horizontales :

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

- Lignes longitudinales :

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

- **Les lignes continues :**

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

- **Les lignes discontinues :**

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

- **Modulation des lignes discontinues :**

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

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

- **Marques sur chaussée :**

- **Les lignes mixtes :**

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

- Lignes transversales :

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

- **Ligne stop :**

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

- Autres signalisation :

- **Les flèches de rabattement :**

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

- **Les flèches de sélection :**

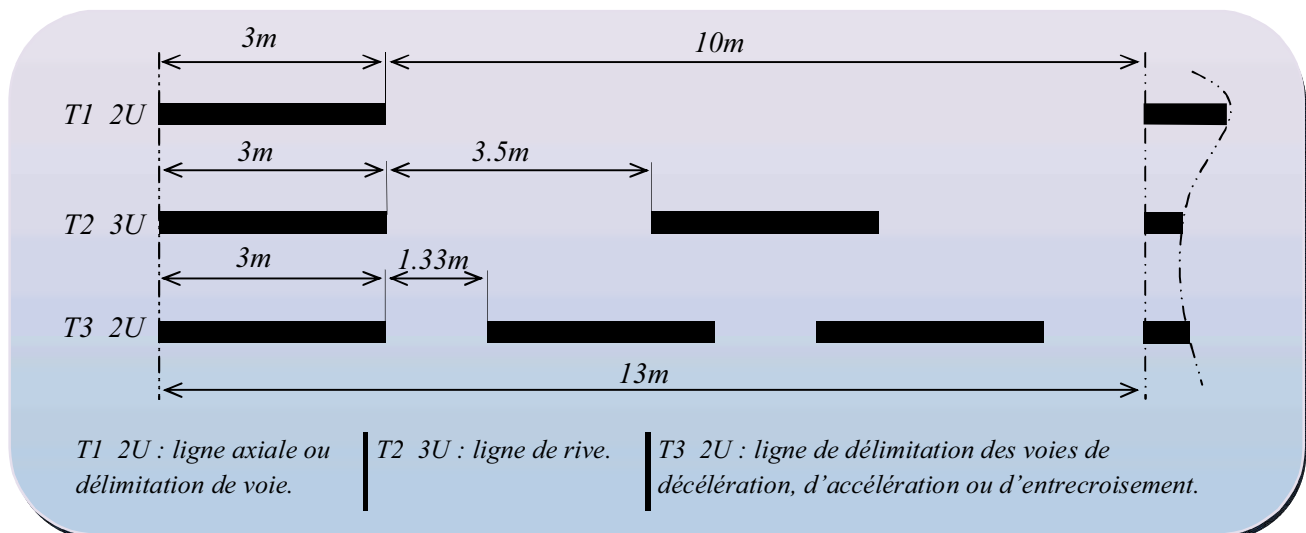
Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

- **Largeur des lignes :**

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

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

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



Types de modulation  
Référence signalisation routière (art-144)

b) Signalisations verticales :

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

- Signalisation avancée :

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

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

- Signalisation de position :

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

- Signalisation de direction :

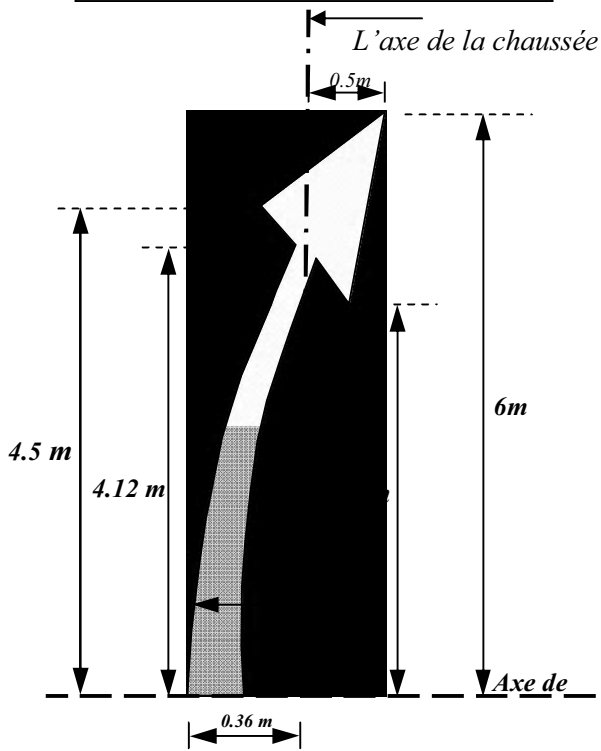
L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

5) Application au projet :

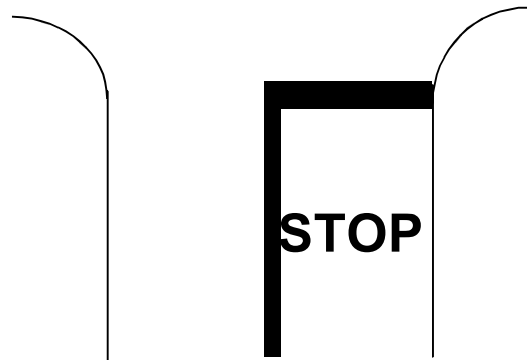
Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

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

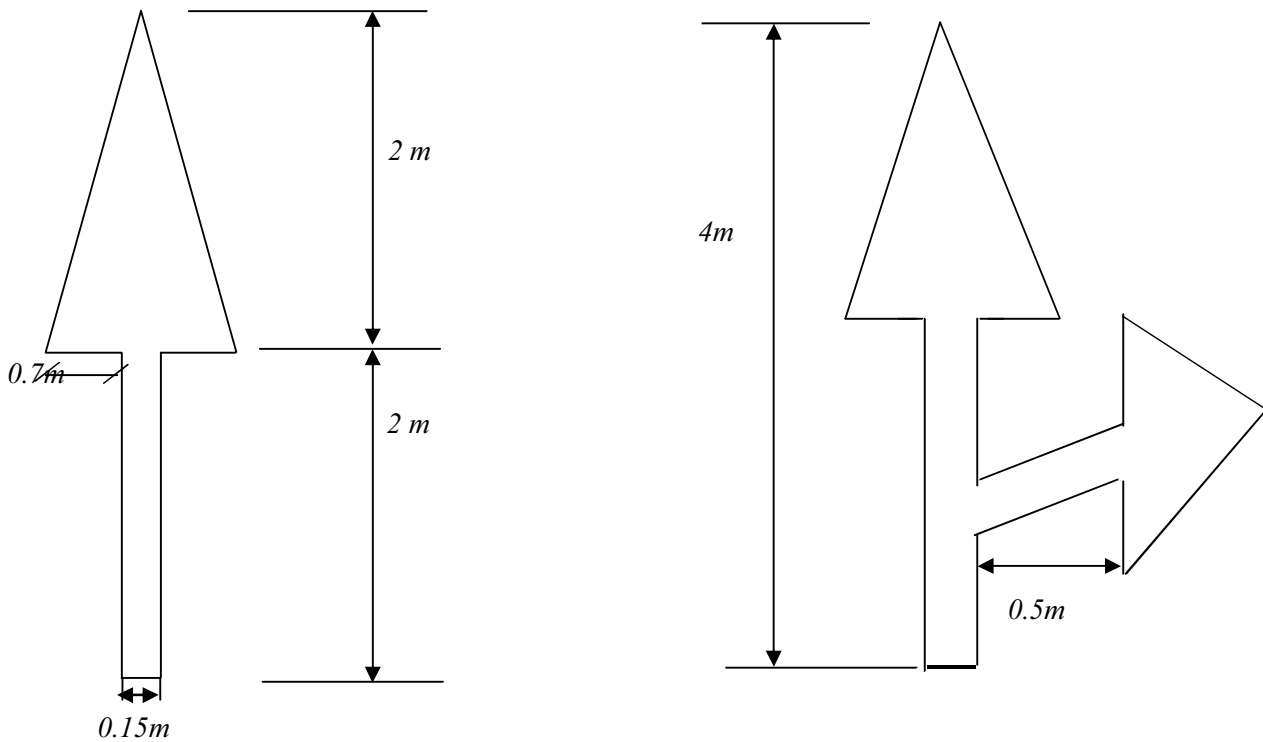
**FLECHE DE RABATTEMENT**



**SCHEMA DE SIGNALISATION  
STOP SUR CHAUSSEE**



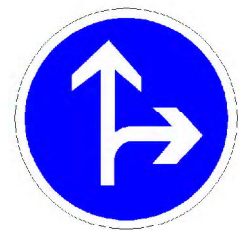
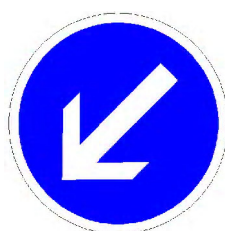
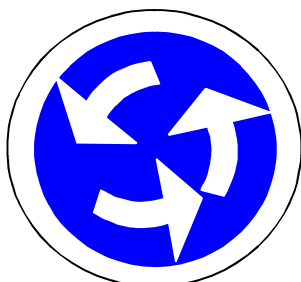
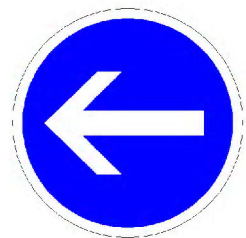
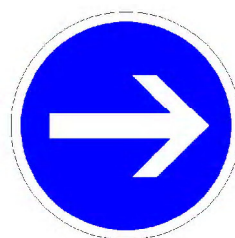
**FLECHE DE SELECTION**

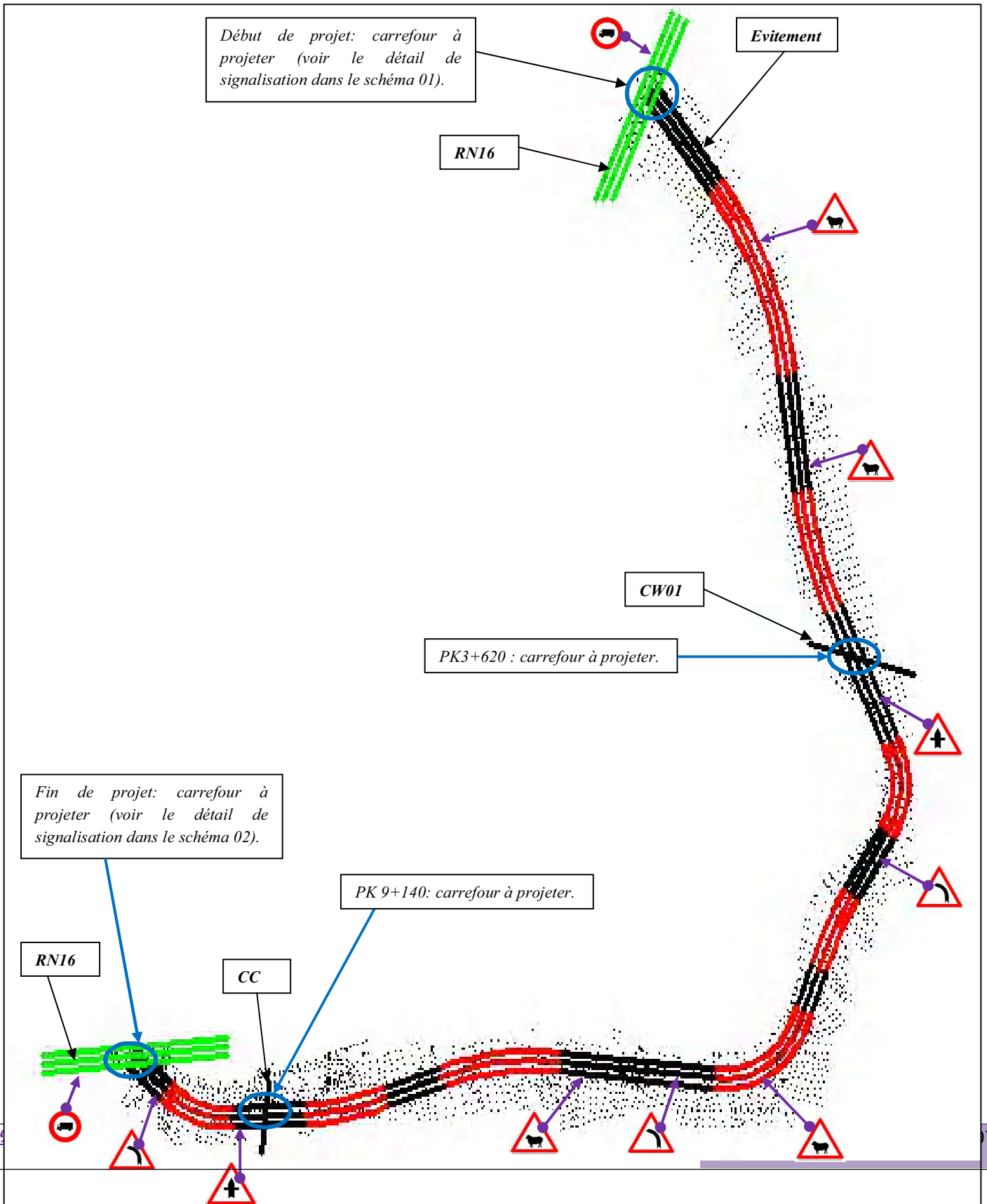


❖ les différents panneaux utilisés dans notre projet :



cedez le passage







D'après les résultantes obtenues

## Conclusion

*Notre travail de fin d'études nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques épuisées pendant le cycle de formation.*

