

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE 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 DIPLOME MASTER EN
GENIE CIVIL

Option : Voies et Ouvrages d'Art

THEME

Etude de la liaison d'échangeur CW 06 avec la
2^{ème} Rocade sud de la wilaya d'Alger
En phase APD



Présenté par :

Mr. OTMANE Hamid

Dirigé par :

M^{me}. OUKID

PROMOTION 2015/2016

REMERCIEMENTS

Louange à ALLAH le saint tout puissant miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

J'adresse mes remerciements à ma promotrice madame OUKID, de m'avoir guidé pour la réalisation de ce travail, à la fois présente et disponible, elle a encouragé mes initiatives à travers la grande liberté d'action qu'elle m'a octroyée.

je voudrai remercier les membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail, et qu'ils me feront l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Je remercie également l'ensemble des enseignants de l'UMMTO qui ont contribué à ma formation.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail aux deux personnes les plus chères au monde, ma mère et mon père qui m'ont soutenu et aidé pour arriver là où j'en suis aujourd'hui.

À mes frères et mes sœurs.

À nos très cher jumeau Moumouh et Chanez.

À tous mes amis qui m'ont encouragé et aidé.

À tous mes camarades de la promotion Génie Civil en particulier la section V.O.A 2015/2016.

Hamid Otmane.

Sommaire :

Chapitre I : Présentation du projet :

I.1. PRESENTATION DU PROJET :	Erreur ! Signet non défini.
Définition :	Erreur ! Signet non défini.
I.2. DESCRIPTION DU PROJET :	Erreur ! Signet non défini.
I.3. SITUATION DE LA COMMUNE :	Erreur ! Signet non défini.
I.4. Démarche de l'étude :	Erreur ! Signet non défini.
I.5. Paramètre du projet :	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II : Etude de trafic

II.1- Introduction	Erreur ! Signet non défini.
II.2- Définition	Erreur ! Signet non défini.
II.3 - analyse du trafic	Erreur ! Signet non défini.
II.3-1- les comptages :	Erreur ! Signet non défini.
La capacité théorique :	Erreur ! Signet non défini.
II.4-2-Paramètre de la circulation :	Erreur ! Signet non défini.
II.4-3-Calcul de trafic effectif :	Erreur ! Signet non défini.
II.4-5-Calcul du nombre de voie :	Erreur ! Signet non défini.
a) cas d'une chaussée bidirectionnel.....	Erreur ! Signet non défini.
b) cas d'une chaussée unidirectionnelle	Erreur ! Signet non défini.
II.5-Application au projet :	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre : III - Dimensionnement du corps de chaussée

III.1.Introduction.....	13
III.2.Définition.....	13
III.2.1.Chaussée rigide	13
III.2.2.Chaussée souple	13
III.3.Rôle des différents types de chaussées souples.....	14
VIII.4.Méthodes de dimensionnement des chaussées.....	14
III.4.1.Méthode CBR	14

III.4.2.Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	15
III.4.3.Méthode de l'asphalte in situ	18
III.5.Application au projet	19
III.5.1.Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	28
III.5.2.Méthode C.B.R	29

Chapitre IV : Caractéristique Géométrique :

IV.1 AXE EN PLAN :.....	Erreur !
Signet non défini.	
1- Construction du terrain :.....	Erreur !
Signet non défini.	
2- Construction des éléments de l'axe :.....	Erreur !
Signet non défini.	

IV.2 PROFIL EN LONG :.....	Erreur !
Signet non défini.	

2.6. APPLICATION AU PROJET.....	Erreur !
Signet non défini.	

IV.3 Profil en travers :.....	Erreur !
Signet non défini.	

Chapitre V : Calcul des cubatures

V.1. INTRODUCTION :.....	Erreur !
Signet non défini.	
V.2. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :.....	Erreur !
Signet non défini.	
V.3. RESULTATS DE CALCUL DES CUBATURES:.....	56

Chapitre VI : Assainissement

VI.1. Introduction.....	57
VI.2. Types de dispositifs d'assainissement.....	57
VI.4. Quelque définition.....	58
VI.5. Dimensionnement du réseau d'assainissement.....	59
VI.6. Calcul hydrolique.....	62
VI.7. Application au projet.....	63

Chapitre VII : Etude de l'échangeur

VII.1. Introduction.....	70
VII.2. Regles de conception.....	70
VII.3.Définition et role d'un échangeur.....	70
VII.4. Les différents types d'échangeurs.....	71
VII.5. Caractéristique Géométrique des échangeurs.....	73
VII.6. Choix du type d'échangeur.....	74
VII.7. Application au projet.....	75

Chapitre VIII : Signalisation et éclairage

I.Signalisation :

I.1. Introduction.....	79
I.2. Objectifs de signalisation routière.....	79
I.3. Type de signalisation.....	79
I.4. Les critères de conception de la signalisation.....	80
I.5. Application au projet.....	80

II.Elairage.....

II.1. Introduction.....	85
II.2.Catégorie d'éclairage.....	85
II.3. paramètres d'implantation des luminaires.....	86
II.4. Application au projet.....	87

Chapitre IX : Impact sur l'environnement

IX.1. Introduction.....	88
IX.2. Impact négatif.....	88
IX.3. Impact positif.....	90

INTRODUCTION GENERALE

Le réseau routier joue un rôle essentiel dans le développement d'un pays car il représente une base sur laquelle se fonde plusieurs secteurs tels que le transport des biens et des personnes ; donc il est le moyen vital de l'économie et du développement social d'un pays. Ainsi la croissance socio- économique impose au secteur des travaux publics l'extension de réseau routier.

Le réseau routier de l'Algérie est l'un des plus important du Maghreb et d'Afrique, d'une longueur de plus de 108302 km, répartie sur des Routes Nationale et des Chemins de Wilayas et des routes secondaires, l'Algérie a développé ce réseau grâce au programme de modernisation des transports routiers et ferroviaires qui prévoit la réalisation de l'AutoRoute est-ouest de 1216 km , l'Autoroute des hauts plateaux de 1330 km et la réalisation de 1900 km de routes ;ainsi que la finition de la route transsaharienne (nord-sud).ce réseau atteint au total 112969km à l'année 2014.

Au moment actuel l'Etat Algérien se confronte aux problèmes d'insuffisance dans le domaine de transport routier ; elle a adopté une stratégie pour décongestionner et fluidifier le trafic routier, l'Algérie verra la réalisation de près de 10000km de nouvelle liaisons routières à travers le territoire nationale donc plusieurs projets d'infrastructures routières sont en cours de réalisation dont y figure celui de la commune des Eucalyptus de la wilaya d'Alger.

I.1. PRESENTATION DU PROJET :

Notre projet consiste en l'étude d'une pénétrante de l'Aéroport Houari Boumediene à la wilaya d'Alger ; liant la Rocade Sud à la 2^{ème} Rocade sud en périphérie Est de la commune des Eucalyptus d'un linéaire de 9 kms. Ce projet consiste en un évitement de la ville des Eucalyptus.

La DTP d'Alger nous a proposé l'étude d'un tronçon de 3 km de ce projet qui débute de point kilométrique PK : 4500 au point kilométrique PK : 7800 avec échangeur. La carte ci-dessous illustre sa situation.

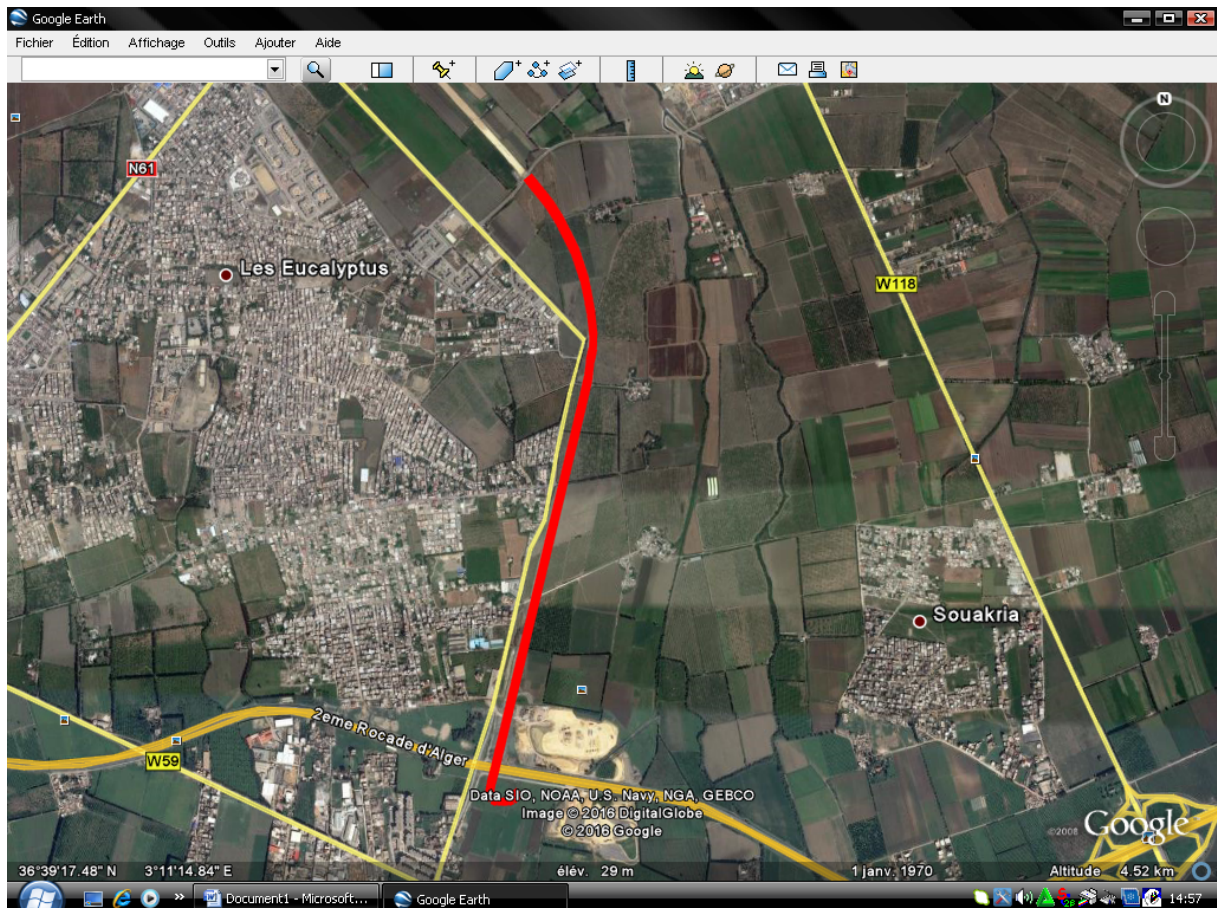


Figure I.1 : Situation du projet

Définition :

- Rocade sud : dénommée aussi RSA est une infrastructure routière de type autoroutier ayant la configuration 2*3 voies, reliant la banlieue Est d'Alger (Dar El Beida) à la banlieue Ouest (Zéralda).
- Deuxième Rocade Sud : dénommée aussi 2^{ème} RSA elle est de type autoroutier aussi, de configuration 2*3 voies Reliant la banlieue Est (Boudouaoue) à la banlieue Ouest (staouali) et qui passe à 5 km au sud de la Rocade sud. Et en intersection la RN 61 à la commune des Eucalyptus.
- Evitement : dans le domaine routier l'évitement c'est de contourner une ville ou une agglomération afin d'assurer la fluidité du trafic et désengorger la ville et ces périphérie.

I.2. DESCRIPTION DU PROJET :

Notre tronçon prend naissance du PK : 4500 traverse un pont en passage inférieure au niveau de PK : 4640, des ouvrages hydrauliques (buses de Ø =1m) sont à réaliser au PK : 5190, PK : 5691, et au PK : 6689. Le tracé présente des bretelles au niveau de PK : 6800 où la route est rétrécie à 2*1 voie. Au PK : 7223 un ouvrage d'art en passage supérieure pour traverser la 2^{ème} rocade sud jusqu'au PK : 7307 où il y'a nécessité d'un échangeur en une seul boucle pour rejoindre la 2^{ème} rocade sud.

-Les contraintes du projet :

- Des câbles électrique au niveau de PK : 4860, et d'autre en diagonale au PK : 5960 jusqu'à PK : 6000, et aussi au PK : 6540.
- Des canalisations en gaz de ville au PK : 5380, et PK : 6280.
- Existence de pistes agricoles.

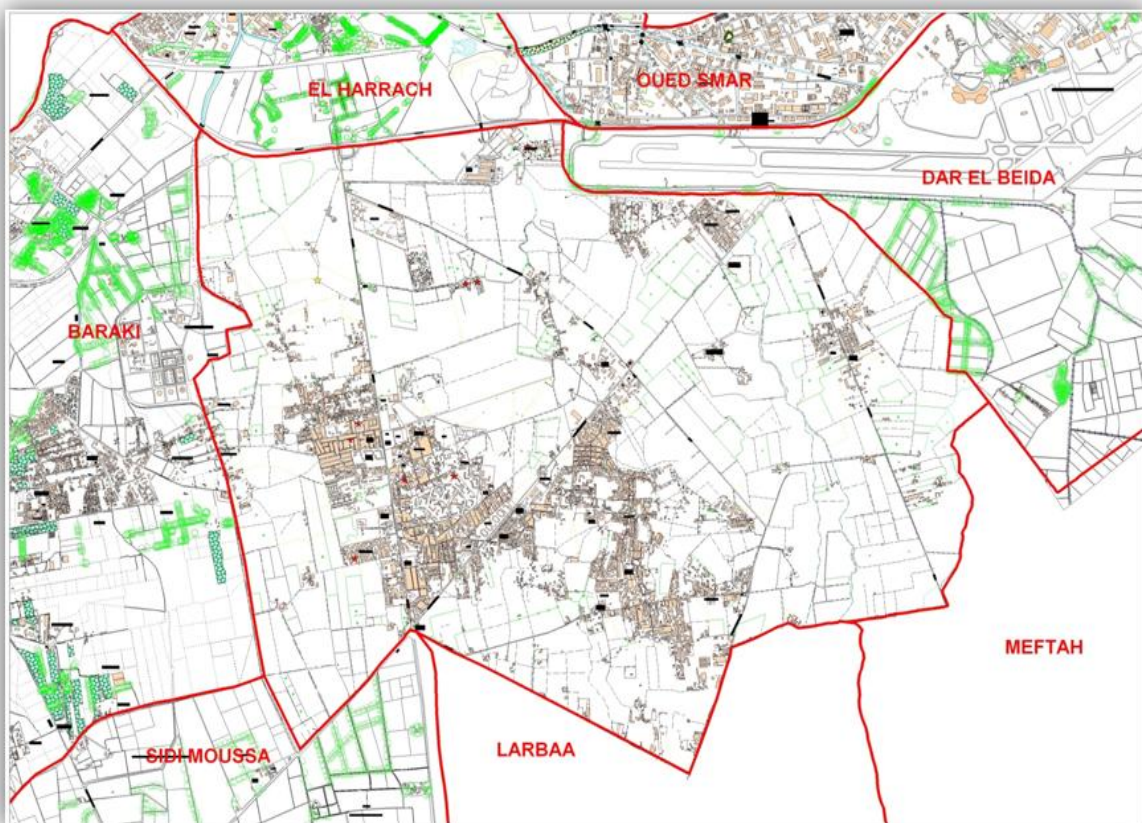
I.3. SITUATION DE LA COMMUNE :

La commune des Eucalyptus est une commune située dans la banlieue sud-est d'Alger à environ 20 km.

La commune couvre une superficie de 32,63 km² avec un périmètre de 26,06 km.

Elle est limitée :

- Au nord par la Rocade sud, oued-smar, El-harrache.
- A l'ouest par le chemin vicinal N^o : 04, Brraki Sidi Moussa.
- A l'est commune de d'Ar-El-Beida.
- Au sud commune de Meftah et Larbaa.



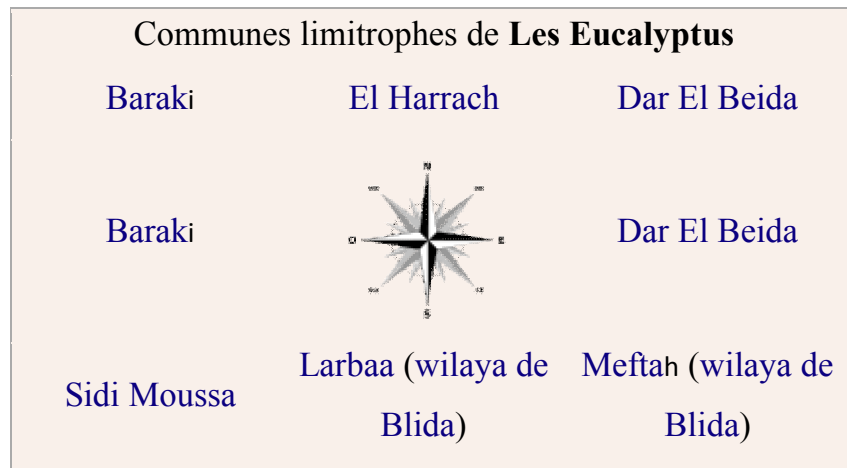


Figure I.2 : Situation de la commune des Eucalyptus.

