

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté du Génie de la Construction



Département de Génie Civil

# Mémoire de Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme

**Master Professionnel en génie civil**

Option : voies et ouvrages d'art

## Thème

***Aménagement en axe autoroutier de la RN25 sur un  
linéaire de 3 Km avec échangeur.***



**Présenté par:**

M<sup>f</sup>: RABHI           Kamel

M<sup>f</sup>: HAMMAR       Hakim

M<sup>f</sup>: HEFRAOUI     Amar

**Encadré par :**

Mr : MOULAHCENE Cherif

# Remerciement

*Louange à Dieu, 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 tenons aussi à remercier tous ceux et celles qui de loin ou de près ont contribué à finaliser ce travail que nous espérons sera à la hauteur de leurs engagements.*

*Nous citons nommément :*

- *Notre encadreur, Mr MOULAHCENE pour qui nous exprimons notre gratitude pour son encadrement, son aide, sa confiance, et son soutien incessant durant notre projet.*

- *MR DAHMOUS, de nous avoir aidés par les discussions fructueuses que nous avons eu dans le cadre de notre projet.*

- *MR BAYOUD, de nous avoir aidés à procurer ce projet au niveau de la DTP de TIZI-OUZOU.*

- *M<sup>elle</sup> MEZIANE DALILA, de nous avoir aidés pour accomplir ce modeste travail.*

- *Les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos enseignants ayant crus en nous et ce depuis le primaire.*

# Dédicaces

*Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux*

*A mes très chers parents ALI et SADIA que j'estime.*

*A mes frères: Mohamed, Hamid, Hakim, Said, Kaci, Yazid,  
Abdenmour, Karim, et Nadir*

*A ma sœur: Samia.*

*A ma grand-mère.*

*A mes belles sœurs : Rachida et baya.*

*Ainsi qu'a toute la famille HEFRAOUI, HELLAL et  
BOUTRIA.*

*A mes binômes HAKIM et KAMEL avec qui j'ai partagé ce  
travail.*

*Sans oublier tous mes amis(es) avec qui j'ai passé des moments  
inoubliables durant tout mon cursus du primaire à l'université et  
à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.*

*AMAR*

# Dédicaces

*Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux*

*Je dédie ce travail à la mémoire de mon père.*

*A ma très chère mère que j'estime beaucoup.*

*A mes frères : Mohamed, Amar, Rachid et Arezki.*

*A mes sœurs : Zohra, Ourida, Malika et Fazia.*

*A mes neveux : Moumah, Ghiles, Salim et Ali.*

*A mes nièces : Sonia, Lynda, Yasmine, Sabrina, Melissa,  
Yasmine et saphire.*

*A mes belles sœurs : Ulku et Kahina.*

*Ainsi qu'à toute la famille HAMMAR, IDDIR, et SMAIL.*

*A mes binômes AMAR et KAMEL avec qui j'ai partagé ce  
travail.*

*Sans oublier tous mes amis(es) avec qui j'ai passé des moments  
inoubliables durant tout mon cursus du primaire à l'université et  
à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.*

*HAKIM*

# Dédicaces

*Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux*

*A mes très chers parents Rezki et Fatma que j'estime.*

*A mes frères: Brahim, Smail, Mouh, Rachid, Karim, Rabah,  
Fahem, Massinissa.*

*A ma sœur: Razika.*

*A mes grandes mères : Djouhar et Dahbia.*

*A mes belles sœurs et leurs enfants.*

*Ainsi qu'a toute la famille et RABHI , GUERDAD,  
KACEL ,RAHMANI,MOUMOU en générale.*

*A mes binômes HAKIM et AMAR avec qui j'ai partagé ce  
travail.*

*Sans oublier tous mes amis(es) avec qui j'ai passé des moments  
inoubliables durant tout mon cursus du primaire à l'université et  
à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.*

*Kamel*

# *Sommaire*

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Présentation du projet</b>	
1. Introduction .....	2
2. Aperçue sur la wilaya de Tizi-Ouzou .....	2
3. Cadre de l'étude .....	2
4. Présentation du projet .....	2
5. Les infrastructures de base.....	3
6. Objectifs du projet.....	4
7. Conclusion.....	4
<b>Chapitre II : Etude du trafic</b>	
1. Introduction .....	5
2. Analyse du trafic .....	5
3. Différents types de trafics .....	6
4. Calcul de la capacité .....	7
5. Application au projet.....	9
6. Conclusion .....	13
<b>Chapitre III: dimensionnement du corps de Chaussée</b>	
1. Introduction .....	14
2. La chaussée .....	14
3. Méthodes de dimensionnement des chaussées .....	16
4. Application au projet.....	20
5. Conclusion .....	21
<b>Chapitre IV : Présentation du logiciel piste</b>	
1. Introduction .....	30
2. Présentation du logiciel Piste +5 .....	30
3. Un projet piste.....	30
4. Conception plane .....	30
5. Conception longitudinale.....	31
6. Conception transversale.....	32
7. Devers... ..	35
8. Conclusion .....	36

## **Chapitre V : Etude géométrique**

1. Introduction .....	37
2. Tracé en plan .....	37
3. Profil en long .....	47
4. Profil en travers .....	52
5. Conclusion .....	55

## **Chapitre VI : Cubature et terrassement**

1. Introduction générale .....	56
2. Terrassement .....	56
3. Le compactage .....	56
4. Cubatures de Terrassement .....	57
5. Méthode de calcul .....	57
6. Application au projet .....	58

## **Chapitre VII : Hydraulique et Assainissement**

1. Introduction .....	60
2. Objectif de l'assainissement .....	60
3. Assainissement de la chaussée .....	61
4. Etude hydrologique .....	62
5. Etude hydraulique .....	66
6. Dimensionnement .....	67
7. Conclusion .....	72

## **Chapitre VIII : Echangeur**

1. Introduction .....	73
2. Définition .....	73
3. Rôle d'un échangeur .....	73
4. Critère de base .....	73
5. Condition à respecter.....	74
6. Types d'échangeurs.....	74
7. Caractéristiques géométriques des échangeurs.....	75
8. Critères de choix de l'échangeur.....	75
9. Application a notre projet.....	76
10.Conclusion.....	78

## **Chapitre IX: Equipements de la route**

### **1. Sécurité :**

1.1. Introduction .....	79
1.2. Dispositifs de retenue .....	79
1.3. Application a notre projet .....	80

### **2. Signalisation**

2.1. Introduction .....	80
2.2. l'objet de la signalisation routière .....	80
2.3. Catégories de signalisation .....	81
2.4. Règles à respecter pour la signalisation .....	81
2.5. Types de signalisation .....	81
2.6. Caractéristiques générales des marques .....	84
2.7. Application a notre projet .....	85

### **3. Eclairage :**

3.1. Introduction .....	88
3.2. Eclairage d'un point singulier .....	89
3.3. Paramètre de l'implantation des luminaires .....	89
3.4. Application a notre projet .....	90
3.5. Conclusion.....	90

## **Chapitre X : Impacts sur l'environnement**

1. Introduction.....	91
2. Cadre juridique.....	91
3. Définitions.....	91
4. Etude d'impact sur l'environnement.....	91

<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>95</b>
----------------------------------	-----------

<b>Bibliographie .....</b>	<b>.....</b>
----------------------------	--------------

<b>Annexes .....</b>	<b>.....</b>
----------------------	--------------

## Introduction générale

Les voies de communication sont la source même du développement d'un pays, les recherches et les études sur les tracés routiers ont pris actuellement une ampleur considérable à travers le monde.

L'analyse de la situation des pays équipés et développés, montrent que le secteur du transport constitue une base au plan du développement national et de la croissance économique.

Cela montre bien que le secteur du transport est un secteur stratégique sur les plans économique et social et de l'intégrité du territoire. Il concourt à la satisfaction des besoins essentiels de la population et impulse et conforte le reste de l'économie nationale dont il constitue une véritable locomotive, comme cela a été le cas dans l'histoire des pays actuellement développés, ou en voie de développement.

En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic marchandises et voyageur.

Pour la wilaya de Tizi-Ouzou, le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 90% du trafic de marchandises et de voyageur.

Ce sujet de fin d'étude a été proposé par la direction des travaux publics de la wilaya de Tizi-Ouzou. Il devra nous permettre en premier lieu d'évaluer et mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire et de s'adapter avec les différentes étapes de la conception routière.

## 1. Introduction :

L'intensification du trafic routier sur la route nationale N°25, qui assure la liaison entre la wilaya de Tizi-Ouzou en partant de Draa Ben Khedda, et la wilaya de Bouira au niveau de la ville d'Aomar, nécessite un aménagement en axe autoroutier.

C'est dans cette optique que la Direction des Travaux Publics de la wilaya de Tizi-Ouzou, a sollicité le Bureau d'Etudes SAETI, pour l'élaboration de l'étude d'avant projet détaillé, relative au tronçon Draa El Mizan -Tizi-Ouzou, sur un linéaire total de 36.058 kms.

## 2. Aperçu sur la wilaya de Tizi-Ouzou:

La wilaya de Tizi-Ouzou est située à 100 km à l'Est de la capitale Alger, et à 125 km à l'ouest de Bejaïa. Elle est d'une trentaine de kilomètres de la méditerranée et de 40 Km du massif du Djurdjura, elle est située dans la vallée de l'oued Sebaou avec un climat méditerranéen.



**Fig. I-1** : Situation géographique de Tizi-Ouzou.

## 3. Cadre de l'étude :

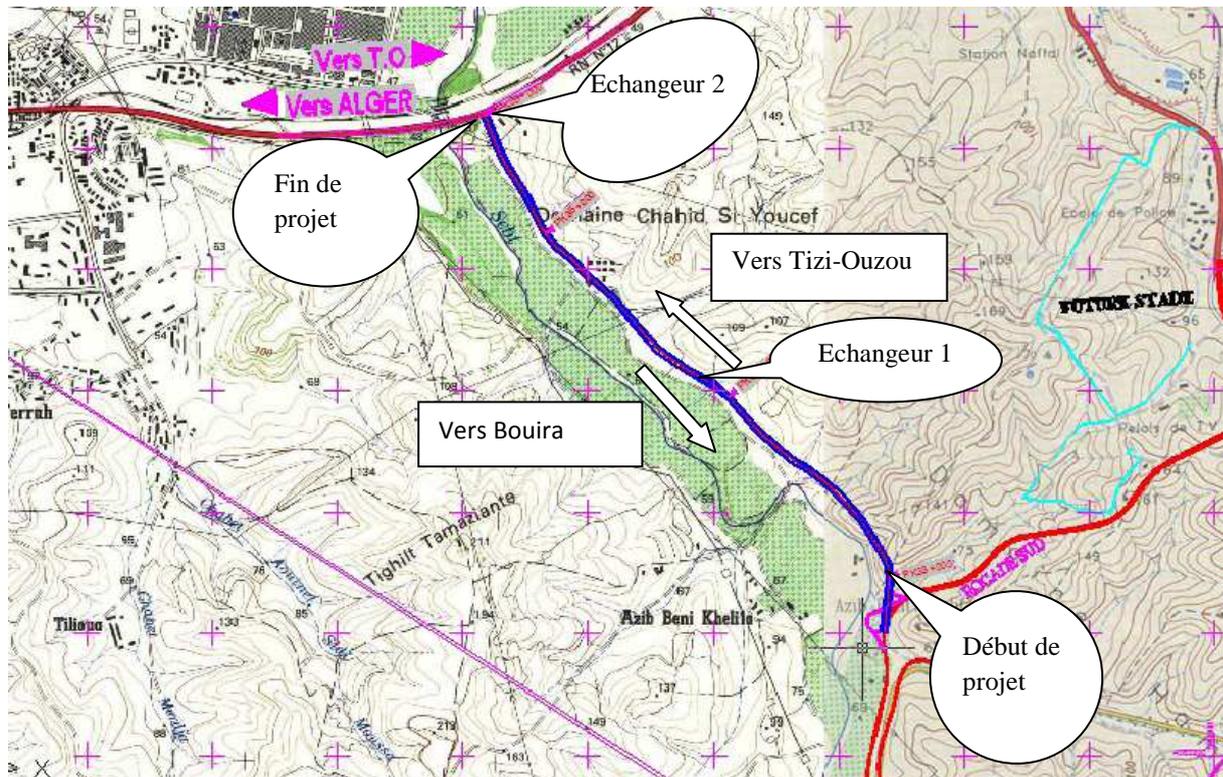
Notre projet a pour étude d'aménagé en axe autoroutier de la RN 25 sur un linéaire de 3 km avec échangeur.

## 4. Présentation du projet :

La route nationale 25 dans son tracé actuel traverse plusieurs agglomérations, telles que Tizi-Ouzou, Azazga, Larbaa Nath Irathen, Draa Ben Khedda, Draa El Mizan, Bouira, Lakhdaria, Kadiria, Aomar, El Hachimia, Bechloul,...

La présente étude a pour principal objectif l'aménagement en axe autoroutier de la RN 25 du PK 33+00 au PK 36+058 sur un linéaire de 3 km, entre dans le cadre de la réalisation du schéma Directeur Routier National et fera partie de la pénétrante de la ROCADE SUD de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Cette infrastructure une fois aménagée constituera une pénétrante Nord – Sud vers l'autoroute Est – Ouest pour la wilaya de Tizi-Ouzou et devra permettre d'alléger la charge de trafic sur la route nationale 25 dans son état actuel, et de constituer un véritable axe routier support d'échange de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est – Ouest.



**Fig. I-2** : Projection du tracé sur la carte d'état major.

## 5. Les infrastructures de base :

Le réseau routier de la zone d'étude est constitué de :

- **RN 25** : Prenant son origine au niveau de Dellys dans la wilaya de Boumerdès, elle traverse les agglomérations de Draa Ben Khedda, Ait Yahia Moussa et Draa El Mizan, elle supporte un trafic poids lourds important en provenance de la wilaya de Bouira et véhicule les échanges inter wilayas, principalement entre Tizi-Ouzou et Bouira.
- **RN 12** : C'est l'axe central de circulation qui traverse les wilayas d'Est en Ouest sur une longueur de 80 kms, il dessert les grands centres urbains : Yakouren, Azazga, Tizi-Ouzou, et Tademaït et dessert la RN 25 au niveau de la wilaya de Boumerdès. C'est une route à 2\*2 voies.

- **CW128** : Menant vers l'agglomération de Boghni

## **6. objectifs du projet :**

La réalisation de la route reliant BOUIRA et Tizi-Ouzou à pour but :

- Offrir un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux Wilayas et réduire ainsi considérablement les coûts de transport.
- Décongestionner le trafic des zones urbaines.
- Réduire le temps de parcours des usagers de la route.
- assurer la régularité dans les déplacements des usagers de la route.
- Réduire le nombre d'accidents.
- Améliorer le cadre de vie des citoyens de la région d'étude.

## **7. Conclusion :**

A cause de perte de temps, les accidents, etc....., tous ces facteurs influent De façon négative sur le comportement et l'activité Quotidienne de l'individu. C'est pour cela notre projet de l'aménagement de la RN25 aura pour but d'assurer une fluidité de la circulation et procurera aux usagers et à la collectivité des avantages qui justifient la dépense engagée, tout en ayant une économie d'utilisation supérieure à l'économie de réalisation.

**1. Introduction :**

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

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Cette conception repose, sur une partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

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

**2. Analyse du trafic :**

Diverses méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adopter le niveau de connaissance aux besoins. Le coût des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire, mais on s'attache de disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause. Enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude du trafic au fur et à mesure de l'ensemble du projet.

Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages.
- Celles qui, en outre, permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes.

**2.1. Les comptages :**

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

**a. les comptages automatiques :**

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires. Les comptages permanents, sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseaux autoroutier, réseau routier national et le chemin de wilaya les plus circulés.

Les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

**b. Les comptages manuels :**

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en commun. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

**2.2. La connaissance des flux(les enquêtes) :**

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillis à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation du flux.

On peut recourir en fonction des besoins, à diverses méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Elle permet en particulier de distinguer les trafics de transit et d'échange.

**3. Différents type de trafics :**

On distingue quatre (04) types de trafic :

**3.1. Trafic normal :**

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

**3.2. Trafic induit :**

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

**3.3. Trafic dévié :**

C'est le trafic qui résulte :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

### 3.4. Trafic total :

C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

## 4. Calcul de la capacité :

### 4.1. Définition de la capacité :

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

### 4.2. Calcul du (TJMA) horizon :

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

$$\text{TJMAh} = \text{TJMAo} (1 + \tau)^n$$

- **TJMAh** : le trafic à l'année horizon.
- **TJMAo** : le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année.
- **$\tau$**  : taux d'accroissement du trafic (%).

### 4.3. Calcul des trafics effectifs:

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (**U.V.P**) en fonction de :  
**Type de route et de l'environnement.**

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

Le trafic effectif donné par la relation :

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

- **T<sub>eff</sub>** : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- **Z**: pourcentage de poids lourds (%).
- **P**: coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

Le tableau si dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence (**P**) pour les poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

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

Tableau II.1: Coefficient d'équivalence.

#### 4.4. Débit de pointe horaire normale:

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

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

- **Q** : débit de pointe horaire
- **n** : nombre d'heure, (en général n=8 heures).
- **T<sub>eff</sub>** : trafic effectif.

#### 4.5. Débit horaire admissible :

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

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

- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de capacité.
- **C<sub>th</sub>** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Les valeurs de K1, K2 et C<sub>th</sub> sont données dans les tableaux suivants :

Environnement	E1	E2	E3
<b>K1</b>	0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau II.2: Valeurs de K1.

Environnement	Catégorie				
	1	2	3	4	5
<b>E1</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>E2</b>	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
<b>E3</b>	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau II.3: Valeurs de K2.

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

Tableau II.4 : Valeurs de la capacité théorique Cth.

4.6. Calcul du nombre de voies:

a- Cas D'une Chaussée Bidirectionnelle :

On compare Q à Q<sub>adm</sub> et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q<sub>adm</sub> la plus proche à Q :

$$Q \leq Q_{adm}$$

b- Cas D'une Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$n = S. Q/Q_{adm}$$

Avec :

- S : coefficient de dissymétrie en général égale à 2/3
- Q<sub>adm</sub> : débit admissible par voie

5. Application au projet :

En se basant sur les données de trafic effectuées par la DTP (direction de travaux publics) de Tizi-Ouzou en 2007 s'agissant de la RN 25 et RN 12 :

Route s	Sections	Trafic compté de 7 H à 17 H			Facteur journalier	Facteur saisonnier	TJMA 2007
		V L	P L	TOTAL			
RN 12	Tademaït-Tizi-Ouzou	16 536	2 760	19 296	1,30	1,10	27 600
RN 12	Azazga – Tizi-Ouzou	8 512	1 296	9 808	1,30	1,10	14 030
RN 25	D.E.Mizan-Bouid.	5960	643	6603	1,30	1,10	7760
RN 25	D.E.Mizan - DBK	2457	594	3051	1,30	1,10	4030

Tableau II.3 : Estimation du trafic journalier moyen annuel 2007

$$TJMA_{\text{moy}} = (19296+9808+6603+3051) /4=9690\text{v/j}$$

- **Composition du trafic**

La composition moyenne du trafic sur le réseau étudié est présentée dans le tableau :

Véhicule particulier	Véhicule Utilitaire	Taxis-bus	Autocar	Camions	TOTAL
53%	18%	18%	1%	10%	<b>100%</b>

Elle fait ressortir :

- Une prédominance des véhicules légers (89%),
- Une forte part des véhicules de transport,

Une moyenne de poids lourd de 10 % donc en dessous de la moyenne nationale (25 %) Les routes les plus sollicitées par le trafic lourd sont les RN n° 25 et 12 qui en % atteignent respectivement 19% et 14%. Le trafic de la wilaya de Tizi-Ouzou n'est en conséquence pas agressif.

Donc, Le pourcentage de poids lourds est : **19%+14%=33%**

Périodes	Hypothèse haute		Hypothèse médiane		Hypothèse basse	
	Véhicule léger	Poids lourd	Véhicule léger	Poids lourd	Véhicule léger	Poids lourd
<b>2007 - 2010</b>	8,0%	4,0%	6,0%	4,0%	4,0%	4,0%
<b>2010 - 2015</b>	6,0%	4,0%	4,0%	4,0%	3,0%	3,0%
<b>2015 - 2020</b>	4,0%	4,0%	3,5%	3,0%	3,0%	3,0%

Dans notre cas on prévisios 2%

On aura : **33%+2%=35%**

### 5.1 Données de trafic :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fourni par la DTP de Tizi-Ouzou qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année 2007 **TJMA2007 = 9690 v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  **$\tau= 4\%$**
- La vitesse de base sur le tracé **VB=80km/h**
- Le pourcentage de poids lourds **Z= 35 %**
- L'année de mise en service sera en **2018**
- La durée de vie estimée de **20ans**
- Catégorie **C1**
- L'environnement **E1**

### 5.2 Projection future du projet :

De mise en service (L'année 2018)

$$\text{TJMA } h = \text{TJMA}_o (1+\tau)^n$$

Avec :

**TJMA h** : trafic à l'horizon (année de mise en service 2018)

**TJMA o** : trafic à l'année zéro (origine 2007)

$$\text{TJMA}_{2018} = 9690(1 + 0,04)^{11} = 14918 \text{ v/j.}$$

$$\text{TJMA}_{2018} = 14918 \text{ V/J}$$

Trafic à l'année (2038) pour une durée de vie de 20 Ans

$$\text{TJMA}_{2038} = 14918 (1 + 0,04)^{20} = 32688 \text{ v/j.}$$

$$\text{TJMA}_{2038} = 32688 \text{ V/J}$$

### 5.3 Calcul du trafic effectif :

$$\text{T}_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P.Z] \text{TJMA}_h$$

- **P**: coefficient d'équivalence. Pris pour convertir le poids lourds.
- **Z**: le pourcentage de poids lourds
- **P =2** (Catégorie C1, environnement E1)

$$\text{T}_{\text{eff}} = 32688 \times [(1 - 0,35) + 2 \times 0,35] = 44129 \text{ uvp/j}$$

$$\text{T}_{\text{eff}} = 44129 \text{ uvp/j}$$

### 5.4 Débit de pointe horaire normale :

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

Avec:

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

$$Q = 0.12 \times 44129 = 5296 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 5296 \text{ uvp/j}$$

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

$$Q \leq Q_{adm}$$

$$Q \leq K1. K2. C_{th}$$

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

Catégorie C1	<b>K1=0.75</b>	}	<b>K1=0.75</b>
Environnement E1			<b>K2=1</b>

$$\Rightarrow C_{th} \geq Q/K1.K2=5296/0.75 \times 1=7062$$

$$C_{th} \geq 7062 \text{ (uvp /h)}$$

Donc: **C<sub>th</sub> ≥ 7062 uvp/h**

### 5.5 Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée

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

**K1**: coefficient correcteur pris égal à **0.75** pour **C1**. [Tableau II-2](#)

**K2**: coefficient correcteur pris égal à **1** pour environnement (**E1**) et catégorie (**C1**). [Tableau II-3](#)

**C<sub>th</sub>**: capacité théorique

$$C_{th} = 2400 \text{ uvp/h} \quad \text{d'après le document de B40}$$

$$Q_{adm} = 0,75 \times 1 \times 2400 = 1800$$

$$Q_{adm} = 1800 \text{ uvp/h}$$

### II.5.6 Le nombre de voies:

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

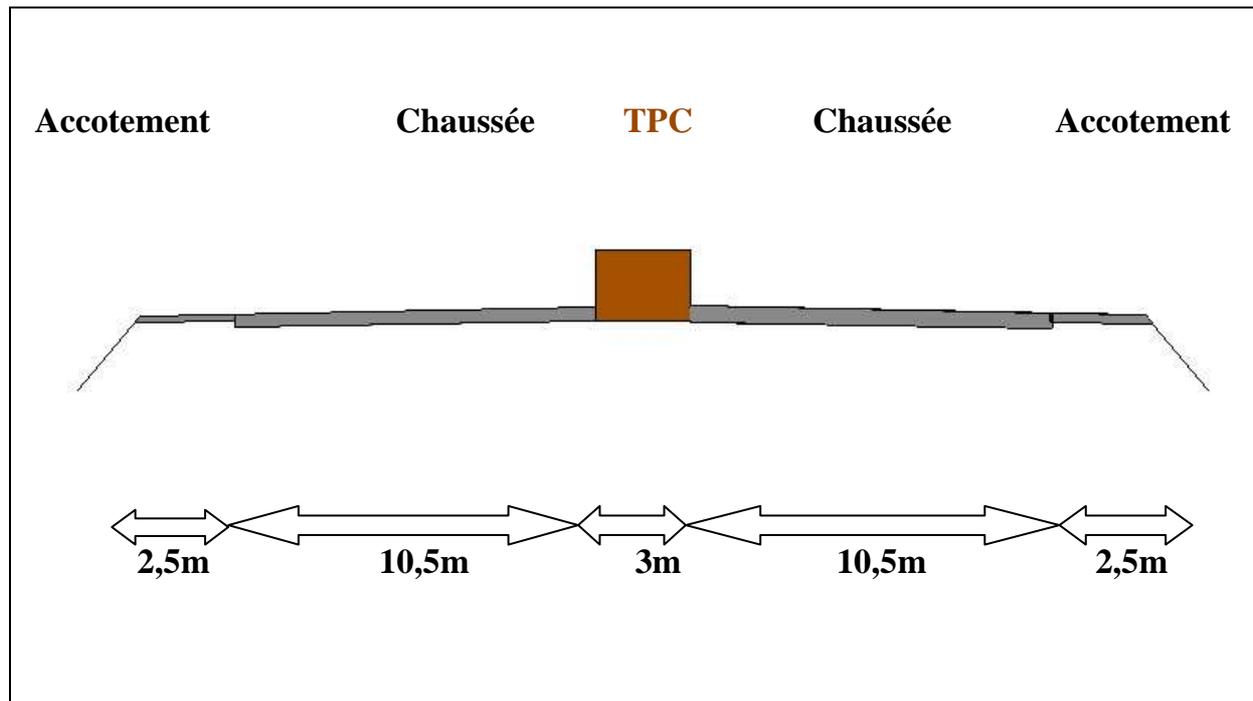
$$NVOIES = 2/3 \times 7062 / 1800 = 2.61$$

Donc on prend : **n = 3 voie /sens.**

$$n = 3 \text{ voies /sens}$$

Les calculs sont représentés dans le tableau (II-5) suivant:

	<b>TJMA2007</b> (v/j)	<b>TJMA2018</b> (v/j)	<b>TJMA2038</b> (v/j)	<b>Teff</b> (uvp/j)	<b>Q</b> (uvp/j)	<b>N</b>
VALEUR	9690	14918	32688	44129	5296	3



**Fig. II.1** : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée

## 6. Conclusion :

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que son profil en travers est de:

- Chaussée unidirectionnelle de **2X3** voies de **3.5m**.
- Accotement de **2.5m** de chaque côté.
- Terrain plein central (TPC) de **3m**.