*L'élaboration d'un projet routier n'est pas une chose aisée; comme s'apparu dès la première vue, il se fait en plusieurs étapes et demande beaucoup de temps, d'expérience auquel l'étudiant en travaux publics est confronté c'est pour une documentation plus ample qu'il doit s'orienter tout en faisant appel à des connaissances théoriques.*

*Notre étude de L'évitement de la ville d'Abou El Hassen en phase APS et APD et l'aménagement de ses carrefours nous a donné une occasion; De cerner tout les problèmes théoriques qui peuvent se présenter dans un projet routier en milieu plus ou moins urbain; de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.*

*Ce modeste travail nous a poussé mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence le PISTE+ (version 5.05) et l'autocad (version 2008). Compte tenu de leur traitement rapide et exact des données, cet outil nous permet de bien exploiter l'espace qui nous est réservé et d'éviter les contraintes existantes tout en détermination un meilleur tracé.*

*Enfin, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel par acquisition de plusieurs connaissances dans notre domaine.*

# CALCUL AUTOMATIQUE DE L'AXE PRINCIPALE DE L'EVITEMENT

## AXE EN PLAN

ELEMENTS	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y	
				0	29891.072	50054.802
D1	GIS = 180.776°	147.169				
			147.169	29889.08	49907.646	
C1	XC= 30289.043					
	YC= 49902.230					
	R = 400.000	19.23				
			166.399	29889.282	49888.419	
D2	GIS = 178.021°	92.88				
			259.28	29892.488	49795.594	
LA2	A = 53.324					
	Rf= 150.000					
	L = 18.956					
			278.236	29893.542	49776.67	
	XC= 30042.826					
	YC= 49791.305					
	R = 150.000					
	L = 16.774					
			295.01	29896.107	49760.103	
	Rd= 150.000					
	A = 53.324					
	L = 18.956	54.687				
			313.966	29900.827	49741.747	
D3	GIS = 164.373°	85.589				
			399.555	29923.882	49659.322	
LA3	A = 45.000					
	Rf= 150.000					
	L = 13.500					
			413.055	29927.713	49646.378	
	XC= 30070.204					
	YC= 49693.240					
	R = 150.000					
	L = 4.865					
			417.92	29929.307	49641.782	
	Rd= 150.000					
	A = 45.000					
	L = 13.500	31.865				
			431.42	29934.316	49629.247	
D4	GIS = 157.358°	65.257				

			496.677	29959.438	49569.019
LA4	A = 35.747				
	Rf= -40.000	31.947			
			528.624	29967.661	49538.383
C4	XC= 29927.662				
	YC= 49538.549				
	R = -40.000	2.389			
			531.013	29967.58	49535.995
LS	Rd= -40.000				
	A = 21.759				
	L = 11.836				
			542.849	29965.666	49524.326
	A = 21.759				
	Rf= 40.000				
	L = 11.836	23.673			
			554.686	29963.753	49512.657
C5	XC= 30003.671				
	YC= 49510.103				
	R = 40.000	5.629			
			560.314	29963.789	49507.033
LA5	Rd= 40.000				
	A = 37.027	34.275			
			594.59	29975.85	49475.248
D6	GIS = 151.051°	97.796			
			692.385	30023.187	49389.672
LA6	A = 49.980				
	Rf= 80.000	31.225			
			723.611	30040.016	49363.433
C6	XC= 30101.182				
	YC= 49414.996				
	R = 80.000	5.175			
			728.786	30043.477	49359.587
LS1	Rd= 80.000				
	A = 38.658				
	L = 18.681				
			747.466	30057.416	49347.167
	A = 38.658				
	Rf= -60.000				
	L = 24.908	43.589			
			772.374	30075.468	49330.074
C7	XC= 30028.599				
	YC= 49292.613				
	R = -60.000	2.284			
			774.658	30076.86	49328.263

LA7	Rd= -60.000				
	A = 47.850	38.16			
			812.819	30092.494	49293.64
D8	GIS = 161.767°	52.915			
			865.734	30109.05	49243.382
LA8	A = 52.915				
	Rf= 80.000				
	L = 35.000				
			900.734	30122.364	49211.094
	XC= 30191.105				
	YC= 49252.017				
	R = 80.000				
	L = 2.743				
			903.477	30123.807	49208.761
	Rd= 80.000				
	A = 52.915				
	L = 35.000	72.743			
			938.477	30146.761	49182.438
D9	GIS = 134.735°	85.296			
			1023.773	30207.352	49122.404
C9	XC= 29925.818				
	YC= 48838.258				
	R = -400.000	99.653			
			1123.426	30268.72	49044.215
D10	GIS = 149.010°	88.411			
			1211.837	30314.243	48968.424
C10	XC= 30048.494				
	YC= 48808.807				
	R = -310.000	80.91			
			1292.748	30346.431	48894.442
D11	GIS = 163.964°	83.701			
			1376.449	30369.553	48813.998
LA11	A = 40.000				
	Rf= 100.000				
	L = 16.000				
			1392.449	30374.38	48798.748
	XC= 30467.974				
	YC= 48833.964				
	R = 100.000				
	L = 4.243				
			1396.692	30375.958	48794.809
	Rd= 100.000				
	A = 40.000				
	L = 16.000	36.243			

			1412.692	30382.996	48780.446
D12	GIS = 152.366°	56.343			
			1469.035	30409.13	48730.53
C12	XC= 30054.760				
	YC= 48544.998				
	R = -400.000	66.203			
			1535.238	30434.854	48669.611
D13	GIS = 161.848°	131.662			
			1666.9	30475.871	48544.501
C13	XC= 30095.777				
	YC= 48419.888				
	R = -400.000	48.465			
			1715.365	30488.146	48497.648
D14	GIS = 168.790°	162.82			
			1878.185	30519.798	48337.934
LA14	A = 62.100				
	Rf= 130.000				
	L = 29.665				
			1907.85	30526.663	48309.092
	XC= 30650.477				
	YC= 48348.717				
	R = 130.000				
	L = 164.609				
			2072.458	30651.148	48218.719
	Rd= 130.000				
	A = 62.100				
	L = 29.665	223.938			
			2102.123	30680.698	48221.125
D15	GIS = 83.167°	55.218			
			2157.341	30735.524	48227.694
C15	XC= 30699.831				
	YC= 48525.564				
	R = 300.000	48.812			
			2206.153	30783.304	48237.41
D16	GIS = 73.845°	27.158			
			2233.311	30809.39	48244.967
LA16	A = 43.967				
	Rf= -60.000	32.218			
			2265.529	30840.912	48251.112
C16	XC= 30841.720				
	YC= 48191.117				
	R = -60.000	2.411			
			2267.94	30843.322	48251.096
LS2	Rd= -60.000				

	A = 41.538				
	L = 28.757				
			2296.697	30871.509	48245.777
	A = 41.538				
	Rf= 80.000				
	L = 21.568	50.325			
			2318.265	30892.533	48241.044
C17	XC= 30903.026				
	YC= 48320.353				
	R = 80.000	29.995			
			2348.26	30922.306	48242.711
LA17	Rd= 80.000				
	A = 26.893	9.04			
			2357.301	30930.99	48245.218
D18	GIS = 72.817°	544.138			
			2901.439	31450.842	48405.968
C18	XC= 31007.711				
	YC= 49839.019				
	R = 1500.000	96.657			
			2998.095	31542.201	48437.477
D19	GIS = 69.125°	213.861			
			3211.956	31742.025	48513.681
LA19	A = 179.440				
	Rf= -350.000				
	L = 91.996				
			3303.953	31829.268	48542.644
	XC= 31910.052				
	YC= 48202.095				
	R = -350.000				
	L = 4.295				
			3308.248	31833.453	48543.61
	Rd= -350.000				
	A = 179.440				
	L = 91.996	188.288			
			3400.244	31924.567	48555.802
D20	GIS = 84.888°	32.814			
			3433.058	31957.25	48558.725
LA20	A = 103.920				
	Rf= 150.000				
	L = 71.996				
			3505.054	32028.037	48570.816
	XC= 31979.544				
	YC= 48712.761				
	R = 150.000				

	L = 72.538				
			3577.592	32088.475	48609.64
	Rd= 150.000				
	A = 103.920				
	L = 71.996	216.53			
			3649.587	32128.903	48668.99
D21	GIS = 29.680°	119.48			
			3769.068	32188.065	48772.795
LA21	A = 122.470				
	Rf= -250.000				
	L = 59.996				
			3829.063	32219.812	48823.657
	XC= 32420.633				
	YC= 48674.757				
	R = -250.000				
	L = 14.886				
			3843.95	32229.029	48835.344
	Rd= -250.000				
	A = 122.470				
	L = 59.996	134.878			
			3903.945	32271.092	48878.071
D22	GIS = 46.842°	123.369			
			4027.314	32361.086	48962.457
LA22	A = 166.000				
	Rf= 500.000				
	L = 55.112				
			4082.426	32400.585	49000.881
	XC= 32039.007				
	YC= 49346.224				
	R = 500.000				
	L = 95.369				
			4177.796	32459.499	49075.694
	Rd= 500.000				
	A = 166.000				
	L = 55.112	205.593			
			4232.908	32487.591	49123.099
D23	GIS = 29.598°	86.902			
			4319.81	32530.514	49198.662
LA23	A = 90.000				
	Rf= -160.000				
	L = 50.625				
			4370.435	32557.773	49241.254
	XC= 32682.707				
	YC= 49141.297				

	R = -160.000			
	L = 0.231			
			4370.666	32557.917
	Rd= -160.000			49241.435
	A = 90.000			
	L = 50.625	101.481		
			4421.291	32593.543
D24	GIS = 47.810°	282.775		49277.324
			4704.066	32803.056
LA24	A = 87.580			49467.234
	Rf= 130.000			
	L = 59.002			
			4763.068	32843.561
	XC= 32736.821			49509.951
	YC= 49584.157			
	R = 130.000			
	L = 209.655			
			4972.723	32806.489
	Rd= 130.000			49693.914
	A = 87.580			
	L = 59.002	327.659		
			5031.725	32752.601
D25	GIS = 289.403°	646.98		49717.608
			5678.705	32142.366
				49932.541
<b>LONGUEUR DE L'AXE 5678.705</b>				