I.4. Démarche de l'étude :

- Etude du trafic.
- Dimensionnement du corps de chaussée.
- Caractéristiques géométriques.
- Etude de l'impact sur l'environnement.
- Etude de la signalisation, éclairage et dispositif de sécurité.

I.5. Paramètre du projet :

- Vitesse de référence : $V_r = 100 \text{ km/h}$.
- Trafic journalier moyen annuel : $TJMA=14000\text{v/j}$.
- Pourcentage du poids lourd=17%.
- Taux de croissance annuel= 4%.

II.1- Introduction :

L'étude du trafic est un élément essentiel au préalable de chaque projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure routière, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées.

Cette étude impactera directement aux choix possibles pour le développement de réseaux routier, parmi ces choix on peut citer :

- Nécessiter ou non d'une déviation d'agglomération.
- Choix du tracé par rapport aux zones bâties.
- Position des échangeurs.
- Géométrie des carrefours.
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids lourds cumulés.

II.2- Définition :

L'étude du trafic est un recensement de l'état existant permettant de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement des flux avec leurs conséquences sur les activités humaines.

Dans le domaine de l'étude de trafic il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés :

Trafic de transit : origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).

Trafic d'échange : origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieure de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).

Trafic local : trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.

Trafic journalier moyen annuel (TMJA) : égal au trafic total de l'année divisée par 365 jours.

Unité de véhicule particulier (UVP) : exprimer par jour ou par heure. On tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux.

Les trafics aux heures de pointe : avec les heures de pointe du matin et les heures de pointe de soir.

Le trafic journalier de fin de semaine.

Le trafic journalier moyen d'été : important pour les régions estivales.

II.3 - analyse du trafic :

Divers méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics. On peut être amené à procéder avec plusieurs méthodes, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

-celle qui permet de quantifier le trafic : les comptages manuels ou automatiques

-celle qui permet d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes

II.3-1- les comptages :

On distingue deux types de comptage.

- a- les comptages automatiques : on distingue deux modes, ce qui sont permanents et ce qui sont temporaires. Les comptages permanents sont réalisés en certains points choisis sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et les chemins wilaya les plus fréquentés.
- b- les comptages manuels : ils sont réalisés par des 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, les trafics sont exprimés par le trafic journalier moyen annuel (TJMA)

II.3-2-les enquêtes :

Il est souvent nécessaire de compléter les informations récoltées par les comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux. On peut recourir en fonction du besoin, à plusieurs méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tout les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou bien un quartier) on parle d'enquête cordon. Elle permet en particulier de distinguer les trafics de transit et d'échange.

II.4- Détermination du nombre de voies :**II.4-1-calcul de la capacité :**

La capacité est le nombre maximum des véhicules qui peuvent passer par une direction de la route (ou deux direction) avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre, durant une période bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire (UVP/H)

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

- **Q** : débit de pointe horaire
- **n** : nombre d'heure (en général 8 heure)
- **T_{eff}** : trafic effectif

Le débit de pointe horaire « Q » correspond à 12% du trafic futur

$$Q = 0,12 T_{\text{eff}} \text{ (uvp/h)}$$

La capacité théorique :

La capacité d'une route dépend de la largeur de la voie et l'accotement et elle est donnée dans le tableau suivant :

Capacité théorique des routes en uvp/h									
Dégagement latérale ou largeur des accotements	Largeur de chaussée unique								2 chaussées Autoroute Ou route express (2)
	4m	2 voies			3 voies		4 voies (1)		
		5m	6m	7m	9m	10.5m	12m	14m	
1.80 et plus	1100	1300	1600	2000	2600	3200	3000 4500*	3400 5100*	1800 5400*
1.20	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950 4400*	3300 5000*	1750 5300
0.60	(x)	1100	1350	1700	2200	2700	2900 4300*	3200 4800*	1700 5100*
0.00	(x)	(x)	1200	1500	2000	2400	2650 4000*	3000 4500*	1500 4500*

Tableau II.1 : Valeur de la capacité théorique [Règlement B40]

(1) pour sens de la circulation sur route à 2x2 voies

Valeur avec * : capacité pour les deux sens.

(2) Capacité pour une seule voie de 3.50m

Valeur avec * : capacité pour les deux sens réunis.

(x) capacité non applicable.

Cette capacité C_{th} est affectée d'un coefficient k_2 pour obtenir la capacité effective (C_{eff})

$$C_{eff} = k_2 \cdot C_{th} \text{ (voir tableau II.4 Page10)}$$

II.4-2-Paramètre de la circulation :

On connaît le trafic actuel et la durée de vie de l'ouvrage et le taux de croissance, on détermine le trafic futur avec la méthode des intérêts composés.

$$TMJA_n = (1+\tau)^n \cdot TMJA$$

- $TMJA_n$: le trafic à l'année de l'horizon
- $TMJA$: le trafic à l'année actuelle
- n : nombre d'année
- τ : taux de croissance en (%)

II.4-3-Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (**uvp**), en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (**uvp**) le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{\text{eff}} = [(1-z) + PZ] \cdot TMJA_n$$

Avec :

- T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P).
- Z : pourcentage de poids lourds (%).
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Les coefficients d'équivalence P pour le poids lourd sont donnés dans le tableau suivant :

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

Tableau II.2 : Coefficient d'équivalence (P).

II.4-4-Le débit admissible « Q_{adm} » :

C'est le nombre maximum de véhicule pouvant passer pendant une heure

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

Valeur de K_1 :

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0.75	0.85	0.95

Tableau II.3 : Valeur de K₁ [Règlement B40]

Valeur de K₂ :

environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II.4 : valeur de K₂ [Règlement B40]

II.4-5-Calcul du nombre de voie :

a) cas d'une chaussée bidirectionnel

On compare « d » et « Q » et on choisi le type de route dont le débit

$$Q_{adm} \leq Q$$

$$\implies K_1 K_2 C_{th} \leq Q \implies C_{th} \leq \frac{Q}{K_1 K_2}$$

b) cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

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

Avec

-S : coefficient de dissymétrie (généralement égal à 2/3).

-d : débit à l'année d'horizon.

-Q_{adm} : débit admissible par voie.

II.5-Application au projet :**Les données du trafic :**

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé de la **S.A.E.T.I** nous avons :

- La voie express : $TJMA_{2010}=14000v/j$.
- Année de mise en service : 2017.
- Le pourcentage des poids lourds : $Z =17\%$.
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau= 4\%$.pour la voie express
- La durée de vie:20ans.

Dimensionnement de la voie express :

On a :

- $P= 3$ (Route à bonne caractéristique, environnement E_1)
- $K_1=0.75$ (environnement E_1) ; $K_2=1$ (environnement E_1 , catégorie C_2)
- Catégorie C_1 alors : $C_{th}=5400uvp/h$.

Trafic à l'année2037:

$TJMA_{2037} = (1+\tau)^n TJMA_{2010}$, n : nombre d'année.

$$TJMA_{2037} = (1+0.04)^{27} \cdot 14000$$

$$TJMA_{2037}=40367v/j$$

Trafic effectif :

$$T_{eff(2037)} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2037}$$

$$T_{eff(2037)} = [(1-0.17) + (3 \times 0.17)] 40367$$

$$T_{eff(2037)} = 54091uvp/j$$

Capacité prévisible :

$$Q_{2037}=0.12 \cdot T_{eff(2037)}$$

$$Q_{2037} = 0.12 \times 54091 = d$$

$$Q_{2037} = 6491 \text{ uvp/h}$$

Capacité admissible :

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

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 5400$$

$$Q_{adm} = 4050 \text{ uvp/h}$$

Nombre de voie :

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

$$N = \frac{2 \cdot 6491}{3 \cdot 4050}$$

$$N = 1.06 \text{ voie/sens}$$

Donc route express à **2×2 voies**.

Conclusion :

La capacité théorique de notre projet est de $C_{th} = 8654 \text{ uvp/h}$.

D'après le B40 On opte pour une route :

- Expresse (autoroute de 2×2 voie).
- largeur utile de voies de 3,5 m.
- 2 accotements de 2.5 m.
- Terre plein central (TPC) de 2m.
- Largeur total de la route 21m.

III.1. Introduction :

Afin d'assurer à une infrastructure routière un bon fonctionnement on doit dimensionner sa chaussée en prenant soin de toutes les données géotechniques ainsi que toutes les charges à lesquelles elle sera soumise durant toute sa durée de vie. Ce dimensionnement consiste à déterminer l'épaisseur des couches qui la constituent dans le but d'assurer la transmission des surcharges au terrain naturel et la résistance de la chaussée aux diverses agressions externes (action des essieux et des véhicules lourds, effets des intempéries.....).

III.2. Définition :

La chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges. Généralement une chaussée est constituée en ordre par trois couches et on distingue deux types de chaussées :

III.3. Types de chaussées :**III.3.1- chaussée rigide :**

Une chaussée rigide se compose d'une dalle en béton de ciment fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée.

III.3.2-chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

-Les sols et matériaux pierreux ont une granulométrie étalée ou serrée.

-Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

Les chaussées souples se composent de quatre couches :

➤ **Couche de surface :**

C'est la couche superficielle de la chaussée et qui est en contact direct avec les pneumatiques, elle a pour rôle :

- La résistance aux efforts des charges dynamiques et la transmission des charges verticales à la base.
- L'imperméabilisation de la surface de la chaussée.

Elle comporte deux parties : une couche de roulement et une couche de liaison.

➤ **Couche de base :**

Elle a pour rôle de résister aux efforts verticaux et de répartir sur la couche de fondation les pressions qui en résultent. Elle est constituée d'un matériau traité ou non traité de bonne caractéristique mécanique.

➤ **Couche de fondation :**

La couche de fondation constitue avec la couche de base le corps de la chaussée. Son rôle est le même que la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et de coût.

➤ **Couche de forme :**

Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme qui sont pour :

- **Un sol rocheux** : Joue un rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- **Un sol peu portant** : (argileux à teneur en eau élevée), elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantiers de circuler dans de bonnes conditions.

III.4. Méthodes de dimensionnement des chaussées :

Pour la réalisation des chaussées il faut définir les matériaux à utiliser et faire le calcul de l'épaisseur de chaque couche. Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement mais toutes s'appuient sur trois paramètres fondamentaux :

- Le trafic.
- La portance du sol.
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

Pour notre projet nous utilisons :

- ✓ Méthode C.B.R et C.B.R amélioré (méthodes empiriques)
- ✓ Méthode du catalogue des structures (méthode rationnelle)

III.4.1- Méthode C.B.R (californien-bearing-ratio) :

C'est une méthode empirique, elle se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant les éprouvettes de (90% à 100%) de l'optimum Proctor Modifié. Les abaques qui donnent l'épaisseur « e » des chaussées en fonction des pneus et du nombre de répétitions des charges, tout en tenant compte de l'influence du trafic.

L'épaisseur de la chaussée, obtenue par la formule CBR améliorée correspond à un matériau bien défini (grave propre bien gradué). Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égal à 1. Et pour les qualités différentes, il faudra utiliser le coefficient (a_i) ; tel que :

$$e = \sum a_i \times e_i$$

a_i : Coefficient d'équivalence de chaque un des matériaux à utiliser.

e_i : épaisseur de la couche.

e : épaisseur de la chaussée.

Les coefficients d'équivalence de chaque matériau sont mentionnés dans le tableau suivant :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton Bitumineux	2,00
Grave-Ciment, Grave-Laitier	1,5
Grave concassée	1,00
Grave sableuse(TVO)	0,75
Sable	0,50
Grave Bitume	1,60 à 1,70
Tuf	0,60
Sable-Ciment	1,20
Sable-Laitier	1,3

Tableau III.1 : coefficients d'équivalence des matériaux

III.4.2-Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur de routes, un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu, caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques : (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux)

- Matériaux : traité au bitume (Grave Bitume, Béton Bitumineux), grave non traité.
- Trafic : classé selon le nombre de PL/j/Sens à l'année de mise en service.
- Portance de sol support (S_i) : selon l'indice CBR (voir tableau).
- Climat : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi aride, aride).

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

La classe du trafic est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.ces classes du trafic sont dans le tableau suivant :

Trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₁	T < 7,3 × 10 ⁵
T ₂	3,7 × 10 ⁵ < T < 2 × 10 ⁶
T ₃	2 × 10 ⁶ < T < 7,3 × 10 ⁶
T ₄	7,3 × 10 ⁶ < T < 4 × 10 ⁷
T ₅	T > 4 × 10 ⁷

Tableau III.2 : classement du trafic suivant le catalogue

On commence par la détermination du trafic poids lourds cumulé sur 20 ans et définir à partir du tableau ci-dessus la classe de trafic correspondant. Le trafic cumulé (T_c) est donné par la formule ci-après :

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

- T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service.
- n : durée de vie (n= 20ans).
- τ : taux de croissance de trafic.

➤ **Détermination de la classe de sol :**

Le sol doit être classé suivant la valeur de CBR du sol support. Les différentes catégories de sol sont données dans le tableau suivant :

Portance	CBR
S ₄	< 5
S ₃	5 à 10
S ₂	10 à 25
S ₁	25 à 40
S ₀	> 40

Tableau III.3 : classe de sol.

III.5. Méthode de l'asphalte in situ :

Elle prend en considération le trafic composite par échelle de facteurs d'équivalence et utilise un indice de structure qui est déterminé à partir de l'abaque de l'asphalte in situ.

III.6. Application au projet :

✓ **Choix de la méthode de dimensionnement :**

La méthode la plus répandue en Algérie c'est la méthode CBR et catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, Malgré que les autres méthodes ont comme point commun : le trafic circulant et le sol sur lequel la chaussée va être construite.

✓ **Méthode du catalogue du dimensionnement :**

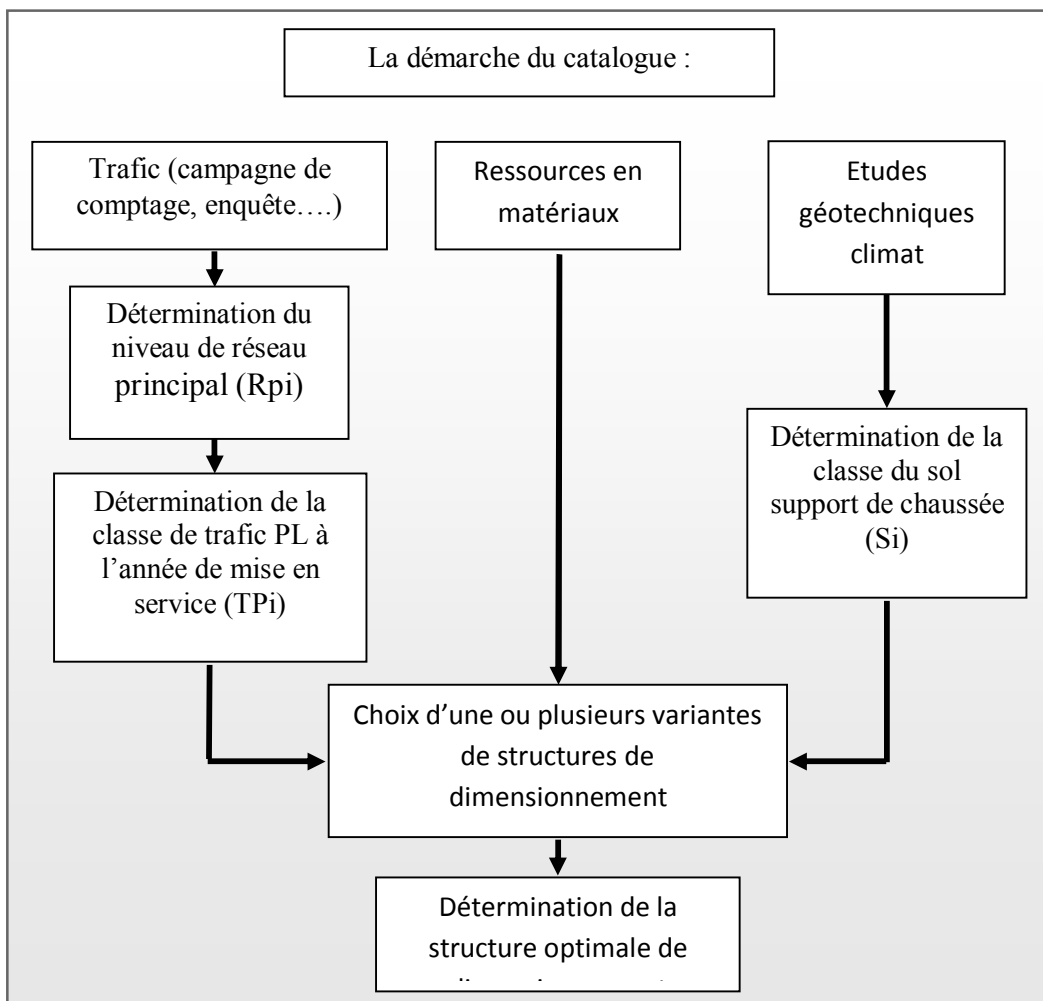


Figure III.1 : Organigramme de la méthode.