## 1- Introduction :

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays, ainsi l'état de son infrastructure, est crucial. Cet état est étroitement lié au moyen de transport routier. Le dimensionnement de la chaussée a pour mission de supporter la circulation du trafic, Il est défini comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mise en place pour constituer le corps de chaussée.

Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivants :

- Le trafic représentant l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids Lourds.
- La portance du sol support désignée par son indice C.B.R (**California – Bearing – Ratio**).
- La durée de service.
- Climat et environnement : influence de la température de l'eau et vieillissement du bitume.

Du point de vue du comportement mécanique de la chaussée, on distingue principalement trois types de chaussées (voir figure III.1) qui sont :

- Les chaussées souples.
- Les chaussées rigides.
- Les chaussées semi-rigides.

## 2- La chaussée :

### 2-1- Définition :

- **sens géométrique:** La surface aménagée de la route sur laquelle circule les véhicules.
- **sens structurel:** l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

### 2-2- Différentes catégories de chaussée :

- Les chaussées classiques (souples et rigides)
- Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides)

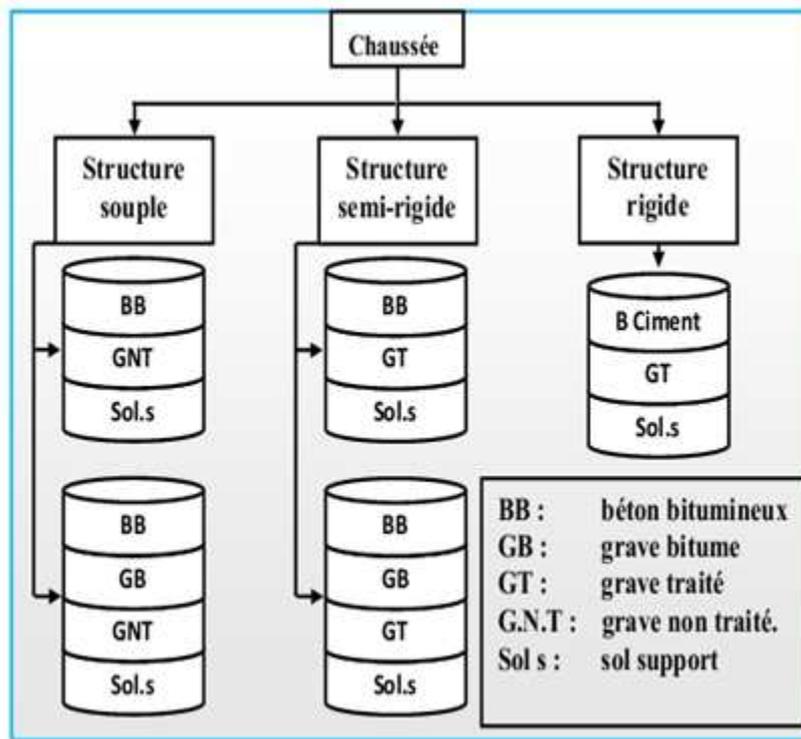


Figure III-1- Schéma récapitulatif

### 2-2-a-Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes:

#### ❖ Couche de roulement (surface) :

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de roulement qui à pour rôle:

- D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usagés(diminution de bruit).

La couche de liaison à, pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

#### ❖ Couche de base :

Elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

#### ❖ Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

### ❖ Couche de forme:

Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme. Elle est constituée de :

- ✓ Sol rocheux: joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- ✓ Sol peu portante (argileux à teneur en eau élevée): Elle assure une portance – suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement. On tient compte de cette couche dans le cas d'amélioration de la portance du sol support à long terme.

Couche de Surface	Couche de roulement. Couche de liaison.
Corps de Chaussée	Couche de base. Couche de fondation. Sous couche (éventuellement.) Couche de forme (éventuellement.)

### 2-2-b- Chaussée rigide :

Une chaussée est dite rigide si elle comporte une dalle en béton. Cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple. Généralement, elle repose sur une couche de fondation en matériau non traité et éventuellement sur une sous-couche entre la couche de fondation et le terrain naturel.

### 2-2-c- Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides. On peut le retrouver dans les chaussées renforcées, qui comportent une couche de base en matériaux traités avec un liant hydrocarboné.

### 3- Méthodes de dimensionnement des chaussées :

Plusieurs méthodes existent pour le dimensionnement du corps de chaussée, parmi les plus connues et les plus utilisés en Algérie on site :

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

#### 3-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode (semi empirique) qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90- 100 %) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau de moins de 15 cm.

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5}$$

En tenant compte de l'influence du trafic, l'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

Tel que :

**e**: épaisseur équivalente

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

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

**I** : indice portant C.B.R.

**Log**: logarithme décimal.

### 3-2- Coefficient d'équivalence :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches de matériaux par la formule suivants :

$$e = \sum a_i e_i$$

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.50 à 1.70
Tuf	0.60

**Tableau III.1** : Coefficient d'équivalence.

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

$$e = a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3$$

Telle que :

**$a_1.e_1$**  : couche de roulement

**$a_2.e_2$**  : couche de base

**$a_3.e_3$**  : couche de fondation

Ou :

**$a_1, a_2, a_3$**  : sont des coefficients d'équivalence.

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

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe  $e_1, e_2$ , et on calcule  $e_3$  telle que :

**$e_1$**  : couche de roulement (5-8cm)

**$e_2$**  : couche de base (10-25cm)

**$e_3$**  : couche de fondation (15-35cm)

### 3-3- Méthode des catalogues des structures :

Cette méthode découle du règlement algérien [02A] et consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20<sup>ème</sup> année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projeteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

#### 3-3-1- Détermination de la classe du trafic :

Le trafic est caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieure à 50 KN par jour sur la voie la plus chargée.

Classe du trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20
T <sub>1</sub>	$T < 7.3 \times 10^5$
T <sub>2</sub>	$7.3 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T <sub>3</sub>	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T <sub>4</sub>	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T <sub>5</sub>	$T > 4 \times 10^7$

**Tableau III-2- Classe du trafic**

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans et classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

$T_{PL}$  : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

$\tau$  : Taux d'accroissement annuel.

$n$  : durée de vie ( $n = 20$  ans).

### III-2-2- Présentation des classes de portance des sols :

Le sol doit être classé selon la valeur de l'indice CBR. Les différentes catégories sont données par le tableau indique les classe de sols :

Classe du sol (Si)	Indice CBR
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	< 5

**Tableau III.3-** Le classement des sols

### 3.3-3- Amélioration de la portance du sol support :

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

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

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF $E_{cf}$	Portance visée
<S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

**Tableau III-4-**les résultats des différentes épaisseurs de la couche de forme.

**NB** : Nous avons choisit le matériau non traité pour des conditions économiques. Pour notre cas on a un CBR=5 S3 (tableau III.2)  $\Rightarrow$

nous proposons **Ecf =40cm de tuf** pour obtenir un CBR compris entre 10 et 25

$\Rightarrow$  S2 (tableau III.3)

**III-4- Méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :**

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

$$T_{eq} = \left[ \frac{TJMA \cdot a [(1+\tau)^n - 1] \cdot 0.75 P^{365}}{(1+\tau) - 1} \right]$$

Telle que :

- $T_{eq}$  : trafic équivalent par essieu de 13t.
- **TJMA** : trafic à la mise en service de la route.
- **a** : coefficient qui dépend du nombre de voies.
- $\tau$  : taux d'accroissement annuel.
- **n** : durée de vie de la route.
- **p** : pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente **e** (en fonction de  $T_{eq}$ ,  $I_{CBR}$ ) à partir de l'abaque **L.C.P.C.**

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

**4- Application au projet :**

Pour notre projet, nous optons pour l'application des deux méthodes (**CBR et CTTP**).

**➤ Méthode CBR :**

- ✓ Le trafic à l'horizon  $TJMA_{2038} = 32688 \text{ V/j}$
- ✓ Le pourcentage (%) des poids lourds PL = 35%
- ✓ Taux d'accroissement annuel  $\tau = 5\%$
- ✓ Indice CBR 5
- ✓ La charge par roue (essieu)  $P = 6.5t$
- ✓ Log : logarithme décimal

$$TJMA_{2038} = 32688 \text{ v/j}$$

$$N = (0.35 \times 32688) / 2 \text{ pl/j/s}$$

$$N = 5721 \text{ p/j/s}$$

Avec :

**N** : le nombre de camions par jour de plus 1.5t.

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{5721}{10})}{5 + 5}$$

D'après les calculs on trouve :

$$e = 65 \text{ cm}$$

Avec :

$$e_{eq} = \sum_{i=1}^3 a_i \times e_i = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$$

On prend:

$$e_{eq} = 65 \text{ cm}$$

Telle que les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés sont :

- ✓ Couche de roulement BB  $a_1=2.00$
- ✓ Couche de base GB  $a_2= 1.50$
- ✓ Couche de fondation GNT  $a_3= 0.75$

Dans notre calcul on fixe la couche de roulement BB = 6 cm et la couche de base GB=20cm, puis on calcule l'épaisseur de la couche de fondation.

On a alors :

$$65 = 2 \times 6 + 1.5 \times e_2 + 0.75 \times 35$$

Donc :

$$e_2 = 65 - (12 + 27) / 1.5$$

D'où :

$$e_2 = 18 \text{ cm}$$

Les résultats sont donnés par le tableau suivant :

Couche de	Epaisseur réelle (cm) $\times a_i$	Epaisseur équivalente (cm)
<b>roulement BB</b>	$6 \times 2$	12
<b>base GB</b>	$18 \times 1.5$	27
<b>fondation GNT</b>	$35 \times 0,75$	26.5
<b>Total</b>	59	65.5

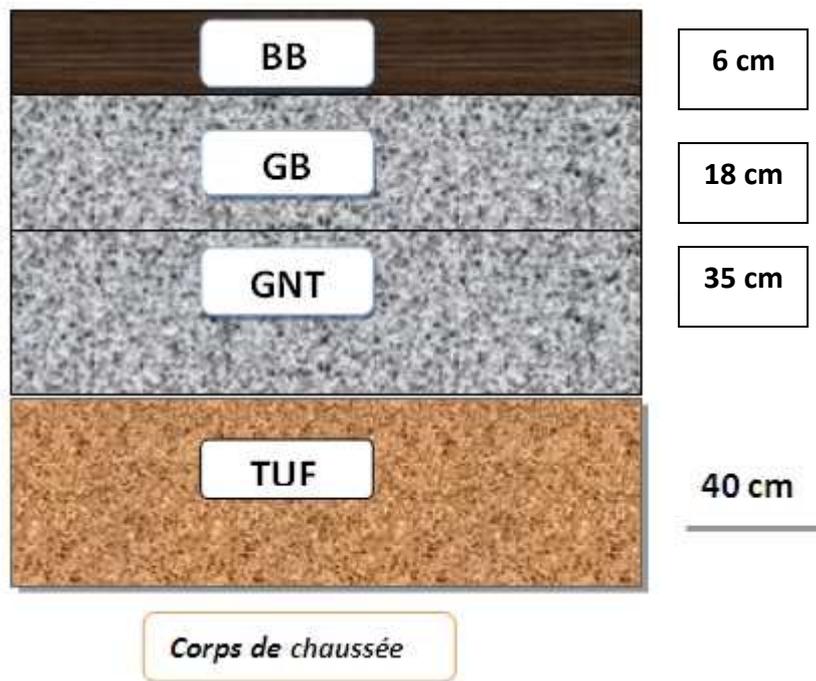
**Remarque :**

**6BB+18 GB+35GNT avec couche de forme (40 cm en tuf).**

**Conclusion :**

Après vérification de l'admissibilité des déformations à la base de la GB et du sol support. La structure de chaussée adoptée est la suivante :

- Couche de roulement : 06 cm en **(BB)**.
- Couche de base : 18 cm en **(GB)**.
- Couche de fondation : 35 cm en **(GNT)**.
- Couche de forme : 40cm en **TUF**



- **Méthode des catalogues des structures :**
    - **Classement de la route dans les réseaux principaux :**
- D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

Réseau principale	Trafic (véhicule / jour)
RP1	> 1500
RP2	< 1500

**Tableau III- 5.** Les réseaux principaux

Notre projet est un tronçon de la nouvelle autoroute express qui reliera la RN12 à la RN25, il est classé dans le réseau principale RP1.

$TJMA_{2018} = 14918 \text{ v/j}$  (à l'année de mise en service).

❖ **Détermination de la classe du trafic :**

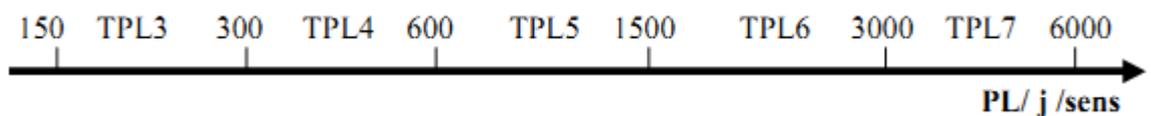
$N_0 = 14918 \text{ v/j}$ .

$N_{pl} = 14918 \times 35\% = 5222 \text{ pl/j}$ .

D'où :

$TPL_i = 5222 \text{ pl/j}$

- Classe  $TPL_i$  pour RP1 :



D'après les résultats qu'on a trouvés, notre trafic est classé en TPL7 (entre 3000 et 6000).

❖ **Classe de portance du sol support :**

Elle est déterminée sur la base du module  $E=5CBR$ .

Avec :

$CBR=5$  ;  $E=5 \times 5 = 25MPa$ , la classe du sol support est S3 (tableau 2, page 11) [03].

❖ **Sur classement du sol support :**

Le passage de S3 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 40 cm en TUF en deux couches de 20cm pour chacune (tableau 5, page 13)[03].

- Avec les données citées plus haut, et une classe de sol S2, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise une structure de :

**6 BB+20 GB+30 GNT+ 40 TUF** (page 13)[03].

❖ **Durée de vie :**

La durée de vie fixée par niveau de réseau principal RP1 et par matériaux types est synthétisée dans le tableau 4, page 13[03].

- Alors la durée de vie est égale à **20 ans**.

❖ **Risque de calcul :**

Le risque de calcul (r %) adopté dans le dimensionnement de la structure est en fonction du trafic et du niveau de réseau principal, il est donné dans le tableau 5, page 14 [03].

- Alors soit : **r=10%**

❖ **Données climatiques :**

La région d'étude est située au nord d'Algérie, caractérisée par un climat très humide, d'une pluviométrie supérieure à 600 mm/an.

- Alors d'après le tableau 7, page15 [03].

Notre projet est situé dans la **zone climatique I**.

❖ **Température équivalente :**

La valeur de température équivalente «  $\theta_{eq}$  » retenue pour le calcul de dimensionnement est en fonction de la zone climatique, elle est donnée dans le tableau 8, page 15 [03].

Alors:

**$\theta_{eq} = 20$  °C.**

❖ **Valeur du coefficient d'agressivité :**

**A** : coefficient d'agressivité du poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

Il est défini dans le tableau 11, page 17[03]. Elle est en fonction du niveau de réseau principal.

Alors:

$$A=0.6$$

❖ **conditions aux interfaces :**

Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour le calcul des contraintes et déformation, elles sont en fonction du type de structure.

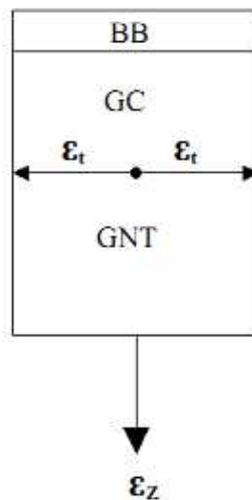
Et d'après le tableau 3, page 11 [03]:

Toutes les interfaces sont **collées**.

❖ **Mode de fonctionnement pour le type de structure :**

$\epsilon_t$  : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

$\epsilon_z$ : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

❖ **Calcul du trafic cumulé de PL (TCi) :**

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il est donné par la formule suivante:

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}$$

Où :

$\tau$ : Taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement).

**n**: durée de vie considérée, (n=20 ans).

$$TCi = 5222 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCi = 5.67 \times 10^7 \text{ PL}$$

❖ **Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :**

$$TCi = TPLi \times 365 \times A \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}$$

$$TCi = 5222 \times 365 \times 0.6 \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCi = 3.4 \times 10^7 \text{ PL}$$

❖ **Calcul des déformations admissibles sur le sol support ( $\epsilon_{z,ad}$ ) :**

La déformation verticale  $\epsilon_z$  calculée par le modèle **Alizé III**, devra être limitée à une valeur admissible  $\epsilon_{z,ad}$  qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante :

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (TCEi)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (3.4 \times 10^7)^{-0.235} = 373 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 373 \times 10^{-6}$$

**Remarque:**

- ✓ Pour chaque valeur de (TPLi), il correspond une valeur de  $\epsilon_{z,ad}$ .
- ✓ La vérification  $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$  sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traité, car c'est le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.
- ✓ Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression sur sol support sera tellement faible que le critère  $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$  sera pratiquement toujours vérifié.
- ❖ **Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses ( $\epsilon_{t,ad}$ ) :**

$\epsilon_{t,ad}$  est donnée par la relation suivante:

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot \text{kne} \cdot \text{k}\theta \cdot \text{kr} \cdot \text{Kc}$$

Où :

- $\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz})$  : déformation limite au bout de  $10^6$  cycles avec une probabilité de rupture de 50% à  $10^\circ\text{C}$  et 25 Hz (essai de fatigue).
- **kne** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- **k $\theta$**  : facteur lié à la température.
- **kr** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussées.

Avec :

$$k_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b; \quad k_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C, 10Hz)}{E(\theta_{eq}, 10Hz)}}; \quad k_r = 10^{-tb\delta}$$

D'où :

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10^{\circ}C, 25 Hz) \cdot \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C, 10Hz)}{E(\theta_{eq}, 10Hz)}} \cdot 10^{-tb\delta} k_c$$

Avec :

- **TCE<sub>i</sub>**: trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur durée de vie considérée.
- **b** : pente de droite de fatigue (b<0).
- **E (10°C)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- **E (θ<sub>eq</sub>)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.

$$\delta : f(\text{dispersion}) \quad \Longrightarrow \quad \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}$$

Telle que :

- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- c : coefficient égal à 0.02
- t : fractale de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

➤ **D'après le tableau 13 , page 18[03]:**

- $\varepsilon_6(10^{\circ}C, 25 Hz) = 100 \times 10^{-6}$  :( déformation sous la grave bitume).
- **b = -0.146** :  $\left(-\frac{1}{b} = 6.84 \Rightarrow b = -\frac{1}{6.84} \Rightarrow b = -0.146\right)$ .
- E (10°C, 10Hz) = 12500 MPa ; E (θ<sub>eq</sub>, 10Hz) = 7000 MPa.
- SN = 0.45 (GB).
- Sh = 3 cm (GB).
- K<sub>c</sub> = 1.3 (GB).

$$\checkmark k_{ne} = \left(\frac{3.4 \times 10^7}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.597$$

$$k_{ne} = 0.597 \quad \Longrightarrow$$

$$\checkmark k_{\theta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$$

$$k_{\theta} = 1.33$$

➤ D'après le tableau 16, page 20[03] :

- t = -1.282 : (r = 10 %).