## TABULATION

N °PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DIV GAU	DIV DRO
1	0	495.552	495.550	29891.072	50054.802	270.776g	2.5	-2.5
2	20	493.846	495.973	29890.802	50034.804	270.776g	2.5	-2.5
3	40	494.738	496.396	29890.531	50014.806	270.776g	2.5	-2.5
4	60	500.254	496.818	29890.26	49994.807	270.776g	2.5	-2.5
5	80	501.774	497.241	29889.989	49974.809	270.776g	2.5	-2.5
6	100	503.088	497.664	29889.718	49954.811	270.776g	2.5	-2.5
7	120	504.078	498.087	29889.448	49934.813	270.776g	2.5	-2.5
8	140	504.177	498.509	29889.177	49914.815	270.776g	2.5	-2.5
9	147.169	504.105	498.661	29889.08	49907.646	270.776g	2.5	-2.5
10	160	503.245	498.932	29889.112	49894.816	268.938g	2.5	2.5
11	166.399	502.789	499.067	29889.282	49888.419	268.021g	2.5	2.5
12	180	501.002	499.355	29889.751	49874.826	268.021g	2.5	-2.5
13	200	499.83	499.778	29890.442	49854.838	268.021g	2.5	-2.5
14	220	499.566	500.173	29891.132	49834.85	268.021g	2.5	-2.5
15	240	497.889	500.249	29891.823	49814.862	268.021g	2.5	-2.5
16	259.28	500.039	499.943	29892.488	49795.594	268.021g	2.5	-2.5
17	260	500.119	499.924	29892.513	49794.874	268.016g	2.5	-2.31
18	278.236	502.196	499.279	29893.542	49776.67	264.401g	2.5	2.5
19	280	502.082	499.199	29893.724	49774.916	263.727g	2.5	2.5
20	295.01	504.215	498.393	29896.107	49760.103	257.994g	2.5	2.5
21	300	505.457	498.089	29897.219	49755.238	256.339g	2.5	1.18
22	313.966	508.861	497.24	29900.827	49741.747	254.373g	2.5	-2.5
23	320	508.745	496.873	29902.452	49735.936	254.373g	2.5	-2.5
24	340	508.611	495.657	29907.84	49716.675	254.373g	2.5	-2.5
25	360	508.897	494.44	29913.227	49697.415	254.373g	2.5	-2.5
26	380	507.907	493.224	29918.614	49678.154	254.373g	2.5	-2.5
27	399.555	506.506	492.034	29923.882	49659.322	254.373g	2.5	-2.5
28	400	506.478	492.007	29924.002	49658.893	254.371g	2.5	-2.34
29	413.055	505.647	491.213	29927.713	49646.378	251.795g	2.5	2.5
30	417.92	505.223	490.917	29929.307	49641.782	249.937g	2.5	2.5
31	420	504.941	490.791	29930.034	49639.833	249.203g	2.5	1.73
32	431.42	503.431	490.096	29934.316	49629.247	247.358g	2.5	-2.5
33	440	502.37	489.574	29937.619	49621.328	247.358g	2.5	-2.5
34	460	497.416	488.358	29945.319	49602.869	247.358g	2.5	-2.5
35	480	491.445	487.142	29953.018	49584.411	247.358g	2.5	-2.5
36	496.677	486.983	486.127	29959.438	49569.019	247.358g	2.5	-2.5
37	500	486.288	485.925	29960.713	49565.95	247.606g	1.98	-2.5
38	520	482.225	484.709	29966.854	49546.956	259.554g	-1.15	-2.5
39	528.624	480.66	484.184	29967.661	49538.383	270.239g	-2.5	-2.5
40	531.013	480.267	484.039	29967.58	49535.995	273.661g	-2.5	-2.5
41	540	478.95	483.492	29966.258	49527.113	281.647g	1.3	-2.5
42	542.849	478.74	483.319	29965.666	49524.326	282.138g	2.5	-2.5
43	554.686	477.866	482.599	29963.753	49512.657	273.661g	2.5	2.5
44	560	477.432	482.276	29963.766	49507.347	266.049g	2.5	2.5

45	560.314	477.403	482.257	29963.789	49507.033	265.598g	2.5	2.5
46	580	476.534	481.059	29969.123	49488.19	245.498g	2.5	-0.37
47	594.59	475.7	480.172	29975.85	49475.248	241.051g	2.5	-2.5
48	600	475.383	479.843	29978.469	49470.514	241.051g	2.5	-2.5
49	620	471.024	478.627	29988.15	49453.013	241.051g	2.5	-2.5
50	640	475.126	477.41	29997.83	49435.512	241.051g	2.5	-2.5
51	660	475.25	476.194	30007.511	49418.011	241.051g	2.5	-2.5
52	680	472.075	475.01	30017.192	49400.51	241.051g	2.5	-2.5
53	692.385	469.917	474.34	30023.187	49389.672	241.051g	2.5	-2.5
54	700	469.214	473.954	30026.898	49383.023	240.386g	2.5	-1.28
55	720	463.68	473.031	30037.75	49366.243	232.305g	2.5	1.92
56	723.611	461.659	472.879	30040.016	49363.433	229.869g	2.5	2.5
57	728.786	458.691	472.668	30043.477	49359.587	226.163g	2.5	2.5
58	740	459.045	472.241	30051.682	49351.949	220.542g	2.5	-0.5
59	747.466	462.611	471.981	30057.416	49347.167	219.473g	2.5	-2.5
60	760	468.63	471.585	30066.949	49339.032	222.484g	-0.01	-2.5
61	772.374	471.047	471.246	30075.468	49330.074	231.366g	-2.5	-2.5
62	774.658	471.315	471.189	30076.86	49328.263	233.547g	-2.5	-2.5
63	780	471.566	471.062	30079.848	49323.837	238.291g	-1.8	-2.5
64	800	467.195	470.673	30088.338	49305.766	249.711g	0.82	-2.5
65	812.819	467.398	470.493	30092.494	49293.64	251.767g	2.5	-2.5
66	820	467.888	470.417	30094.741	49286.82	251.767g	2.5	-2.5
67	840	467.747	470.294	30100.998	49267.824	251.767g	2.5	-2.5
68	860	466.528	470.304	30107.256	49248.828	251.767g	2.5	-2.5
69	865.734	466.327	470.332	30109.05	49243.382	251.767g	2.5	-2.5
70	880	465.996	470.448	30113.677	49229.888	249.685g	2.5	-0.46
71	900	465.018	470.668	30121.991	49211.726	239.754g	2.5	2.4
72	900.734	464.966	470.676	30122.364	49211.094	239.234g	2.5	2.5
73	903.477	464.761	470.706	30123.807	49208.761	237.269g	2.5	2.5
74	920	463.259	470.888	30133.905	49195.704	228.229g	2.5	0.14
75	938.477	462.58	471.091	30146.761	49182.438	224.735g	2.5	-2.5
76	940	462.599	471.108	30147.843	49181.366	224.735g	2.5	-2.5
77	960	459.686	471.328	30162.05	49167.289	224.735g	2.5	-2.5
78	980	462.552	471.548	30176.258	49153.212	224.735g	2.5	-2.5
79	1000	465.73	471.768	30190.465	49139.136	224.735g	2.5	-2.5
80	1020	465.519	471.988	30204.672	49125.059	224.735g	2.5	-2.5
81	1023.773	465.553	472.03	30207.352	49122.404	224.735g	2.5	-2.5
82	1040	465.742	472.208	30218.645	49110.752	227.060g	-2.5	-2.5
83	1060	466.046	472.428	30231.898	49095.776	229.925g	-2.5	-2.5
84	1080	467.302	472.648	30244.386	49080.157	232.789g	-2.5	-2.5
85	1100	471.883	472.868	30256.077	49063.932	235.654g	-2.5	-2.5
86	1120	474.806	473.087	30266.944	49047.144	238.519g	-2.5	-2.5
87	1123.426	475.173	473.118	30268.72	49044.215	239.010g	-2.5	-2.5
88	1140	477.231	473.202	30277.254	49030.007	239.010g	2.5	-2.5
89	1160	476.522	473.157	30287.552	49012.862	239.010g	2.5	-2.5
90	1180	476.499	472.952	30297.85	48995.717	239.010g	2.5	-2.5
91	1200	476.166	472.587	30308.148	48978.572	239.010g	2.5	-2.5
92	1211.837	475.906	472.296	30314.243	48968.424	239.010g	2.5	-2.5
93	1220	475.735	472.062	30318.353	48961.372	240.518g	-2.5	-2.5

94	1240	474.842	471.432	30327.628	48943.656	244.215g	-2.5	-2.5
95	1260	473.353	470.8	30335.741	48925.38	247.911g	-2.5	-2.5
96	1280	472.044	470.167	30342.659	48906.618	251.608g	-2.5	-2.5
97	1292.748	470.681	469.764	30346.431	48894.442	253.964g	-2.5	-2.5
98	1300	469.73	469.535	30348.434	48887.472	253.964g	2.5	-2.5
99	1320	468.672	468.903	30353.959	48868.25	253.964g	2.5	-2.5
100	1340	467.466	468.27	30359.484	48849.028	253.964g	2.5	-2.5
101	1360	465.528	467.638	30365.009	48829.807	253.964g	2.5	-2.5
102	1376.449	464.293	467.118	30369.553	48813.998	253.964g	2.5	-2.5
103	1380	464.025	467.005	30370.538	48810.586	253.738g	2.5	-1.39
104	1392.449	463.423	466.612	30374.38	48798.748	249.380g	2.5	2.5
105	1396.692	463.395	466.477	30375.958	48794.809	246.949g	2.5	2.5
106	1400	463.333	466.373	30377.3	48791.786	245.250g	2.5	1.47
107	1412.692	463.183	465.972	30382.996	48780.446	242.366g	2.5	-2.5
108	1420	463.067	465.74	30386.386	48773.972	242.366g	2.5	-2.5
109	1440	462.631	465.108	30395.663	48756.253	242.366g	2.5	-2.5
110	1460	460.064	464.476	30404.939	48738.535	242.366g	2.5	-2.5
111	1469.035	459.172	464.19	30409.13	48730.53	242.366g	2.5	-2.5
112	1480	458.318	463.843	30414.082	48720.748	243.936g	-2.5	-2.5
113	1500	456.407	463.221	30422.417	48702.57	246.801g	-2.5	-2.5
114	1520	458.77	462.749	30429.833	48683.998	249.666g	-2.5	-2.5
115	1535.238	459.67	462.434	30434.854	48669.611	251.848g	-2.5	-2.5
116	1540	459.951	462.335	30436.338	48665.087	251.848g	2.5	-2.5
117	1560	461.103	461.922	30442.568	48646.082	251.848g	2.5	-2.5
118	1580	461.998	461.508	30448.799	48627.077	251.848g	2.5	-2.5
119	1600	460.664	461.094	30455.03	48608.073	251.848g	2.5	-2.5
120	1620	459.026	460.681	30461.26	48589.068	251.848g	2.5	-2.5
121	1640	458.469	460.267	30467.491	48570.063	251.848g	2.5	-2.5
122	1660	459.198	459.854	30473.722	48551.058	251.848g	2.5	-2.5
123	1666.9	459.37	459.711	30475.871	48544.501	251.848g	2.5	-2.5
124	1680	460.176	459.44	30479.748	48531.989	253.725g	-2.5	-2.5
125	1700	461.129	459.027	30484.871	48512.659	256.590g	-2.5	-2.5
126	1715.365	461.39	458.695	30488.146	48497.648	258.790g	-2.5	-2.5
127	1720	461.418	458.582	30489.047	48493.101	258.790g	2.5	-2.5
128	1740	461.596	458.011	30492.935	48473.483	258.790g	2.5	-2.5
129	1760	462.565	457.306	30496.823	48453.864	258.790g	2.5	-2.5
130	1780	463.555	456.468	30500.711	48434.246	258.790g	2.5	-2.5
131	1800	463.444	455.497	30504.599	48414.627	258.790g	2.5	-2.5
132	1820	462.73	454.392	30508.487	48395.009	258.790g	2.5	-2.5
133	1840	461.414	453.154	30512.375	48375.39	258.790g	2.5	-2.5
134	1860	462.576	451.787	30516.263	48355.772	258.790g	2.5	-2.5
135	1878.185	462.959	450.509	30519.798	48337.934	258.790g	2.5	-2.5
136	1880	462.988	450.381	30520.152	48336.154	258.766g	2.5	-2.19
137	1900	462.905	448.975	30524.478	48316.63	255.255g	2.5	1.18
138	1907.85	462.532	448.423	30526.663	48309.092	252.253g	2.5	2.5
139	1920	461.295	447.569	30530.902	48297.71	246.898g	2.5	2.5
140	1940	459.102	446.163	30540.131	48279.989	238.083g	2.5	2.5
141	1960	456.39	444.757	30551.966	48263.891	229.269g	2.5	2.5
142	1980	453.762	443.351	30566.128	48249.797	220.454g	2.5	2.5