✓ **Donnée de l'étude :**

- Année de comptage : 2010
- $TJMA_{2010} = 14000$ v/j.
- Année de mise en service : 2017. $TJMA_{2017} = 18423$ v/j.
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux d'accroissement : $\tau = 4\%$.
- Pourcentage du poids lourds : $Z = 17\%$.

a) Détermination du type de réseaux principaux :

On a la classification des réseaux principaux suivante :

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

Tableau III.4 : *type de réseau principal*

$TJMA_{2017} = 18423$ v/j.

Donc d'après le tableau notre réseau est du type : RP_1 .

b) Répartition transversale du trafic :

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

- ✓ le trafic qui transite dans une seule direction est :

$$TJMA_{2017} = (18423 \text{ v/j} \div 2) = 9211 \text{ v/j/sens.}$$

$$TJMA_{2017} = 9211 \text{ v/j/sens}$$

✓ le nombre de poids lourd par sens :

$$Z= 17\%.$$

$$TJMA_{2017}= 9211 \times 0,17 = 1566 \text{ pl. /j.}$$

✓ chaussée unidirectionnelle de 2 voies :

Sachant que 80% du trafic poids lourds roule sur la voie de droite, on aura :

$$TJMA_{2017} = 1566 \times 0,8 = 1253 \text{ (pl./j/sens)}$$

c) Détermination de la classe de trafic (TPL_i) :

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

Classe (TPL_i) pour RP₁ :

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

Tableau III.5 : classe du trafic RP₁

TPL= 1253 (PL/J/SENS) donc la classe est TPL₅

d) Calcul du trafic cumulé de poids lourds TC_i :

La formule qui nous donne le trafic cumulé :

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

$$TC_{2037} = 1253 \times [(1+0,04)^{20} - 1/0,04] \times 365 = 1,04 \times 10^7 \text{ pl./j/sens.}$$

$$TC_{2037} = 1,04 \times 10^7 \text{ pl./j/sens.}$$

e) Calcul du trafic cumulé équivalent :

En Algérie l’essieu de référence standard est l’essieu isolé à roues jumelée de 13 tonnes

Niveau de Réseau Principal RP _i	Type de matériaux et structures	Valeur de A
RP _i	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/GC.	0,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCG/GC	1

Tableau III.6 : valeur des coefficients d’agressivité.

On a: A=0, 6

$$TCE_{2037} = TC_{2037} \times A = 1,04 \cdot 10^7 \times 0,6 = 6,25 \cdot 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

$$TCE_{2037} = 6,25 \times 10^6 \text{ PL/J/SENS.}$$

c) Détermination de la Portance de sol-support de chaussée:

Faute de données géotechniques, nous avons pris une valeur de l’indice CBR de 5, ce qui donne un sol de classe S₃ :

Le module de déformation à la plaque est donné par la formule suivante :

$$E_{v2}(\text{MPa}) = 5 \times \text{CBR}$$

Classe de Portance de sol support pour le dimensionnement :

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

Classe du Sol-support	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
Module(MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau III.7 : classes de portance de sol-support

$E(\text{MPa})=5 \times 5=25\text{MPa} \longrightarrow$ La classe de portance de sol support est S₃

g) Sur classement des sols supports de chaussées :

Le cas de sols de faible portance (< S₄ et S₃ en RP₁) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptable.

La couche de forme va jouer le rôle de plateforme pour que les couches suivantes soient résistantes et permet un sur classement de sol support donc une amélioration de la portance du sol terrassé :

- Elle doit être drainante pour que l’eau ne reste pas sur les couches supérieures.
- Elle est réalisée à une cote hors-gel pour ne pas subir des déformations lors des périodes de froid.
- Elle est constituée d’éléments de faible granulométrie pour éviter le poinçonnement de la couche de roulement.

Portance du sol	Matériaux de CF	Epaisseur de CF	Portance visée
< S ₄	Non traité	50cm(en 2 couches)	S ₃
S ₄	Non traité	35 cm	S ₃
S ₄	Non traité	60 cm (en 2couches)	S ₂
S ₃	Non traité	40 cm (en 2 couches)	S ₂
S ₃	Non traité	70 cm (en 2 couches)	S ₁

Tableau III.8 : Choix de la couche de forme

Matériaux non traité : c'est les graves naturelle propre (TVO, TVC, TUF), et les matériaux locaux.

h) Choix de différentes couches constituant la chaussée :

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, on optera pour les matériaux suivants :

- couche de roulement : Béton Bitumineux (**BB**).
- Couche de base : Grave Bitume (**GB**).
- Couche de fondation : Grave Bitume (**GB**).

i) Détermination de la zone climatique :

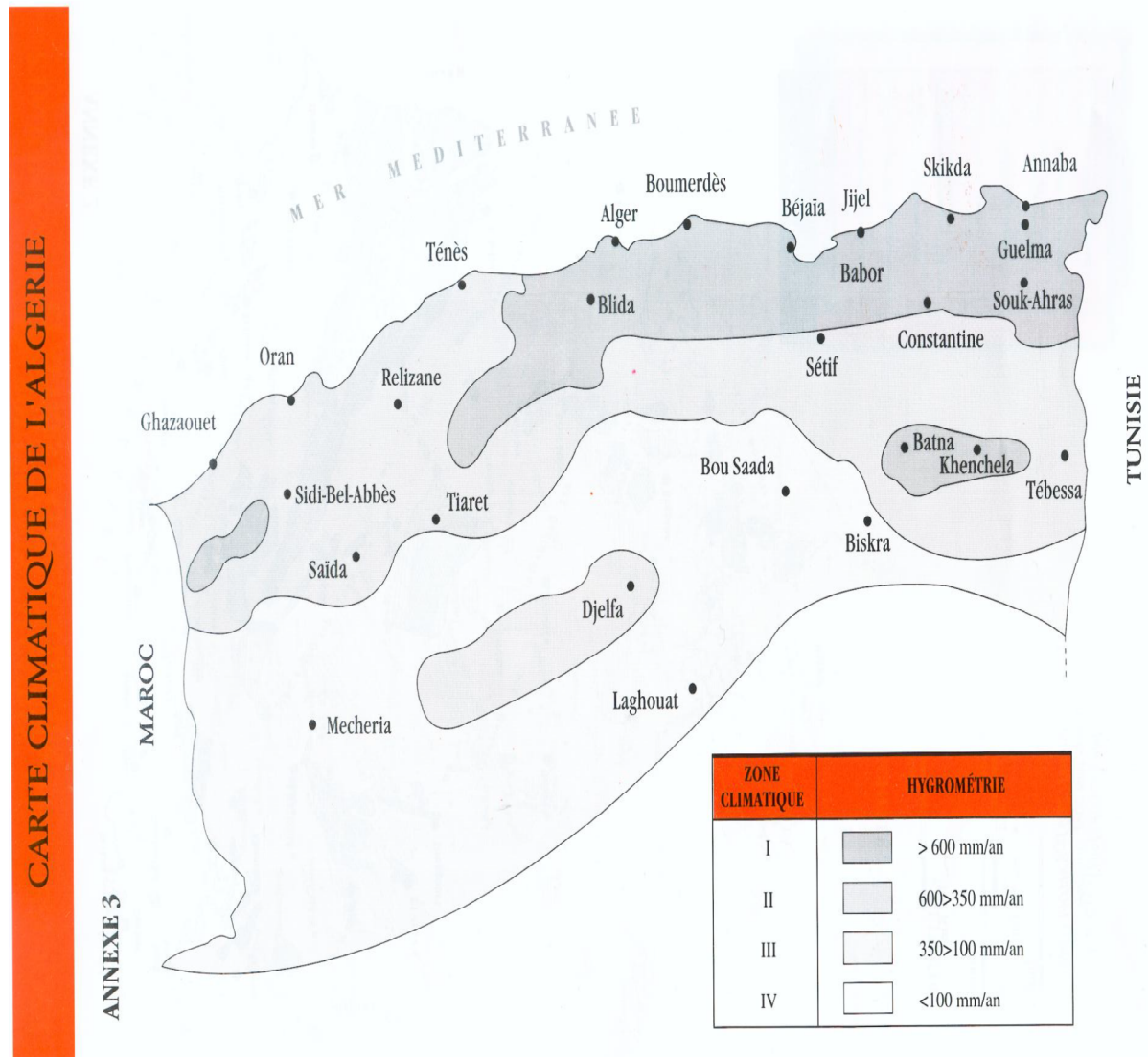


Figure 2 : Détermination de la zone climatique (fascicule1 : dimensionnement des chaussée neuves).

D’après la carte de la zone climatique de l’Algérie : notre projet est dans la zone I (>600mm/an) très humide.

j) Choix de dimensionnement :

Notre projet a pour caractéristiques :

Réseau principal(RP₁) ; Zone climatique I. Durée de vie : 20 ans.

Taux d’accroissement 4%. Portance du sol support visée S₂, et classe de trafic(TPL5)

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule3) propose la structure suivante :

- ✓ Couche de roulement en Béton Bitumineux : BB= 8cm.
- ✓ Couche de Base en Grave Bitume : GB= 14cm.
- ✓ Couche de fondation en Grave Bitume : GB= 15cm.

Avec une couche de forme en Grave Non Traité : GNT= 40 cm (en deux couches) [fascicule 1].

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

1).Déformation admissible sur le sol support ($\epsilon_{z,adm}$) :

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

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (6,25 \times 10^6)^{-0.235} = 5,56 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 556,4 \times 10^{-6}$$

2).Calcul de la déformation admissible de traction ($\epsilon_{t,adm}$) à la base des couches bitumineux :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^0 C ,25 HZ) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Avec :

$\epsilon_6 (10^0 C ,25HZ)$: déformation limite obtenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10^0C et 25 HZ (essai de fatigue)

Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

K θ : facteur lie à la température.

Kr : facteur lié au risque et aux dispersions.

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

$$\epsilon_6 (10^0 C ,25 HZ) = 100 \times 10^{-6} \text{ déformation sous la grave bitume.}$$

$$K_{ne} = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$$

$$K_{ne} = \left(\frac{6,25 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0,765.$$

$$K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}c)}{E(\theta_{eq})}}$$

$$K_{\theta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.34$$

Avec :

$E(10^{\circ}c) = 12500\text{Mpa}$ pour la GB, et θ_{eq} pour la zone climatique I = 20°

$$K_r = 10^{-tb\delta}$$

δ : f(dispersion)

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

Avec :

SN : dispersion sur la loi de fatigue

Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

C : coefficient égale à 0.02

T : fractile de la loi normale qui est fonction du risque adopté (r%)

Du catalogue des structures des chaussées neuves on tire les valeurs suivantes :

Matériaux	E(30°c 10Hz)Mpa	E(25%, 10Hz Mpa	E(20°C, 10Hz Mpa	E(10°C 10Hz) Mpa	$\epsilon_6(10^{\circ}C,$ 10Hz) 10^6	$\frac{-1}{b}$	S_N	S_h (cm)	v	K_C calage
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3

Tableau 9: Performance mécanique des matériaux bitumineux

	Zone climatique		
Température équivalentes	I et II	III	IV
	20	25	30

Tableau 10: Choix des températures équivalentes

r %	2	3	5	7	10	12	15
T	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	1.036
r %	20	23	25	30	35	40	50
T	-0.842	-0.739	-0.674	-0.524	-0.385	-0.253	0

Tableau 11 : Valeur de $t=f(r\%)$

$$\delta = \sqrt{0,45^2 + \left(\frac{0,02}{-0,146} 3\right)^2} = 0,609$$

$$K_r = 10^{1,282 \times -0,146 \times 0,609} = 0,769$$

Pour le réseau RP1 et la classe de trafic TPL₅ réalisée en GB/GNT, le risque est de 10%

$$T = -1,282$$

K_c = 1,3 calage pour la GB

D'où :

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 (10^{\circ}C, 25 \text{ HZ}) \cdot \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C)}{E(\theta_{eq})}} \cdot 10^{-tb\delta} \cdot K_c$$

Avec :

TCE i : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée

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

E (10°C) : module complexe du matériau bitumineux à 10°

E (θ_{eq}) : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considéré.

$$\epsilon_{t,adm} = 102,5 \times 10^{-6}$$

Les résultats obtenus avec le logiciel ALIZE III :

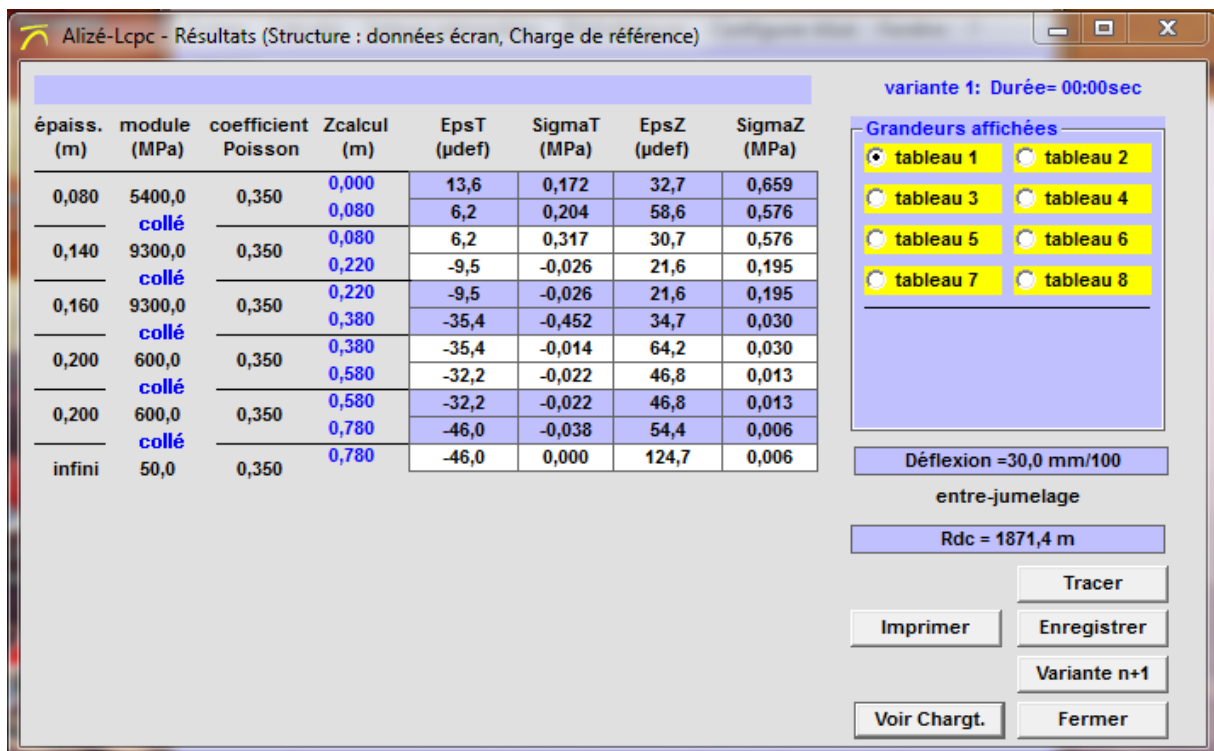


Figure 3 : Vérification avec le logiciel ALIZE III.

Conclusion 1 :

Nous remarquons que les deux conditions ($\epsilon_t < \epsilon_{t, adm}$ et $\epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$) sont vérifiées, ce qui signifie que notre dimensionnement est juste, et ce dernier permettra l'évitement aux lignes d'influence des charges engendrées par le passage des poids lourds d'atteindre le sol support, et donc sa non déformation.

•Méthode CBR :

Donnée de l'étude :

•Année de comptage : 2010 → $TJMA_{2010}=14000v/j$

•Année de mise en service : 2017 → $TJMA_{2017}=18423v/j$

•Durée de vie : 20ans.

- Taux d'accroissement : 4%.
- Pourcentage de poids lourds : Z=17%.