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

$$\delta = 0.61$$

$$\checkmark \quad k_r = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.61} = 0.76$$

$$K_r = 0.76$$

D'où:

$$\varepsilon_{t,ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.597 \times 1.33 \times 0.76 \times 1.3 = 784 \cdot 10^{-7}$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 78.4 \times 10^{-6}$$

➤ **Présentation de logiciel ALIZE III :**

ALIZE III est un programme issu du laboratoire central des ponts et chaussées en France (PARIS 1975) il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche élastique fondé sur l'hypothèse de BURMISTER. Les contraintes et les déformations  $\bar{\sigma}_t$ ,  $\varepsilon_z$ ,  $\bar{\sigma}_z$ , aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan. La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une symétrie de révolution. Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

La modélisation de la structure est donnée au tableau suivant :

	e (cm)	E (MPa)	$\nu$
<b>Couche de roulement en BB</b>	6	4000	0.35
<b>Couche de base en GB</b>	20	7000	0.35
<b>Couche de fondation en GNT</b>	15	500	0.25
	15	500	0.25
<b>Couche de forme en TUF</b>	20	500	0.25
	20	500	0.25
<b>Sol support</b>	Infinie	25	0.35

Les résultats de calculs :

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	34,7	0,297	31,9	0,660
	collé		0,060	17,5	0,255	70,9	0,606
0,200	7000,0	0,350	0,060	17,5	0,427	30,4	0,606
	collé		0,260	62,1	-0,547	60,1	0,074
0,150	500,0	0,250	0,260	-62,1	-0,013	156,3	0,074
	collé		0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
0,150	500,0	0,250	0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
	collé		0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
0,200	500,0	0,250	0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
	collé		0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
0,200	500,0	0,250	0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
	collé		0,960	-69,4	-0,044	52,6	0,004
infini	25,0	0,350	0,960	-69,4	0,000	183,4	0,004

Tableau III .7 : Résultats écran ALIZE III

Résultats de simulation :

	$\epsilon_z(\text{sol support})$	$\epsilon_t (\text{à la base de la GB})$
Déformations calculées ALIZE III	$183,4 * 10^{-6}$	$62,1 * 10^{-6}$
Déformations admissibles	$373 * 10^{-6}$	$78,4 * 10^{-6}$

Tableau III .8 : Résultats de simulation

➤ La structure 6BB + 20GB + 30GNT + 40TUF est donc vérifiée puisque :

- ✓  $\epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$
- ✓  $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$

**Conclusion :**

L'épaisseur du corps de chaussée obtenue avec la méthode du catalogue des structures est plus importante que celle calculée avec la méthode CBR

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

- Elle fait appel aux spécificités géologique et climatique du pays.
- Elle tient compte des ressources en matériaux disponibles pour chaque région.
- Elle donne ainsi la possibilité au projecteur de faire un choix entre plusieurs variantes de structures de dimensionnement, selon les données technico-économiques locales et régionales relatives au projet.

## 1 Introduction :

Le logiciel Piste est depuis 25 ans un outil de conception adapté aux ouvrages linéaires tels que les tracés routiers.

C'est l'outil de base pour les bureaux d'études devant concevoir des projets linéaires de génie civil depuis le simple chemin de remembrement jusqu'au projet autoroutier en passant par les projets de renforcement de chaussée existante. Sa souplesse lui permet en outre de pouvoir traiter toutes les études modélisables par profils en travers (canaux, digues, barrages, voies ferrées, travaux aéroportuaires, tranchées ...).

## 2 Présentation du logiciel Piste +5 :

Piste 5 travaille sous WINDOWS et son interface est organisée au tour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions avec la souris ou le clavier. Les dialogues nécessaires à l'exécution du programme sont effectués dans des boîtes de dialogue qui permettent de saisir interactivement les différentes valeurs. Les résultats de calculs sont dirigés dans des fenêtres de résultats permettant la consultation de l'intégralité des données après l'exécution du calcul. Les menus droits des modules de conception d'axes en plan et de profil en long sont contextuels. Ils varient en fonction des saisies effectuées en ligne de commande et font office d'assistance à l'utilisateur. La gestion des utilitaires est accessible par un clic droit dans la zone graphique.

## 3. Un projet piste :

Un projet au sens de **Piste 5** est constitué par un fichier principal appelé fichier Piste. Ce fichier, organisé par profils en travers, contient toutes les informations nécessaires à l'étude. Il est reconnu par l'extension **.PIS** qui est associé à un ensemble de fichiers dont le nombre peut varier en fonction des données qu'il contient :

- **PIS** : Données transversales.
- **PTG** : Profils en travers géologiques.
- **APL** : Eléments de l'axe en plan et zones de variation de dévers.
- **PEL** : Eléments du profil en long.
- **PLG** : Profil en long géologique.
- **PER** : Perspectives..

## 4 Conception plane :

Le module de conception plane permet la mise au point et le calcul de la projection horizontale des axes d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures. Le module de conception plane offre les fonctionnalités suivantes :

- ✓ Définition d'éléments de base (points, distances, angles, tables de raccordement).

- ✓ Calcul d'éléments géométriques (cercles et droites) et d'éléments de liaison (Clothoïdes, courbes en S, courbes en C et courbes à sommet).
- ✓ Calcul d'axes en plan définis par l'assemblage d'éléments préalablement définis et définition de leurs options de tabulation.
- ✓ Création pour chacun des axes d'un projet (fichier Piste) par la mise en place des profils en travers lors d'une tabulation.
- ✓ Calcul de déport d'axe facilitant l'étude d'équilibrage de chaussée.
- ✓ Impression des résultats à l'écran, sur imprimante ou dans un fichier.



**Fig1** : Conception axe en plan

### **5 Conception longitudinale :**

Le module de conception longitudinale permet la mise au point et le calcul de la coupe verticale de l'axe en plan d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures.



**Fig2 : Profil en long**

Le module de conception longitudinale offre les fonctionnalités suivantes :

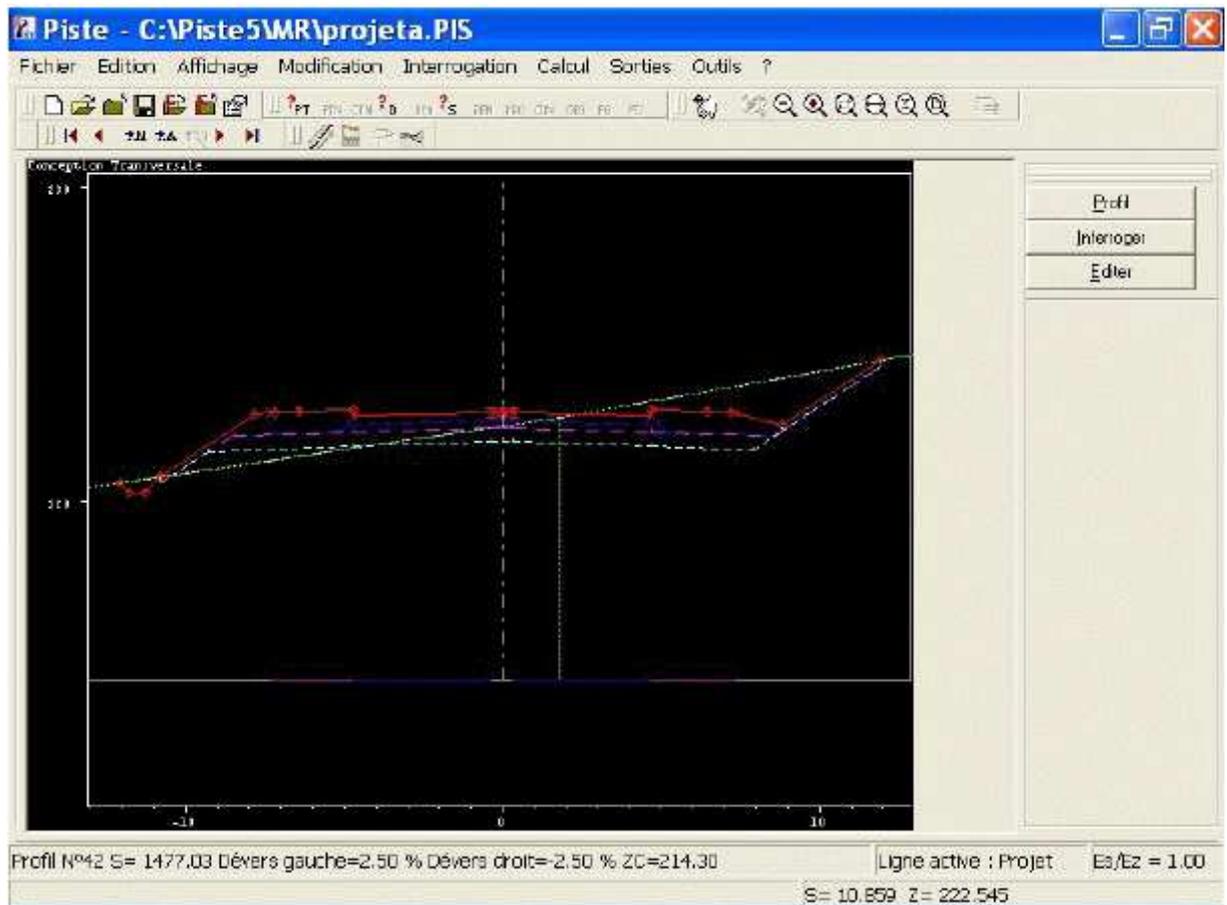
- Définition et calcul d'éléments géométriques : points, rayons, pentes, paraboles et droites.
- Calcul d'un **profil en long** défini par l'assemblage d'éléments géométriques passage.
- Mise à jour des cotes projet au droit de l'axe ou définition et calcul d'une tabulation déterminant la mise en place des profils en travers.
- Calcul de déports d'axe facilitant l'étude de rééquilibrage de chaussées.
- Définition d'un axe en mode interactif.

## 6 Conception transversale :

La gestion du terrain naturel, le calcul des dévers ainsi que le calcul des profils projet font partie du module de conception transversale. Ce module regroupe les fonctions liées à un fichier Piste existant qui doit être sélectionné à l'entrée. Les fonctions implémentées sont Gestion du terrain naturel Calcul des dévers, Calcul des profils projet, Calcul des perspectives.

Visualisation du projet (tracé en plan, profil en long, profils en travers et perspectives)

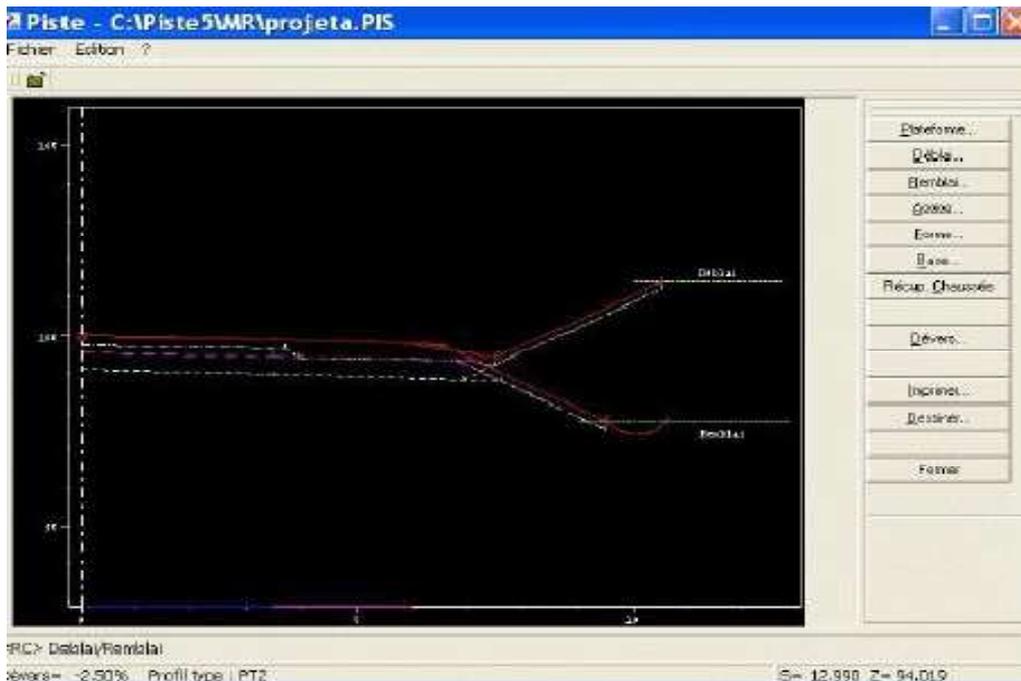
Composition et impression des tableaux d'édition, Calculs d'implantation, Dessins (tracé en plan, profil en long, profils en travers, perspectives et tracé combiné), Gestion du fond de plan Utilitaires (configuration, exportation de fichiers, etc.)



**Fig3** : Profil en travers

### Profil type :

Un profil en travers type est défini grâce à une saisie de paramètres se trouvant dans différentes boîtes de dialogue accessibles par les boutons plate-forme, déblai, remblai, assise, forme, base, et récupération de chaussée.



**Fig4 :** Profil en travers type.

### Fonctionnement :

Le module de conception transversale est organisé autour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions.



**Fig5 :** Fenêtre d'information

### Positionnement dans le programme :

On peut accéder à ce module dès qu'on a créé le fichier Piste pour le compléter, le visualiser ou exécuter des sorties

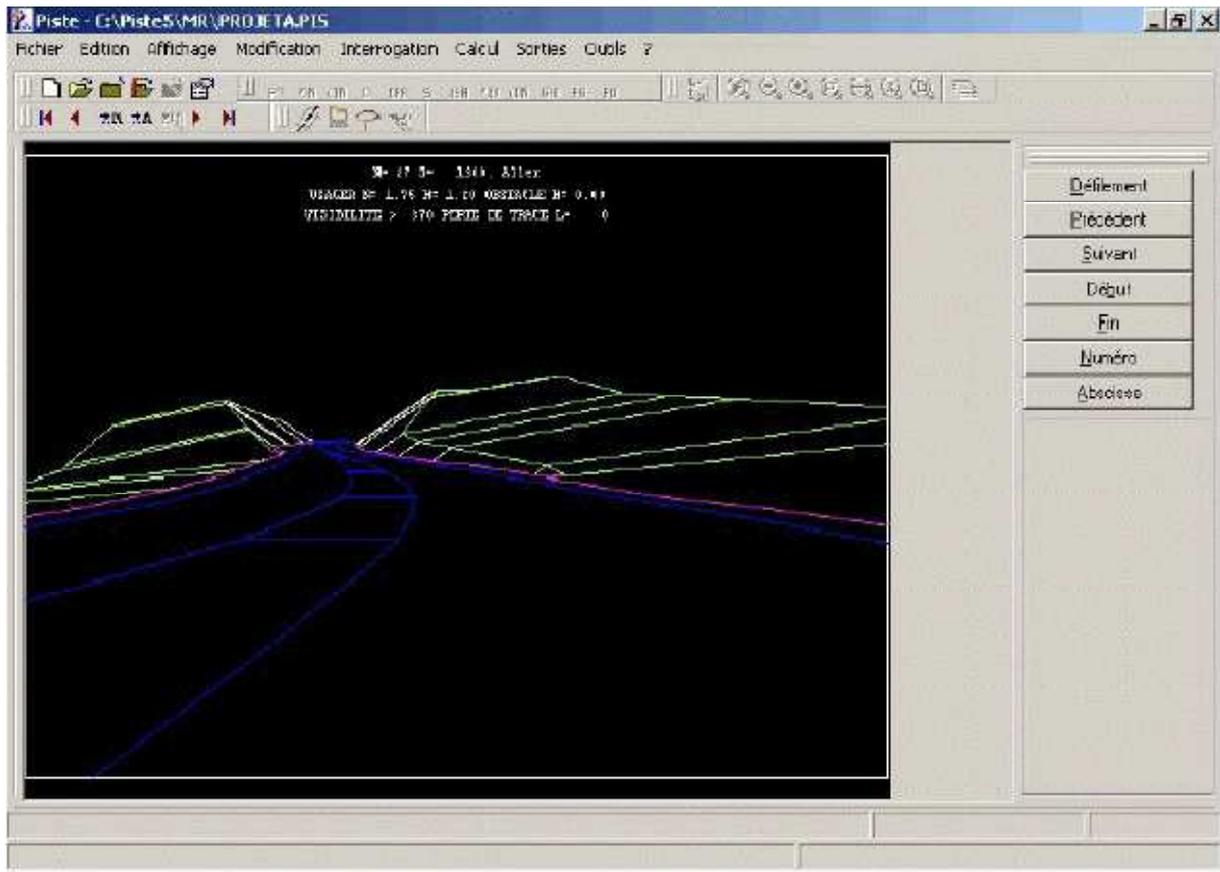
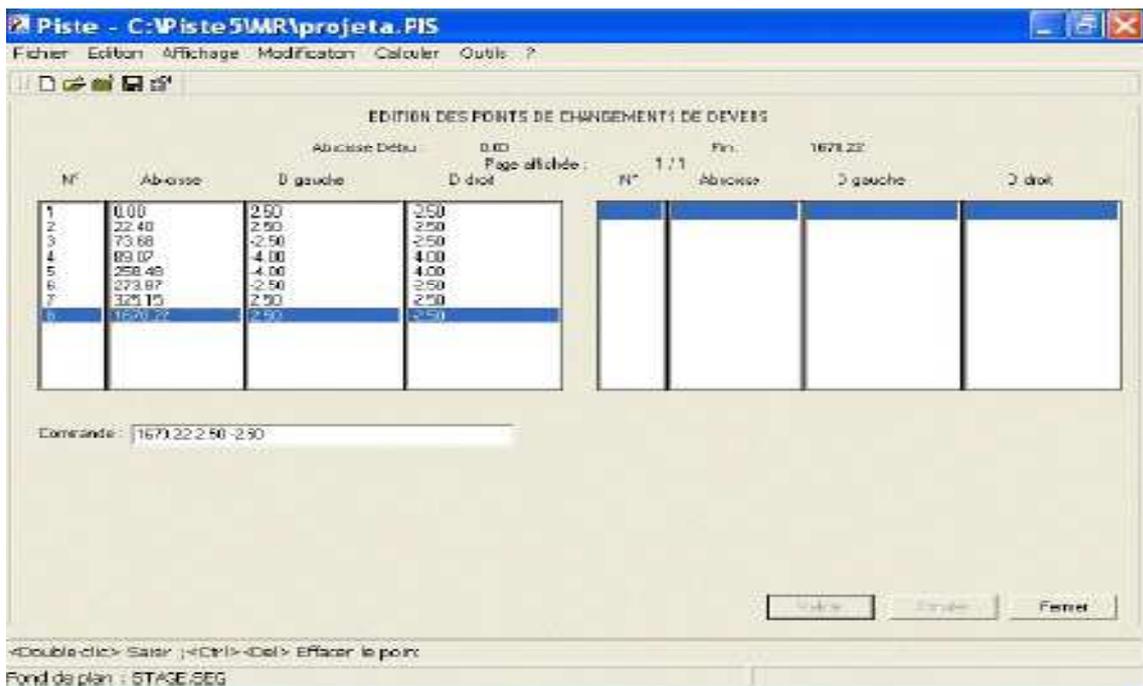


Fig6 : Perspective

**7 Dévers :**

Ce module a pour but de déterminer pour chaque profil les pentes transversales des demi-chaussées gauche et droite.



**Calcul des dévers**

Il est organisé autour de l'éditeur des points de changement de dévers et les différentes options sont accessibles grâce à un enchaînement de menus déroulants.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons essayé de présenter les grands points du logiciel piste 5 sans rentrer dans le détail de fonctionnement, ce dernier sera pris en compte dans le chapitre suivant.

## 1. Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain .en tenant compte des obligations suivantes :

- Une obligation de sécurité, liée au tracé, à la qualité de véhicules admis et à l'adhérence de la surface de roulement.
- Une obligation de confort, pour diminuer la fatigue des usagers et la nuisance.
- Une obligation d'économie globale, en vue de réduire le cout social des accidents et d'exploitation.
- Dans le cas d'étude d'un projet routier, il faudrait tenir compte des variations considérables relatives aux caractéristiques des véhicules admis aux conditions de surface chaussée et aux conditions ambiantes (météorologie, visibilité.....)

Les projets seront donc basés sur un certain nombre de paramètres physiques moyens choisis de telle sorte que la sécurité et le confort soit assuré dans des conditions normale d'utilisation

## 2. Tracé en plan :

### 2.1. Définition :

Le tracé en plan représente la reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal. Il est constitué en général par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliées entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Le tracé est caractérisé par une vitesse de référence ou vitesse de base a partir de laquelle on pourra déterminée ou définir toutes caractéristiques géométriques de la route, le tracé en plan doit être étudié en fonction des données économiques qu'on peut recueillir.

### 2.2. 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.

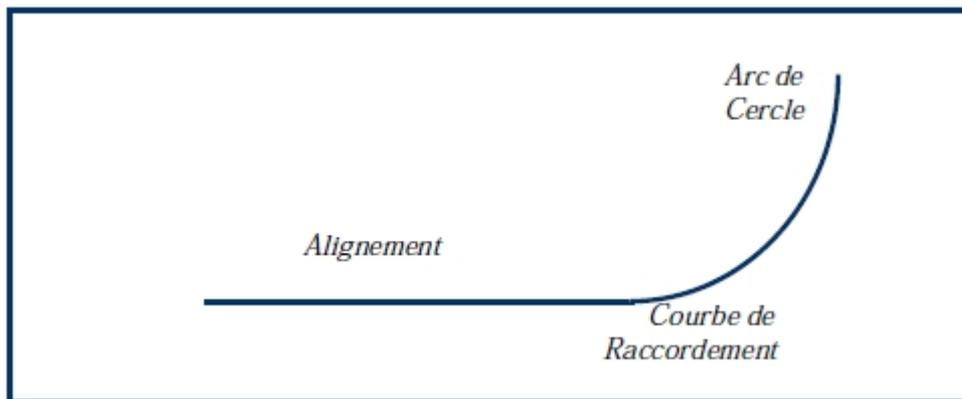
Et pour faire un bon tracé dans les normes avec un minimum de cout, on doit respecter certaines conditions à savoir :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de 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 a des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

### 2.3. 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 comme il est schématisé ci-dessous :



**Figure V1** : schéma des éléments du tracé en plan

#### 2.3.1. Les alignements :

C'est le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées sur le plan technique mais qui a des inconvénients dans le domaine routier.

##### a) **Avantage :**

- L'alignement droit c'est le plus court chemin.
- Bonnes conditions de visibilité.
- Construction facile.
- Absence de la force centrifuge.
- Dépassements aisés.

##### b) **Inconvénients :**

- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- La vitesse est excessive.

La longueur des alignements dépend de :

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

**2.3.1.1. Règles concernant les alignements :****-Longueur minimale :**

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps  $t$  d'adaptation.

$L_{\min} = v \cdot t$  Avec :  $t = 5$  seconde  $v$  : Vitesse véhicule (m/s).

$L_{\min} = 5 \cdot v = \frac{5}{3.6} V_B$  Avec **VB=80Km/h**: vitesse de base en (km/h).

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

**-Longueur maximale :**

Celle qui correspond à un chemin parcouru pendant (01) minute à la vitesse  $v$

$L_{\max} = 60 \cdot v = \frac{60}{3.6} V_B$  Avec **VB=80Km/h** : vitesse de base en (km/h).

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

**Remarque :**

La longueur minimale des alignements droits peut ne pas être respectée quelques fois en raison de la nature difficile du terrain naturel.

**2.3.2. Arc de cercle :**

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

**2.3.2.1. 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 d'ou are cours à augmenter le rayon.

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

**a) Rayon horizontal minimal absolu :**

C'est le plus faible rayon admissible dans une courbe, il est défini pour un dévers maximal de 7%.

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

$ft$ : Coefficient de frottement transversal

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

**a) Rayon minimal normal :**

C'est le rayon normal qui correspond au rayon minimal calculé pour une vitesse VB, augmenté de **20Km/h**, pour plus de sécurité et de confort.

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

**b) 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 Vr serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé  $d_{min} = 2.5\%$ .

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

**c) Rayon minimal non déversé :**

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

$$RHnd = \frac{VB^2}{127 \times 0.035} \quad \text{Catégorie 1-2}$$

$$RHnd = \frac{VB^2}{127(f'' - 0.03)} \quad \text{Catégorie 3-4-5}$$

Avec :

$$f'' = 0.07 \quad \text{Catégorie 3}$$

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

**2.3.2.2. Application au projet :**

Pour notre projet qui situé dans un environnement 1(E1), et classé en catégorie 1 (C1) avec une vitesse de base de 80km/h.