143	2000	450.906	441.945	30582.283	48238.04	211.639g	2.5	2.5
144	2020	447.852	440.539	30600.049	48228.897	202.824g	2.5	2.5
145	2040	444.598	439.134	30619.006	48222.584	194.010g	2.5	2.5
146	2060	441.417	437.728	30638.706	48219.251	185.195g	2.5	2.5
147	2072.458	439.529	436.852	30651.148	48218.719	179.704g	2.5	2.5
148	2080	438.428	436.322	30658.685	48218.958	176.803g	2.5	1.23
149	2100	435.621	434.916	30678.59	48220.873	173.200g	2.5	-2.14
150	2102.123	435.327	434.766	30680.698	48221.125	173.167g	2.5	-2.5
151	2120	432.513	433.51	30698.448	48223.252	173.167g	2.5	-2.5
152	2140	429.581	432.104	30718.306	48225.631	173.167g	2.5	-2.5
153	2157.341	427.794	430.885	30735.524	48227.694	173.167g	2.5	-2.5
154	2160	427.425	430.698	30738.162	48228.023	172.659g	2.5	2.5
155	2180	424.974	429.292	30757.899	48231.237	168.839g	2.5	2.5
156	2200	422.772	427.886	30777.377	48235.759	165.020g	2.5	2.5
157	2206.153	422.311	427.453	30783.304	48237.41	163.845g	2.5	2.5
158	2220	420.73	426.48	30796.604	48241.263	163.845g	2.5	-2.5
159	2233.311	418.81	425.544	30809.39	48244.967	163.845g	2.5	-2.5
160	2240	417.76	425.074	30815.822	48246.803	164.508g	1.46	-2.5
161	2260	414.108	423.668	30835.393	48250.797	174.401g	-1.64	-2.5
162	2265.529	412.777	423.279	30840.912	48251.112	179.228g	-2.5	-2.5
163	2267.94	412.178	423.11	30843.322	48251.096	181.530g	-2.5	-2.5
164	2280	408.843	422.262	30855.292	48249.736	190.631g	-0.4	-2.5
165	2296.697	409.528	421.088	30871.509	48245.777	195.260g	2.5	-2.5
166	2300	409.918	420.856	30874.696	48244.911	195.079g	2.5	-1.74
167	2318.265	412.068	419.572	30892.533	48241.044	187.537g	2.5	2.5
168	2320	412.16	419.45	30894.255	48240.836	186.295g	2.5	2.5
169	2340	413.362	418.044	30914.201	48241.138	171.971g	2.5	2.5
170	2348.26	413.554	417.464	30922.306	48242.711	166.055g	2.5	2.5
171	2357.301	413.063	416.828	30930.99	48245.218	162.817g	2.5	-2.5
172	2360	412.835	416.638	30933.569	48246.016	162.817g	2.5	-2.5
173	2380	411.412	415.232	30952.677	48251.924	162.817g	2.5	-2.5
174	2400	409.159	413.827	30971.784	48257.833	162.817g	2.5	-2.5
175	2420	407.019	412.421	30990.891	48263.741	162.817g	2.5	-2.5
176	2440	405.083	411.029	31009.999	48269.65	162.817g	2.5	-2.5
177	2460	403.709	409.677	31029.106	48275.558	162.817g	2.5	-2.5
178	2480	402.62	408.365	31048.213	48281.466	162.817g	2.5	-2.5
179	2500	401.633	407.093	31067.321	48287.375	162.817g	2.5	-2.5
180	2520	400.861	405.861	31086.428	48293.283	162.817g	2.5	-2.5
181	2540	399.907	404.669	31105.535	48299.192	162.817g	2.5	-2.5
182	2560	399.239	403.517	31124.643	48305.1	162.817g	2.5	-2.5
183	2580	398.868	402.405	31143.75	48311.008	162.817g	2.5	-2.5
184	2600	398.652	401.334	31162.857	48316.917	162.817g	2.5	-2.5
185	2620	397.433	400.302	31181.965	48322.825	162.817g	2.5	-2.5
186	2640	396.487	399.31	31201.072	48328.734	162.817g	2.5	-2.5
187	2660	395.062	398.358	31220.179	48334.642	162.817g	2.5	-2.5
188	2680	393.354	397.425	31239.287	48340.551	162.817g	2.5	-2.5
189	2700	391.3	396.493	31258.394	48346.459	162.817g	2.5	-2.5
190	2720	389.473	395.56	31277.501	48352.367	162.817g	2.5	-2.5
191	2740	387.887	394.628	31296.609	48358.276	162.817g	2.5	-2.5

192	2760	386.741	393.696	31315.716	48364.184	162.817g	2.5	-2.5
193	2780	385.568	392.763	31334.824	48370.093	162.817g	2.5	-2.5
194	2800	384.441	391.831	31353.931	48376.001	162.817g	2.5	-2.5
195	2820	383.499	390.898	31373.038	48381.909	162.817g	2.5	-2.5
196	2840	382.537	389.966	31392.146	48387.818	162.817g	2.5	-2.5
197	2860	381.918	389.033	31411.253	48393.726	162.817g	2.5	-2.5
198	2880	381.334	388.101	31430.36	48399.635	162.817g	2.5	-2.5
199	2900	380.807	387.169	31449.468	48405.543	162.817g	2.5	-2.5
200	2901.439	380.769	387.101	31450.842	48405.968	162.817g	2.5	-2.5
201	2920	380.322	386.236	31468.541	48411.561	162.108g	2.5	-2.5
202	2940	379.937	385.304	31487.532	48417.832	161.344g	2.5	-2.5
203	2960	379.637	384.371	31506.438	48424.356	160.580g	2.5	-2.5
204	2980	379.228	383.439	31525.255	48431.131	159.816g	2.5	-2.5
205	2998.095	378.832	382.595	31542.201	48437.477	159.125g	2.5	-2.5
206	3000	378.791	382.506	31543.981	48438.156	159.125g	2.5	-2.5
207	3020	378.027	381.574	31562.668	48445.282	159.125g	2.5	-2.5
208	3040	377.249	380.654	31581.355	48452.409	159.125g	2.5	-2.5
209	3060	376.764	379.789	31600.042	48459.535	159.125g	2.5	-2.5
210	3080	376.348	378.981	31618.73	48466.662	159.125g	2.5	-2.5
211	3100	376.232	378.23	31637.417	48473.788	159.125g	2.5	-2.5
212	3120	375.953	377.536	31656.104	48480.915	159.125g	2.5	-2.5
213	3140	375.868	376.899	31674.791	48488.041	159.125g	2.5	-2.5
214	3160	376.099	376.32	31693.479	48495.168	159.125g	2.5	-2.5
215	3180	375.883	375.797	31712.166	48502.294	159.125g	2.5	-2.5
216	3200	374.582	375.332	31730.853	48509.421	159.125g	2.5	-2.5
217	3211.956	373.772	375.081	31742.025	48513.681	159.125g	2.5	-2.5
218	3220	373.288	374.924	31749.541	48516.545	159.183g	2.06	-2.5
219	3240	372.712	374.573	31768.268	48523.567	159.825g	0.98	-2.5
220	3260	372.158	374.279	31787.113	48530.262	161.179g	-0.11	-2.5
221	3280	371.527	374.042	31806.15	48536.391	163.245g	-1.2	-2.5
222	3300	371.387	373.86	31825.428	48541.711	166.022g	-2.29	-2.5
223	3303.953	371.374	373.826	31829.268	48542.644	166.655g	-2.5	-2.5
224	3308.248	371.181	373.79	31833.453	48543.61	167.358g	-2.5	-2.5
225	3320	370.735	373.691	31844.96	48545.997	169.159g	-1.86	-2.5
226	3340	370.617	373.522	31864.682	48549.309	171.659g	-0.77	-2.5
227	3360	370.928	373.353	31884.516	48551.88	173.447g	0.31	-2.5
228	3380	370	373.185	31904.407	48553.955	174.524g	1.4	-2.5
229	3400	366.832	373.016	31924.324	48555.78	174.888g	2.49	-2.5
230	3400.244	366.902	373.014	31924.567	48555.802	174.888g	2.5	-2.5
231	3420	370.104	372.847	31944.244	48557.562	174.888g	2.5	-2.5
232	3433.058	369.917	372.737	31957.25	48558.725	174.888g	2.5	-2.5
233	3440	369.79	372.679	31964.164	48559.349	174.760g	2.5	-2.02
234	3460	369.863	372.51	31984.055	48561.426	172.963g	2.5	-0.63
235	3480	369.92	372.341	32003.815	48564.492	169.043g	2.5	0.76
236	3500	370.221	372.172	32023.229	48569.261	163.001g	2.5	2.15
237	3505.054	370.277	372.13	32028.037	48570.816	161.138g	2.5	2.5
238	3520	370.384	372.004	32041.917	48576.344	155.429g	2.5	2.5
239	3540	370.392	371.835	32059.498	48585.847	147.790g	2.5	2.5
240	3560	370.507	371.666	32075.66	48597.602	140.150g	2.5	2.5