Avant le dimensionnement il faut faire le sur classement de notre sol pour améliorer sa portance.

On a $I_{CBR}=5$ ce sol est de classe S_3 , pour passer au sol de bonne portance (S_2) on ajoute une couche de forme de 40 cm du TVO(tout venant de oide).

Alors on suppose que la nouvelle portance est de $I_{CBR}= 10$.

$$TJMA_{2037}= 40367 \text{ v/j.}$$

$$PL= 17\%.$$

$$N (PL)= 0,17 \times 40367=6862 \text{ PL/j/sens.}$$

Calcul de e_{eq} :

$$e_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6,5}) \left(75 + 50 \log \frac{6862}{10} \right)}{5 + 10} = 43,5 \text{ cm}$$

Avec :

$$e_{eq} = a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + a_3 \cdot e_3$$

On propose : $e_1 = 6\text{cm}$ en Béton Bitumineux BB

$$e_2 = 12\text{cm}$$
 en Grave Bitume GB

Et on calcule e_3 : couche en Grave Non Traité GC

$$e_3 = [43 - (2.6 + 1,5.12)] \div 1 = 13 \text{ cm.}$$

L'épaisseur e réelle = 30 cm.

Conclusion 2 :

Ces deux méthodes sont les plus utilisées en Algérie.

Introduction :

Le logiciel Piste est développé par la DTITM Direction Technique d'Infrastructure de Transport et Matériaux cette direction est l'ex SETRA (service d'étude sur les transports, les routes et leurs aménagements). Le logiciel est l'un des plus utilisés dans la conception des ouvrages linéaires en particulier les Routes.

Il est basé sur la méthode Française de conception géométrique des routes à partir des éléments connus :

- ✓ Axe en plan.
- ✓ Profil en long.
- ✓ Profil en travers.

Ce logiciel prend en considération les normes géométriques de conception routière telles que :

- Aménagement des routes principales ou ARP.
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapide urbaine ICTAVRU.
- Instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison ICTAAL.

➤ Présentation du logiciel piste 5 :

Interface utilisateur : L'évolution de piste5 a donnée une interface plus souple et plus fiable à l'utilisateur. Piste5 travaille sous Windows et son interface est organisée autour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions.

➤ Architecture de logiciel :

Un projet piste5 est constitué par un fichier principal appelé fichier piste peut être lancé de plusieurs manières :

- A partir du raccourci sur le bureau avec double cliques.
- En exécutant le programme piste5 de menu démarrage.
- De doubles cliques sur le nom d'un fichier : conception plane (.dap),

Conception longitudinal (.dpl), fichier créer (.seg), et profil type (.typ).

Le schéma suivant résume l'interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste5 :

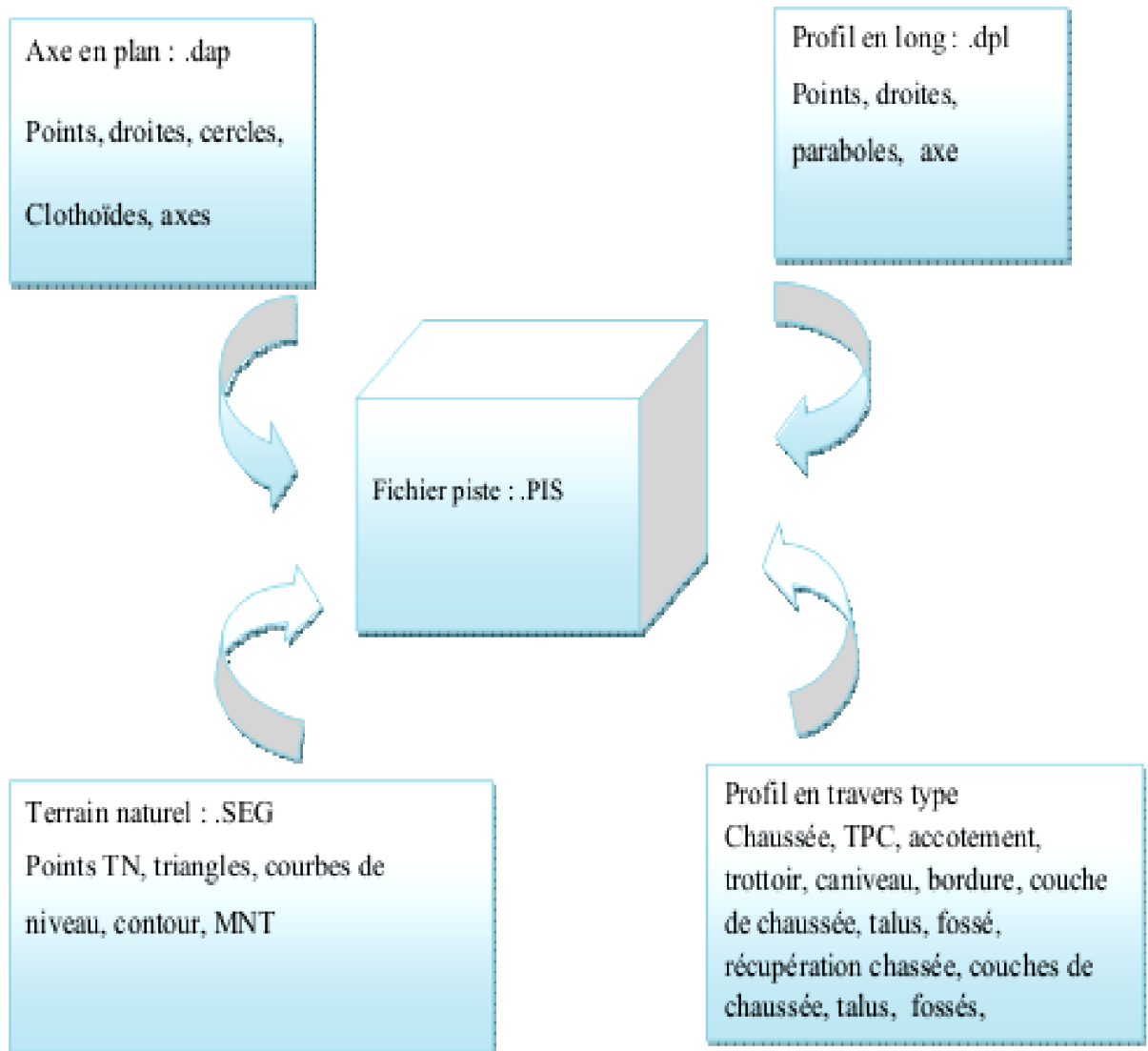


Figure IV.1 : interaction entre les fichiers principaux du logiciel.

IV.1 AXE EN PLAN :**Définition :**

Le tracé en plan est la projection de la route sur un plan horizontal. Il est constitué par une succession d'alignement droit et l'arc de cercle reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif ; dite des arcs de clothoïde.

1- Les éléments du tracé en plan :**1.1. Alignement droit :**

La droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont déconseillés.

Une longueur maximale L_{MAX} est prise égale à la distance parcourue pendant soixante secondes (60s).

$$L_{MAX} = T \cdot V_B \quad T = 60 \text{sec.} \quad V_B = 100 \text{ km/h.}$$

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

V_B : vitesse de base en km/h.

Quant à la longueur minimale elle ne doit pas être inférieure à la distance parcourue avec la vitesse de base durant un temps d'adaptation qui est égale à 5secondes.

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

1.2. Application au projet :

$$L_{MAX} = 60 \times 100 \div 3,6 = 1666,6 \text{m.}$$

$$L_{MIN} = 5 \times 100 \div 3,6 = 138,8 \text{m.}$$

1.3. Arc de cercle :

Ils servent en association avec des arcs de clothoïde à relier deux alignements droits.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

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

1.4. Stabilité en courbe :

Le véhicule dans un virage subit une force dite force de centrifuge qui aurait dus à la déstabiliser, afin de réduire cette force on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

1.5. Rayon horizontal minimal absolu :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal comme suit :

$$RH \min = \frac{VB^2}{127.(ft+dmax)}$$

f_t : coefficient de frottement transversal.

d_{max} : devers maximal

V_B (km/h)	40	60	80	100	120
f_t	0,20-0,22	0,16-0,18	0,13-0,15	0,11-0,125	0,10-0,11

Tableau IV.1 : valeur de f_t selon la vitesse du projet

1.6. Rayon minimal normal :

Le rayon minimal normal sert de sécurité aux véhicules roulant à une vitesse qui dépasse V_B de 20 km/h.

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

1.7. Rayon au dévers minimal :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Le dévers associé $d_{min} = 2,5\%$ en catégorie 1. 2 et 3% en catégorie 3 et 4.

$$RHd = \frac{vr^2}{127X2Xdmin}$$

1.8. Rayon minimal non déversé :

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

$$RH_{Nd} = \frac{vr^2}{127xf'-dmin}$$

$f'=0.06$ \longrightarrow catégorie 1-2

$f'=0.07$ \longrightarrow catégorie 3

$f'=0.075$ \longrightarrow catégorie 4-5

a) visibilité en courbe :

Pour assurer une bonne visibilité en courbe, on opte pour l'augmentation de rayon de virage et cela pour but d'éliminer tous les obstacles.

b) Sur largeur :

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

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

$$S = L^2 / 2R$$

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

R : rayon de l'axe de la route.

Et le tableau suivant montre les et les sur largeurs des axes en plan :

Rayon (m)	Sur largeur(m)
0	0
0	0
80	0.70
40	1.25
43	1.20
41	1.22
60	0.84
36	1.40
35	1.43
33	1.52

Tableau IV. 2 : rayons et sur-largeurs

2. Courbes de raccordement :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressifs qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et cela pour assurer:

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

2.1. Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- Parabole cubique : est définie par l'équation suivante : $y = c.x^3$, elle est utilisée en raison de sa courbure vite atteinte (utilisée surtout dans le tracé de chemin de fer).
- Lemniscate : est définie par l'équation : $K.F = (1/R)$, sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur F .
- Clothoïde : est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul, la courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

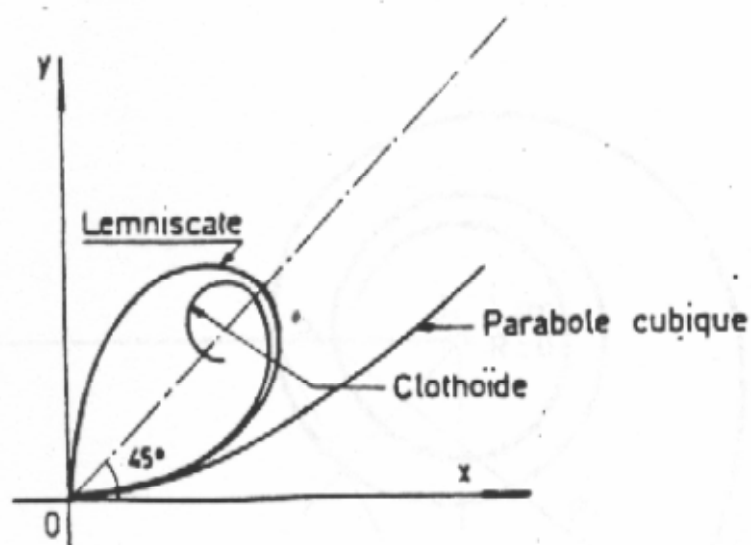


Figure IV.2: 3 types de courbe de raccordement.

2.3. Choix de la courbe de raccordement :

Entre les trois courbes citées auparavant la courbe de raccordement qu'on a choisi pour notre tracé est la clothoïde, car théoriquement c'est l'idéale et la plus utilisée, et aussi parce qu'elle présente 3 propriétés remarquables qui sont :

- ✓ Variation constante de la courbure qui correspond au conducteur à une rotation constante.
- ✓ Elle maintient constante la variation de l'accélération, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.
- ✓ Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne.

Éléments de la clothoïde :

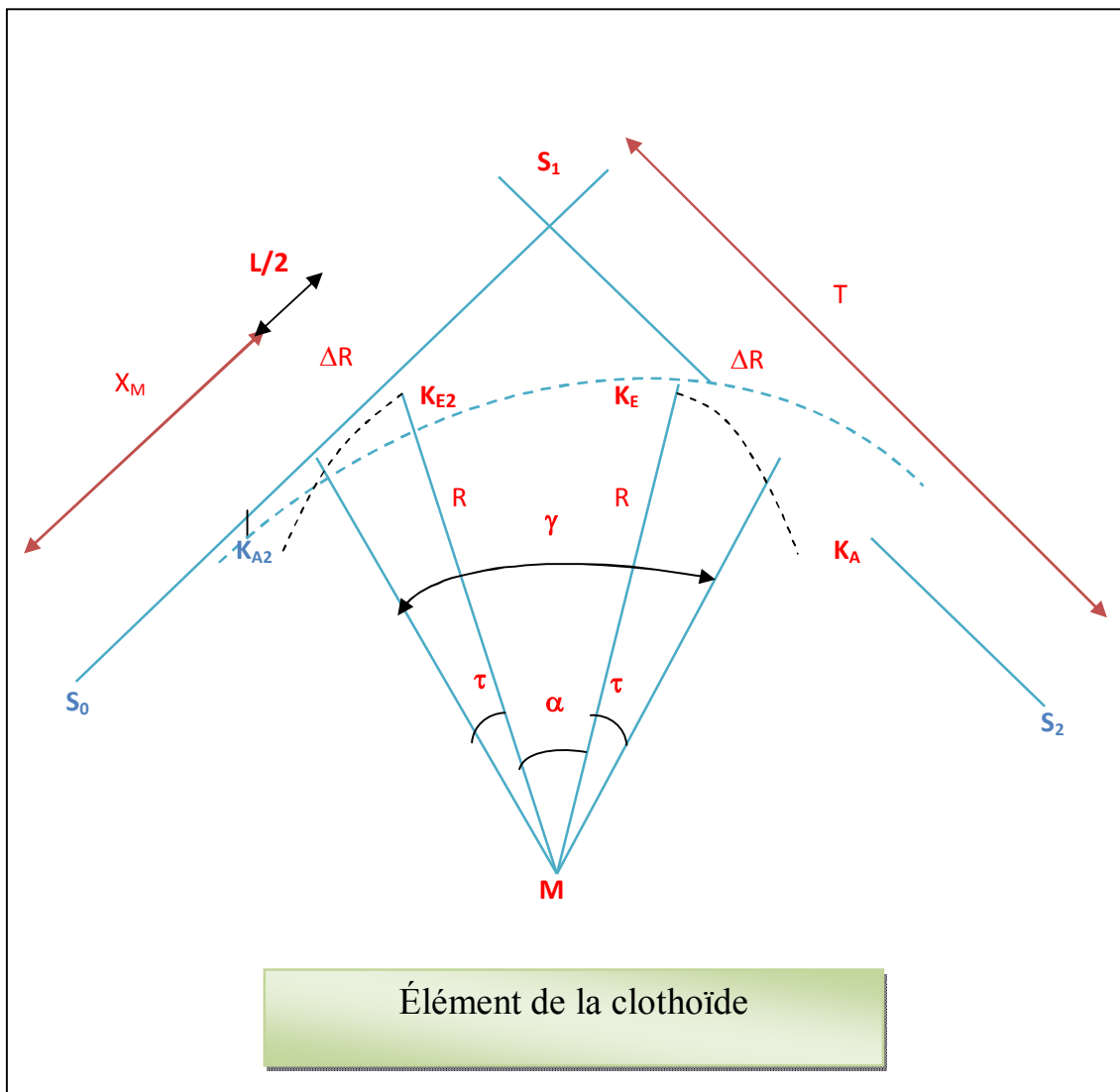


Figure IV.3: éléments de la clothoïde.

γ : Angle entre alignement
 S_L : La corde à la clothoïde
 T : Grande tangente
 σ : L'angle polaire
 ΔR : Ripage
 L : longueur de clothoïde
 X_M : Abscisse du centre de cercle
 K_A : début de clothoïde
 R : Rayon de virage
 K_E : Fin de clothoïde
 τ : Angle de tangente

L'expression de la clothoïde est définie comme suit : $A^2 = L.R$

Le choix du paramètre A de la clothoïde doit respecter les trois conditions, qui nous permet de fixer la longueur minimale de raccordement qui sont :

a) Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3°.

$$A_{\min} = R/3 \quad R/3 < A < R$$

b) Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, elle est imposée à une variation limitée.

D'où :

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} \left[\frac{V_r^2}{127.R} - \Delta d \right]$$

Tel que :

V_r : vitesse de référence (km/h).

R : rayon (m).

ΔR : variation des dévers (%).

c) Condition de gauchissement :

Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

$$L \geq I. \Delta d. V_r$$

I : largeur de la chaussée.

L : longueur de la chaussée.

Δd : variation des dévers.