Donc d'après le règlement des normes algériennes B40, on a le tableau suivant :

Paramètres	symboles	Valeurs(m)
Vitesse de base (km/h)	VB	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (3%)	1000(2.5)
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (2.5%)	1400(2.5%)

**Tableau V-1:** rayons du tracé en plan

**Remarque :**

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

**2.3.3. Courbe de raccordement CR :**

Il permet d'éviter la variation brusque de la courbe entre lors du passage d'un alignement à un cercle ou l'inverse. Elle a comme propriété essentielle : la variation progressive de la courbure.

Elle apporte des avantages très intéressants :

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Parmi ces courbes la clothoïde qui est susceptible de satisfaire la condition de variation continue de rayon de courbure.

**2.3.3.1. Clothoïde****a) Définition :**

Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc), mesuré à partir du point d'inflexion.

Variation de courbure contenue, dans le même sens, entre la courbure (0) et la courbure infinie

**b) Expression mathématique de la clothoïde :**

Courbure  $K$  linéairement proportionnelle à la longueur curviligne  $L$

$$K = C.L$$

Pour l'homogénéité de la formule, on pose  $\frac{1}{C} = A^2$

$$K = \frac{1}{R} \iff L.R = \frac{1}{C} \iff \frac{1}{R} = C.L$$

Équation fondamentale  **$L.R = A^2$**

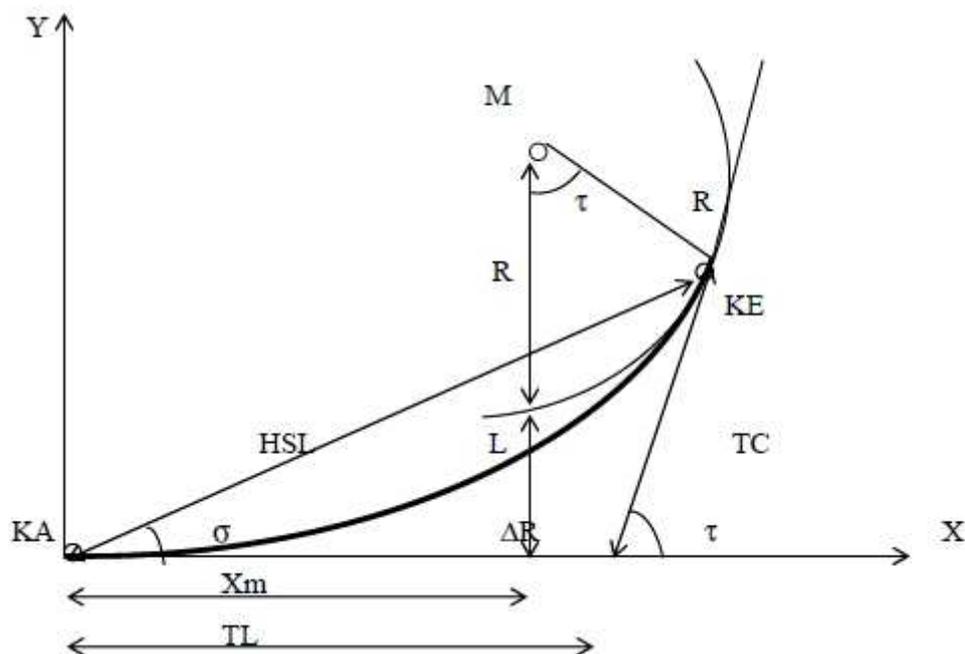
Avec :

**R** : Rayon du cercle.

**L** : longueur de la branche de clothoïde.

**A** : Paramètre de la clothoïde.

## c) Les éléments de la clothoïde :



**Figure V.2** : schéma des éléments de la clothoïde

R : Rayon du cercle.

L : Longueur de la branche de clothoïde.

A : Paramètre de la clothoïde.

KA : origine de la clothoïde.

KE : extrémité de la clothoïde.

$\Delta R$  : ripage.

$\tau$  : Angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue

$\sigma$  : Angle polaire.

SL : corde KE –KA.

M : centre du cercle d'abscisse  $X_m$ .

$X_m$  : abscisse du centre du cercle M à partir de KA.

$Y_m$  : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

**d) Les conditions de raccordement :**

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer la condition suivante :

**d. 1) Condition de confort 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

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

$\tau = L/2R > 1/18$  rad  $\implies L \geq R/9$  soit  $A \geq R/3$

$R/3 \leq A \leq R$

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

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

Pour  $R < 5000$   $\implies \Delta R$  limité à 2.5m soit  $L = 7.75(R)^{1/2}$

**d. 2) Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement de variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule,

La variation de l'accélération transversale est :  $(V_R^2 / (R - g \cdot \Delta d))$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur

$Kg = 1/0.2VR$

On opte

$L (m) \geq V_R^2 / 18(V_R^2 / 127 - \Delta d)$

$V_R$  : vitesse de base (Km/h)

$R$  : rayon en mètre (m)

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

**d. 3) Condition de gauchissement :**

Elle se traduit par la limitation de la pente relative du profil en long au bord de la chaussée par rapport à celle de son axe.

Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.

$L$  : Longueur de raccordement.

$l$  : Largeur de la chaussée

$$L \geq l \times \Delta d \times V_r \quad \Delta d : \text{Variation de dévers}$$

**Nota :**

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. *Cette variation est limitée à 2%.*

$$t \frac{\Delta d}{\Delta t} \leq 2 \quad \text{avec } \Delta t = L/v \quad v = V/3.6 \quad \text{et} \quad L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$$

$\Delta d$  : Exprimé en valeur réelle

**2.4. Paramètres fondamentaux :**

Notre projet s'agit d'une route de catégorie **C1**, dans un environnement **E1**, avec une vitesse de base **VB = 80 km/h**.

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

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	Lmin	112
Longueur maximale (m)	Lmax	1333
Devers minimal (%)	dmin	2.5
Devers maximal (%)	dmax	7
Temps de perception réaction (s)	t1	2
Frottement longitudinal	fL	0.39
Frottement transversal	ft	0.13
Distance de freinage (m)	d0	65
Distance d'arrêt (m)	d1	109
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	dm	320
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	dn	480
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	200
RHm (m) (d'associe %)	RHm	250(7 %)
RHN (m) (d'associe %)	RHN	450 (5 %)
RHd (m) (d'associe %)	RHd	1000(2.5 %)
RHnd (m) (d'associe %)	RHnd	1400 (-2.5 %)

**Tableau V.1:** Paramètres fondamentaux du tracé en plan

## 2.5. Application a notre projet:

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel piste et nous expliquerons le fonctionnement du logiciel piste5.

### 2.5.1. Construction du terrain:

Pour représenté le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaines opération:

Fond de plan → **TPL** → Fichier nouveau (créer un fichier.**SEG**)

Fichier → **lire** (fich.**xyz**).

On obtient alors le nuage de point suivant :

Fichier → **quitté**.

Nota : avant d'entrée dans ce répertoire (longitudinale), il faut ouvrir le fichier. Seg où encore suivre les étapes suivantes :

Fond de plan → Ouvrir (votre fichier. Seg) (Ex : Essai.seg)

Fon de plan → TPL

Calcul → Trianguler

Calcul → Courbe (choisir valeur de Pas (ex : 3m) (Ok)

Calcul → Interpoler (il faut que le nombre de profils terrain soit n sur n, par exemple 48 profils terrain sur 48 ne pas, 48 sur 50, la solution de ce problème soit de diminuer l'axe)

Calcul → haut bas.

Fichier → quitté.

### 2.5.2. Construction des éléments de l'axe :

Conception → **Plane** → (créer un fichier.**DAP**) → (ouvrir le fichier. **Seg**)

Dessiner l'axe en plan (par ordre)

#### ➤ Les points :

Point→nom d'élément→POI P1 →

Saisir→ POI P1 456 657→ exécuter ou graphiquement, ou point terrain

#### ➤ Les droites :

Droite→ nom d'élément→d01 point (entre 2 points).

#### ➤ Les liaisons :

Distance → nom d'élément (**a1**)

Distance→ nom d'élément (**r1**)

Liaison → nom d'élément (**L1**) → Droite (entre deux droites) → **Paramètre**

**Distance (a1)** → Distance (**r1**) → exécuté.

**Nota :**

On refait ces procédures pour les autres paramètres (a2, r2, L2)

### 2.5.3. Construction de l'axe :

Axe → nom d'élément AXE 1 point (Sélectionner avec la souris le point P1).

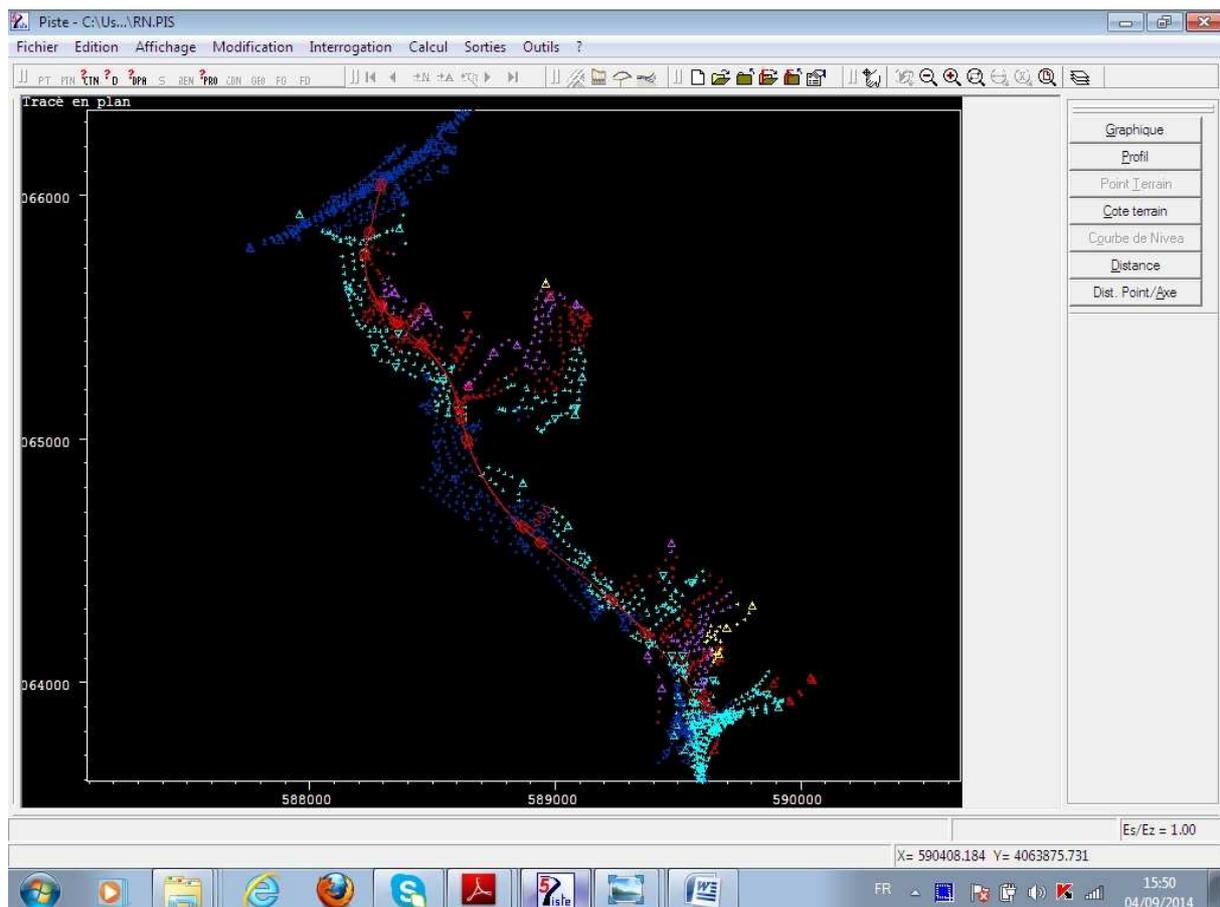
Fin automatique → exécuté (Echappe)

Remarque :

AXE 1 Et Fin automatique → exécuté. (Echappe).

Zone de tabulation → axe en plan → saisir une valeur (par exemple tous 20 mètres, nous saisissons 0 20 (il existe un petit espace entre 0 et 20)). → exécuter la commande

Un clic sur f2 nous permet de voir les résultats en mode texte . nous les donnerons en annexe :



**Figure V. 3 :** Image obtenue après avoir créer l'axe en plan

### **3. profil en long :**

#### **3.1. Définition:**

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

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

#### **3.2. 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.

#### **3.3. 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:  $R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}}$  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.

### 3.4 .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 ( $i_{\text{max}} = 6\%$ ) dans le franchissement de la côtère

**Nota :**

Selon le B-40 on a :

{	Catégorie C <sub>1</sub>	⇒	P <sub>max</sub> = 6%
	Environnement E <sub>1</sub>		

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

Pour notre cas la vitesse Vr=80 Km/h donc la pente maximale I<sub>max</sub> =6%.

### 3.5. Raccordements en profil en long :

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

Et on distingue deux types de raccordements :

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

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

##### a) Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à ( $0.3 \text{ m/s}^2$  soit  $g/40$ ), le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

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

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

Tel que :

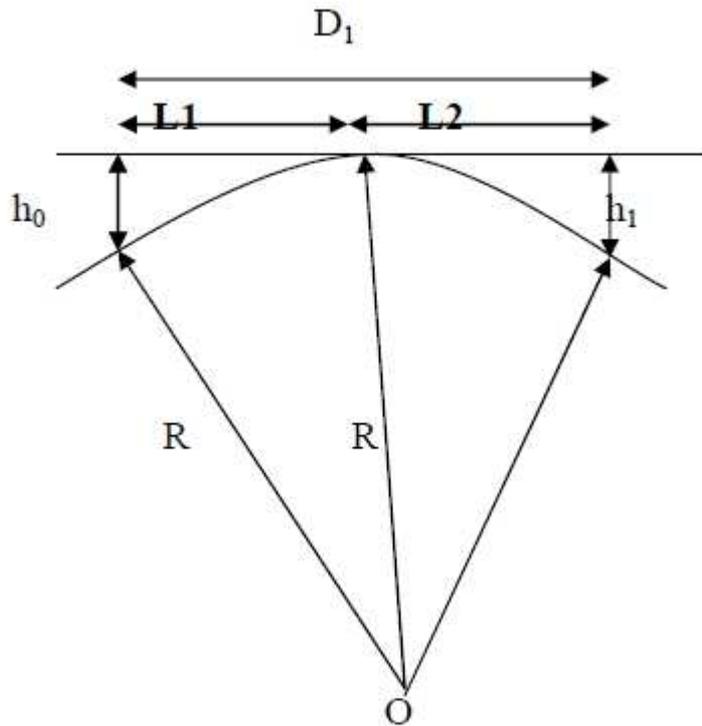
$R_v$  : c'est le rayon vertical (m).

$V$  : vitesse de référence (km/h).

##### b) Condition de visibilité :

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

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



**Figure V.4.** Schéma de calcul des rayons en angle saillants

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

$D_1$  : Distance d'arrêt (m)

$h_0$  : Hauteur de l'œil (m)

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

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

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	Rvm	2500
Min- normal	Rvn	6000
Dépassement	Rvd	11000

**c) Condition esthétique :**

Comme tout ouvrage désigné de ce nom, une grande route moderne devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie,

d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte.

### 3.5.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

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

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une  $V_r = 60$  Km/h et catégorie 1 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	$R'V_m$	2400
Min -normal	$R'V_n$	3000

### 3.6. Application a notre projet:

- **La conception longitudinale :**

Pour dessiner la ligne rouge on suit les mêmes étapes que la phase en plan pour les points et les droites.

Pour les distances, nous saisissons sauf les valeurs de ( $r_1$  et  $r_2 \dots$ ).

Parabole → nom d'élément → par  $pr_1$  → droite (entre deux droites).

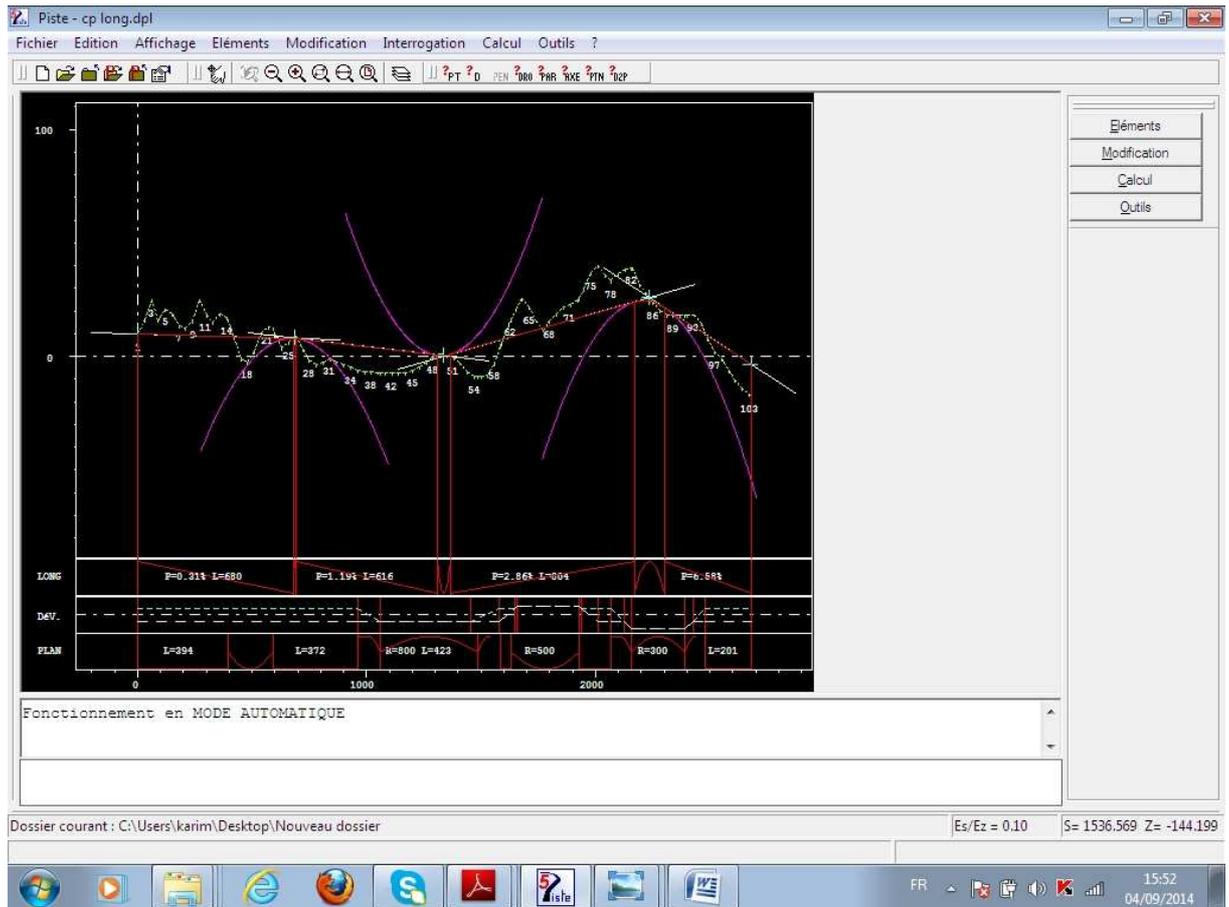
Distance → choisir une valeur de  $r$ . → exécuter → (échappe).

Axe → point ( $p_1$ ) → fin automatique → exécuté. (Echappe).

Zone de tabulation → axe en plan → saisir une valeur (par exemple tous 20 mètres, nous saisissons 0 20 (il existe un petit espace entre 0 et 20)). → exécuter la commande

La conception longitudinale prend fin, on fait donc fichier → fermer.

Ci-dessous nous allons voir l'image du profil en long après la tabulation.



**Figure V.4:** Image obtenue après avoir créer le profil en long

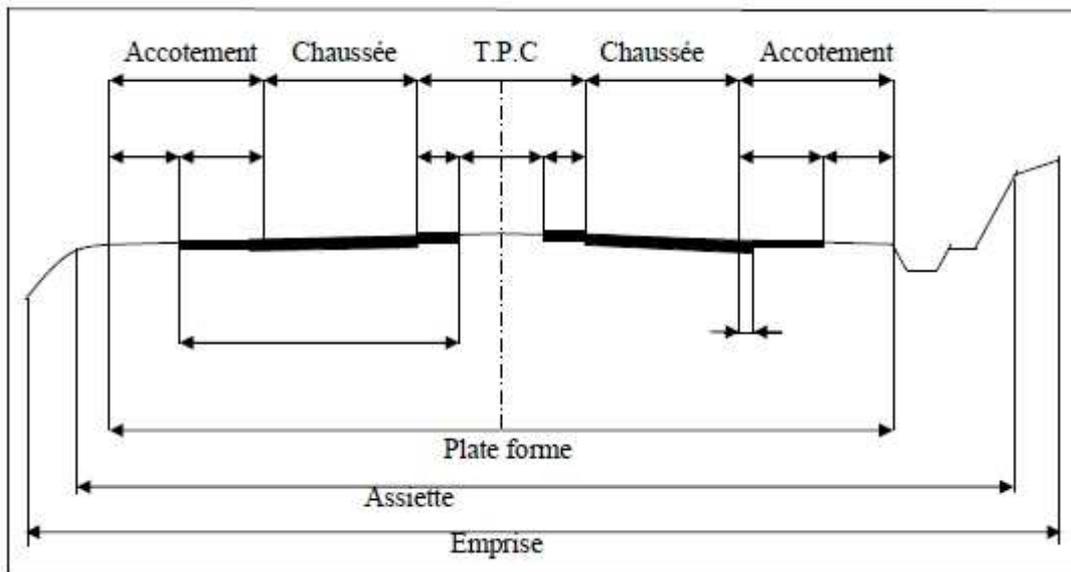
#### 4. profil en travers:

##### 4.1 Définition :

Le profil en travers est la coupe de l'autoroute suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il définit notamment la largeur et le dévers des chaussées et les zones non roulables de l'autoroute (terre-plein central, bandes dérasées).

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

#### 4.2. Les éléments constitutifs du profil en travers :



**Figure V.5 :** schéma des éléments du profil en travers

- **Emprise** : c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- **Assiette** : c'est la surface de la route délimité par les terrassements.
- **Plate forme** : elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein central et bande d'arrêt.
- **Chaussée** : c'est la partie de la route affecté à la circulation des véhicules.
- **Terre- plein central (T.P.C)** : Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- **Accotement** : Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.
- **le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

#### 4.3. Application a Notre projet:

- **La conception transversale :**

Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demi profils en travers type que nous appliquerons à notre projet.

Conception → transversale → non de fichier.pis (axe1.pis) → (Ok)

Dévers → Dévers → Recherche semi-auto ou Recherche auto (Compléter le tableau).

Dévers → calculé → fermé.

Dévers → fin → créer un fichier.dvt → Ok.

Projet → créer un fichier.typ

Profil type → nom de profile type (T 1).

Créer → Nouveau → Ok

### Compléter le tableau :

Coche d'ASSISE

Chaussée :

L= La largeur (en symétrie, exemple : 10.5m).

D= ?

Terre plein centrale.

H : hauteur.

L : largeur.

Accotement :

H = 0.01 (on prend toujours cette valeur pour qu'il puisse la calculer).

L = 2.00 m (variable)

P = -4 (pente)

(Les autres lignes ce n'est pas la peine de les compléter)

Pour Compléter les tableaux des couches (forme, base) on suivre les mêmes étapes que la couche de assise.