241	3577.592	370.569	371.518	32088.475	48609.64	133.431g	2.5	2.5
242	3580	370.566	371.497	32090.117	48611.402	132.526g	2.5	2.33
243	3600	370.332	371.329	32102.747	48626.895	126.203g	2.5	0.94
244	3620	369.963	371.16	32113.907	48643.487	122.003g	2.5	-0.45
245	3640	369.507	370.991	32124.144	48660.668	119.924g	2.5	-1.83
246	3649.587	369.315	370.91	32128.903	48668.99	119.680g	2.5	-2.5
247	3660	369.272	370.822	32134.059	48678.037	119.680g	2.5	-2.5
248	3680	369.188	370.654	32143.962	48695.413	119.680g	2.5	-2.5
249	3700	369.223	370.485	32153.865	48712.789	119.680g	2.5	-2.5
250	3720	369.36	370.316	32163.768	48730.165	119.680g	2.5	-2.5
251	3740	369.498	370.148	32173.672	48747.541	119.680g	2.5	-2.5
252	3760	369.943	369.979	32183.575	48764.917	119.680g	2.5	-2.5
253	3769.068	370.171	369.902	32188.065	48772.795	119.680g	2.5	-2.5
254	3780	370.447	369.81	32193.491	48782.286	119.909g	1.59	-2.5
255	3800	370.459	369.641	32203.666	48799.503	121.508g	-0.08	-2.5
256	3820	370.306	369.473	32214.541	48816.285	124.635g	-1.74	-2.5
257	3829.063	370.238	369.396	32219.812	48823.657	126.555g	-2.5	-2.5
258	3840	370.164	369.304	32226.516	48832.297	129.062g	-2.5	-2.5
259	3843.95	370.139	369.271	32229.029	48835.344	129.967g	-2.5	-2.5
260	3860	370.022	369.135	32239.693	48847.337	133.154g	-1.16	-2.5
261	3880	369.416	368.966	32253.73	48861.582	135.747g	0.5	-2.5
262	3900	367.398	368.798	32268.214	48875.372	136.812g	2.17	-2.5
263	3903.945	366.865	368.764	32271.092	48878.071	136.842g	2.5	-2.5
264	3920	366.12	368.629	32282.803	48889.053	136.842g	2.5	-2.5
265	3940	366.126	368.46	32297.393	48902.733	136.842g	2.5	-2.5
266	3960	366.113	368.291	32311.982	48916.413	136.842g	2.5	-2.5
267	3980	365.981	368.123	32326.572	48930.093	136.842g	2.5	-2.5
268	4000	365.889	367.954	32341.161	48943.774	136.842g	2.5	-2.5
269	4020	365.8	367.785	32355.751	48957.454	136.842g	2.5	-2.5
270	4027.314	365.768	367.724	32361.086	48962.457	136.842g	2.5	-2.5
271	4040	365.712	367.617	32370.332	48971.143	136.675g	2.5	-2.5
272	4060	365.626	367.448	32384.784	48984.967	135.731g	2.5	-2.5
273	4080	365.45	367.279	32398.904	48999.13	133.956g	2.5	-2.5
274	4082.426	365.43	367.259	32400.585	49000.881	133.684g	2.5	-2.5
275	4100	365.325	367.11	32412.496	49013.8	131.671g	2.5	-2.5
276	4120	365.129	366.942	32425.491	49029.002	129.379g	2.5	-2.5
277	4140	364.764	366.773	32437.868	49044.711	127.087g	2.5	-2.5
278	4160	364.828	366.604	32449.606	49060.902	124.795g	2.5	-2.5
279	4177.796	365.412	366.454	32459.499	49075.694	122.756g	2.5	-2.5
280	4180	365.39	366.435	32460.687	49077.55	122.508g	2.5	-2.5
281	4200	365.194	366.267	32471.151	49094.593	120.724g	2.5	-2.5
282	4220	365.104	366.098	32481.205	49111.882	119.771g	2.5	-2.5
283	4232.908	365.065	365.989	32487.591	49123.099	119.598g	2.5	-2.5
284	4240	365.04	365.929	32491.094	49129.266	119.598g	2.5	-2.5
285	4260	364.878	365.76	32500.973	49146.656	119.598g	2.5	-2.5
286	4280	364.627	365.592	32510.851	49164.046	119.598g	2.5	-2.5
287	4300	364.451	365.423	32520.729	49181.437	119.598g	2.5	-2.5
288	4319.81	364.372	365.256	32530.514	49198.662	119.598g	2.5	-2.5
289	4320	364.37	365.254	32530.608	49198.827	119.598g	2.48	-2.5

290	4340	364.182	365.086	32540.632	49216.132	121.040g	0.51	-2.5
291	4360	363.979	364.917	32551.505	49232.913	125.311g	-1.47	-2.5
292	4370.435	363.775	364.829	32557.773	49241.254	128.663g	-2.5	-2.5
293	4370.666	363.771	364.827	32557.917	49241.435	128.745g	-2.5	-2.5
294	4380	363.59	364.748	32563.955	49248.551	131.780g	-1.58	-2.5
295	4400	363.276	364.579	32577.902	49262.879	136.206g	0.4	-2.5
296	4420	362.734	364.411	32592.586	49276.456	137.804g	2.37	-2.5
297	4421.291	362.698	364.4	32593.543	49277.324	137.810g	2.5	-2.5
298	4440	363.1	364.242	32607.405	49289.888	137.810g	2.5	-2.5
299	4460	363.68	364.073	32622.223	49303.32	137.810g	2.5	-2.5
300	4480	363.725	363.904	32637.041	49316.752	137.810g	2.5	-2.5
301	4500	363.567	363.736	32651.86	49330.184	137.810g	2.5	-2.5
302	4520	363.489	363.567	32666.678	49343.616	137.810g	2.5	-2.5
303	4540	363.401	363.398	32681.496	49357.048	137.810g	2.5	-2.5
304	4560	363.256	363.229	32696.315	49370.48	137.810g	2.5	-2.5
305	4580	363.497	363.061	32711.133	49383.912	137.810g	2.5	-2.5
306	4600	363.705	362.892	32725.952	49397.344	137.810g	2.5	-2.5
307	4620	363.435	362.723	32740.77	49410.776	137.810g	2.5	-2.5
308	4640	363.191	362.555	32755.588	49424.207	137.810g	2.5	-2.5
309	4660	362.242	362.386	32770.407	49437.639	137.810g	2.5	-2.5
310	4680	360.678	362.217	32785.225	49451.071	137.810g	2.5	-2.5
311	4700	360.35	362.048	32800.043	49464.503	137.810g	2.5	-2.5
312	4704.066	360.494	362.014	32803.056	49467.234	137.810g	2.5	-2.5
313	4720	360.67	361.88	32814.802	49478	136.862g	2.5	-1.15
314	4740	360.406	361.711	32828.985	49492.096	132.987g	2.5	0.55
315	4760	359.919	361.542	32841.78	49507.452	126.125g	2.5	2.24
316	4763.068	359.823	361.516	32843.561	49509.951	124.808g	2.5	2.5
317	4780	359.619	361.373	32852.295	49524.442	117.345g	2.5	2.5
318	4800	359.729	361.205	32860.081	49542.842	108.530g	2.5	2.5
319	4820	359.763	361.036	32864.957	49562.219	99.716g	2.5	2.5
320	4840	359.84	360.898	32866.805	49582.113	90.901g	2.5	2.5
321	4860	359.871	360.84	32865.583	49602.056	82.086g	2.5	2.5
322	4880	360.066	360.861	32861.32	49621.576	73.272g	2.5	2.5
323	4900	360.542	360.962	32854.115	49640.212	64.457g	2.5	2.5
324	4920	360.605	361.102	32844.14	49657.524	55.642g	2.5	2.5
325	4940	360.464	361.241	32831.63	49673.103	46.827g	2.5	2.5
326	4960	360.512	361.38	32816.88	49686.581	38.013g	2.5	2.5
327	4972.723	360.571	361.468	32806.489	49693.914	32.405g	2.5	2.5
328	4980	360.608	361.519	32800.243	49697.647	29.396g	2.5	1.88
329	5000	360.456	361.658	32782.281	49706.419	23.162g	2.5	0.19
330	5020	360.412	361.797	32763.648	49713.68	19.916g	2.5	-1.51
331	5031.725	360.543	361.879	32752.601	49717.608	19.403g	2.5	-2.5
332	5040	360.618	361.936	32744.796	49720.357	19.403g	2.5	-2.5
333	5060	360.777	362.075	32725.932	49727.002	19.403g	2.5	-2.5
334	5080	360.98	362.214	32707.067	49733.646	19.403g	2.5	-2.5
335	5100	361.346	362.353	32688.203	49740.29	19.403g	2.5	-2.5
336	5120	361.326	362.493	32669.339	49746.934	19.403g	2.5	-2.5
337	5140	361.154	362.632	32650.475	49753.578	19.403g	2.5	-2.5
338	5160	360.963	362.771	32631.611	49760.222	19.403g	2.5	-2.5

339	5180	361.018	362.91	32612.747	49766.867	19.403g	2.5	-2.5
340	5200	361.111	363.049	32593.883	49773.511	19.403g	2.5	-2.5
341	5220	361.142	363.188	32575.019	49780.155	19.403g	2.5	-2.5
342	5240	361.233	363.327	32556.154	49786.799	19.403g	2.5	-2.5
343	5260	361.492	363.466	32537.29	49793.443	19.403g	2.5	-2.5
344	5280	361.757	363.608	32518.426	49800.088	19.403g	2.5	-2.5
345	5300	362.036	363.799	32499.562	49806.732	19.403g	2.5	-2.5
346	5320	362.399	364.057	32480.698	49813.376	19.403g	2.5	-2.5
347	5340	362.804	364.382	32461.834	49820.02	19.403g	2.5	-2.5
348	5360	363.207	364.773	32442.97	49826.664	19.403g	2.5	-2.5
349	5380	363.772	365.231	32424.106	49833.308	19.403g	2.5	-2.5
350	5400	364.441	365.755	32405.242	49839.953	19.403g	2.5	-2.5
351	5420	365.332	366.347	32386.377	49846.597	19.403g	2.5	-2.5
352	5440	366.201	367.005	32367.513	49853.241	19.403g	2.5	-2.5
353	5460	366.884	367.729	32348.649	49859.885	19.403g	2.5	-2.5
354	5480	367.743	368.52	32329.785	49866.529	19.403g	2.5	-2.5
355	5500	368.501	369.378	32310.921	49873.173	19.403g	2.5	-2.5
356	5520	369.245	370.303	32292.057	49879.818	19.403g	2.5	-2.5
357	5540	369.992	371.277	32273.193	49886.462	19.403g	2.5	-2.5
358	5560	370.782	372.253	32254.329	49893.106	19.403g	2.5	-2.5
359	5580	371.526	373.23	32235.464	49899.75	19.403g	2.5	-2.5
360	5600	372.419	374.207	32216.6	49906.394	19.403g	2.5	-2.5
361	5620	373.549	375.184	32197.736	49913.039	19.403g	2.5	-2.5
362	5640	374.562	376.16	32178.872	49919.683	19.403g	2.5	-2.5
363	5660	376.26	377.137	32160.008	49926.327	19.403g	2.5	-2.5
364	5678.705	378.05	378.05	32142.366	49932.541	19.403g	2.5	-2.5

## *VOLUME TERRASSEMENT*

<i>N° PROF</i>	<i>ABSCISSE CURVILIGN</i>	<i>REMBLAI VOLUME</i>	<i>DEBLAI VOLUME</i>	<i>DECAPAGE VOLUME</i>
1	0	0.1	61.9	25.9
2	20	805.4	0	87.6
3	40	361.7	0	61
4	60	0.6	1487.3	100.1
5	80	0.8	2206.6	123.9
6	100	0.4	2893.6	138.1
7	120	0.9	3216.7	143.3
8	140	0.4	1989.1	95.3
9	147.169	0.3	1410.3	69.9
10	160	0.3	1009.3	60.9
11	166.399	0.3	882.8	58.1
12	180	0.5	683.8	75
13	200	51.9	132.4	51.2
14	220	142.5	47.7	56
15	240	675.1	0	72.7
16	259.28	20.4	68.3	25
17	260	14	72.2	23.2
18	278.236	0.2	642.8	48.7
19	280	0.1	513.7	41.7
20	295.01	0.3	1343.3	69.4
21	300	0.4	1710.1	74.3
22	313.966	0.1	3641.7	101.7
23	320	0.2	5317.2	140.5
24	340	0.6	9311.1	236
25	360	0.1	10156.2	221.4
26	380	0.2	10605.6	229.1
27	399.555	0.2	5224	116.4
28	400	0.2	3552.2	79.5
29	413.055	0.1	4542.3	104.7
30	417.92	0	1743.1	40.8
31	420	0.1	3342.6	78.1
32	431.42	0.1	4623.9	111.1
33	440	0.1	6061.7	148.1
34	460	0.2	5045.9	163
35	480	0	1663.2	92.7
36	496.677	0.2	193.5	33.6
37	500	0	101.1	24.3
38	520	487.4	0	53
39	528.624	331.3	0	25.6
40	531.013	380.2	0	27.6
41	540	500	0	31