2.4. Calcul de la clothoïde :**Règles générales de B40 :**

- Pour tout rayon $\leq 1500\text{m}$:

Le ripage $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0,5m pour les rayon $< 192\text{m}$) et $L = \sqrt{24R \cdot \Delta R}$

- Pour $1500 < R < 5000\text{m}$: $L = R/9$ ($\tau = 3^\circ$)

- Pour $R > 5000\text{m}$ ΔR Limité à 2,50 m soit $L = 7,75\sqrt{R}$

Application au projet :

$V_r = 100 \text{ km/h}$.

$R = 100\text{m}$

$L = 34,6\text{m}$

3. Application au projet des rayons du tracé en plan :

Notre projet est classé dans la catégorie 2 (C2), situé dans un environnement 1 (E1) avec une vitesse de base de **100 km/h**.

Donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

paramètres	symboles	Valeurs(m)
Vitesse de base (km/h)	V_B	100
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	425(7%)
Rayon horizontal normal (m)	RHN (4%)	665(4%)
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	900(2.5%)
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1300(-2.5%)

Tableau IV3: rayons du tracé en plan

4. Pratique avec le logiciel PISTE 5 :

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel piste. A travers ce paragraphe nous expliquerons le fonctionnement du logiciel piste5.

1- Construction du terrain :

Pour représenter le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaines opérations :

Copier toutes les coordonnées x,y,z de l'Excel \implies tous les programmes \implies
 Accessories: Word pad \implies Edition \implies Collage special \implies
 Texte non formaté \implies Ok.
 Enregistrer sous \implies forma type : MS DOS \implies Nom : levé .xyz
 Piste \implies Fichier \implies Nouveau \implies Fond de plan TPL (seg) \implies Ok.
 Enregistrer \implies Nom : ... \implies Ok \implies Ok.
 Fichier \implies lire (levé.xyz).

On obtient alors le nuage de point suivant :

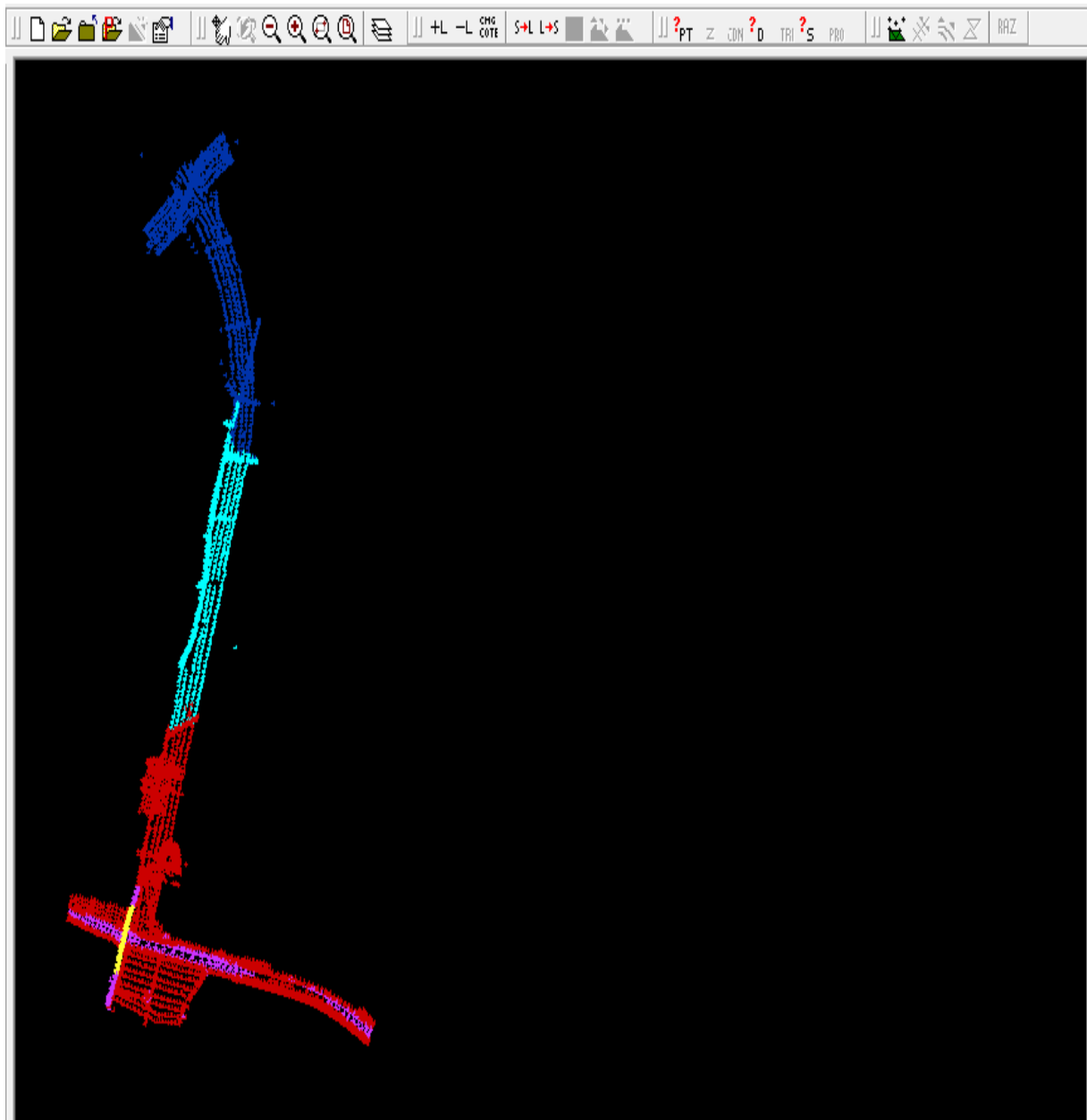


Figure IV.4: Nuage de point

Nota :

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

Fond de plan \implies Ouvrir (votre fichier.Seg).

Fond de plan TP \implies Calcul \implies Trianguler.

Calcul \implies Courbe (choisir valeur de Par (ex : 2m) \implies Ok.

Calcul \implies 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).

Calcul \implies haut bas.

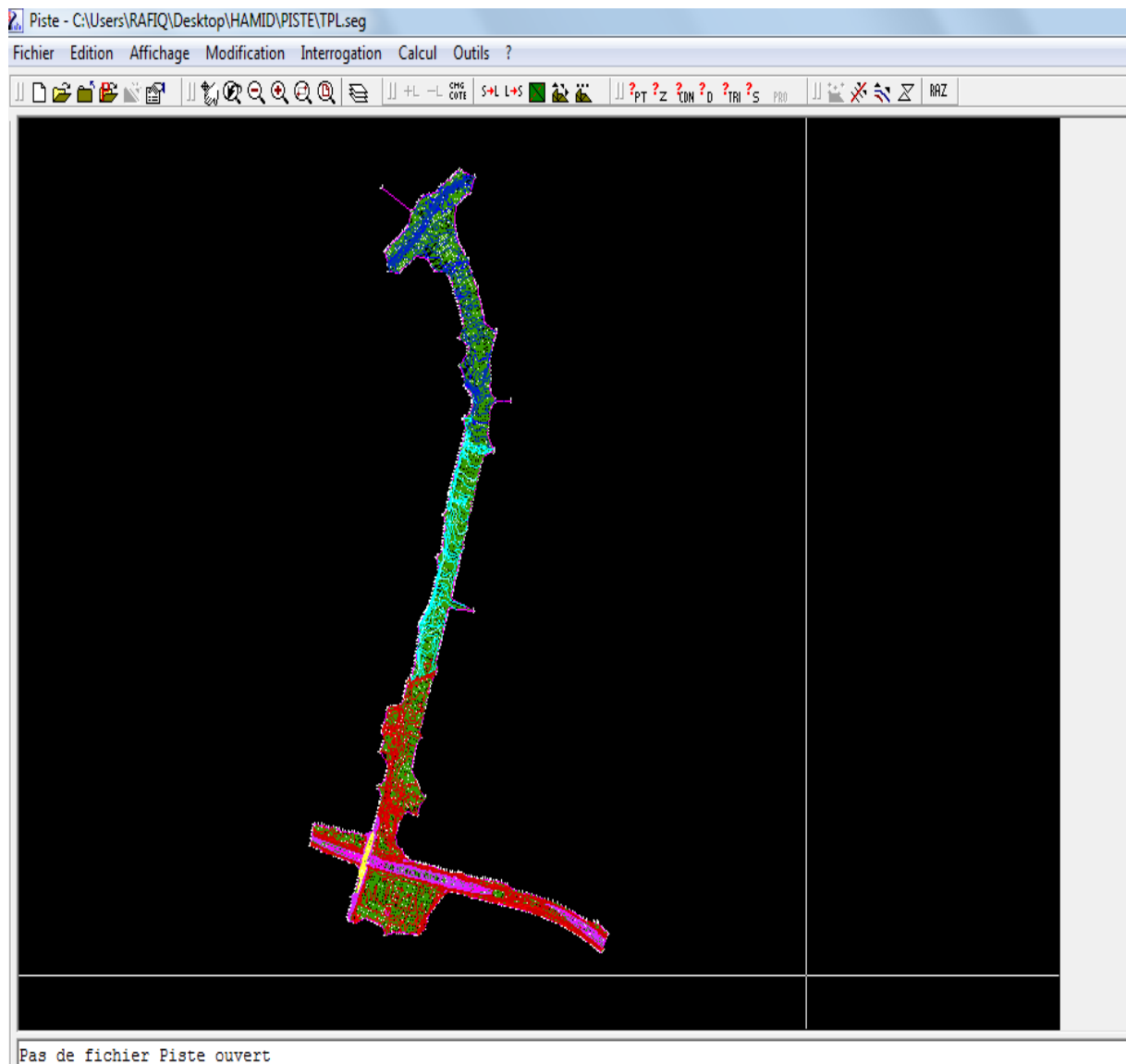


Figure IV.5: Triangulation et calcul de courbes de niveau

2- Construction des éléments de l'axe :

Fichier \Rightarrow Nouveau \Rightarrow Conception plane (dap) \Rightarrow (créer un fichier.DAP) \Rightarrow Ouvrir le Fond de plan.

Dessiner l'axe en plan (par ordre) :

❖ **Les points :**

Point \Rightarrow nom d'élément \Rightarrow POI P1 \Rightarrow Saisir POI P1 \Rightarrow exécuté ou graphiquement, ou point terrain

❖ **Les droites :**

Droite \Rightarrow nom d'élément \Rightarrow D1 P1 P2 (entre 2 points).

❖ **Les liaisons :**

Distance \Rightarrow nom d'élément (A1)

Distance \Rightarrow nom d'élément (R1)

Liaison \Rightarrow nom d'élément (L1) \Rightarrow Droite (entre deux droites) \Rightarrow

Paramètre : Distance (A1) \Rightarrow Distance (R1) \Rightarrow exécuté.

Nota :

On refait ces procédures pour les autres paramètres (A2, R2, L2,...).

3- Construction de l'axe :

Axe \Rightarrow Nom d'élément : AXE 1 point (Sélectionner avec la souris le point P1).

Fin automatique \Rightarrow exécuté (Echappe).

Remarque :

AXE 1 Et Fin automatique \Rightarrow exécuté. (Echappe).

Calcul \Rightarrow Zone \Rightarrow Axe \Rightarrow Saisir une valeur (par exemple chaque 10 mètres, nous saisissons : Axe 1 0.00 10 \Rightarrow exécuter.

Un clic sur **F2** nous permet de voir les résultats en mode texte. Les résultats ainsi obtenus sont joints en annexe.

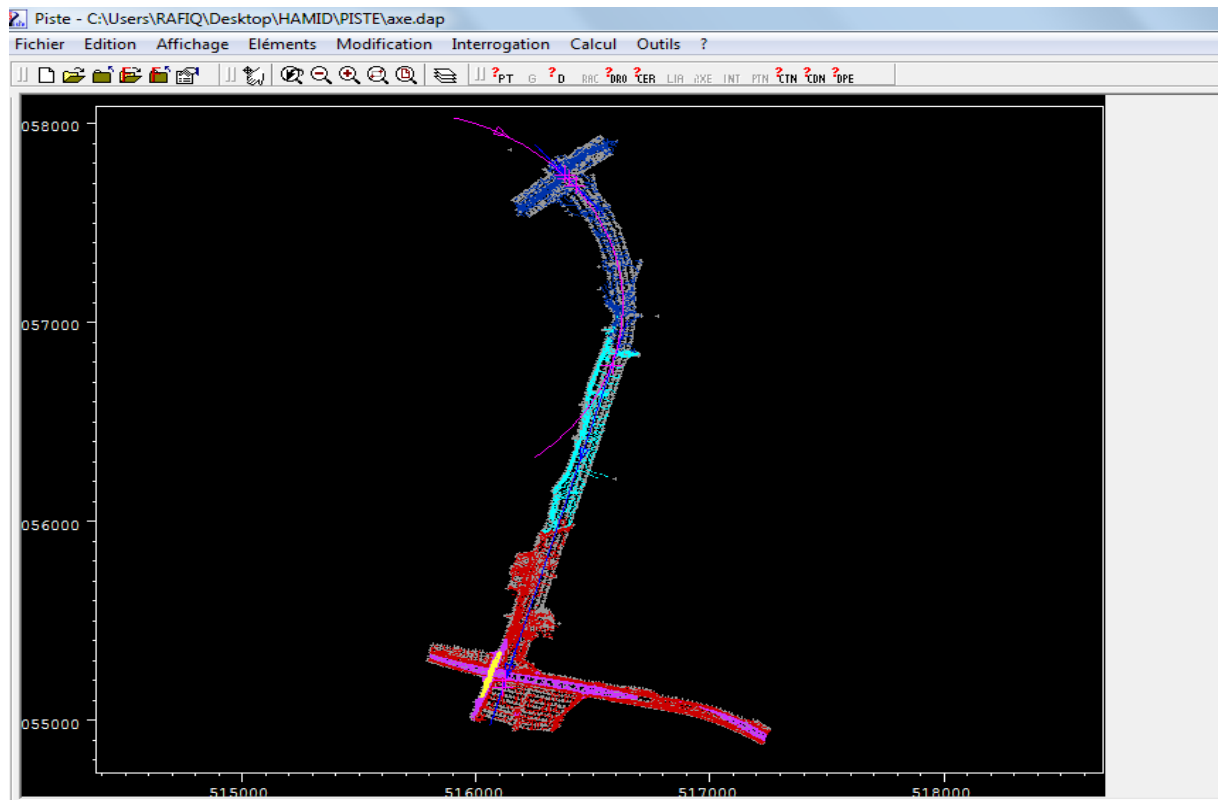


Figure IV.6: AXE en plan.

IV.2 PROFIL EN LONG :

1. Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. C'est en général une succession d'alignement droit (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Dans un profil en long on définit les éléments de base suivants :

- ✓ L'altitude du terrain.
- ✓ L'altitude du projet.
- ✓ La distance partielle et cumulée.
- ✓ La déclivité du projet.

2.1. Condition à respecter dans le tracé de la ligne rouge :

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Pour cela on doit :

- ✓ Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et déblai.
- ✓ Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- ✓ De maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- ✓ Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.
- ✓ Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- ✓ Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long.
- ✓ Opter pour une déclivité minimale de 1% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

2.2. Eléments constitutifs de la ligne rouge :

a) Déclivité :

La déclivité d'une ligne rouge est la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom rampe pour les montée.

b) Déclivité minimale :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits (palier) sont à éviter si c'est possible, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par les fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. – déclivité min : $i_{\min} = 0,5\%$, de préférence 1%.

c) Déclivité maximale :

Du point de vue technique, la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de l'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les poids lourds qui sont déterminants, car la plupart des PL ont une grande réserve de puissance.

2.3. Coordination du tracé en plan et du profil en long:

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incite à :

- 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 :

$$V_{\text{vertical}} > 6 H_{\text{horizontal}} \text{ pour éviter un défaut d'inflexion.}$$

- 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 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses

-

2.4. Raccordement en profil en long :

Le changement de déclivité constituent des points particulier dans le profil en long, ce changement est assurer par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.

Il y a deux types de raccords :

2.4.1. Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité et de visibilité. En fonction des caractéristiques du tracé en plan, on s'attachera à garantir la visibilité sur obstacle ou pour dépassement.

La conception des raccords convexes doit satisfaire les conditions suivantes :

2.4.1.1. Condition de confort :

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

2.4.1.2. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition confort.

Il faut que deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_V \geq \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})} \approx 0,27 d_1^2$$

d_1 : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

- dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » :

$h_0 = 1,1$ m, $h_1 = 0,15$ m.

On trouve : $R_V = 0,24 (d_1)^2$

2.4.2. Raccordement concave (angle rentrant) :

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement. La présence d'un passage supérieur au droit d'un angle rentrant mérite un examen particulier.