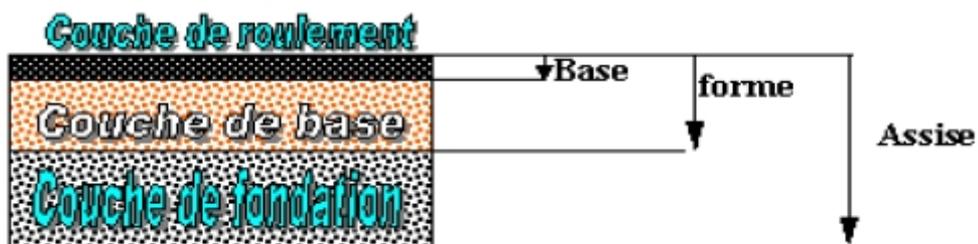


Figure V.5 : schéma explicatif des couches de chaussée

### Nota :

Vous pouvez visualiser votre dessin à chaque fin d'étape

### 4.5. Le profil en travers type du projet (pénétrante):

Notre pénétrante comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivants :

- deux chaussées de trois voies de 3.5m chacune :  $(3 \times 3.5) \times 2 = 21.00\text{m}$
- un terre-plein central de 3 m : 3.00m
- deux bandes de guidage de 0.5m :  $2 \times 1 = 2.00\text{m}$

- un accotement de 2m pour chaque coté. :  $2 \times 2 = 4.00$  m

Donc notre pénétrante possède une largeur de 30m.

**Conclusion :**

Nous avons vu dans ce chapitre le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers et les conditions à respecter pour les avoirs, Nous avons aussi injecté des données relatives a notre projet dans le logiciel piste 5, ainsi l'illustration des étapes par les schémas.

### 1. Introduction générale:

La réalisation d'un ouvrage de génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers courants.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai. Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle (les cubatures des terrassements).

### 2. Terrassement:

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de :

- La construction des ouvrages.
- L'aménagement des routes.
- L'établissement des branchements d'égout et des branchements de canalisations (Assainissements des routes).

Cette modification des niveaux du sol est réalisée par l'exécution de déblais et de remblais.

#### ➤ Le Déblai :

Il consiste à extraire les terres avec des engins mécaniques selon la profondeur donnée par le topographe. Le déblai peut être utilisé comme remblais, s'il est consistant et s'il répond aux normes techniques.

#### ➤ Le Remblai :

Les matériaux de terrassement mis en œuvre par compactage et destiné à surélever le profil d'un terrain ou à combler une fouille. Le remblai Consiste à rapporter des terres afin de relever le niveau.

### 3. Le compactage :

Les matériaux mis en œuvre supportent les charges routières, il est nécessaire d'en améliorer la résistance au cisaillement:

- ✓ En resserrant les grains solides les uns contre les autres.
- ✓ En diminuant le Volume des Vides par expulsion de l'air, par le compactage.

La diminution des vides conduit à réduire les entrées d'eau ultérieures. Elle réduit également les causes de l'attrition.

➤ **Les paramètres du compactage :**

Trois facteurs influents sur le compactage:

▪ **Les forces appliquées par le compacteur :**

Plus les forces sont élevées, plus vite se fait le réarrangement des grains.

▪ **La capacité du sol à évacuer l'air :**

- Pour un sol granulaire, les vides sont jointifs, l'air n'a aucune difficulté à s'évacuer.

- Pour un sol argileux, en revanche, les vides sont microscopiques et l'air s'évacuera difficilement.

▪ **La quantité d'eau contenue dans le sol :**

Elle réduit la résistance au cisaillement, c'est à dire qu'elle réduit la contrainte de cisaillement sur le plan de rupture.

#### **4. Cubatures de terrassement :**

Les cubatures de terrassement, représente l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

#### **5. Méthode de calcul :**

Les calculs effectués pour l'obtention des volumes des terrassements existants dans notre projet sont appelés cubature. Bien que les cubatures soit fastidieuses, il existe plusieurs méthodes qui simplifient leurs calcul entre autre :

- ✓ La méthode linéaire
- ✓ La méthode SARRAUS
- ✓ La méthode de GULDEN.

N.B :

Pour le cas de notre projet on utilise la méthode de gulden intégrée dans le logiciel PISTE.

- **Méthode de GULDEN :**

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.

Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

Si on utilise la méthode de Gulden, la quantité « longueur d'application » n'a plus de sens, voir la figure VI.1.

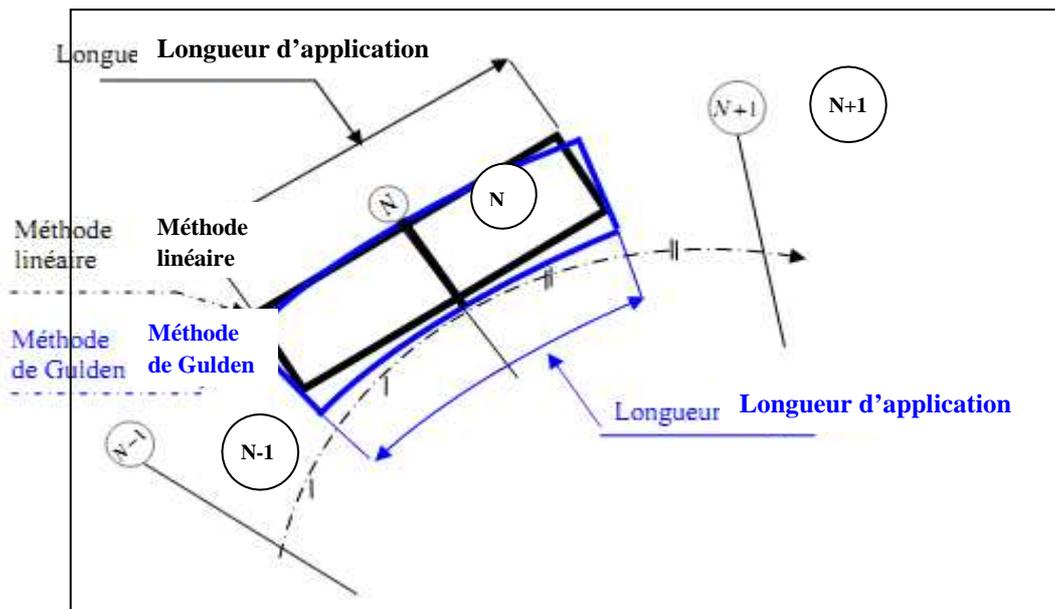


Figure VI.1

## 6. Application au projet :

### ❖ Calcul des cubatures de terrassement :

Nous rappelons que la méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN. Le calcul s'est effectué à l'aide du logiciel «piste+5», les résultats sont joints en annexes.

Les principaux résultats à retenir sont :

➤ **Volume des déblais  $V_d=505151\text{m}^3$**

➤ **Volume des remblais  $V_r = 571151\text{m}^3$**

## 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'usager (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 provoquer par les eaux sont engendrés comme suit :

### 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 important trafic).

Décollement des bords (affouillement des flancs).

### 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 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.

Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

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. 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 des routes 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. Etude Hydrologique :**

L'étude hydrologique consiste en la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses,...).

Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants:

**a- Données topographiques :**

- Carte d'état major édité au 1/25000, ces dernières sont scannées.
- Levés topographiques sur une bande de 20 m de largeur sur tout le long de l'axe routier considéré.

**b. Données pluviométriques :**

Les données pluviométriques sont :

- Pluie moyenne journalière maximale  $P_j = 63\text{mm}$ .
- Exposant climatique  $b = 0.36$
- Coefficient de variation  $C_v = 0.42$

**c- Choix de la fréquence de pluie :**

Le dimensionnement des ouvrages courants (buses et dalots) consiste en l'analyse de leurs capacités d'évacuation des eaux de ruissellement d'un côté à l'autre de la route.

Il est recommandé que le débit de référence adopté pour le dimensionnement de tous les ouvrages de franchissement (buses, dalots) soit celui dont la période de retour est de 20 ans.

**4.1 Estimation du débit de crue :**

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne 'I' de la pluie, et de durée 't' égal au temps de concentration, est effectué au moyen d'une formule donnant un débit approché par excès, celle-ci se dérive de la méthode dite rationnelle et elle est appliquée dans le cas des superficies inférieures à  $200\text{km}^2$ , elle est donnée par :

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

- $Q_a$  : Débit maximum d'eau pluviale (m<sup>3</sup>/s).  
 $C$  : Coefficient de ruissellement.  
 $I$  : Intensité de la pluie exprimée mm /h.  
 $K$  : Coefficient de conversion des unités et est égale à 2,78.  
 $A$  : Aire du bassin d'apport (ha).

#### 4.1.1. Superficie des bassins versants :

Le tronçon routier RN 25, a long de 3 kilomètres, traverse plusieurs écoulements dont, la superficie de leurs bassins versants varie.

Pour notre projet, Il existe 6 bassins versants qui ont été délimités en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes sur la carte d'état major à l'échelle 1/25000<sup>ème</sup> scannées (**Index**), leurs surfaces sont déterminées à l'aide du logiciel Autocad version 2010.

#### 4.1.2. Calcul de l'intensité de pluie $I(t)$ :

On admet que l'intensité  $i(t)$  est celle dont la durée, sur une courbe intensité durée fréquence (**Index**), est égale au temps de concentration du bassin .Ce temps est exprimé par  $t_c$ .

- **Temps de concentration :**

1/ lorsque  $A < 5 \text{ km}^2$ :  $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$

2/ lorsque  $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$   $t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$

3/ lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$   $t_c = \frac{4\sqrt{A}}{0.8} + \frac{1.5L}{\sqrt{H}}$

Où :

**T<sub>c</sub>** : Temps de concentration (**heure**).

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

**L** : Longueur de bassin versant (**km**).

**P** : Pente moyenne du bassin versant (**m.p.m**).

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

A partir du temps de concentration et des courbes I.D.F., on tire directement la valeur de l'intensité de pluie.

#### 4.1.3. Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement "C", qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY (Hongrie) où "C" est la somme de trois coefficients partiels :

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

- **C1** : dépend de la pente "p" du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du talweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles. Les valeurs de "C1" sont présentées dans le Tableau.1 ci-dessous.
- **C2** : dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques. Les valeurs du coefficient "C2" sont présentées dans le Tableau.2 ci-après.
- **C3** : dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes. Les valeurs du coefficient "C3" sont présentées dans le Tableau.3 ci-après.

Pente (P) (%)	Coefficient (C1)
$P \leq 3.5$	0,01 – 0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06 – 0,10
$11 < P \leq 35$	0,12 – 0,20
$35 < P$	0,22 – 0,30

**Tableau-1-**: Valeur du Coefficient "C1" pour Diverses Pentas

Couverture Végétale	Coefficient (C2)
Imperméable	0,22 – 0,30
Peu perméable	0,10 – 0,20
Perméable	0,06 – 0,10
Très perméable	0,06 – 0,05

**Tableau-2-**: Valeur du Coefficient "C2" par Rapport à la Nature du Sol

Couverture Végétale	Coefficient (C3)
Rocheux	0,22 – 0,30
Prairie	0,17 – 0,25
Labours – Champs	0,07 – 0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03 – 0,05

**Tableau-3-**: Valeur du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol

N° BV	Désignation	PK	Surface du BV (Km <sup>2</sup> )	Périmètre (Km)	Long (Km)	Hmax (m)	Hmin	P%
Bv1	Ecoulement E1	34+058	0,02	0,61	0,17	100,0	50,0	29,41
Bv2	Ecoulement E2	34+265	0,37	2,50	2,56	150,0	50,0	3,90
Bv3	Ecoulement E3	34+865	0,34	2,65	1,01	140,0	50,0	8,90
Bv4	Ecoulement E4	35+305	0,59	3,21	1,05	140,0	50,0	8,57
Bv5	Ecoulement E5	35+585	0,20	2,18	0,30	140,0	80,0	20
Bv6	Ecoulement E6	35+905	0,20	2,18	0,30	140,0	00,0	46,66

**Tableau-4- :** Caractéristiques morphologiques des bassins versants

$$P = (H_{\max} - H_{\min}) / L$$

**Avec :**

**L :** longueur de thalweg

**H<sub>max</sub> :** l'altitude maximale de B.V

**H<sub>min</sub> :** l'altitude minimum de B.V

#### 4.3. Détermination de l'intensité de I(t) :

##### Détermination du temps de concentration :

Exemple :

Pour (BV 01) (S=0.34, P=8.9%)

**S < 5 km<sup>2</sup>, on applique la formule de Ventura**

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{P}} \quad T_c = 0.127 \sqrt{0.34/8.9} = 0.025$$

**NB :** les résultats sont résumés dans le **tableau-5-** suivant :

DESIGNATION	NUMERO BV	Temps de Concentration (heures)
Ecoulement E1	(BV 01)	0.003
Ecoulement E2	(BV 02)	0.039
Ecoulement E3	(BV 03)	0.025
Ecoulement E4	(BV 04)	0.033
Ecoulement E5	(BV 05)	0.0127
Ecoulement E6	(BV 06)	0.008

A partir du temps de concentration et des courbes I.D.F., on tire directement la valeur de l'intensité de pluie

#### 4.4. Détermination des débits d'apport: $Q_a$

Désignation	C	I (l/s/km)	S (km <sup>2</sup> )	Debit théorique Q (m <sup>3</sup> /s)
Ecoulement E1 (34+085)	0,40	50.4	0.02	2.42
Ecoulement E2 (34+265)	0.50	50.4	0.37	5.90
Ecoulement E3 (34 +865)	0.50	50.4	0.34	4.45
Ecoulement E4 (35+305)	0.50	50.4	0.59	4.48
Ecoulement E5 (35+585)	0,40	50.4	0.2	4.12
Ecoulement E6 (35+905)	0.50	50.4	0.2	7.14

**Tableau-6-:** Détermination des débits d'apport.

## 5 Etude hydraulique :

### 5.1. Les ouvrages hydrauliques et drainage :

La plate forme d'une route est protégée contre les effets de l'eau par des ouvrages permanents, ces ouvrages sont de deux types :

1. Les ouvrages hydrauliques assurant le transit des débits des bassins versants qui traversent la route. (buse, dalot, pont,...).
2. Les ouvrages de collecte des eaux superficielles de ruissellement, (fossés, caniveaux, etc....).

### 5.2. Dimensionnement et calage de l'ouvrage:

On a réalisé deux types d'ouvrages pour notre chaussée, afin d'assurer un drainage judicieux sur tout le long de l'itinéraire. Les deux types sont représentés comme les suivants :

Des buses qui ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible. Pour le volume important on construit alors des dalots. La section transversale des dalots peut avoir diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de formes circulaires et rectangulaires.

Le dimensionnement d'un ouvrage hydraulique est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées.

Les calculs détaillés du dimensionnement des ouvrages sont cités ci-dessus :  
On vérifie que le dimensionnement et le calage de l'ouvrage choisis fournissent des conditions d'écoulement acceptables :

1. Un écoulement à surface libre.
2. Une vitesse d'écoulement inférieure à 4 m/s.
3. Une hauteur d'eau amont acceptable.

4. Une revanche pour le passage des corps flottants.

### 5.3. Estimation des débits de saturation :

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

$$Q_s = S \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \text{ sur un écoulement en régime uniforme}$$

Tel que :

**K** : Coefficient de Manning Strickler.

**K<sub>st</sub>** : 30 en terre

**K<sub>st</sub>** : 40 en buses métalliques.

**K<sub>st</sub>** : 50 maçonneries.

**K<sub>st</sub>** : 70 bétons (dalots).

**K<sub>st</sub>** : 80 bétons (buses préfabriquées)

**I** : Pente de pose de l'ouvrage (m.p.m).

La pente maximale de pose des ouvrages est celle qui correspond à une vitesse maximale de 4m/s, et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuses et la formation de dépôts (pierres, terres, végétation...) qui peuvent conduire à l'obstruction des ouvrages, et pour assurer ainsi l'auto curage.

**S** : Section mouillée (m<sup>2</sup>).

**R<sub>h</sub>** : Rayon hydraulique moyen (m) avec :

On définit le *rayon hydraulique* comme étant le rapport de la surface mouillée par le périmètre mouillé, noté *R<sub>h</sub>*, exprimé en mètres (m)

$$R_h = \frac{\text{section mouillée}}{\text{périmètre mouillé}}$$

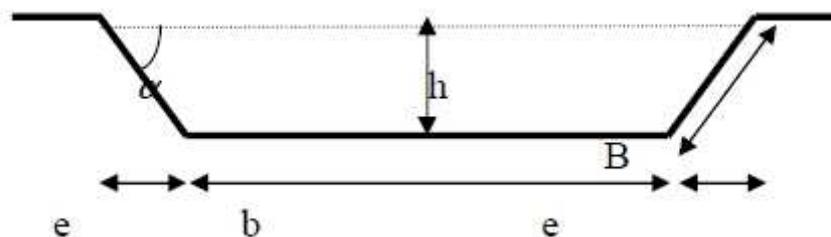
## 6. Dimensionnement :

### 6.1. Dimensionnement des fosses :

#### ➤ Fosse trapézoïdale en béton armé :

-Un fossé trapézoïdal sera projeté le long du projet particulièrement du côté talus déblais :

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



On fixe la base du fossé à ( $b = 40$  cm) et la pente du talus à ( $1/n = 1/1.5$ ) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur  $h$ .

➤ **Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n.h$$

$$S_m = bh + n.h^2 = h.(b + n.h)$$

$$S_m = h.(b + n.h)$$

➤ **Calcul du périmètre mouillé :**

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

➤ **Calcul des dimensions des fossés :**

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

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}.i^{1/2} S_m.R_h^{2/3}$$

D'où  $Q = F(h)$ . et calcul se fera par itération.

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

Avec :  $K_{ST} = 70$  (béton armé)

$I = 1.55$  %

➤ **Application :**

Le débit rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus est pris pour un cas défavorable.

➤ **L'intensité à l'averse  $I_t$  :**

$t_c$  la durée de chute de pluie varient de 10 à 60 minutes si on prends  $t_c = 15$  minute = 0.25h, donc

A partir des courbes I.D.F., on tire directement la valeur de l'intensité de pluie.

$I_t = 59.4$  mm/h

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100m on calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus : été prise défavorable égale (10m).

➤ **Coefficient de ruissellement (C) :**

Le coefficient de ruissellement a été estimé à partir du tableau suivant :

Type de chassée	Coefficient de ruissellement “C”	Valeurs prises
<b>Chaussée revêtue en enrobée</b>	0.8 - 0.95	0.95
<b>Accotement : sol perméable</b>	0.15 - 0.4	0.35
<b>Talus</b>	0.1 - 0.3	0.25
<b>Terrain naturel</b>	0.05 - 0.2	0.2

**Tableau-7- : coefficient de ruissellement C**

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$$

$$Q_c = K.I.C_c.A_c$$

$$Q_A = K.I.C_A.A_A$$

$$Q_t = K.I.C_t.A_t$$

➤ **Calcul de surface :**

\* Surface de la chaussée :  $A_c = 3.5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,035$  ha

\* Surface de l'accotement :  $A_A = 1.2 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,012$  ha

\* Surface du talus :  $A_t = 10 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,1$  ha

➤ **Calcul des débits :**

$$Q_c = 2,778 \times 0,95 \times 50,4 \times 0,035 = 4,65 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$Q_A = 2,778 \times 0,35 \times 50,4 \times 0,012 = 0,59 \times 10^{-3} m^3 / s$$

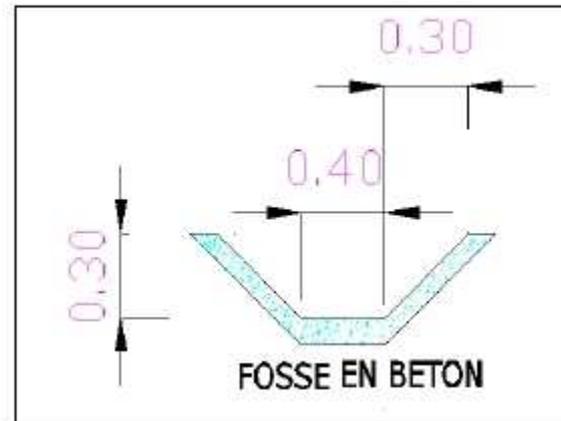
$$Q_t = 2,778 \times 0,25 \times 50,4 \times 0,1 = 3,5 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$D'où : Q_a = Q_A + Q_t + Q_c = 8,74 \times 10^{-3} m^3 / s$$

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

Après un calcul itératif on trouve :

$$\mathbf{h = 0.3 \text{ m}}$$



**Fig :**représentation d'un fossé en béton.

-Avec des Parois de pentes 1/1 en béton armé d'épaisseur 0,12 à 0,15 armé en trillé soudé coulé sur place avec joint de dilatation chaque 5 à 6 m posé sur un béton de propreté de 10 cm d'épaisseur ; encré sous le niveau du corps de chaussé évitant d'éventuel affaissements.

## 6.2. Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses on prend  $Q_a = Q_s$

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

Nous avons :

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

Avec :

### Coefficient d'écoulement de Manning – Strinckler :

Les ouvrages sont proposés en béton armé, nous avons pris pour les buses, un coefficient de rugosité égal à 80.

### Section et périmètre mouillés :

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

$$H_r = 0,75 \varnothing \quad \text{si } \varnothing \leq 1 \text{ m}$$

$$H_r = 0,80 \varnothing \quad \text{si } \varnothing > 1 \text{ m}$$

$\varnothing$  : diamètre de la buse

$$S_m: \text{ surface mouillée} = \frac{4}{5} \times \pi \times R^2$$

$$P_m: \text{ le périmètre mouillée} = 4/3 \times \pi \times R$$

$$R_h: \text{ rayon hydraulique} = 3/5 R$$

I : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation du vitesse maximale d'écoulement à 4m/s. pour notre cas ;  $I = 0.1\%$

Exemple de calcul :

Au(E1) PK 34+058

Nous avons :  $Q_a = 0,445 \text{ m}^3 / \text{s}$

$$0.445 = 80 \cdot (0.001)^{1/2} \cdot (4/5 \cdot \pi \cdot r^2) \cdot (3/5 r)^{2/3}$$

$$= 4.52 x r^{8/3} \Rightarrow r^{8/3} = 0.098 \Rightarrow r = 0.419 \text{ m}$$

Donc :  $R = 0.500 \text{ m} = 500 \text{ mm}$

Alors :  $\Phi = 1000 \text{ mm}$ . qui donne un débit de saturation de  $Q_s = 0.71 \text{ m}^3/\text{S}$

**NB** : Pour notre projet l'implantation des buses est résumé dans le tableau-8-récapitulatif ci-dessous

### 6.3. Dimensionnement des dalots :

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

-Pour dimensionner les dalots il faut que le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER.