42	542.849	622	0	37.1
43	554.686	716	0	43
44	560	212.9	0	13
45	560.314	771.6	0	47
46	580	1405.4	0	81.9
47	594.59	814.1	0	53.2
48	600	1018.2	0	68.7
49	620	2935.9	0	125.8
50	640	1100	0.2	102.7
51	660	256	10.8	62.6
52	680	831.7	0	74.3
53	692.385	922.7	0	58.2
54	700	1514.4	0	91.2
55	720	3238.1	0	109.8
56	723.611	1475.8	0	41.5
57	728.786	3652.8	0	82.7
58	740	3547.3	0	85.9
59	747.466	2252	0	74.8
60	760	522.5	0	48
61	772.374	6.1	29	20.7
62	774.658	0	28.3	10.4
63	780	0.2	149.7	38.6
64	800	815.9	0	65.2
65	812.819	553.9	0	47.1
66	820	584.2	0	58.6
67	840	834.3	0	83.3
68	860	934	0	65.7
69	865.734	780.4	0	52.8
70	880	1435.3	0	90.1
71	900	1240.2	0	62.2
72	900.734	209.5	0	10.4
73	903.477	1243.5	0	59.2
74	920	3333.1	0	126
75	938.477	2142.8	0	78.3
76	940	2372	0	86.1
77	960	6572.1	0	175.9
78	980	4500.5	0	155.1
79	1000	2477	0	119.1
80	1020	1578.2	0	72.4
81	1023.773	1343.4	0	61.4
82	1040	2512	0	112.1
83	1060	2592.2	0	116
84	1080	1974.9	0	109.1
85	1100	172.2	0	56.9

86	1120	0.3	442	49.9
87	1123.426	0.3	497.8	46.7
88	1140	0.5	1787.5	107.5
89	1160	0.5	1480.9	103.3
90	1180	0.4	1585.5	104.4
91	1200	0.4	1242.4	82.5
92	1211.837	0.2	786.6	51.7
93	1220	0.3	1097.8	72.2
94	1240	0.5	1506.4	103.9
95	1260	0.4	1065.5	89.4
96	1280	0.3	576.2	63.4
97	1292.748	0.2	189.9	33.8
98	1300	0.3	129.1	41.8
99	1320	13.4	57.5	46
100	1340	104.1	0.9	51.7
101	1360	490.2	0	63.2
102	1376.449	417.6	0	39.6
103	1380	355.4	0	32
104	1392.449	427.9	0	34.4
105	1396.692	187.2	0	15.4
106	1400	385.6	0	32.8
107	1412.692	411.6	0	39.8
108	1420	524.2	0	53.2
109	1440	649.8	0	73.4
110	1460	1045.9	0	68.2
111	1469.035	878.7	0	51.2
112	1480	1633.3	0	82.9
113	1500	2522.7	0	109.5
114	1520	1116	0	78
115	1535.238	370.4	0	36.7
116	1540	348	0	41.7
117	1560	97.8	0.9	50.7
118	1580	0.2	247.3	60.3
119	1600	45.1	38.6	48.1
120	1620	382	0	63.5
121	1640	386.6	0	62
122	1660	45.8	9	32.5
123	1666.9	14.4	22.3	23.6
124	1680	0.7	277	54
125	1700	0.4	745.1	74.3
126	1715.365	0.2	542.9	45.3
127	1720	0.3	724	57.2
128	1740	0.4	1531.9	101.1
129	1760	0.4	2406.2	119.6

130	1780	0.4	3500.4	142.9
131	1800	0.2	4114.7	155
132	1820	0.3	4558.5	163.6
133	1840	0.2	4480.5	160.5
134	1860	0.4	6592.8	193
135	1878.185	0.1	4241.1	109
136	1880	0.2	4744.3	121.1
137	1900	0.2	7013.6	165.2
138	1907.85	2.7	5182.1	124.6
139	1920	0.4	8307.2	201.1
140	1940	0.3	9813.5	237.4
141	1960	0.4	8669.2	228.5
142	1980	0.4	6391.4	195.3
143	2000	0.4	4702.7	167.4
144	2020	0.4	3560.9	144.6
145	2040	0.4	2325.6	121.5
146	2060	0.2	1132.2	76.6
147	2072.458	0.2	517.8	43.5
148	2080	0.3	562.3	55.9
149	2100	0.8	188.9	36.5
150	2102.123	0.1	149.8	31.6
151	2120	144.2	0	50.5
152	2140	792	0	74
153	2157.341	516.1	0	44.2
154	2160	663.8	0	52.7
155	2180	1860.1	0	113.8
156	2200	1522	0	81.1
157	2206.153	1205.1	0	62.1
158	2220	1746.4	0	83.5
159	2233.311	1491.5	0	64.9
160	2240	2174.8	0	87.7
161	2260	3160.8	0	98.8
162	2265.529	1115.7	0	32.3
163	2267.94	2171.4	0	61
164	2280	5805.6	0	140.2
165	2296.697	3381.8	0	95.8
166	2300	3306.9	0	98.2
167	2318.265	1807	0	68.7
168	2320	1829.6	0	71.9
169	2340	1139	0	69.3
170	2348.26	541.9	0	39
171	2357.301	334.2	0	25.6
172	2360	644.9	0	48.3
173	2380	1122.8	0	83.6

174	2400	1517.2	0	92.9
175	2420	1892.4	0	102.2
176	2440	2190.6	0	108.5
177	2460	2268.9	0	112.4
178	2480	2132.9	0	109.4
179	2500	1974	0	105.7
180	2520	1750.2	0	101.3
181	2540	1600.4	0	97.2
182	2560	1342.9	0	90.2
183	2580	1024.1	0	82.1
184	2600	710.4	0	73.7
185	2620	756.5	0	74.5
186	2640	730.6	0	73.2
187	2660	922.6	0	79.4
188	2680	1265.5	0	88.9
189	2700	1794.4	0	101.1
190	2720	2300.9	0	112.2
191	2740	2661	0	118.9
192	2760	2827.5	0	122.9
193	2780	2997.4	0	126.2
194	2800	3116.2	0	128.5
195	2820	3129.5	0	128.1
196	2840	3113.1	0	127.5
197	2860	2917.2	0	124.2
198	2880	2683.3	0	119.7
199	2900	1305.6	0	61.3
200	2901.439	1209.8	0	57.1
201	2920	2108	0	105.6
202	2940	1902.8	0	103.6
203	2960	1588.7	0	97.1
204	2980	1267.5	0	86.2
205	2998.095	562.5	0	42.7
206	3000	604.8	0	46.5
207	3020	1021.1	0	81.9
208	3040	980	0	81.1
209	3060	818.9	0	75.8
210	3080	642.9	0	70
211	3100	450.1	0	64.5
212	3120	306.8	0	58.8
213	3140	138.5	0	51.7
214	3160	0.2	64.6	52.1
215	3180	0.2	140.8	52.5
216	3200	54.8	0.5	38.5
217	3211.956	101.2	0	26.8

218	3220	213.8	0	40.6
219	3240	390	0	61.7
220	3260	493.6	0	65.5
221	3280	635.6	0	70.1
222	3300	388.4	0	43
223	3303.953	136.5	0	15
224	3308.248	278.7	0	29.4
225	3320	643	0	59.8
226	3340	786.4	0	74.8
227	3360	631.5	0	72
228	3380	953.2	0	83.5
229	3400	1065	0	50.3
230	3400.244	1043.7	0	49.5
231	3420	581.9	0	59.9
232	3433.058	368.5	0	36.9
233	3440	513.3	0	50.2
234	3460	641.2	0	66.5
235	3480	595.5	0	68.3
236	3500	280.8	0	40.2
237	3505.054	208.6	0	31.5
238	3520	298.4	0	52.5
239	3540	273.3	0	56.7
240	3560	187.3	0	51
241	3577.592	73.7	0	26.4
242	3580	80.6	0	29.4
243	3600	147.6	0	52.3
244	3620	194.9	0	54
245	3640	204.3	0	42.5
246	3649.587	148.3	0	29
247	3660	223	0	44.3
248	3680	269	0	57.3
249	3700	198.8	0	53.9
250	3720	112.6	0	50.2
251	3740	41	0.7	47.2
252	3760	0.2	73.6	36.7
253	3769.068	0.2	97.2	30.2
254	3780	0.3	236.6	50.3
255	3800	0.4	353.9	66.5
256	3820	0.3	255	48.3
257	3829.063	0.2	174.9	33.2
258	3840	0.1	132.3	24.8
259	3843.95	0.2	178.9	33.3
260	3860	0.4	334.4	60.6
261	3880	0	188.8	41.6

262	3900	162.4	0	34.9
263	3903.945	211.1	0	31.5
264	3920	561.7	0	63.2
265	3940	561.6	0	68.2
266	3960	508.5	0	66.5
267	3980	493.7	0	65.8
268	4000	451.7	0	63.7
269	4020	293.1	0	43
270	4027.314	210.3	0	31.4
271	4040	331.8	0	51
272	4060	389	0	62.2
273	4080	212.4	0	34.5
274	4082.426	188.9	0	30.7
275	4100	344.7	0	57.3
276	4120	375.9	0	61.3
277	4140	430.9	0	62.8
278	4160	258.8	0	53
279	4177.796	71.3	0	26
280	4180	79.2	0	28.8
281	4200	151.7	0	52.3
282	4220	108.6	0	42.4
283	4232.908	56.5	0	25.4
284	4240	70.8	0	34.2
285	4260	101.8	0	50.3
286	4280	123.8	0	51.2
287	4300	124.8	0	50.9
288	4319.81	51	0	25.1
289	4320	51.5	0	25.4
290	4340	115.2	0	50.8
291	4360	101.7	0	39.4
292	4370.435	44.9	0	14.1
293	4370.666	40.4	0	12.7
294	4380	133.5	0	39
295	4400	224.4	0	55.1
296	4420	177	0	32
297	4421.291	170.6	0	30.2
298	4440	172.7	0	52.4
299	4460	0	13.6	44.7
300	4480	0	57.5	42.6
301	4500	0	62.4	42.3
302	4520	0	80.8	41.9
303	4540	0	99.7	41.6
304	4560	0.2	127.4	51.9
305	4580	0.4	250.9	63

306	4600	0.4	366.6	67
307	4620	0.4	342.7	66.7
308	4640	0.4	313.3	65.4
309	4660	0	72.7	43.5
310	4680	351.2	0	65.1
311	4700	204.3	0	36.1
312	4704.066	141.3	0	28.8
313	4720	181.8	0	49.5
314	4740	235.6	0	56.4
315	4760	193.5	0	34.2
316	4763.068	177	0	29.9
317	4780	343.8	0	55.9
318	4800	295	0	58.1
319	4820	235.3	0	56
320	4840	175.6	0	53.7
321	4860	145.9	0	52.3
322	4880	98.7	0	50.2
323	4900	14.7	6.5	46.2
324	4920	36.5	6.7	47.1
325	4940	97	0	50.2
326	4960	97.8	0	42
327	4972.723	65.8	0	26
328	4980	89.8	0	35.4
329	5000	202.8	0	54.7
330	5020	197.7	0	44.9
331	5031.725	117	0	28.1
332	5040	161.1	0	39.5
333	5060	217.9	0	55.2
334	5080	200.3	0	54.6
335	5100	137.6	0	52.1
336	5120	179.8	0	53.6
337	5140	271.2	0	57.3
338	5160	374.1	0	61.3
339	5180	401.7	0	62.3
340	5200	416.6	0	62.8
341	5220	452.8	0	64.1
342	5240	468.7	0	64.7
343	5260	428.6	0	63.3
344	5280	387.5	0	61.7
345	5300	355.2	0	60.5
346	5320	325.1	0	59.2
347	5340	302	0	58.6
348	5360	298.2	0	58.4
349	5380	265.8	0	57.2