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

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1,5 + 0,035 d_1)}$$

À condition esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'utilisateur 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 déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale est ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ (dans le cas des échangeurs).

$$R_{v\min} = \frac{50}{\Delta d \%}$$

Avec :

Δd : Changement de dévers (%).

$R_{v\min}$: rayon vertical minimum (m).

2.5. Application au projet :

❖ Angle saillant :

Pour une vitesse de base de 100 km/h et une catégorie C₁ on a le tableau suivant :

Rayon RV	V _B	
	Symbole	
		100 km/h
Unidirectionnel		
Min-absolu	RV m1	6 000
Min-absolu	RV N1	12 000
Bidirectionnel		
Min-absolu	RV m2	10 000
Min-normal	RV N2	20 000
Dépassement	RVD	20 000

Tableau 4 : Rayon Angle saillant

❖ **Rayon angle rentrant :**

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une vitesse de base $V_r = 100$ km/h et une catégorie C_1 on opte pour les résultats suivantes :

Rayon R'V	V_B	100 KM/H
	Symbole	
Catégorie 1-2	C_1	
Min-absolu	R'V m	3 000
Min-normal	R'V N	4 200

Tableau 5 : Rayon Angle Rentrant

2.5. APPLICATION AU PROJET

La conception longitudinale

Pour dessiner la ligne rouge sur piste représentant l'axe de notre projet on suit les mêmes étapes que la phase conception plane pour les points et les droites.

Pour les distances, nous saisissons sauf les valeurs de (R1, R2,.....etc.).

Distance \Rightarrow choisir une valeur de R \Rightarrow exécuter. (Echappe).

Parabole \Rightarrow nom d'élément : par para1 D1 D2 R1 (entre deux droites).

Axe \Rightarrow Point(P1) \Rightarrow Fin automatique \Rightarrow exécuté. (Echappe).

Calcul \Rightarrow Tabuler un axe \Rightarrow < RC > Compléter.

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

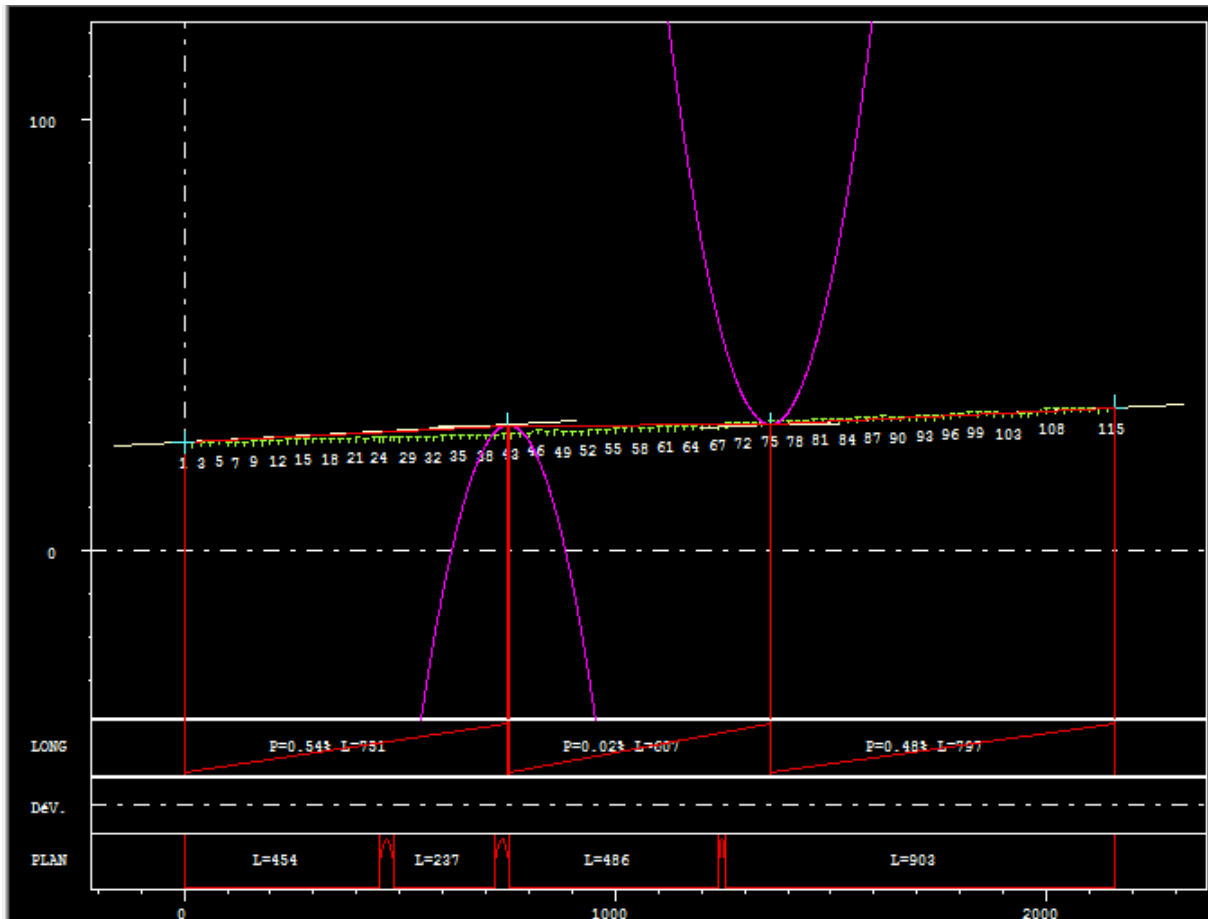


Figure IV.7 : profil en long.

IV.3 Profil en travers :

1. Définition :

Le profil en travers est une coupe perpendiculaire de l'axe de la route, il nous permet la configuration du terrain.

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

- ✓ La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- ✓ l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- ✓ Les cubatures (volumes des déblais et des remblais).

2. Les éléments constitutifs du profil en travers type :

➤ Emprise :

Est la surface du terrain naturel affectée à la route, limitée par le domaine public.

➤ **Assiette :**

Est la surface de la route délimitée 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.

➤ **Accotement :**

Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.

➤ **Fossé :**

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

➤ **Berme :**

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

➤ **Arrondi de talus :**

En remblai, l'arrondi de talus constitue le raccordement entre la berme de droit et le talus. Sa largeur est de 1m.

➤ **Bande d'arrêt d'urgence :**

Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.

➤ **Terre- plein central (T.P.C) :**

Le terre plein central assure la séparation des deux chaussées d'une route, installé à la partie centrale pour assurer l'espacement latéral au long de la route et composé de la bande dérasée et du séparateur central.

➤ **Bande dérasée de gauche (B.D.G) :**

Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.

➤ **Bande médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implantés.

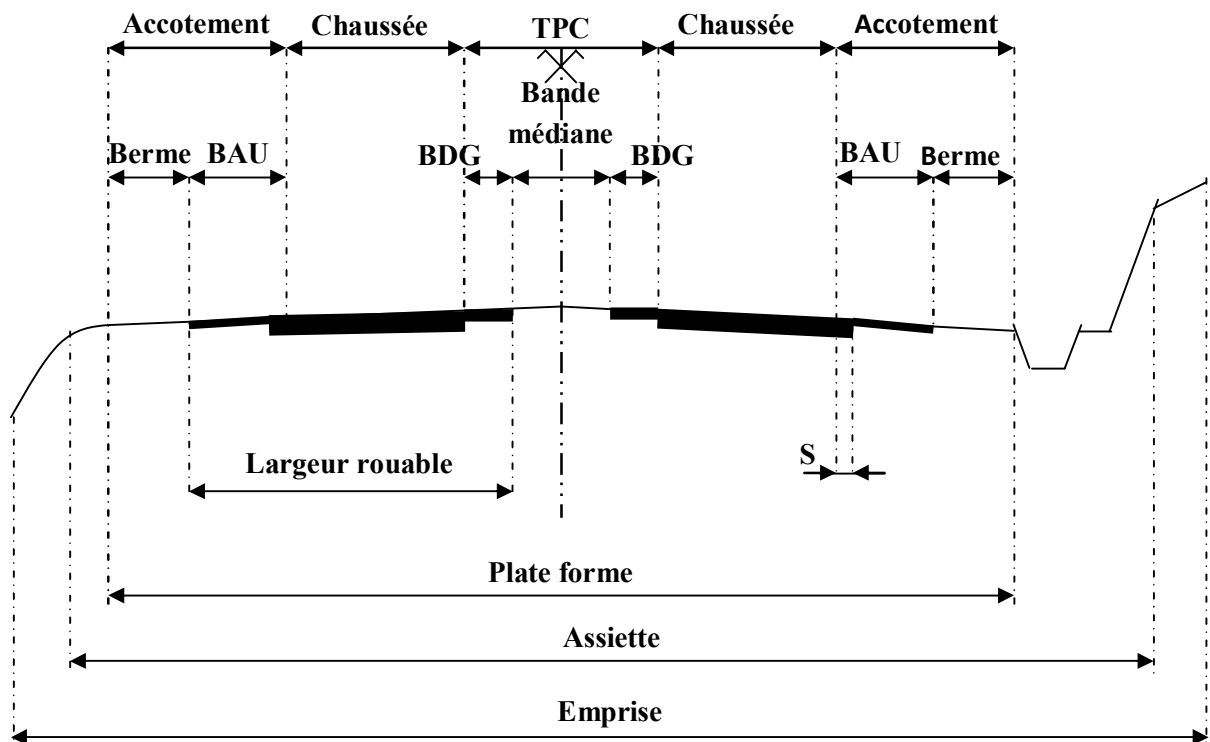


Figure IV.8 : éléments constitutifs du profil en travers

3. Classification du profil en travers :

Il existe deux types de profil en travers :

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

a) Profil en travers type :

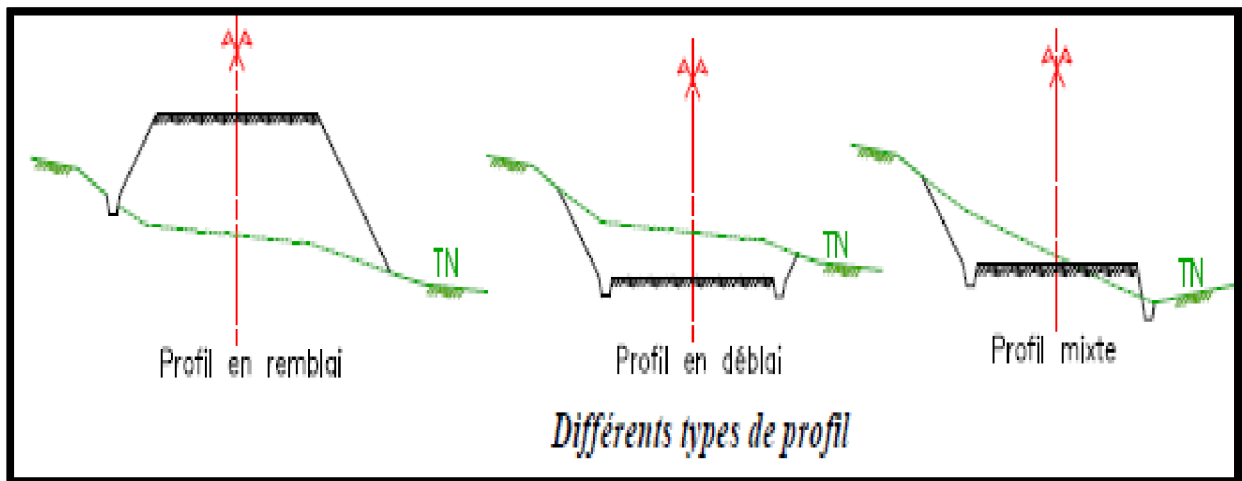
Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais). Son application sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

b) Profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à distance de chaque 20m.

Selon le terrain naturel il existe trois types de profil en travers : les profils en déblais, en remblais et ou bien les profils mixtes.



4. Pratique de logiciel piste et résultat obtenue :

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 \Rightarrow nom de fichier.pis (axe1.pis) \Rightarrow Ok

Calcul \Rightarrow Dévers \Rightarrow Calculer \Rightarrow Recherche semi-automatique (Compléter le tableau).

Dévers \Rightarrow calculé \Rightarrow fermé.

Dévers \Rightarrow fin \Rightarrow créer un fichier.dvt \Rightarrow Ok.

Projet \Rightarrow créer un fichier. Type

Profil type \Rightarrow nom de profile type (T 1).

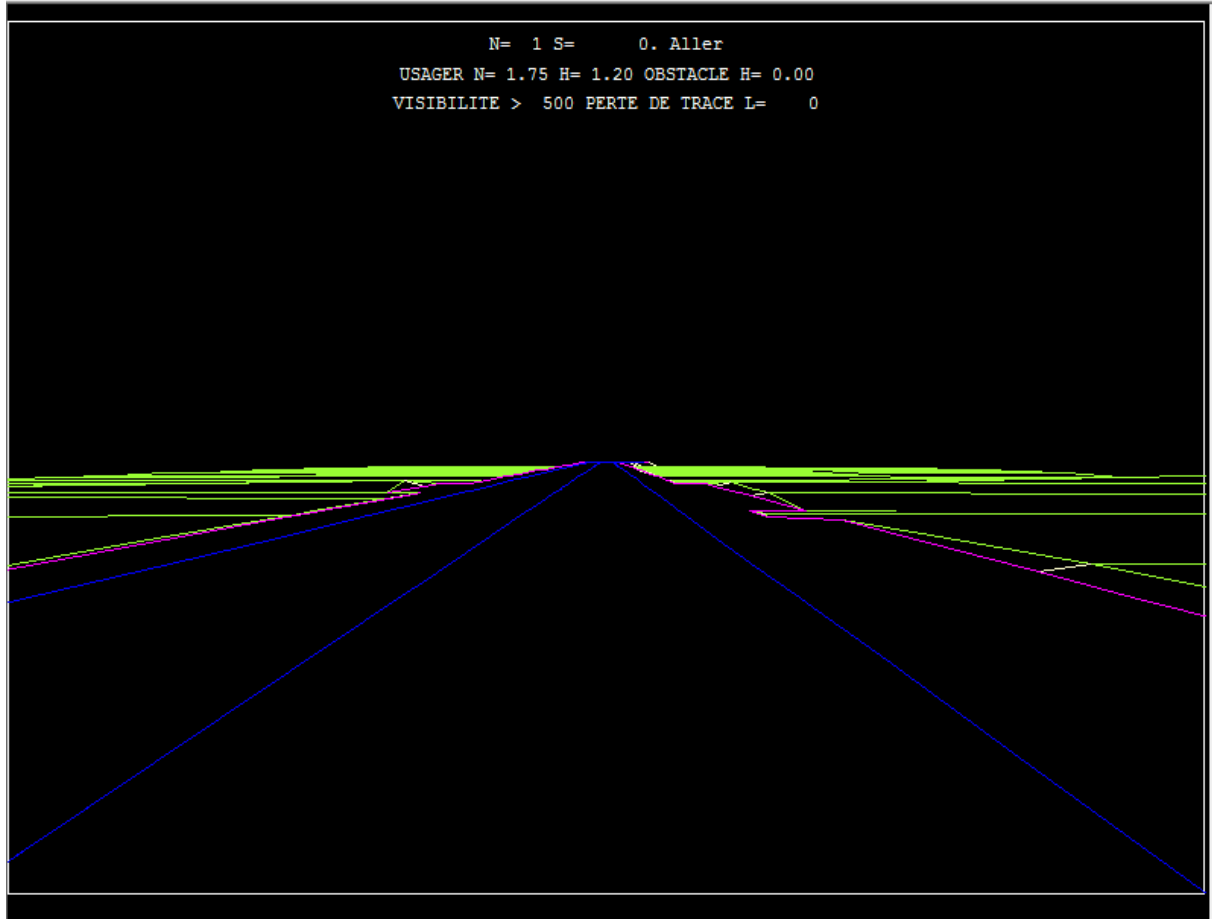


Figure IV.10 : *perspective de la route.*

V.1. INTRODUCTION :

La construction d'un ouvrage commence par la réalisation des terrassements l'exécution comme l'art de modifier la configuration de terrain, constitue une partie importante des travaux d'un projet d'infrastructure notamment la construction des routes.

V.2. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :

Ils existent plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul, le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section de notre projet.