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

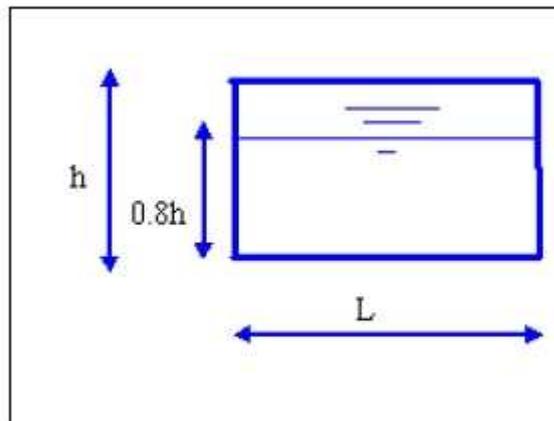
Avec :

- $K_{ST}$  : 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 :

$$H_r = 0,80 H \quad \text{si } H \leq 2. \text{ m}$$

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

H : hauteur du dalot



**Fig** : représentation d'un dalot.

Donc:

- Périmètre mouillé:  $P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$

Section mouillée :  $S_m = 0.8 \times h \times L$

$$\text{Rayon hydraulique : } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6h + L}$$

- Pente longitudinale de l'ouvrage  $i=0.1\%$

$$Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[ \frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6h + L} \right]^{2/3}$$

Donc :

$$Q_a = K.C.I.A \leq K_{st} \cdot i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \left[ \frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6h + L} \right]^{2/3}$$

\*Et par calcul itérative on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

Exemple de calcul :

$Q_a = Q_s$  et en fixant la largeur  $L=2$  m

$$Q_a = 2.94 \text{ m}^3/\text{s} \leq K_{st} \cdot i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[ \frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6h + L} \right]^{2/3}$$

$$2.91 \leq 70 \times (0.001)^{1/2} \times 0.8 \times h \times 2 \times (0.8 \times h \times 2 / 1.6h + 2)^{2/3}$$

D'après le calcul itérative on tire la valeur de  $h=1.1$  m

Alors pour avoir une bonne circulation d'eau et pour des raisons de réalisation et de maintenance on prend **H=1.5m** qui donne un débit de saturation de  $Q_s=3.55 \text{ m}^3/\text{s}$

### Conclusion :

Les résultats calculés dans le cadre de notre étude (projet) sont récapitulés dans le tableau suivant :

DESIGNATION	OUVRAGE PROPOSE
E1 (34+085)	BUSES $\phi$ 1000 mm
E2 (34+265)	2BUSES $\phi$ 1000mm
E3 (34+865)	2 BUSE $\phi$ 1000 mm
E4 (35+305)	BUSE $\phi$ 1000 mm
E5 (35+585)	Dalot (1.5x1.5) m
E6 (35+905)	Dalot (1.5x1.5) m

**Tableau-8- :** récapitulatifs des résultats.

## 1. Introduction :

Lorsqu'une intersection de circulation atteint sa capacité et le trafic devient trop fort pour s'accommoder d'un écoulement intermittent des véhicules et surtout l'importance itinéraire n'est pas compatible avec le système d'arrêt et de reprise, on est conduit à supprimer le carrefour plan en faisant le croisement des routes à des niveaux différents.

## 2. Définition :

Un **échangeur autoroutier** est un ensemble de bretelles routières permettant de s'engager sur une autoroute ou de la quitter soit pour prendre une autre autoroute soit pour emprunter le réseau routier ordinaire.

Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. Ils permettent d'éviter tout croisement à niveau et également tout Ralentissement sur les chaussées principales de l'autoroute.

## 3. Rôle d'un échangeur:

L'échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout on évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt provoquent des pertes de temps.

### 3.1. Avantage de l'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne condition de confort et de Sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêt qui provoque des pertes de temps considérable.
- Evite les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

### 3. 2.Inconvénients de l'échangeur :

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

## 4. Critère de base :

Le type d'échangeur à adopter est en fonction de :

- L'intensité de trafic.
- L'importance des différents courants tournant avec leurs volumes de trafic.

- Les contraintes qui peuvent se poser lors de l'étude et au cours de la réalisation (terrain d'implantation).

### 5. Condition à respecter :

- Eviter les sites en courbe de faibles rayons.
- Eviter les sites en point haut profil en long.
- Eviter de passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- Eviter les sections à fortes déclivités.
- Les terrassements importants.
- Passage au terrain agricole.

### 6. Types d'échangeurs :

La conception d'échangeur est toujours influencée par plusieurs facteurs comme la Catégorie de l'autoroute caractères et composition du trafic, la vitesse.

Ces contrôles demandent plus d'exigences, économiques de terrains et de droit de passage doit requièrent d'une grande importance lors de la conception adapter à la Capacité du trafic, offrant sécurité.

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme, il y a de nombreuses combinaisons de ces types donnant des formes plus complexes. Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désignent la forme de bretelle à considérer, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

- Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

#### 6.1 Echangeurs majeurs :

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute sans qu'il y ait cisaillement dans les deux autoroutes à raccorder sont :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

**N.A** : pour le raccordement plus que quatre branches on a recours soit :

- Au giratoire qui comporte ou moins un ouvrage d'art.

Au directionnel qui comporte beaucoup d'ouvrage d'art.

#### 6.2 Echangeur mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire ».

## 7. Caractéristiques géométriques des échangeurs :

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

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

### 7.1 Pont :

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

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- Le type d'échangeur choisi.
- La condition de coordination profil en long tracé en plan.
- Les contraintes du terrain d'implantation.
- Les instructions et réglementation de conception.

### 7.2 Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur le raccordement autoroute route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débite un compromis entre ces conditions doit être recherche.

### 7.3 Bretelles :

Ce Sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux routes qui se croissent, chaque bretelle se termine à une de ces extrémités par une voie de décélération et l'autre par une voie d'accélération

## 8. Critères de choix de l'échangeur :

Un échangeur est un croisement étagé entre deux routes, avec raccordement de circulation entre les deux voies qui se croise.

Et avec la connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui présente.

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

Et pour atteindre ce but on est obligé de suit les phases suivant :

- 1- Détermination de tracer.
- 2- Configuration de tracé a adopté.

3- Analyse.

### **8.1 Détermination de tracer :**

La détermination de tracer fait à partir de :

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

### **8.2 Configuration de tracé a adopté :**

L'échangeur à adopté doit assurer un haut niveau de sécurité et de service. Et pour assurer celle-ci en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception (les valeurs des rayons et des alignements).
- La longueur des voies réglementaires.

### **8.3 Analyse :**

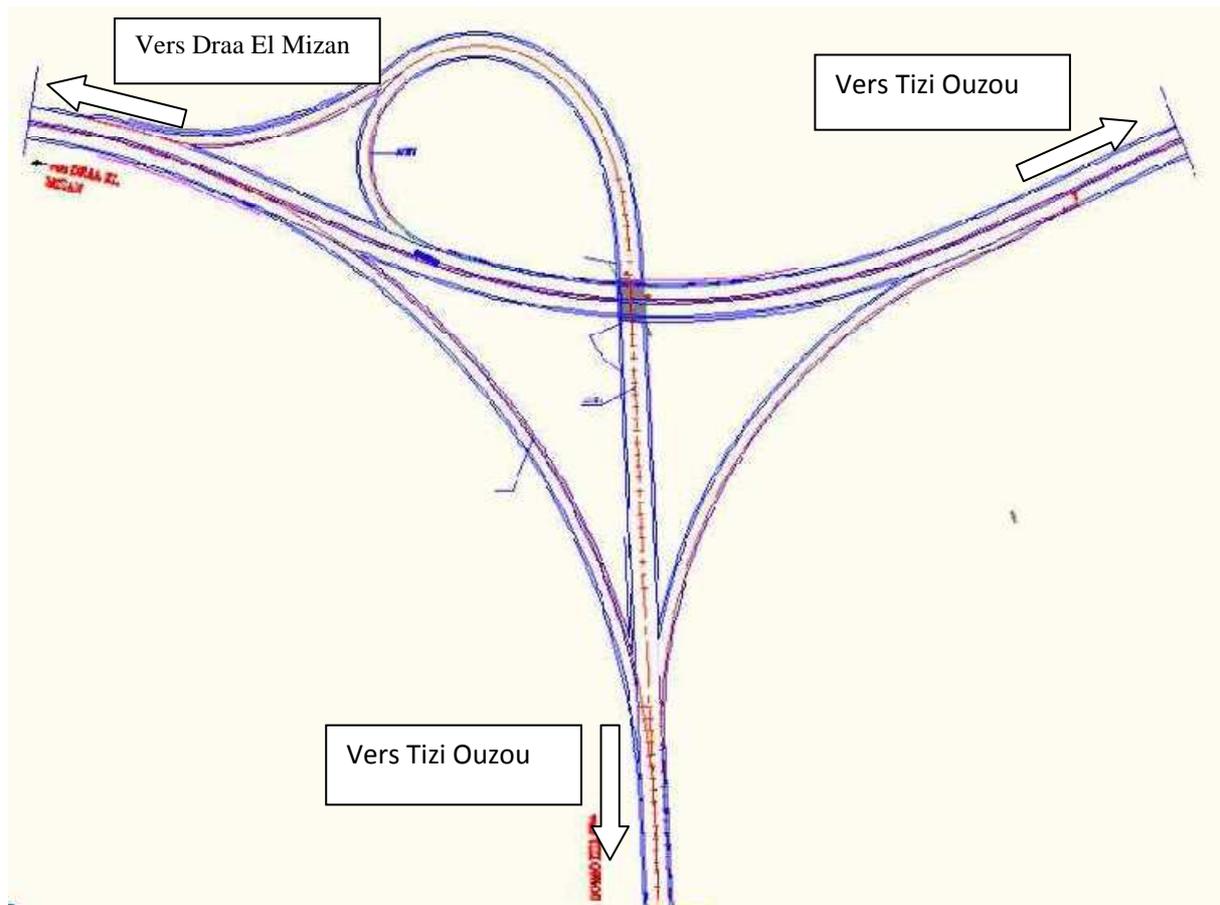
Cette dernière étape valide le choix de l'échangeur c'est les conditions de visibilité, de confort et de sécurité se sont assurés.

## **9. Application a notre projet :**

Pour notre cas on adopte pour l'itinéraire deux échangeurs, qui sont aménagés comme suit:

- **Le premier échangeur :**

C'est un échangeur majeur qui se trouve au niveau du croisement entre la RN25 a (2×3 voies) et autoroute qui vient de BOUKHALFA a (2×2voies) (au PK34+920) ;.(fig. VIII.1).



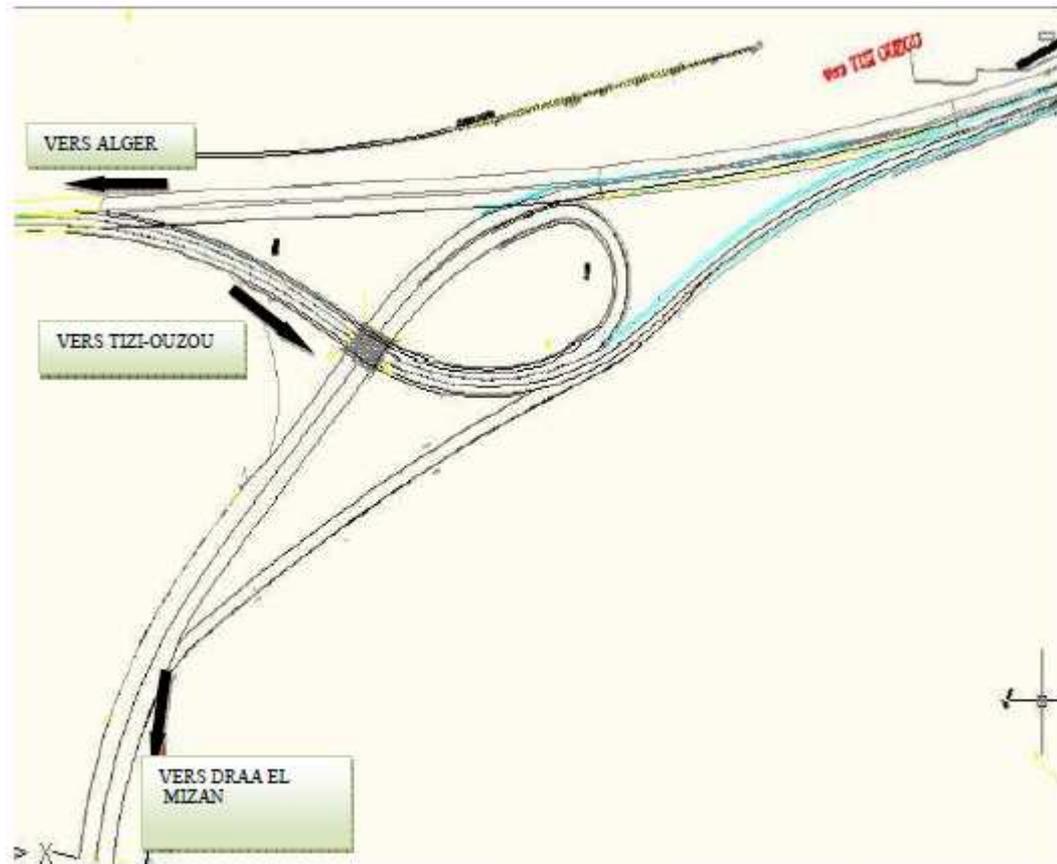
**Fig. VIII.1 :** Schéma d'aménagement du premier d'échangeur (au PK34+920)

### **Le deuxième échangeur :**

Notre échangeur va relier la RN12 a (2×2voies) avec la RN25 a (2×3) voies (au PK36+058). Ces deux autoroutes sont très convoitées c'est-à-dire qu'elles connaissent un grand trafic, pour la RN12 c'est 29104v/j et pour la RN25 c'est plus de 9690v/j (ces données sont calculées à l'année 2007) (fig. VIII.2).

Pour relier ces deux axes autoroutiers, nous avons choisis un échangeur majeur pour les raisons suivantes :

- L'échangeur majeur Assure une bonne sécurité aux usagers et offrant une bonne visibilité.
- Pour éviter les contraintes existantes.
- Le gain de temps dont vont bénéficier les usagées de cette échangeur car il favorise toutes les directions existantes.



**Fig. VIII.2 :** schéma d'aménagement du deuxième échangeur (au PK36+058).

**Conclusion :**

On a pu voir dans ce chapitre les principes généraux d'aménagement des échangeurs, et leur application dans notre projet.

## I. Sécurité

### 1. Introduction :

La route une fois réalisée aura besoin des équipements qui serviront à assurer la sécurité d'un côté et à guider les usagers de la route d'un autre côté.

### 2. Dispositifs de retenue :

Les dispositifs de retenue constituent eux même des obstacles, ils ne doivent être implantés que si le risque en leurs absences le justifie. Les dispositifs de retenue implantés sont :

#### 2.1. Glissières de sécurité :

Elles sont classées en trois niveaux, suivent leurs performances de retenue.

##### ❖ Les glissières de niveau 1 :

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.

##### ❖ Les glissières de niveau 2 et 3 :

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/ h).

Concernant les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants :

- **Sur le TPC :**

Eventuel pour les cas des routes à deux chaussées de type R.

- **Sur les accotements :**

- ✓ En présence d'obstacles durs ou autres configuration agressives.
- ✓ Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 mètres, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

Pour les autres cas, des glissières peuvent être implantées en cas de problèmes spécifiques. Il est à noter cependant :

- Que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires.
- Qu'il faut vérifier qu'elles n'entravent pas la visibilité.

**2.2. Murettes de protection en béton armé :**

L'implantation de ce type d'ouvrage nécessite des prescriptions spéciales dont il faut tenir compte dès la conception des projets.

Leurs implantations (au lieu d'une simple glissière) sont envisagées lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd de la chaussée, et notamment d'un véhicule de transport en commun, est important, en particulier dans les cas suivants :

- Les sections où la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10 m.

**3. Application a notre projet :**

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues tout 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.

**II. Signalisation :****1. Introduction :**

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

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

**2. l'objet de la signalisation routière :**

La signalisation routière a pour objet :

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

### 3. Catégories de signalisation :

On distingue :

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

### 4. Règles à respecter pour la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

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

### 5. Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

#### ❖ Signalisation verticale :

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

- **Signaux de danger** : Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).
- **Signaux comportant une prescription absolue** :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

- **Signaux à simple indication :**

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

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

- **Signaux de position des dangers :**

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

❖ **Signalisation horizontale :**

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

➤ **Marquage longitudinal :**

- **Lignes continue :**

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs aux quels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

- **Lignes discontinue:**

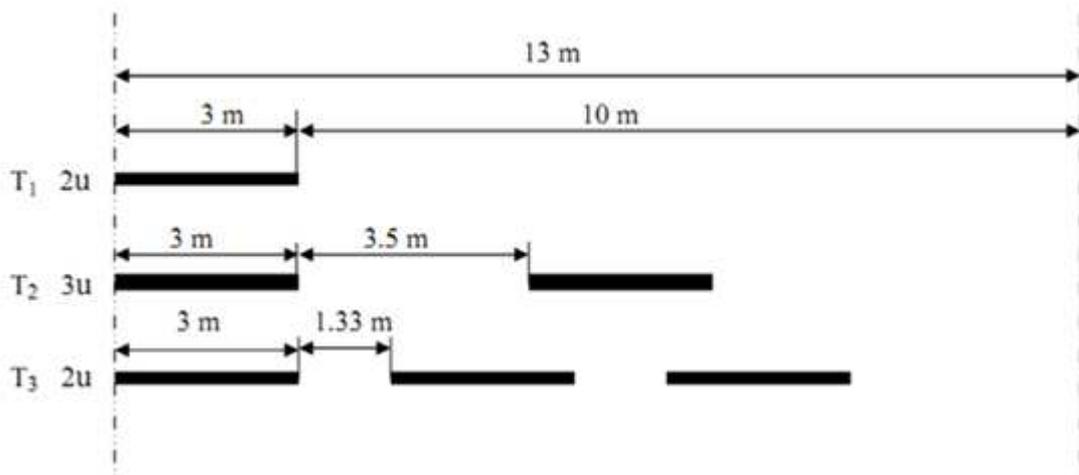
Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour les quelles la longueur des trait est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour les quelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.

- ligne d'avertissement de la ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont le largeur des traits est le triple de celle de leur intervalle.

- **Modulation des lignes discontinues :**

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



**Figure IX.1:** Types de modulation.

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

**Tableau IX.1.** Caractéristiques des lignes discontinues.

➤ **Marquage transversal :**

- **Lignes transversales continue :**

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

- **Lignes transversales discontinue :**

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

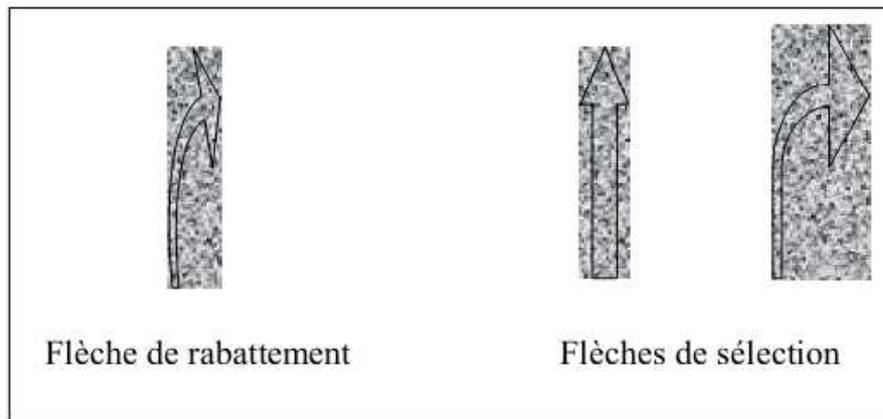
➤ **Autre marquage :**

- **Flèche de rabattement :**

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

- **Flèches de sélection :**

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



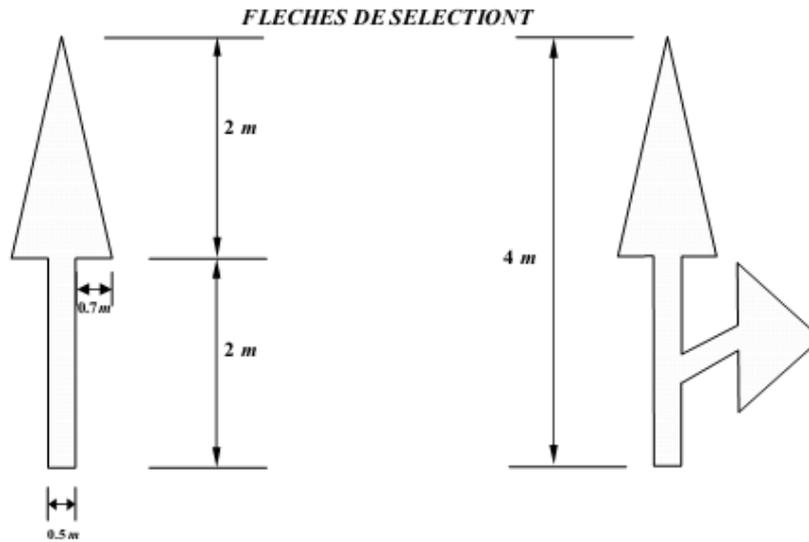
**Figure IX.2.**Flèche de signalisation.

## 6. Caractéristiques générales des marques :

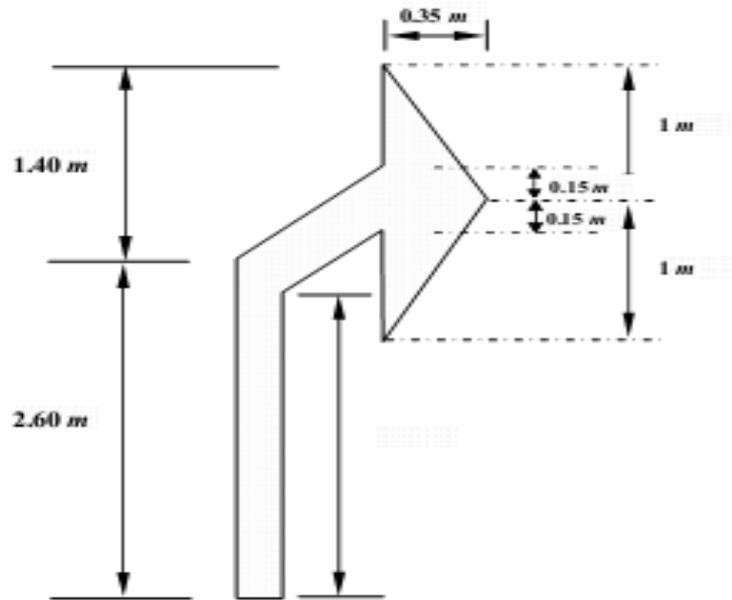
- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
  - **U = 7.5cm** sur les autoroutes et voies rapides urbaines.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

**7. Application a notre projet :**

- **Signalisation horizontale :** Voir les figures IX3, IX4, IX5, IX6, IX7.