350	5400	227.9	0	56.1
351	5420	137.8	0	51.9
352	5440	80.8	0	49.3
353	5460	87.1	0	49.3
354	5480	73.7	0	49
355	5500	101.8	0	50.4
356	5520	150.9	0	52.6
357	5540	214.3	0	55.1
358	5560	272.7	0	57.6
359	5580	341.3	0	60.1
360	5600	368.9	0	61.2
361	5620	324	0	59.6
362	5640	295.9	0	57.9
363	5660	78.3	9.8	45.1
364	5678.705	0	42.6	19.5
<b><i>SOMME</i></b>		<b>221388</b>	<b>209541</b>	<b>25015</b>

## *VOLUMES CHAUSSEE*

<i>N° PROF</i>	<i>ABSCISSE CURVILIGN</i>	<i>FORME VOLUME</i>	<i>BASE VOLUME</i>	<i>CHAUSSEE VOLUME</i>	<i>ACCOTE VOLUME</i>
1	0	21.9	14	8.4	19.5
2	20	43.8	28.1	16.8	47.7
3	40	43.8	28.1	16.8	47.7
4	60	43.8	28.1	16.8	46.6
5	80	43.8	28.1	16.8	46.6
6	100	43.8	28.1	16.8	46.6
7	120	43.8	28.1	16.8	46.6
8	140	29.8	19.1	11.4	31.6
9	147.169	21.9	14	8.4	23.3
10	160	21.1	13.5	8.1	20.8
11	166.399	21.9	14	8.4	21.7
12	180	36.8	23.6	14.1	39.1
13	200	43.8	28.1	16.8	42.6
14	220	43.8	28.1	16.8	42.6
15	240	43.1	27.6	16.5	44.3
16	259.28	21.9	14	8.4	21.3
17	260	20.8	13.3	8	20.1
18	278.236	21.9	14	8.4	21.6
19	280	18.4	11.7	7	18.1
20	295.01	21.9	14	8.4	21.6
21	300	20.8	13.3	8	20.9
22	313.966	21.9	14	8.4	23.3
23	320	28.5	18.3	10.9	30.3
24	340	43.8	28.1	16.8	46.6
25	360	43.8	28.1	16.8	46.6
26	380	43.4	27.8	16.6	46.1
27	399.555	21.9	14	8.4	23.3
28	400	14.8	9.5	5.7	15.7
29	413.055	19.6	12.5	7.5	19.4
30	417.92	7.6	4.9	2.9	7.5
31	420	14.8	9.5	5.7	14.8
32	431.42	21.9	14	8.4	23.3
33	440	31.3	20.1	12	33.3
34	460	43.8	28.1	16.8	46.6
35	480	40.2	25.7	15.4	42.7
36	496.677	21.9	14	8.4	23.3
37	500	25.6	16.4	9.8	21.8
38	520	31.3	20.1	12	32.3
39	528.624	12.1	7.7	4.6	12.1

40	531.013	12.5	8	4.8	12.5
41	540	13	8.3	5	13.9
42	542.849	16.1	10.3	6.2	17.5
43	554.686	18.8	12	7.2	18.9
44	560	6.2	3.9	2.4	6.2
45	560.314	21.9	14	8.4	22
46	580	37.6	24	14.4	39.5
47	594.59	21.9	14	8.4	23.8
48	600	27.9	17.8	10.7	30.3
49	620	43.8	28.1	16.8	47.7
50	640	43.8	28.1	16.8	39.8
51	660	43.8	28.1	16.8	42.6
52	680	35.5	22.7	13.6	38.6
53	692.385	21.9	14	8.4	23.8
54	700	30.3	19.4	11.6	32.3
55	720	25.9	16.5	9.9	26.4
56	723.611	9.6	6.2	3.7	9.7
57	728.786	17.9	11.5	6.9	18.1
58	740	20.5	13.1	7.8	21.6
59	747.466	21.9	14	8.4	23.8
60	760	27.3	17.5	10.5	28.6
61	772.374	16	10.3	6.2	16
62	774.658	8.3	5.3	3.2	8.1
63	780	27.8	17.7	10.6	27.7
64	800	36	23	13.8	38.2
65	812.819	21.9	14	8.4	23.8
66	820	29.8	19.1	11.4	32.4
67	840	43.8	28.1	16.8	47.7
68	860	28.2	18.1	10.8	30.7
69	865.734	21.9	14	8.4	23.8
70	880	37.5	24	14.4	39.6
71	900	22.7	14.5	8.7	23
72	900.734	3.8	2.4	1.5	3.8
73	903.477	21.1	13.5	8.1	21.3
74	920	38.3	24.5	14.7	40.1
75	938.477	21.9	14	8.4	23.8
76	940	23.6	15.1	9	25.7
77	960	43.8	28.1	16.8	47.7
78	980	43.8	28.1	16.8	47.7
79	1000	43.8	28.1	16.8	47.7
80	1020	26.1	16.7	10	28.3
81	1023.773	21.9	14	8.4	23.8
82	1040	39.7	25.4	15.2	40.2
83	1060	43.8	28	16.8	44

84	1080	43.8	28	16.8	44.4
85	1100	43.8	28	16.8	44.4
86	1120	25.7	16.4	9.8	25.4
87	1123.426	21.9	14	8.4	21.7
88	1140	40.1	25.7	15.4	42.6
89	1160	43.8	28.1	16.8	46.6
90	1180	43.8	28.1	16.8	46.6
91	1200	34.9	22.3	13.4	37.1
92	1211.837	21.9	14	8.4	23.3
93	1220	30.8	19.7	11.8	30.5
94	1240	43.8	28	16.8	43.3
95	1260	43.8	28	16.8	43.3
96	1280	35.9	22.9	13.8	35.5
97	1292.748	21.9	14	8.4	21.7
98	1300	29.9	19.1	11.4	31.7
99	1320	43.8	28.1	16.8	42.6
100	1340	43.8	28.1	16.8	45.5
101	1360	40	25.6	15.3	43.5
102	1376.449	21.9	14	8.4	23.8
103	1380	17.5	11.2	6.7	18.8
104	1392.449	18.3	11.7	7	18.5
105	1396.692	8.3	5.3	3.2	8.4
106	1400	17.5	11.2	6.7	18
107	1412.692	21.9	14	8.4	23.8
108	1420	29.9	19.2	11.5	32.6
109	1440	43.8	28.1	16.8	47.7
110	1460	31.8	20.4	12.2	34.6
111	1469.035	21.9	14	8.4	23.8
112	1480	33.9	21.7	13	34.4
113	1500	43.8	28	16.8	44.4
114	1520	38.6	24.7	14.8	39.1
115	1535.238	21.9	14	8.4	22.2
116	1540	27.1	17.4	10.4	29.5
117	1560	43.8	28.1	16.8	45.2
118	1580	43.8	28.1	16.8	46.6
119	1600	43.8	28.1	16.8	42.6
120	1620	43.8	28.1	16.8	47.7
121	1640	43.8	28.1	16.8	47.7
122	1660	29.5	18.9	11.3	28.6
123	1666.9	21.9	14	8.4	21.3
124	1680	36.2	23.2	13.9	35.9
125	1700	38.7	24.8	14.9	38.3
126	1715.365	21.9	14	8.4	21.7
127	1720	27	17.3	10.3	28.7

128	1740	43.8	28.1	16.8	46.6
129	1760	43.8	28.1	16.8	46.6
130	1780	43.8	28.1	16.8	46.6
131	1800	43.8	28.1	16.8	46.6
132	1820	43.8	28.1	16.8	46.6
133	1840	43.8	28.1	16.8	46.6
134	1860	41.9	26.8	16	44.5
135	1878.185	21.9	14	8.4	23.3
136	1880	23.9	15.3	9.2	25.3
137	1900	30.5	19.5	11.7	30.8
138	1907.85	21.9	14	8.4	21.6
139	1920	35.2	22.5	13.5	34.8
140	1940	43.8	28	16.8	43.2
141	1960	43.8	28	16.8	43.2
142	1980	43.8	28	16.8	43.2
143	2000	43.8	28	16.8	43.2
144	2020	43.8	28	16.8	43.2
145	2040	43.8	28	16.8	43.2
146	2060	35.5	22.7	13.6	35.1
147	2072.458	21.9	14	8.4	21.6
148	2080	30.2	19.3	11.6	30.4
149	2100	24.2	15.5	9.3	25.6
150	2102.123	21.9	14	8.4	23.3
151	2120	41.5	26.6	15.9	44.4
152	2140	40.9	26.2	15.7	44.5
153	2157.341	21.9	14	8.4	23.8
154	2160	24.8	15.9	9.5	25.1
155	2180	43.8	28	16.8	44.4
156	2200	28.6	18.3	11	29
157	2206.153	21.9	14	8.4	22.2
158	2220	29.8	19.1	11.4	32.4
159	2233.311	21.9	14	8.4	23.8
160	2240	29.2	18.7	11.2	31.3
161	2260	28	17.9	10.7	28.6
162	2265.529	8.7	5.6	3.3	8.8
163	2267.94	15.8	10.1	6.1	16
164	2280	31.5	20.2	12.1	32.8
165	2296.697	21.9	14	8.4	23.8
166	2300	23.6	15.1	9.1	25.4
167	2318.265	21.9	14	8.4	22.1
168	2320	23.8	15.2	9.1	24
169	2340	30.9	19.8	11.9	31.3
170	2348.26	18.9	12.1	7.3	19.1
171	2357.301	12.9	8.2	4.9	14

172	2360	24.9	15.9	9.5	27.1
173	2380	43.8	28.1	16.8	47.7
174	2400	43.8	28.1	16.8	47.7
175	2420	43.8	28.1	16.8	47.7
176	2440	43.8	28.1	16.8	47.7
177	2460	43.8	28.1	16.8	47.7
178	2480	43.8	28.1	16.8	47.7
179	2500	43.8	28.1	16.8	47.7
180	2520	43.8	28.1	16.8	47.7
181	2540	43.8	28.1	16.8	47.7
182	2560	43.8	28.1	16.8	47.7
183	2580	43.8	28.1	16.8	47.7
184	2600	43.8	28.1	16.8	47.7
185	2620	43.8	28.1	16.8	47.7
186	2640	43.8	28.1	16.8	47.7
187	2660	43.8	28.1	16.8	47.7
188	2680	43.8	28.1	16.8	47.7
189	2700	43.8	28.1	16.8	47.7
190	2720	43.8	28.1	16.8	47.7
191	2740	43.8	28.1	16.8	47.7
192	2760	43.8	28.1	16.8	47.7
193	2780	43.8	28.1	16.8	47.7
194	2800	43.8	28.1	16.8	47.7
195	2820	43.8	28.1	16.8	47.7
196	2840	43.8	28.1	16.8	47.7
197	2860	43.8	28.1	16.8	47.7
198	2880	43.8	28.1	16.8	47.7
199	2900	23.5	15	9	25.6
200	2901.439	21.9	14	8.4	23.8
201	2920	42.3	27.1	16.2	46
202	2940	43.8	28.1	16.8	47.7
203	2960	43.8	28.1	16.8	47.7
204	2980	41.8	26.7	16	45.4
205	2998.095	21.9	14	8.4	23.8
206	3000	24	15.4	9.2	26.1
207	3020	43.8	28.1	16.8	47.7
208	3040	43.8	28.1	16.8	47.7
209	3060	43.8	28.1	16.8	47.7
210	3080	43.8	28.1	16.8	47.7
211	3100	43.8	28.1	16.8	47.7
212	3120	43.8	28.1	16.8	47.7
213	3140	43.8	28.1	16.8	47.3
214	3160	43.8	28.1	16.8	45.3
215	3180	43.8	28.1	16.8	39.3