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

$$V = h/6(S_1 + S_2 + 4 \times S_0)$$

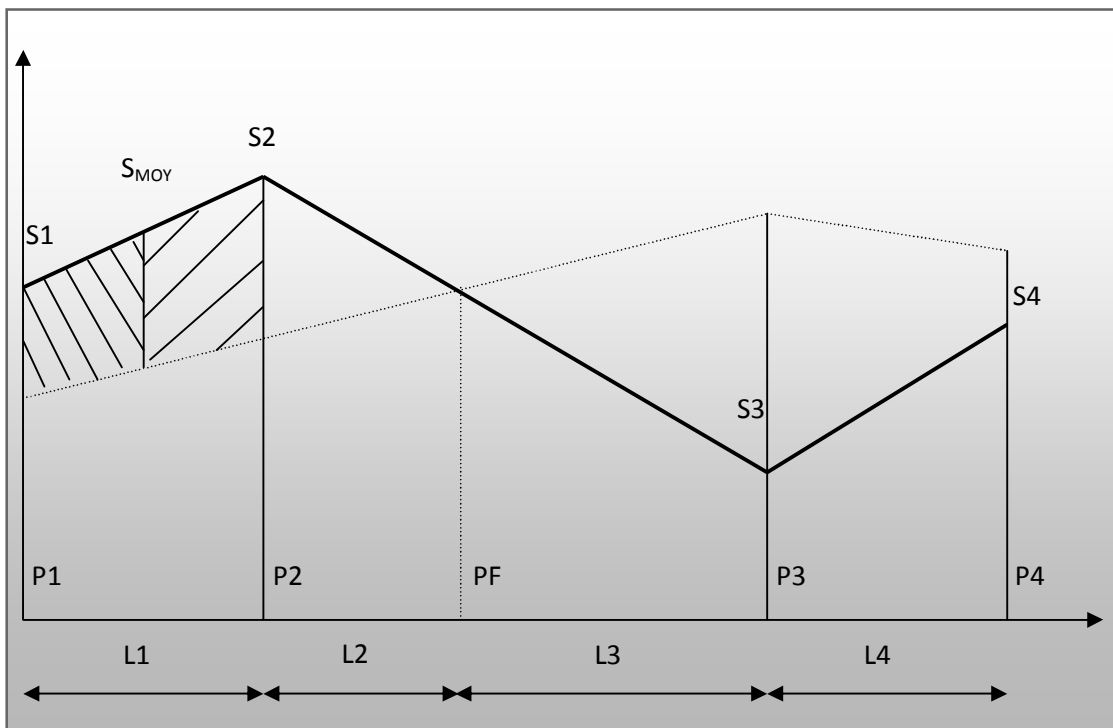


Figure V.1 : schéma de calcul des remblais et déblais.

Avec :

h : hauteur entre deux profils.

S_0 : surface limité à mi-distances des profils.

S_1 et S_2 : surface des deux profils.

L_i : distance entre profil.

P_i : profil en travers.

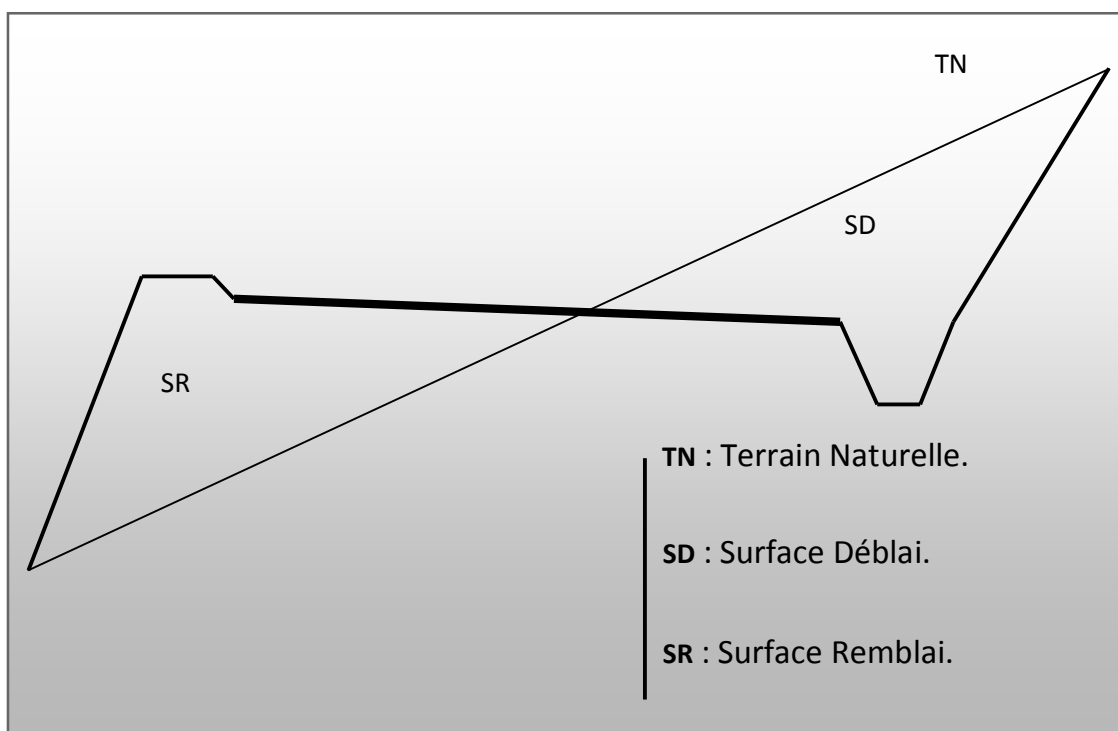


Figure V.2 : section des remblais et déblais

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

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

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions $S_{MOY} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$.

Donc les volumes seront :

$$V_1 = L_1 \times \frac{(S_1+S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 \quad V_1 = L_1 \times \frac{(S_1+S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_f \quad V_2 = L_2 \times \frac{(S_2+0)}{2}$$

$$\text{Entre } P_f \text{ et } P_3 \quad V_3 = L_3 \times \frac{(0+S_3)}{2}$$

Le volume total:

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

V.3. RESULTATS DE CALCUL DES CUBATURES:

Les résultats s'effectuent à l'aide de logiciel Piste 5.05 sur tout l'axe de projet. « Voir annexe »

Résultats finaux obtenus sont dans le tableau suivant :

Volume des déblais (VD)	19073 m³
Volume des remblais (VR)	5951 m³

Conclusion : Nous avons un volume des déblais supérieur au volume des remblais ce qui prévoit des terres à évacuer, à mettre en dépôt, et à réutiliser comme remblais si elles représentent de bonne caractéristique.

VI.1. Introduction :

Lorsqu'une route traverse un bassin versant que ce soit naturel (**BVN**) ou bien routier (**BVR**), ou bassin versant de rétention traitement (**BRT**) elle est confrontée à plusieurs types d'écoulement :

- ✓ Les eaux de pluie.
- ✓ Les eaux de surface.
- ✓ Les eaux souterraines.

Pour l'évacuation de toutes ces eaux plusieurs dispositifs d'assainissement sont nécessaires : tant pour la pérennité de la structure que pour le confort de l'utilisateur de la route.

VI.2. Types de dispositif d'assainissement :

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

VI.3. Type de dégradation :

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent des dégradations pour la chaussée et les talus, ces dégradations se présentent sous forme de :

a) Pour les chaussées :

Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).

Désenrobage.

Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important).

Décollement des bords (affouillement des flancs).

b) Pour les talus :

Glissement.

Erosion.

Affouillements du pied de talus.

VI.4. Quelques définitions :**a) Bassin versant :**

En hydrologie, le terme bassin versant (ou bassin hydrographique) désigne le territoire sur lequel toutes les eaux de surface s'écoulent vers un même point appelé exutoire du bassin versant.

Ce territoire est délimité physiquement par la ligne suivant la crête des montagnes, des collines et des hauteurs du territoire, appelée ligne des crêtes ou ligne de partage des eaux.

b) Collecteur principal (canalisation):

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collectrices secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

c) Chambre de visite (cheminée) :

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

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

d) Sacs :

Ouvrages placés sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles.

Ils sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés par les eaux superficielles.

e) Fossés de crêtes :

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

f) Descente d'eau :

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

g) Les regards :

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

VI.5. Dimensionnement du Réseau d'assainissement à projeter :

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

$$Q_a = Q_s$$

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

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

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

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

Avec :

K : coefficient de concentration $K = 0,2778$.

I : intensité de l'averse exprimée en mm/h.

C : coefficient de ruissellement.

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

a) Calcul de précipitation :

La précipitation P_j (%) est obtenue par la formule suivante :

$$p_j(\%) = \frac{p_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en Fonction de la fréquence :

Fréquence (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années).	2	5	10	20	50	100
Variable Gauss (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

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

CV : Coefficient de variation climatique.

U : Variable de Gauss.

b) Détermination de l'intensité :**Calcul de la fréquence d'averse :**

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (\%) (t/24)^b$$

P_t : hauteur de pluie de durée t (mm)

P_j : pluie journalière maximale annuelle.

b : l'exposant climatique de la région.

T : temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis

Le point le plus éloigné du bassin versant jusqu' à son exutoire ou le point de calcul).

Intensité de l'averse :

$$It = I (t/24) h^{-1}$$

$$\text{Avec : } I = P_j (\%) / t$$

Coefficient de ruissellement :

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

Type de chaussée	Coefficient 'C'	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 à 0.95	0.9
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.4	0.4
Talus, sol perméable	0.1 à 0.3	0.3
Terrain naturel	0.05 à 0.2	0.2

c) Calcul de débit de saturation :

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

$$Q_s = V \cdot S$$

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

Avec:

K_{st} : coefficient de MANNING STRICKLER.

K_{st} : 30 en terre.

K_{st} : 40 en buses métalliques.

K_{st} : 50 en maçonneries.

K_{st} : 70 en bétons (dalots).

K_{st} : 80 en bétons (buses préfabriquées).

J : pente longitudinale de l'ouvrage.

Rh : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillé).

Sm: surface mouillée (m²).

VI.6. Calcul hydraulique :

Données hydrauliques :

Les données nécessaires aux calculs sont :

- La pluie journalière moyenne $P_j = 60\text{mm}$
- Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.40$.
- L'exposant climatique de la région $b = 0.32$
- L'intensité $I = 30\text{mm/h}$
- Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%)

Le calcul de la précipitation P_j (%) est obtenu par la formule suivante :

$$p_j(\%) = \frac{p_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

Remarque :

- Les buses et les fossés seront dimensionnés pour une période de retour 20 ans.

Pendant 20 ans :

$$U = 1,645 \quad C_v = 0,40 \quad P_j = 60\text{mm}$$

$$P_j(5\%) = 104,98$$

Calcul de l'intensité de l'averse :

$$I_T = I (t_c / 24)^b$$

Avec:

I : intensité de l'averse pour une durée de 1 heure.

$$I = P_j/24$$

Pour:

$$P_j (5\%) = 104,98$$

$$I = 105/24 = 4,375 \text{ mm/h}$$

VI.7. Surface des bassins versants :

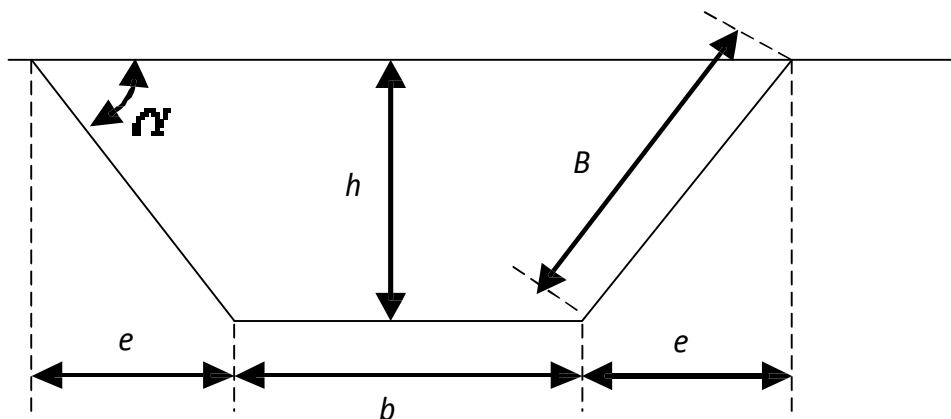
Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes.

Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées comme suit :

- Les surfaces A sont mesurées au planimètre en Km^2 .
- Les longueurs de talweg principal L sont mesurées au curvimètre en Km .
- La pente P est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par la longueur L en m/m .

VI.8. Dimensionnement des fossés :

Le profil en travers des fossés est donné dans la figure ci-dessous :



Le dimensionnement des fossés doit satisfaire l'égalité, entre le débit d'apport et son débit de saturation :

$$Q_a = Q_s$$

$$K.I.C.A = K_{st} \cdot I^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$

S_m : surface mouillée

P_m : périmètre mouillé

R : rayon hydraulique $R = S_m/U$

Avec :

U : périmètre mouillé

P : pente du talus, $P = 1/n$

On fixe la base du fossé à (**b = 100 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.

VI.9. Calcul de la surface mouillée :

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

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

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

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

VI.10. Calcul du périmètre mouille :

$$P_m = b + 2B$$

Avec :

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1 + n^2}$$

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

VI.11. Calcul du rayon hydraulique :

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

On aura alors :

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

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

L'égalité entre le débit d'apport et le débit de saturation s'écrira alors :

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

Application au projet :

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

• Intensité à l'averse I_t :

$$I_t = I \cdot (t_c / 24)^B$$

$$I = 4,375.$$

$$t_c = 0,25h.$$

$$B = b - 1 = 0,32 - 1 = -0,68$$

$$\implies I_t = 97,37 \text{ mm/h}$$

La surface du bassin versant : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route total. Une largeur de talus été prise défavorable égale 5 m.

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$$

Avec :

$Q_A = K \cdot I \cdot C_A \cdot A_A$: débit apporté par l'accotement.

$Q_t = K \cdot I \cdot C_t \cdot A_t$: débit apporté par le talus.

$Q_c = K \cdot I \cdot C_c \cdot A_c$: débit apporté par la chaussée.

C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée

C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement

C_t : coefficient de ruissellement du talus

A_c : Surface de la chaussée

A_A : surface de l'accotement

A_t : surface du talus

➤ **Calcul des surfaces :**

Surface de la chaussée :

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

Surface de l'accotement

$$A_A = 2,5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.025 \text{ ha}$$

Surface du talus :

$$A_t = 3 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.03 \text{ ha}$$

$$A = A_c + A_A + A_t = 0.07 + 0.025 + 0.03 = \mathbf{0.125 \text{ ha}}$$

Calcul des débits:

$$Q_C = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.95 \times 97.37 \times 0.07 = 0.0179 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.35 \times 97.37 \times 0.025 = 0.0023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_T = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.25 \times 97.37 \times 0.03 = 0.00202 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où:

$$Q_a = Q_A + Q_T + Q_C = \mathbf{0.0222 \text{ m}^3/\text{s}}$$

On a:

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

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

$$Q_s \geq Q_a$$

Pour les faussées en béton : $K_{st} = 70$

On fixe : $b=0.5\text{m}$, $n=1.5$, et on calcule Q_s pour différentes valeurs de (h)

Application:

$$Q_a = 0.0222 \text{ m}^3/\text{s} \quad K = 70 \quad I = 4\%$$

$$Q_s = K \cdot I^{1/2} \times h(nh + b) \times \left[\frac{h(nh + b)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

Après calcul itératif on trouve :

$$h = 0.4\text{m}$$

D'où les dimensions du fossé sont :

$$b \times h = 0.5 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$$

Vérification:

$$Q_s = 70 \times 0,04^{1/2} \times 0,4(1,5 \times 0,4 + 0,5) \times \left[\frac{0,4(1,5 \times 0,4 + 0,5)}{0,5 + 2 \times 0,4(\sqrt{1 + 1,5^2})} \right]^{2/3}$$

$$Q_s = 2.289 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :

$$Q_s > Q_a$$

C'est vérifié.

Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement des buses s'effectue avec la formule de Manning Strickler

$$Q_s = K_{st} R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S \quad \text{en vérifiant l'égalité : } Q_a = Q_s$$

Q_s : débit maximum (m^3/s)

K_{st} : coefficient de rugosité de canalisation

I : Pente de canalisation (m/m)

R_h : Rayon hydraulique ($R_h = S_m / P_m$)

S_m : section transversale de l'écoulement (section mouillée)

Exemple de calcul :

BV 1 :

$$Q_a = 0.561$$

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

$$S_m = 1/2 \times \pi \times R^2 \text{ (pour une hauteur de remplissage égale à } 0.5 \text{ } \varnothing \text{)}$$

$$R_h : \text{ rayon hydraulique} = R/2 \quad \Longrightarrow \quad R_h = S_m / P_m = \pi R^2 / 2 / 2 \pi (R/2) = R/2$$

$$K_{st} = 80 \text{ (pour les buses)}$$

I : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s pour notre cas, On a $I = 1\%$

$$Q_s = K_{st} \cdot I^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \text{ avec } Q_a = Q_s$$

$$0.561 = 80 (0.01)^{1/2} (1/2 \pi R^2) (R/2)^{2/3} \quad \Longrightarrow \quad R = 0.319 \quad \Longrightarrow \quad 2R = 0.638\text{m}$$

Le débit est assuré pour un diamètre : $\varnothing = 2R = 1000 \text{ mm}$

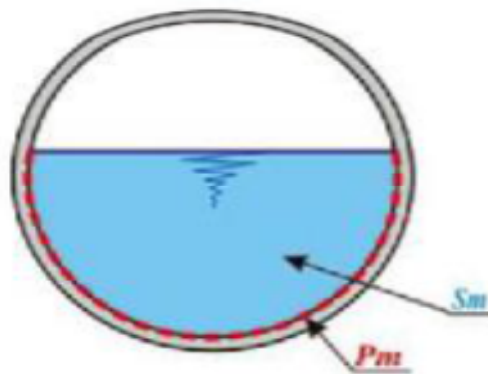


Figure VI.1 : ouvrage busée.