**Figure IX.3**



**Figure IX.4**

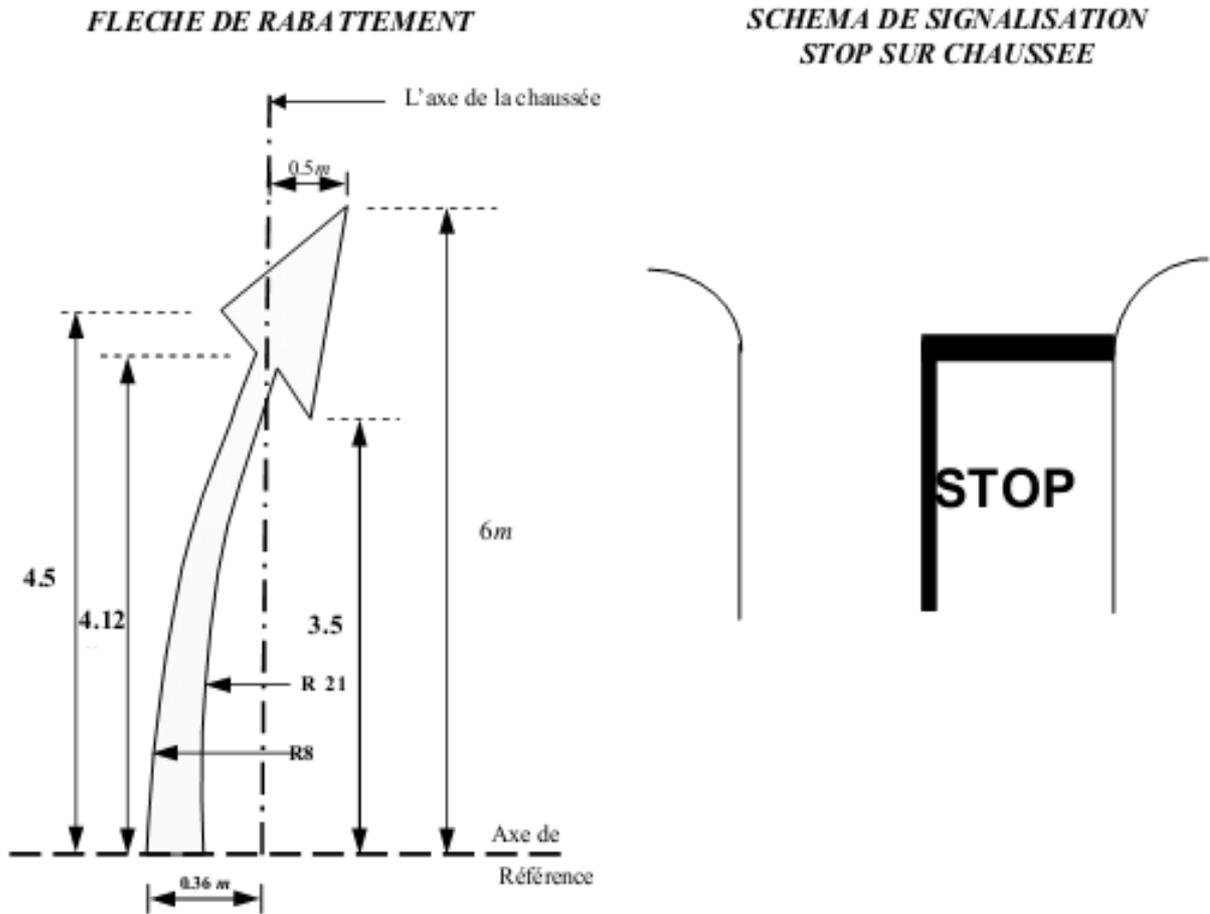


Figure IX.5

SCHEMAS DE MARQUAGE PAR HACHURES (sur le nez d'îlot):

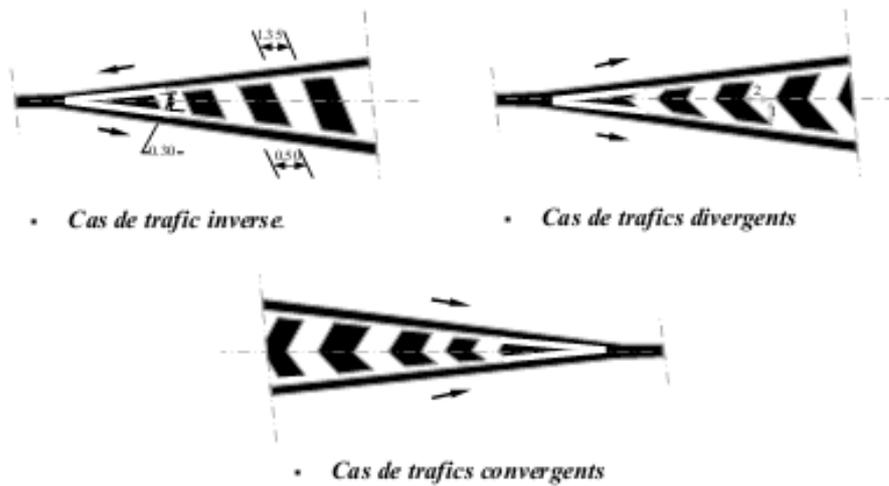


Figure IX.6

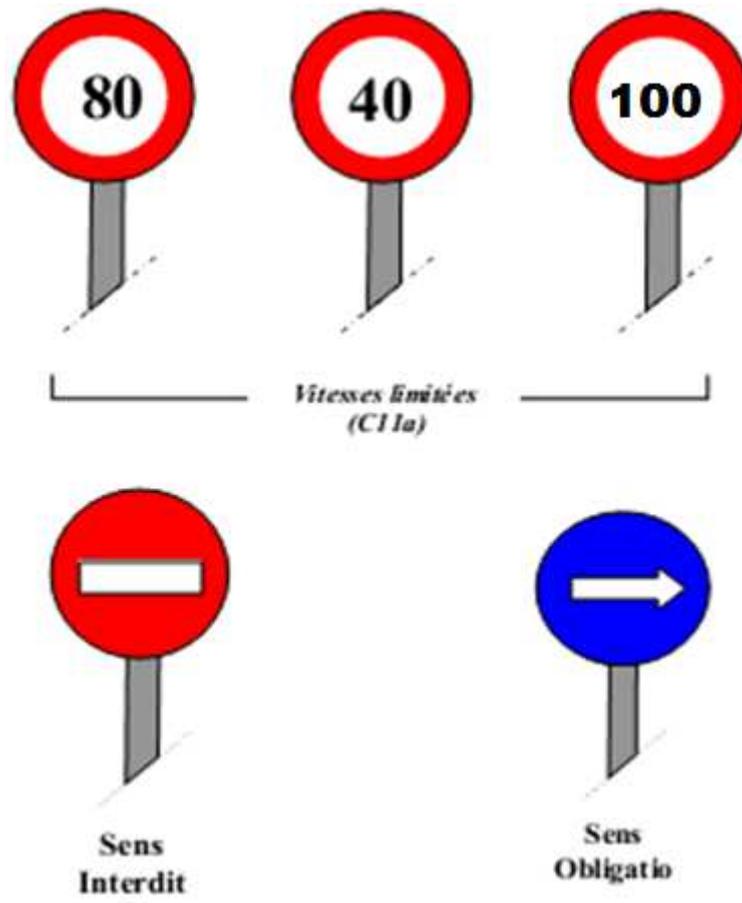
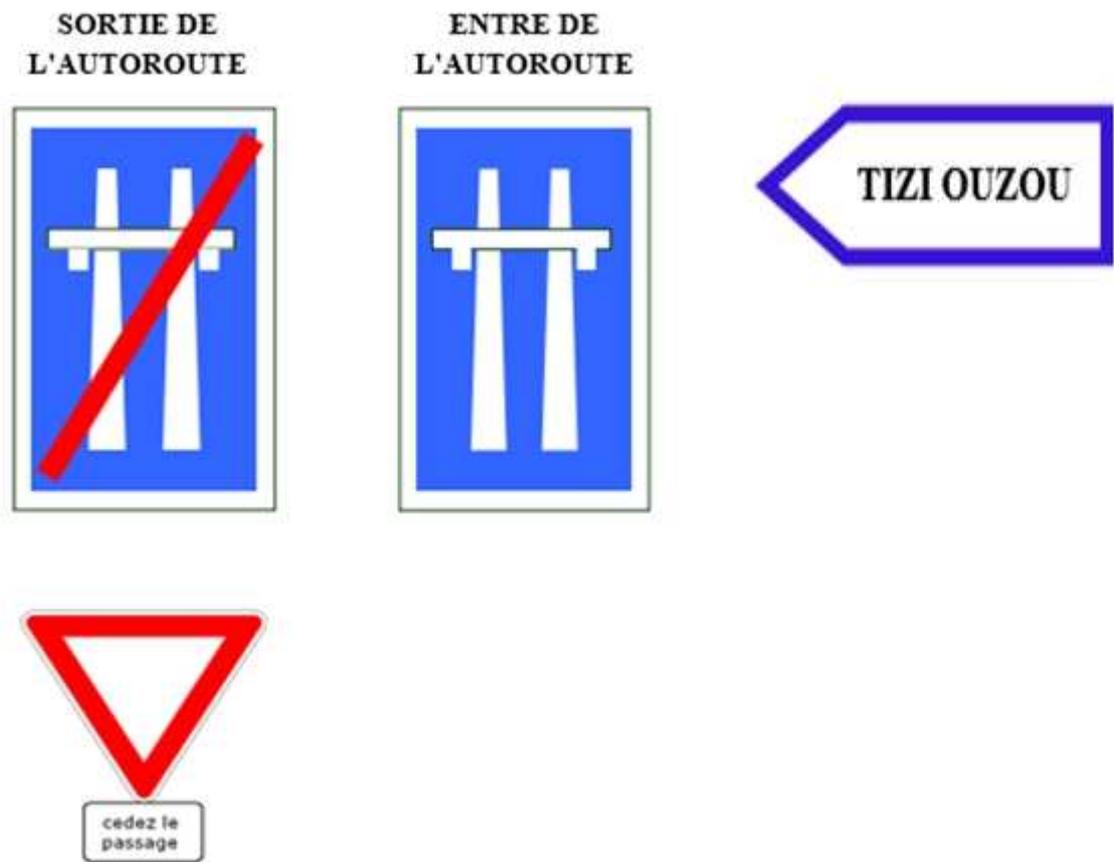


Figure IX.7

- **Signalisation verticale** : Voir figure IX.8



**Figure IX.8**

### III. Eclairage

#### 1. Introduction :

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler la nuit avec une sécurité et un confort, c'est à dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi voir tous les éléments de la route(les bordures de trottoir les carrefours.....etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

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

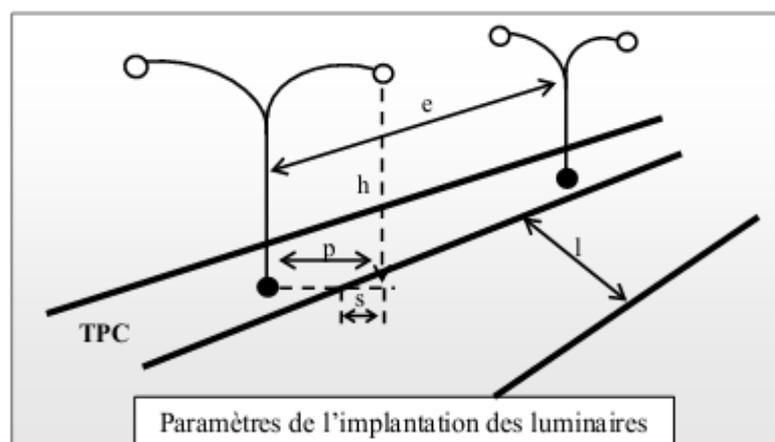
## 2. Eclairage d'un point singulier :

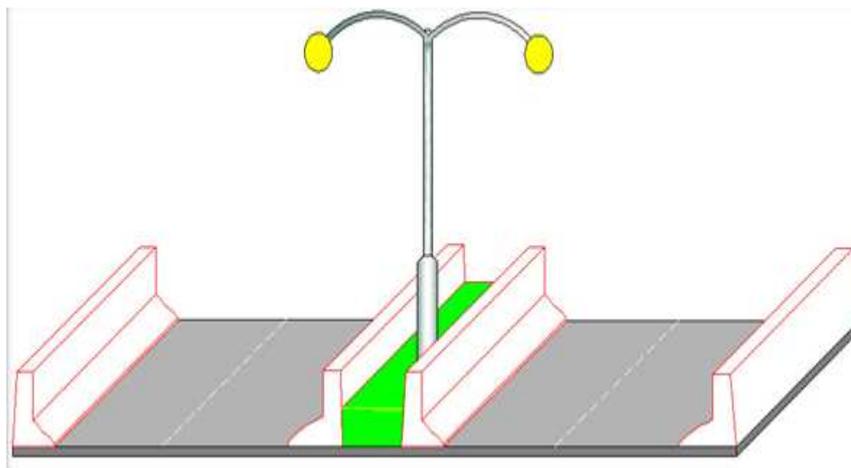
Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

## 3. Paramètre de l'implantation des luminaires :

- **L'espacement (e) entre luminaires** varie en fonction de type des voies.
- **La hauteur (h) du luminaire** : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées
- **La largeur (l) de la chaussée**
- **Le porte à faux (p) du foyer par rapport au support.**
- **L'inclinaison ou non du foyer lumineux** et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée. Voir figures IX.9.





**Figure IX.9.** Paramètres de l'implantation des luminaires

#### **4. Application a notre projet :**

##### ➤ **Éclairage de la voie (le long de la route) :**

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité.

La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre pénétrante.

##### **Nota :**

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

#### **5. Conclusion :**

Nous avons vu dans ce chapitre les différentes catégories et types de signalisation ainsi leur importance dans la réalisation de tout projet routier, mais malgré toutes les dispositions prises lors de la réalisation, il y aura toujours des risques pour les usagers si les normes de sécurité ne seront pas respecter.

## **1. Introduction**

La construction d'un aménagement routier est une tâche délicate à accomplir et est perçue aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement. En effet l'extraction de matériaux, les déboisements, l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles.

L'effort technologique vise à maîtriser c'est connaître, contrôler et minimiser les différents impacts dus à ce type d'aménagement, qu'il s'agisse de la protection des eaux, de la protection contre le bruit, ou de la conservation de la flore et de la faune.

## **2. Cadre juridique:**

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ; et sur son environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants

## **3- Définitions :**

### **3.1- Environnement :**

C'est l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques de l'habitat susceptibles d'avoir des effets directs et indirects sur les êtres vivants, y compris sur l'homme (TOUFFET, 1982).

### **3.2- Impact sur l'environnement:**

Selon (ANONYME 1992) un impact sur l'environnement constitue toute altération de l'état initial d'un site due à la construction, la modification et l'exploitation d'une installation, dans n'importe quel domaine qu'il soit.

## **4- Etude d'impact sur l'environnement :**

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné.

C'est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

L'environnement est l'expression même des intersections homme – nature, l'homme vit dans le système complexe et fragile, et en faisant partie intégrante de ce système, il est dans son intérêt de le préserver.

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit peut être aussi les conséquences de cette intervention.

L'introduction de la procédure d'études d'impact a permis de contrôler et de minimiser les différents impacts.

Ces impacts peuvent concerner :

#### **4. 1- Les ressources en eau :**

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique.

Pour prévenir la pollution accidentelle ou chronique des eaux superficielles et souterraines la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micro – bassins pour quelle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.

#### **4. 2 – La qualité de l'air:**

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement et la poussière. La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO<sub>2</sub> (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation des moteurs.
- Utiliser d'autres modes de transport.
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- Utiliser d'autres sources d'énergie.
- Régler le trafic.
- Contrôler les véhicules et les vitesses.
- Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

### **4. 3 – La faune et la flore:**

Les projets routiers peuvent générer des impacts importants sur le milieu naturel et il est important de prendre en compte les effets indirects et d'étudier les conséquences du projet sur l'écosystème dans son ensemble.

Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique. Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et faciliter le déplacement de la faune par l'implantation de passages pour faunes ou encore la conception de franchissements revêtus ou non. Ces passages doivent être conçus de façon que leur entretien soit le plus simple possible et que leur gestion soit à la fois naturelle et écologique.

### **4. 4 – Le bruit :**

C'est un des impacts les plus manifestes de la circulation routière et peut apparaître pendant la phase de la construction. Pour les travaux d'excavation ou d'emprunt dans les zones sensibles, une attention particulière doit être accordée aux normes applicables au niveau sonore des engins, aux horaires de travail, aux itinéraires de transport des matériaux et à tout autre aspect ayant trait à la gestion du chantier. Concernant l'urbanisme, la voirie nouvelle et l'habitat, des progrès importants sont à attendre dans ce domaine qui demande à être davantage explorés.

Le niveau moyen du bruit diminue avec l'éloignement par rapport à la voie de circulation. Ceci montre que les possibilités d'amélioration en matière de protection contre le bruit peuvent être attendues :

- D'une part, de l'éloignement des habitations par rapport aux voies de circulation (éloignement qui peut jouer soit en surface soit en élévation).
- D'autre part, de l'orientation de l'habitation par rapport à ces voies ou au moins par rapport aux points singuliers de circulation, tels que les feux, les carrefours, les rampes.

Des résultats positifs peuvent également être atteints par une bonne insertion des voies nouvelles en tissu urbain, comportant notamment :

- La diminution de la réflexion due à l'existence de façades parallèles de murs.
- La mise en tranchée ou en tunnel des voies de circulation.
- La protection par des écrans pleins (béton, verre ...etc.)
- La réalisation de plantations (mais celles – ci n'ont d'efficacité que pour des épaisseurs importantes).

**4.5 – La destruction ;**

La destruction touche seulement les gens qui n'ont pas respecté le plan foncier établi par la commune ainsi que le plan directeur d'architecture et d'urbanisme (P.D.A.U), en plus la destruction de quelques clôtures d'établissement qui gênent le passage de la route.

**4.6 – La sécurité**

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
- Implanter des trottoirs tout le long de la route.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- Réduire la vitesse au niveau des intersections.
- Des panneaux de signalisation seront implantés.

## Conclusion générale

Dans notre étude, nous avons essayé de respecter toutes les normes existantes qu'on ne peut pas négliger et qu'on a prises en considération, le confort, la sécurité des usagers puis l'économie.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation.

Cette étude d'APD nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.

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

Encore une fois, ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels: Piste+5.05, AUTOCAD, et ALISE-LCPC, vue leur traitement rapide et la précision de leur résultats.

# BIBLIOGRAPHIE

- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- **I.C.T.A.A.L** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(**CTTP**).
- **I.C.T.A.R.N** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des routes nationales avril 1970).
- **ARP** (aménagement des routes principales).
- SETRA (service d'études techniques des routes et autoroutes).
- Le rapport géotechnique donné par la DTP de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Le rapport de calcul de trafic sur les routes de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- La carte d'état-major.
- La carte géologique de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Cours de routes de 1<sup>ère</sup> année Master.
- Cours de ponts de 1<sup>ère</sup> année Master.
- Cours de routes 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> année de ENTP
- Les cours de routes et le manuel de projet de routes de l'auteur Kalli Fatima Zohra.
- Thèses de fin d'études de l'UMMTO et l'ENTP.

**AXE EN PLAN**

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	589620.440	4063898.150
D1	GIS = 356.013g	393.593			
			393.593	589369.616	4064201.470
L1	XC= 588598.972 YC= 4063564.204 R = 1000.000	197.192			
			590.785	589229.831	4064340.102
D2	GIS = 343.459g	371.674			
			962.460	588941.449	4064574.576
L2	A = 282.843 Rf= -800.000 L = 100.000				
			1062.460	588865.204	4064639.254
	XC= 589407.675 YC= 4065227.238 R = -800.000 L = 422.875				
			1485.335	588642.710	4064993.082
	Rd= -800.000 A = 282.843 L = 100.000	622.875			
			1585.335	588617.453	4065089.822
D3	GIS = 385.068g	44.485			
			1629.820	588607.115	4065133.089
C3	XC= 588120.805 YC= 4065016.889 R = 500.000	299.452			
			1929.271	588456.969	4065387.016
D4	GIS = 346.941g	138.232			
			2067.503	588354.642	4065479.953
L4	A = 162.991 Rf= -300.000 L = 88.554				
			2156.056	588292.157	4065542.580
	XC= 588524.320 YC= 4065732.581 R = -300.000 L = 234.591				
			2390.647	588225.705	4065761.370
	Rd= -300.000 A = 162.991 L = 88.554	411.698			
			2479.201	588242.804	4065848.170
D5	GIS = 15.514g	200.649			
			2679.850	588291.220	4066042.890
LONGUEUR DE L'AXE 2679.850					