216	3200	35	22.4	13.4	36.4
217	3211.956	21.9	14	8.4	23.8
218	3220	30.7	19.7	11.8	33.2
219	3240	43.8	28.1	16.8	46.6
220	3260	43.8	28	16.8	45.9
221	3280	43.8	28	16.8	45.2
222	3300	26.2	16.8	10.1	26.7
223	3303.953	9	5.8	3.5	9.2
224	3308.248	17.6	11.2	6.7	17.8
225	3320	34.8	22.2	13.3	35.6
226	3340	43.8	28	16.8	45.5
227	3360	43.8	28	16.8	46.2
228	3380	43.8	28.1	16.8	46.9
229	3400	22.2	14.2	8.5	24.1
230	3400.244	21.9	14	8.4	23.8
231	3420	36	23	13.8	39.1
232	3433.058	21.9	14	8.4	23.8
233	3440	29.5	18.9	11.3	31.9
234	3460	43.8	28.1	16.8	44.8
235	3480	43.8	28	16.8	45.5
236	3500	27.4	17.5	10.5	27.9
237	3505.054	21.9	14	8.4	22.2
238	3520	38.3	24.5	14.7	38.7
239	3540	43.8	28	16.8	44.3
240	3560	41.2	26.3	15.8	41.7
241	3577.592	21.9	14	8.4	22.2
242	3580	24.5	15.7	9.4	24.9
243	3600	43.8	28	16.8	45.3
244	3620	43.8	28	16.8	46.3
245	3640	32.4	20.8	12.4	34.9
246	3649.587	21.9	14	8.4	23.8
247	3660	33.3	21.3	12.8	36.3
248	3680	43.8	28.1	16.8	47.7
249	3700	43.8	28.1	16.8	47.7
250	3720	43.8	28.1	16.8	47.7
251	3740	43.8	28.1	16.8	45.7
252	3760	31.9	20.4	12.2	28.9
253	3769.068	21.9	14	8.4	23.3
254	3780	33.9	21.7	13	35.6
255	3800	43.8	28	16.8	45
256	3820	31.8	20.4	12.2	31.8
257	3829.063	21.9	14	8.4	21.7
258	3840	16.3	10.4	6.3	16.1
259	3843.95	21.9	14	8.4	21.7

260	3860	39.5	25.3	15.1	39.9
261	3880	43.8	28.1	16.8	36.9
262	3900	26.2	16.8	10.1	28.4
263	3903.945	21.9	14	8.4	23.8
264	3920	39.5	25.3	15.1	43
265	3940	43.8	28.1	16.8	47.7
266	3960	43.8	28.1	16.8	47.7
267	3980	43.8	28.1	16.8	47.7
268	4000	43.8	28.1	16.8	47.7
269	4020	29.9	19.2	11.5	32.6
270	4027.314	21.9	14	8.4	23.8
271	4040	35.8	22.9	13.7	39
272	4060	43.8	28.1	16.8	47.7
273	4080	24.6	15.7	9.4	26.7
274	4082.426	21.9	14	8.4	23.8
275	4100	41.2	26.4	15.8	44.8
276	4120	43.8	28.1	16.8	47.7
277	4140	43.8	28.1	16.8	47.7
278	4160	41.4	26.5	15.9	45.1
279	4177.796	21.9	14	8.4	23.8
280	4180	24.3	15.6	9.3	26.5
281	4200	43.8	28.1	16.8	47.7
282	4220	36.1	23.1	13.8	39.2
283	4232.908	21.9	14	8.4	23.8
284	4240	29.7	19	11.4	32.3
285	4260	43.8	28.1	16.8	47.7
286	4280	43.8	28.1	16.8	47.7
287	4300	43.6	27.9	16.7	47.5
288	4319.81	21.9	14	8.4	23.8
289	4320	22.1	14.2	8.5	24.1
290	4340	43.8	28.1	16.8	46.3
291	4360	33.3	21.3	12.8	34.2
292	4370.435	11.7	7.5	4.5	11.8
293	4370.666	10.5	6.7	4	10.6
294	4380	32.1	20.5	12.3	33
295	4400	43.8	28	16.8	46.2
296	4420	23.3	14.9	8.9	25.3
297	4421.291	21.9	14	8.4	23.8
298	4440	42.4	27.2	16.3	46.1
299	4460	43.8	28.1	16.8	41.6
300	4480	43.8	28.1	16.8	38.3
301	4500	43.8	28.1	16.8	37.2
302	4520	43.8	28.1	16.8	35.6
303	4540	43.8	28.1	16.8	37.5

304	4560	43.8	28.1	16.8	38.8
305	4580	43.8	28.1	16.8	46.6
306	4600	43.8	28.1	16.8	46.6
307	4620	43.8	28.1	16.8	46.6
308	4640	43.8	28.1	16.8	46.6
309	4660	43.8	28.1	16.8	40.8
310	4680	43.8	28.1	16.8	47.7
311	4700	26.4	16.9	10.1	28.7
312	4704.066	21.9	14	8.4	23.8
313	4720	39.4	25.2	15.1	42
314	4740	43.8	28	16.8	45.6
315	4760	25.3	16.2	9.7	25.7
316	4763.068	21.9	14	8.4	22.2
317	4780	40.4	25.9	15.5	40.9
318	4800	43.8	28	16.8	44.3
319	4820	43.8	28	16.8	44.3
320	4840	43.8	28	16.8	44.3
321	4860	43.8	28	16.8	44.3
322	4880	43.8	28	16.8	44.2
323	4900	43.8	28	16.8	41.3
324	4920	43.8	28	16.8	40.6
325	4940	43.8	28	16.8	44.1
326	4960	35.8	22.9	13.7	36.3
327	4972.723	21.9	14	8.4	22.2
328	4980	29.9	19.1	11.5	30.5
329	5000	43.8	28	16.8	45.8
330	5020	34.8	22.3	13.3	37.3
331	5031.725	21.9	14	8.4	23.8
332	5040	31	19.8	11.9	33.7
333	5060	43.8	28.1	16.8	47.7
334	5080	43.8	28.1	16.8	47.7
335	5100	43.8	28.1	16.8	47.7
336	5120	43.8	28.1	16.8	47.7
337	5140	43.8	28.1	16.8	47.7
338	5160	43.8	28.1	16.8	47.7
339	5180	43.8	28.1	16.8	47.7
340	5200	43.8	28.1	16.8	47.7
341	5220	43.8	28.1	16.8	47.7
342	5240	43.8	28.1	16.8	47.7
343	5260	43.8	28.1	16.8	47.7
344	5280	43.8	28.1	16.8	47.7
345	5300	43.8	28.1	16.8	47.7
346	5320	43.8	28.1	16.8	47.7
347	5340	43.8	28.1	16.8	47.7

348	5360	43.8	28.1	16.8	47.7
349	5380	43.8	28.1	16.8	47.7
350	5400	43.8	28.1	16.8	47.7
351	5420	43.8	28.1	16.8	47.7
352	5440	43.8	28.1	16.8	47.7
353	5460	43.8	28.1	16.8	47.7
354	5480	43.8	28.1	16.8	47.7
355	5500	43.8	28.1	16.8	47.7
356	5520	43.8	28.1	16.8	47.7
357	5540	43.8	28.1	16.8	47.7
358	5560	43.8	28.1	16.8	47.7
359	5580	43.8	28.1	16.8	47.7
360	5600	43.8	28.1	16.8	47.7
361	5620	43.8	28.1	16.8	47.7
362	5640	43.8	28.1	16.8	47.7
363	5660	42.4	27.2	16.3	41.2
364	5678.705	20.5	13.1	7.9	17.5
		12445	7967	4770	13045

---

**• LISTING DU CARREFOUR DU DEBUT DE PROJET (PK.00+000):**

Géométrie de l'anneau	
Coordonnées du centre	X= 29891.131 m
	Y= 50059.116 m
Rayon extérieur	20.000 m
Rayon intérieur	13.000 m
Largeur d'anneau	7.000 m
Surlargeur franchissable	0.000 m
Distance marquage extérieur	0.500 m
Distance marquage intérieur	0.500 m

Géométrie de la branche (1)				
Point de référence	X= 29891.131 m	Angle	335.221 gr	
	Y= 50059.116 m			
Triangle de construction			Ilot central	
Hauteur	20.000 m	Rayon de raccord	0.400 m	
Base	5.000 m	Distance de l'anneau	1.000 m	
Déport	0.450 m	Distance de marquage	0.500 m	
Caractéristiques des voies		Entrée	Sortie	
Rayon de raccord sur anneau		15.000 m	20.000 m	
Largeur voie sur anneau		4.000 m	4.500 m	
Largeur voie courante		3.500 m	3.500 m	
Rayon de raccord sur voie courante		80.000 m	80.000 m	
Terre-plein		0.000 m	0.000 m	
Distance départ passage piéton		0.000 m	0.000 m	
Largeur passage piéton		0.000 m	0.000 m	
Branche(s) en conflit				
Pas de conflit				
Tableau des déflexions	Rayon	Centre : X	Centre : Y	Observations
Branche3	88.936 m	29800.937 m	50009.509 m	
Branche1				Calcul impossible
Branche2	16.397 m	29889.115 m	50060.412 m	

Géométrie de la branche ' (2)					
Point de référence	X=	29891.131 m	Angle	200.862 gr	
	Y=	50059.116 m			
Triangle de construction			Ilot central		
Hauteur	20.000 m	Rayon de raccord	0.400 m		
Base	5.000 m	Distance de l'anneau	1.000 m		
Déport	0.450 m	Distance de marquage	0.500 m		
Caractéristiques des voies		Entrée	Sortie		
Rayon de raccord sur anneau		15.000 m	20.000 m		
Largeur voie sur anneau		4.000 m	4.500 m		
Largeur voie courante		3.500 m	3.500 m		
Rayon de raccord sur voie courante		80.000 m	80.000 m		
Terre-plein		0.000 m	0.000 m		
Distance départ passage piéton		0.000 m	0.000 m		
Largeur passage piéton		0.000 m	0.000 m		
Branche(s) en conflit					
Pas de conflit					
Tableau des déflexions		Rayon	Centre : X	Centre : Y	Observations
Branche1					Calcul impossible
Branche2		19.445 m	29886.319 m	50056.567 m	
Branche3		16.397 m	29891.055 m	50056.721 m	

Géométrie de la branche (3)					
Point de référence	X=	29891.131 m	Angle	109.077 gr	
	Y=	50059.116 m			
Triangle de construction			Ilot central		
Hauteur	20.000 m	Rayon de raccord	0.400 m		
Base	5.000 m	Distance de l'anneau	1.000 m		
Déport	0.450 m	Distance de marquage	0.500 m		
Caractéristiques des voies		Entrée	Sortie		
Rayon de raccord sur anneau		15.000 m	20.000 m		
Largeur voie sur anneau		4.000 m	4.500 m		
Largeur voie courante		3.500 m	3.500 m		
Rayon de raccord sur voie courante		--- m	--- m		
Terre-plein		0.000 m	0.000 m		
Distance départ passage piéton		0.000 m	0.000 m		
Largeur passage piéton		0.000 m	0.000 m		
Branche courbe sur voie existante					
Point sur voie existante	X=	29950.536 m	Angle	362.342 gr	
	Y=	50025.970 m	Rayon de raccordement	48.414 m	
Branche(s) en conflit					
Pas de conflit					
Tableau des déflexions		Rayon	Centre : X	Centre : Y	Observations
Branche2					Calcul impossible
Branche3					Calcul impossible
Branche1					Calcul impossible