EMPRISES

N° PROF	EMPRISE GAUCHE	X_EMP GAUCHE	Y_EMP GAUCHE	Z_EMP GAUCHE	EMPRISE DROITE	X_EMP DROITE	Y_EMP DROITE	Z_EMP DROITE
1	-21.69	589603.73	4063884.33	7.00	15.41	589632.31	4063907.97	10.61
2	-19.77	589586.09	4063908.67	14.88	27.37	589622.42	4063938.71	22.48
3	-23.12	589564.39	4063929.66	18.14	41.45	589614.14	4063970.80	36.47
4	-23.21	589545.20	4063952.72	18.13	48.78	589600.68	4063998.60	43.71
5	-17.53	589530.46	4063979.46	12.36	44.30	589578.11	4064018.86	39.14
6	-17.12	589511.66	4064002.84	11.86	32.92	589550.22	4064034.73	27.67
7	-14.34	589494.68	4064027.73	8.97	19.28	589520.59	4064049.15	13.93
8	-16.45	589473.94	4064049.50	7.93	22.58	589504.01	4064074.37	17.14
9	-35.18	589440.38	4064060.68	29.66	22.53	589484.86	4064097.46	17.01
10	-43.06	589415.19	4064078.78	37.44	25.12	589467.73	4064122.23	19.50
11	-49.94	589390.78	4064097.52	44.22	34.23	589455.64	4064151.16	28.52
12	-38.07	589380.81	4064128.20	33.05	35.30	589437.34	4064174.95	29.49
13	-17.41	589377.61	4064164.49	11.51	33.04	589416.48	4064196.63	27.14
14	-19.72	589356.71	4064186.13	13.73	25.30	589391.40	4064214.82	19.31
15	-19.50	589354.59	4064189.04	13.50	24.60	589388.58	4064217.15	18.60
16	-14.30	589341.75	4064212.20	7.93	15.23	589364.00	4064231.61	9.16
17	-50.00	589295.79	4064209.92	-3.23	38.18	589360.47	4064269.85	0.68
18	-50.00	589276.11	4064230.53	-4.21	34.29	589336.18	4064289.65	1.75
19	-50.00	589255.82	4064250.54	-3.98	19.28	589303.72	4064300.59	6.16
20	-50.00	589234.93	4064269.93	-4.15	20.11	589281.87	4064322.02	13.67
21	-16.53	589235.13	4064314.22	9.99	22.55	589260.40	4064344.02	16.01
22	-16.33	589219.53	4064327.43	9.73	21.65	589243.49	4064356.90	15.05
23	-15.03	589213.20	4064334.25	8.41	19.32	589234.87	4064360.91	12.70
24	-35.86	589176.78	4064337.02	0.82	22.03	589213.30	4064381.93	4.97
25	-35.61	589153.66	4064356.14	0.81	17.34	589187.07	4064397.22	10.53
26	-50.00	589121.31	4064363.90	-4.11	23.06	589167.40	4064420.59	16.12
27	-50.00	589098.03	4064382.82	-4.71	16.17	589139.78	4064434.17	8.87
28	-50.00	589074.75	4064401.75	-4.96	23.18	589120.92	4064458.53	3.69
29	-50.00	589051.48	4064420.68	-5.03	28.52	589101.01	4064481.59	1.73
30	-50.00	589028.20	4064439.60	-5.41	24.35	589075.11	4064497.29	2.62
31	-50.00	589004.92	4064458.53	-5.51	23.85	589051.51	4064515.83	2.41
32	-50.00	588981.65	4064477.45	-5.96	27.66	589030.64	4064537.71	0.91
33	-48.85	588959.10	4064497.27	-5.80	30.04	589008.86	4064558.48	-0.16
34	-48.74	588935.89	4064516.28	-6.13	32.65	588987.23	4064579.43	-1.30
35	-49.46	588912.15	4064534.65	-6.70	39.17	588968.07	4064603.41	-3.61
36	-49.79	588910.04	4064535.95	-6.83	39.56	588966.41	4064605.27	-3.76
37	-49.78	588888.52	4064553.51	-6.95	43.72	588947.85	4064625.77	-5.33
38	-49.39	588865.11	4064573.52	-6.96	43.91	588925.46	4064644.68	-5.75
39	-49.73	588841.24	4064593.84	-7.18	43.57	588903.49	4064663.32	-6.13
40	-49.93	588831.35	4064602.56	-7.29	42.82	588894.24	4064670.73	-6.15
41	-49.57	588818.04	4064615.60	-7.39	42.19	588881.73	4064681.66	-6.17
42	-49.17	588795.81	4064638.41	-7.63	40.78	588860.63	4064700.79	-6.10
43	-48.69	588774.52	4064662.08	-7.85	38.50	588839.57	4064720.14	-5.78
44	-48.49	588753.94	4064686.35	-8.14	29.36	588813.92	4064735.98	-3.39
45	-48.01	588734.50	4064711.53	-8.36	24.31	588791.91	4064755.51	-2.24
46	-47.43	588716.11	4064737.47	-8.54	19.58	588770.79	4064776.19	-1.17
47	-47.07	588698.54	4064763.94	-8.79	14.79	588750.33	4064797.77	-0.10
48	-37.58	588689.79	4064795.73	-6.30	16.89	588736.48	4064823.80	2.57
49	-24.09	588685.94	4064829.46	-2.57	18.86	588723.56	4064850.20	4.23
50	-25.16	588670.58	4064856.32	-2.69	18.76	588709.81	4064876.07	4.33
51	-32.69	588650.34	4064881.09	-4.18	16.02	588694.64	4064901.34	2.36
52	-44.85	588626.66	4064905.09	-6.97	20.26	588686.85	4064929.92	-0.58
53	-50.00	588610.30	4064932.81	-8.88	33.51	588688.63	4064961.74	-3.64
54	-50.00	588599.82	4064962.91	-9.65	45.09	588690.20	4064992.49	-6.10
55	-50.00	588594.90	4064978.45	-9.79	49.42	588689.96	4065007.55	-6.96
56	-50.00	588590.49	4064993.32	-9.77	50.00	588686.59	4065020.96	-7.84
57	-50.00	588582.26	4065023.54	-9.43	50.00	588679.06	4065048.63	-7.10
58	-50.00	588574.79	4065053.37	-6.35	34.44	588656.84	4065073.33	-0.26
59	-31.98	588586.35	4065082.39	1.13	14.66	588631.71	4065093.23	6.59
60	-26.77	588590.33	4065088.14	2.83	15.20	588631.15	4065097.89	8.06
61	-18.03	588591.86	4065119.35	11.45	24.18	588632.91	4065129.16	18.13
62	-19.94	588587.72	4065128.46	13.57	26.98	588633.36	4065139.36	21.29
63	-22.92	588579.97	4065146.39	16.97	32.53	588633.33	4065161.45	27.57
64	-23.83	588570.52	4065173.39	18.51	37.60	588628.54	4065193.59	33.74
65	-19.58	588564.25	4065201.72	15.07	34.25	588613.93	4065222.43	31.28
66	-15.32	588556.19	4065229.85	11.67	24.06	588591.57	4065247.15	21.95
67	-19.77	588538.77	4065253.38	9.58	15.45	588569.42	4065270.72	14.20
68	-16.16	588526.87	4065279.98	14.23	17.82	588555.38	4065298.46	17.43
69	-18.50	588508.47	4065302.47	17.43	20.59	588539.94	4065325.65	21.05
70	-20.36	588489.22	4065324.01	20.15	22.55	588522.18	4065351.48	23.87
71	-20.07	588470.35	4065345.75	20.90	24.51	588502.82	4065376.29	26.50
72	-20.11	588449.98	4065366.09	22.03	26.16	588481.72	4065399.76	28.77
73	-20.66	588443.08	4065371.72	22.92	28.01	588475.80	4065407.75	30.81
74	-22.93	588426.21	4065383.98	25.78	32.61	588463.55	4065425.09	35.84
75	-27.69	588400.80	4065400.62	31.40	38.89	588445.56	4065449.91	42.74
76	-31.21	588376.23	4065418.19	35.85	39.19	588423.56	4065470.30	43.75
77	-20.44	588361.26	4065446.33	26.14	35.34	588398.76	4065487.62	40.76
78	-21.59	588340.13	4065463.97	28.25	34.91	588378.11	4065505.79	41.12
79	-21.61	588338.26	4065465.64	28.36	35.04	588376.35	4065507.56	41.31
80	-23.13	588314.85	4065485.15	30.94	36.94	588356.11	4065528.81	43.96
81	-25.44	588290.99	4065505.56	34.31	37.07	588336.31	4065548.62	44.75
82	-26.22	588271.87	4065525.97	36.00	36.56	588320.45	4065565.74	44.81
83	-26.11	588269.26	4065529.38	36.00	36.48	588318.21	4065568.38	44.84
84	-20.37	588255.07	4065558.97	30.97	28.50	588296.14	4065585.45	37.57
85	-14.32	588244.47	4065589.47	24.99	24.97	588279.45	4065607.36	34.13
86	-47.46	588200.71	4065606.06	14.21	20.66	588264.16	4065630.86	29.27
87	-50.00	588187.25	4065638.31	11.18	18.89	588253.60	4065656.87	26.31

**EMPRISES**

N° PROF	EMPRISE GAUCHE	X_EMP GAUCHE	Y_EMP GAUCHE	Z_EMP GAUCHE	EMPRISE DROITE D	X_EMP DROITE	Y_EMP DROITE	Z_EMP DROITE
88	-50.00	588179.53	4065672.43	9.37	17.92	588246.44	4065684.11	23.54
89	-50.00	588175.25	4065707.15	7.82	19.72	588244.78	4065712.22	23.36
90	-37.30	588187.15	4065741.78	10.31	21.90	588246.32	4065740.17	23.56
91	-25.94	588199.88	4065763.86	12.36	23.03	588248.63	4065759.16	23.33
92	-18.85	588208.04	4065773.03	13.80	23.57	588250.12	4065767.71	23.33
93	-16.72	588215.27	4065803.54	15.66	23.42	588254.62	4065795.64	21.44
94	-15.26	588223.38	4065833.10	11.99	19.41	588257.08	4065824.97	15.64
95	-22.73	588220.75	4065853.65	6.80	15.63	588257.98	4065844.40	10.60
96	-33.47	588212.93	4065866.73	2.78	15.79	588260.73	4065854.84	7.82
97	-50.00	588204.13	4065899.83	-4.67	19.55	588271.62	4065883.05	4.72
98	-50.00	588211.37	4065928.94	-7.64	25.23	588284.37	4065910.79	1.04
99	-50.00	588218.60	4065958.06	-10.07	35.22	588301.30	4065937.49	-3.94
100	-50.00	588225.84	4065987.17	-12.00	43.34	588316.43	4065964.65	-8.35
101	-50.00	588233.08	4066016.28	-16.16	48.82	588328.99	4065992.44	-11.97
102	-50.00	588240.32	4066045.40	-16.44	50.00	588337.37	4066021.27	-14.46
103	-50.00	588242.70	4066054.95	-16.81	50.00	588339.74	4066030.83	-15.42

**PROFIL EN LONG**

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	10.015
D1	PENTE= -0.305 %	678.556		
			678.556	7.942
PAR1	S= 673.6680 Z= 7.9491 R = -1600.00	14.188		
			692.744	7.835
D2	PENTE= -1.192 %	616.254		
			1308.998	0.488
PAR2	S= 1325.6901 Z= 0.3885 R = 1400.00	56.703		
			1365.702	0.960
D3	PENTE= 2.858 %	803.742		
			2169.444	23.931
PAR3	S= 2209.4552 Z= 24.5027 R = -1400.00	132.193		
			2301.636	21.468
D4	PENTE= -6.584 %	378.213		
			2679.850	-3.435
LONGUEUR DE L'AXE 2679.850				

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	9.724	10.015	589620.440	4063898.150	56.013g	2.50	-2.50
2	30.000	15.910	9.923	589601.322	4063921.269	56.013g	2.50	-2.50
3	60.000	24.842	9.831	589582.204	4063944.389	56.013g	2.50	-2.50
4	90.000	15.854	9.740	589563.086	4063967.508	56.013g	2.50	-2.50
5	120.000	20.941	9.648	589543.968	4063990.627	56.013g	2.50	-2.50
6	150.000	18.791	9.556	589524.850	4064013.747	56.013g	2.50	-2.50
7	180.000	13.707	9.465	589505.732	4064036.866	56.013g	2.50	-2.50
8	210.000	12.701	9.373	589486.614	4064059.985	56.013g	2.50	-2.50
9	240.000	15.553	9.281	589467.496	4064083.105	56.013g	2.50	-2.50
10	270.000	24.813	9.190	589448.378	4064106.224	56.013g	2.50	-2.50
11	300.000	18.389	9.098	589429.260	4064129.343	56.013g	2.50	-2.50
12	330.000	15.273	9.006	589410.142	4064152.462	56.013g	2.50	-2.50
13	360.000	18.570	8.915	589391.024	4064175.582	56.013g	2.50	-2.50
14	390.000	16.959	8.823	589371.906	4064198.701	56.013g	2.50	-2.50
15	393.593	16.206	8.812	589369.616	4064201.470	56.013g	2.50	-2.50
16	420.000	8.479	8.732	589352.522	4064221.596	54.332g	2.50	-2.50
17	450.000	-1.164	8.640	589332.464	4064243.903	52.422g	2.50	-2.50
18	480.000	-2.353	8.548	589311.746	4064265.599	50.512g	2.50	-2.50
19	510.000	1.944	8.457	589290.386	4064286.663	48.602g	2.50	-2.50
20	540.000	10.298	8.365	589268.405	4064307.077	46.693g	2.50	-2.50
21	570.000	12.837	8.273	589245.821	4064326.823	44.783g	2.50	-2.50
22	590.785	12.346	8.210	589229.831	4064340.102	43.459g	2.50	-2.50
23	600.000	10.526	8.182	589222.681	4064345.916	43.459g	2.50	-2.50
24	630.000	3.765	8.090	589199.404	4064364.841	43.459g	2.50	-2.50
25	660.000	6.271	7.998	589176.127	4064383.767	43.459g	2.50	-2.50
26	690.000	9.041	7.866	589152.850	4064402.693	43.459g	2.50	-2.50
27	720.000	3.204	7.510	589129.573	4064421.619	43.459g	2.50	-2.50
28	750.000	-1.676	7.153	589106.296	4064440.544	43.459g	2.50	-2.50
29	780.000	-3.467	6.795	589083.020	4064459.470	43.459g	2.50	-2.50
30	810.000	-2.349	6.437	589059.743	4064478.396	43.459g	2.50	-2.50
31	840.000	-0.903	6.080	589036.466	4064497.322	43.459g	2.50	-2.50
32	870.000	-2.604	5.722	589013.189	4064516.247	43.459g	2.50	-2.50
33	900.000	-3.491	5.364	588989.912	4064535.173	43.459g	2.50	-2.50
34	930.000	-4.635	5.007	588966.635	4064554.099	43.459g	2.50	-2.50
35	960.000	-6.030	4.649	588943.358	4064573.025	43.459g	2.50	-2.50
36	962.460	-6.152	4.620	588941.449	4064574.576	43.459g	2.50	-2.50
37	990.000	-6.833	4.291	588920.108	4064591.984	43.761g	0.68	-2.50
38	1020.000	-6.951	3.934	588897.056	4064611.182	44.777g	-1.47	-2.50
39	1050.000	-7.012	3.576	588874.424	4064630.873	46.509g	-3.61	-3.61
40	1062.460	-7.040	3.427	588865.204	4064639.254	47.438g	-4.50	-4.50
41	1080.000	-7.110	3.218	588852.443	4064651.288	48.834g	-4.50	-4.50
42	1110.000	-7.392	2.861	588831.241	4064672.509	51.221g	-4.50	-4.50
43	1140.000	-7.395	2.503	588810.849	4064694.510	53.609g	-4.50	-4.50
44	1170.000	-7.090	2.145	588791.296	4064717.260	55.996g	-4.50	-4.50
45	1200.000	-6.094	1.788	588772.609	4064740.728	58.383g	-4.50	-4.50
46	1230.000	-4.518	1.430	588754.816	4064764.879	60.771g	-4.50	-4.50
47	1260.000	-2.689	1.072	588737.940	4064789.681	63.158g	-4.50	-4.50
48	1290.000	-0.072	0.715	588722.007	4064815.097	65.545g	-4.50	-4.50
49	1320.000	0.942	0.400	588707.037	4064841.094	67.933g	-4.50	-4.50
50	1350.000	0.672	0.600	588693.053	4064867.633	70.320g	-4.50	-4.50
51	1380.000	-0.524	1.369	588680.073	4064894.678	72.707g	-4.50	-4.50
52	1410.000	-2.845	2.226	588668.117	4064922.190	75.095g	-4.50	-4.50
53	1440.000	-6.674	3.084	588657.200	4064950.132	77.482g	-3.95	-3.95
54	1470.000	-8.932	3.941	588647.338	4064978.463	79.869g	-2.22	-2.50
55	1485.335	-8.971	4.379	588642.710	4064993.082	81.090g	-1.33	-2.50
56	1500.000	-8.961	4.798	588638.540	4065007.142	82.171g	-0.49	-2.50
57	1530.000	-8.447	5.656	588630.656	4065036.086	83.850g	1.25	-2.50
58	1560.000	-2.964	6.513	588623.374	4065065.189	84.813g	2.50	-1.91
59	1585.335	4.604	7.237	588617.453	4065089.822	85.068g	2.50	-0.10
60	1590.000	5.939	7.371	588616.369	4065094.359	85.068g	2.50	0.24
61	1620.000	13.931	8.228	588609.397	4065123.538	85.068g	2.50	2.38
62	1629.820	16.305	8.509	588607.115	4065133.089	85.068g	3.08	3.08
63	1650.000	20.988	9.085	588602.030	4065152.617	82.499g	4.52	4.52
64	1680.000	25.311	9.943	588593.026	4065181.229	78.679g	6.66	6.66
65	1710.000	21.763	10.800	588582.321	4065209.249	74.860g	7.00	7.00
66	1740.000	15.847	11.658	588569.956	4065236.577	71.040g	7.00	7.00
67	1770.000	11.719	12.515	588555.975	4065263.115	67.220g	7.00	7.00
68	1800.000	15.663	13.372	588540.427	4065288.766	63.400g	7.00	7.00
69	1830.000	18.824	14.230	588523.369	4065313.439	59.581g	7.00	7.00
70	1860.000	22.001	15.087	588504.862	4065337.045	55.761g	7.00	7.00
71	1890.000	22.698	15.945	588484.973	4065359.499	51.941g	5.24	5.24
72	1920.000	24.981	16.802	588463.774	4065380.719	48.122g	3.10	3.10
73	1929.271	25.703	17.067	588456.969	4065387.016	46.941g	2.50	2.44
74	1950.000	29.804	17.659	588441.624	4065400.952	46.941g	2.50	0.96
75	1980.000	36.693	18.517	588419.417	4065421.122	46.941g	2.50	-1.19
76	2010.000	39.964	19.374	588397.209	4065441.292	46.941g	1.80	-2.50
77	2040.000	35.734	20.232	588375.001	4065461.462	46.941g	-0.01	-2.50
78	2067.503	33.265	21.018	588354.642	4065479.953	46.941g	-1.66	-2.50
79	2070.000	33.569	21.089	588352.794	4065481.632	46.949g	-1.81	-2.50
80	2100.000	36.483	21.946	588330.732	4065501.960	48.206g	-3.62	-3.62
81	2130.000	38.584	22.804	588309.433	4065523.082	51.621g	-5.43	-5.43
82	2156.056	39.123	23.548	588292.157	4065542.580	56.337g	-7.00	-7.00
83	2160.000	39.046	23.661	588289.680	4065545.648	57.174g	-7.00	-7.00
84	2190.000	31.555	24.368	588272.190	4065570.007	63.540g	-7.00	-7.00
85	2220.000	27.950	24.463	588257.219	4065595.990	69.906g	-7.00	-7.00
86	2250.000	23.942	23.916	588244.917	4065623.338	76.272g	-7.00	-7.00
87	2280.000	20.318	22.725	588235.407	4065651.778	82.639g	-7.00	-7.00

**TABULATION**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
88	2310.000	18.377	20.917	588228.783	4065681.025	89.005g	-7.00	-7.00
89	2340.000	18.210	18.942	588225.113	4065710.787	95.371g	-7.00	-7.00
90	2370.000	18.281	16.967	588224.432	4065740.766	101.737g	-7.00	-7.00
91	2390.647	18.275	15.607	588225.705	4065761.370	106.119g	-7.00	-7.00
92	2400.000	18.198	14.991	588226.742	4065770.665	107.999g	-6.33	-6.33
93	2430.000	18.445	13.016	588231.660	4065800.252	112.614g	-4.19	-4.19
94	2460.000	14.542	11.041	588238.215	4065829.526	115.073g	-2.05	-2.50
95	2479.201	10.271	9.776	588242.804	4065848.170	115.514g	-0.67	-2.50
96	2490.000	7.669	9.065	588245.410	4065858.650	115.514g	0.10	-2.50
97	2520.000	2.129	7.090	588252.649	4065887.764	115.514g	2.24	-2.50
98	2550.000	-1.101	5.115	588259.888	4065916.877	115.514g	2.50	-2.50
99	2580.000	-6.201	3.139	588267.127	4065945.991	115.514g	2.50	-2.50
100	2610.000	-10.344	1.164	588274.366	4065975.104	115.514g	2.50	-2.50
101	2640.000	-13.851	-0.811	588281.604	4066004.218	115.514g	2.50	-2.50
102	2670.000	-16.791	-2.786	588288.843	4066033.331	115.514g	2.50	-2.50
103	2679.850	-17.371	-3.435	588291.220	4066042.890	115.514g	2.50	-2.50

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	484.1	241.2	0.0	0.0
2	30.000	0.0	8551.1	0.0	0.0
3	60.000	0.0	24210.3	0.0	0.0
4	90.000	0.0	20239.7	0.0	0.0
5	120.000	0.0	14961.0	0.0	0.0
6	150.000	0.0	8241.8	0.0	0.0
7	180.000	0.0	4179.5	0.0	0.0
8	210.000	443.4	3351.5	0.0	0.0
9	240.000	0.0	10973.1	0.0	0.0
10	270.000	0.0	23383.2	0.0	0.0
11	300.000	0.0	28096.7	0.0	0.0
12	330.000	0.0	15536.9	0.0	0.0
13	360.000	0.0	12527.5	0.0	0.0
14	390.000	0.0	5469.0	0.0	0.0
15	393.593	0.0	4400.9	0.0	0.0
16	420.000	12.2	242.8	0.0	0.0
17	450.000	16153.8	0.0	0.0	0.0
18	480.000	16537.6	0.0	0.0	0.0
19	510.000	10978.3	0.0	0.0	0.0
20	540.000	3965.9	2210.0	0.0	0.0
21	570.000	0.0	4487.1	0.0	0.0
22	590.785	0.0	2353.6	0.0	0.0
23	600.000	0.0	1732.2	0.0	0.0
24	630.000	4908.0	0.0	0.0	0.0
25	660.000	2664.0	458.7	0.0	0.0
26	690.000	2255.9	2585.5	0.0	0.0
27	720.000	8348.5	114.0	0.0	0.0
28	750.000	13677.8	0.0	0.0	0.0
29	780.000	15394.0	0.0	0.0	0.0
30	810.000	13775.1	0.0	0.0	0.0
31	840.000	11312.0	0.0	0.0	0.0
32	870.000	12967.6	0.0	0.0	0.0
33	900.000	13702.5	0.0	0.0	0.0
34	930.000	14815.8	0.0	0.0	0.0
35	960.000	9490.9	0.0	0.0	0.0
36	962.460	8921.3	0.0	0.0	0.0
37	990.000	18519.7	0.0	0.0	0.0
38	1020.000	18942.4	0.0	0.0	0.0
39	1050.000	13218.9	0.0	0.0	0.0
40	1062.460	9201.8	0.0	0.0	0.0
41	1080.000	14250.7	0.0	0.0	0.0
42	1110.000	17391.1	0.0	0.0	0.0
43	1140.000	16535.0	0.0	0.0	0.0
44	1170.000	14324.3	0.0	0.0	0.0
45	1200.000	12176.6	0.0	0.0	0.0
46	1230.000	9691.3	0.0	0.0	0.0
47	1260.000	6406.2	0.0	0.0	0.0
48	1290.000	2107.5	510.8	0.0	0.0
49	1320.000	558.8	1289.9	0.0	0.0
50	1350.000	573.4	976.0	0.0	0.0
51	1380.000	2382.3	143.7	0.0	0.0
52	1410.000	7597.2	0.0	0.0	0.0
53	1440.000	15920.1	0.0	0.0	0.0
54	1470.000	17701.4	0.0	0.0	0.0
55	1485.335	12527.0	0.0	0.0	0.0
56	1500.000	18996.2	0.0	0.0	0.0
57	1530.000	26096.3	0.0	0.0	0.0
58	1560.000	14331.1	0.0	0.0	0.0
59	1585.335	1475.4	0.0	0.0	0.0
60	1590.000	827.4	59.3	0.0	0.0
61	1620.000	0.0	4442.0	0.0	0.0
62	1629.820	0.0	4806.7	0.0	0.0
63	1650.000	0.0	13493.5	0.0	0.0
64	1680.000	0.0	21880.9	0.0	0.0
65	1710.000	0.0	14977.1	0.0	0.0
66	1740.000	0.0	5051.2	0.0	0.0
67	1770.000	520.7	223.2	0.0	0.0
68	1800.000	0.0	2531.7	0.0	0.0
69	1830.000	0.0	5112.2	0.0	0.0
70	1860.000	0.0	7832.3	0.0	0.0
71	1890.000	0.0	8125.0	0.0	0.0
72	1920.000	0.0	6212.2	0.0	0.0
73	1929.271	0.0	5385.8	0.0	0.0
74	1950.000	0.0	13701.3	0.0	0.0
75	1980.000	0.0	26892.0	0.0	0.0
76	2010.000	0.0	31503.6	0.0	0.0
77	2040.000	0.0	19281.4	0.0	0.0
78	2067.503	0.0	8337.4	0.0	0.0
79	2070.000	0.0	9130.3	0.0	0.0
80	2100.000	0.0	20439.9	0.0	0.0
81	2130.000	0.0	21177.1	0.0	0.0
82	2156.056	0.0	10886.4	0.0	0.0
83	2160.000	0.0	11281.8	0.0	0.0
84	2190.000	0.0	7265.4	0.0	0.0
85	2220.000	0.0	4548.4	0.0	0.0
86	2250.000	2754.5	1501.9	0.0	0.0
87	2280.000	6012.9	633.9	0.0	0.0

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
88	2310.000	6072.8	410.8	0.0	0.0
89	2340.000	4059.8	1105.7	0.0	0.0
90	2370.000	876.2	2002.0	0.0	0.0
91	2390.647	212.5	1644.9	0.0	0.0
92	2400.000	74.2	2503.7	0.0	0.0
93	2430.000	0.0	6106.9	0.0	0.0
94	2460.000	0.0	2849.0	0.0	0.0
95	2479.201	123.2	346.1	0.0	0.0
96	2490.000	1173.3	0.0	0.0	0.0
97	2520.000	7543.4	0.0	0.0	0.0
98	2550.000	9785.7	0.0	0.0	0.0
99	2580.000	15075.3	0.0	0.0	0.0
100	2610.000	20063.6	0.0	0.0	0.0
101	2640.000	23578.4	0.0	0.0	0.0
102	2670.000	16681.3	0.0	0.0	0.0
103	2679.850	3982.6	0.0	0.0	0.0
		571151	505151	0	0