CONCLUSION :

Sous forme d'un tableau nous récapitulons les résultats de l'assainissement de notre projet :

Ouvrages traverses	localisation	Faussée
1. buse de Ø 1000 mm	PK 4655	0.5m × 0.4m
2. buse de Ø 1000 mm	PK 5190	
3. buse de Ø 1000 mm	PK 6089	
4. buse de Ø 1000 mm	PK6689	

VII.1. INTRODUCTION :

Le bon fonctionnement d'un échangeur doit prendre en compte les points suivants :

L'adaptation au site (environnement, etc.), et aux conditions d'utilisation (trafic, etc.).

Sa configuration générale et sa conception de détail doit être correctes.

L'utilisation d'un échangeur comme solution aux problèmes des carrefours doit être

Pleinement justifié ; cependant certaines situations semblent l'exiger :

- ✓ Croisement de deux routes à un débit de trafic important, comme Autoroute-
Autoroute ou Autoroute- Route.
- ✓ Carrefour dont la capacité est insuffisante congestionne une ou toutes les Approches.
- ✓ Carrefour dont le taux d'accidents graves est disproportionné et pour lequel on ne trouve aucune solution.
- ✓ Carrefour ou la topographie empêche un aménagement conforme aux normes de tout autre type de carrefour

VII.2 REGLES DE CONCEPTION :

La conception est l'étape la plus importante d'un projet puisqu'elle tient compte du

Prix de revient comparativement aux avantages distribués à moyen et long terme.

Pour diminuer son prix de revient on évite :

- ✓ Le passage sur terrain agricole.
- ✓ Le passage au voisinage sur des habitations et des maisons publiques.
- ✓ Le passage sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- ✓ Les longs alignements droits.
- ✓ Les terrassements importants.
- ✓ Les sections à forte déclivité.
- ✓ Les sites en courbures à faibles rayons.

VII.3 DEFINITION ET LE ROLE D'UN ECHANGEUR :

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

Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les désignera par:

Nœud: quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.

Diffuseur: quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.

Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

Le but d'un échangeur est de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré et par ordre d'importance les divers sens de parcours utilisés par les usagers de la route.

➤ **Avantages de l'échangeur :**

Les avantages de l'échangeur sont :

- ✓ Faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de sécurité.
- ✓ Eviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- ✓ Eviter les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « Problèmes d'encombrement bouchon ».
- ✓ Eviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- ✓ Assurer la continuité du réseau autoroutier.

➤ **Inconvénients de l'échangeur :**

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

VII.4 LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS :

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs. Cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et de détendue.

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 désigne 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.

Tous ceux de la première classe se font à niveau séparé tandis que pour la seconde classe, les branchements au niveau de la route secondaire exigent des cisaillements.

➤ **Echangeurs majeurs :**

L'échangeur majeur raccordement entre autoroute et autoroute sans qu'il y a de 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.

➤ **Echangeur mineur :**

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernés par le raccordement sont :

- **Losange.**
- **Demi-trèfle.**
- **La trempette.**

➤ **Le losange:**

Il permet une distribution symétrique des échanges, mais nécessite une emprise dans les 4 quadrants et crée des cisaillements sur la route secondaire.

Avantage :

- ✓ Bretelles directes ce qui permet de pratiquer une grande vitesse.
- ✓ Un schéma simple.
- ✓ Construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas.
- ✓ Permettre une déviation suivant les diagonal, pour le passage de convoie exceptionnel par exemple.

Inconvénients :

- ✓ L'emprise « il occupe quatre quadrants ».
- ✓ Subsistent des cisaillements sur la route secondaire qui exige un aménagement de carrefour.

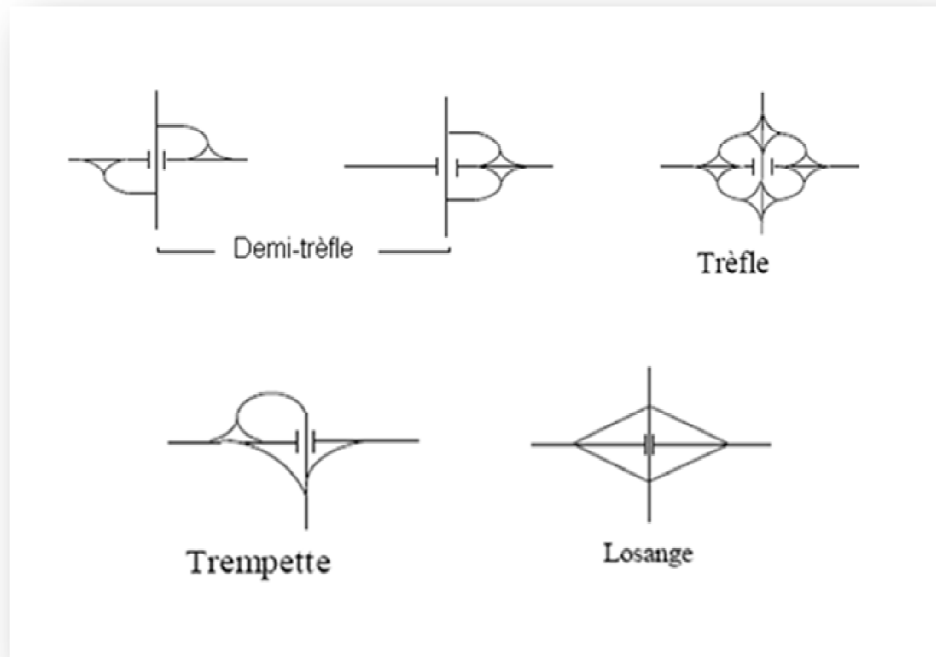


Figure VII.1 *les différents types d'échangeur*

VII.5 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS :

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

- Le Pont (passage supérieur ou inférieur).
- Le Carrefour (s) plan(s).
- Les Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie).

A-Le 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.

B -Les Carrefours plans :

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

C- Les 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

VII.6. CHOIX DU TYPE D'ECHANGEUR :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés

« Avantages, Inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la

Configuration la plus adoptée au cas qui se présente.

Donc le choix du type d'échangeur devient automatique après la détermination de

Certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

1ère Etape :

Détermination du tracé à partir de :

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

2ème Etape :

Configuration du tracé à adopter :

L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et

Ceci est garanti en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume dans ce qui suit :

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

3^{ème} Etape :

Analyse :

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

VII.7 APPLICATION AU PROJET :

VII.7.1: Détermination du tracé

Le croisement entre la pénétrante et la deuxième Rode sud au niveau de PK 7.300 nécessite un aménagement d'un échangeur. Ce dernier a pour but d'assurer la continuité et la fluidité de la circulation a ce niveau et de permettre d'effectuer les différents échanges dans cette région.

X.7.1.1 Choix de type d'échangeur

Etape 1 : détermination du tracé à partir de :

Terrain :

- Le terrain devant recevoir le futur échangeur est un terrain plat.
- Des files électriques, ce qui implique le déplacement du réseau électrique.
- Des hangars, ce qui signifie la démolition et l'indemnisation des propriétaires.

• Types de routes à raccorder :

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre la pénétrante (2×2voies) et la deuxième rocade.

Alors l'échangeur est de type : **Echangeur Mineur (demi-trèfle)**.

VII.7.1.2 Vitesse de base dans les bretelles

La vitesse de base des bretelles doit s'approcher de la vitesse de base des routes qu'elles relient. Mais souvent à cause des facteurs, comme les contraintes du site et certaines configurations de bretelles et des facteurs économiques, il faut se tenir à des vitesses de base inférieures. Le tableau ci-contre inspiré du « B40 » nous donne la vitesse dans les bretelles à partir de la vitesse de base de la route.

Vitesse de base de la route (km/h)		60	80	100	120	140
Vitesse de base de la bretelle (km/h)	souhaitable	50	60	75	85	110
	minimal	30	40	55	65	70

Tableau VII.1 : *Vitesse de base dans les bretelles.*

On prend la vitesse sur les bretelles **VB=60Km/h**.

VII.7.2 : Configuration de tracé à adopter

➤ Configuration du tracé à adopter

Tracé :

Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 60 (Km/h).

R max = 300 (m)

R min = 100 (m)

VII.7.3 Conclusion du choix du type d'échangeur :

Après l'analyse des deux types d'échangeur à proposer, on a trouvé que l'échangeur le plus avantageux c'est l'échangeur de type **demi trèfle**.

Donc la solution adoptée est : **demi-trèfle**.

VII.7.4 Valeurs limites des rayons du tracé en plan

Rayon (catégorie 1-2)	Symbole	Environnement E ₁
Vitesse de base	V _B (Km/h)	60
Rayon minimal absolu	RHM (7 %)	123.24
Rayon minimal normal	RHN (7 %)	123.93
Rayon au dévers minimal	RHd (2.5%)	566.92
Rayon non déversé	RHnd (-2.5 %)	809.89

Tableau VII.2: Valeurs limites des rayons du tracé en plan.

VII.7.5-Profil en long

VII.7.5.1.Rayons saillants

Ils sont déterminés par la distance d'arrêt sur un obstacle pour les vitesses pratiquées dans les bretelles. Il est calculé par la formule suivante :

$$R'V_{m1} = a \times d_1^2 \times (V_r) \quad \text{Avec : } a= 0.24 \text{ pour catégorie (1 et 2)}$$

$$d = 16\text{m (à partir de règlement B 40)}$$

VII.7.5.2 Rayons rentrants

Sont déterminés principalement par la condition de confort. Il est calculé par la formule suivante :

$$R'V_m = \frac{d_1^2 \times V_r}{1.5 + 0.35 d_1 \times (V_r)}$$

VII.7.5.3 Déclivités

Sur tout le tracé des bretelles on ne doit pas avoir de déclivité supérieure à :

- **Entrée** 5% (rampe), 8% (pente).
- **Sortie** 7% (rampe), 6% (pente).

VII.7.5.4 Dévers

Il doit être le même pour la partie commune des chaussées on évitant les dévers supérieurs à 5% en particulier dans les petits rayons.

- Et dans le tableau qui suit les valeurs limites des rayons qui doivent être appliqué sur l'échangeur :

Vitesse de référence (km /h)		60
Rayon en angle saillant (Rv1)	Rayon minimal admissible (R vm1)	3686.4
Rayon en angle rentrant (R' v2)	Rayon minimal admissible (R' vm2)	7334.45

Tableau VII.3 : Valeurs limites des rayons du profil en long.

I -SIGNALISATION :

I.1. Introduction :

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

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

I.2. Objectifs de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle de :

- Rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- Rappeler certaine prescription du code de la route.
- Donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

I.3. Type de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale
- Signalisation horizontale

I.3.1. Signalisation verticale :

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

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

I.3.2. Signalisation horizontale :

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

a) Marque longitudinale :

-Lignes continues.

-Lignes discontinues (ligne d'avertissement, ligne de rive).

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T ₁	3.00	10.00	1/3
T' ₁	1.50	5.00	
T ₂	3.00	3.50	1
T' ₂	0.50	0.50	
T ₃	3.00	1.33	3
T' ₃	20.00	6.00	

Tableau VII.1 : modulations des lignes discontinues

b) Marques transversales :

-Ligne STOP.

-Les flèches (rabattement, de sélection).

-Largeur des lignes.

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

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5 cm sur les autres routes.

I.4. Les critères de conception de la signalisation:

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

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

I.5. APPLICATION AU PROJET :

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

I.5.1. Signalisation verticale :

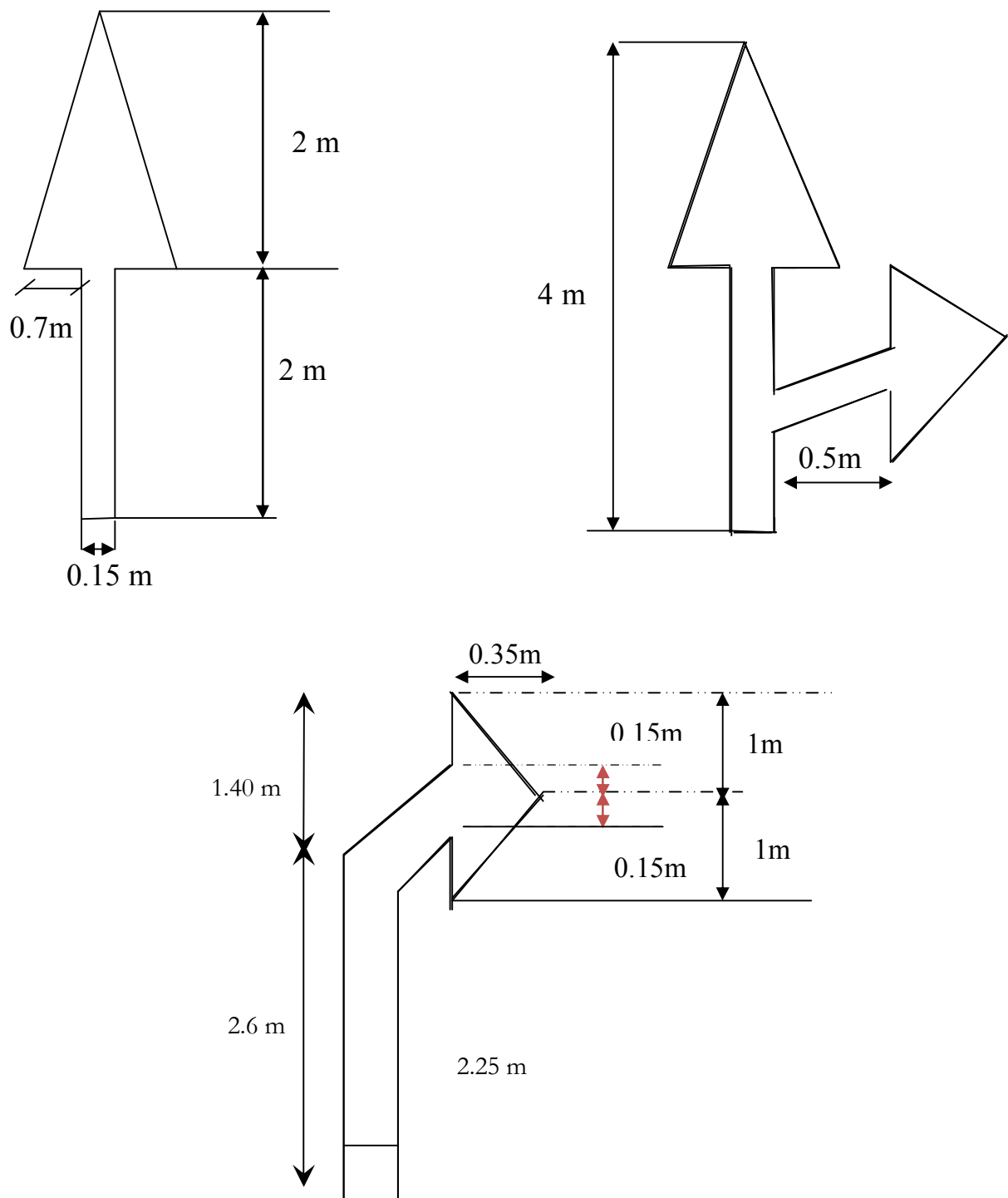
- Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A
- Panneau de signalisation priorité : type B
- Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C
- Panneau de signalisation d'obligation : type D
- Panneau de signalisation de pré signalisation : type E
- Panneau de signalisation de direction : type E /B
- Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : type E
- Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

I.5.2. Signalisation horizontale :

La largeur des lignes de signalisation horizontale elle est pour :

- La route : $U = 7.5 \text{ cm}$.
- Les bretelles et les voies d'accès : $U = 5 \text{ cm}$.

FLECHE DE SELECTION



FigureVII.1: flèches de sélection.

FLECHE DE RABATTEMENT

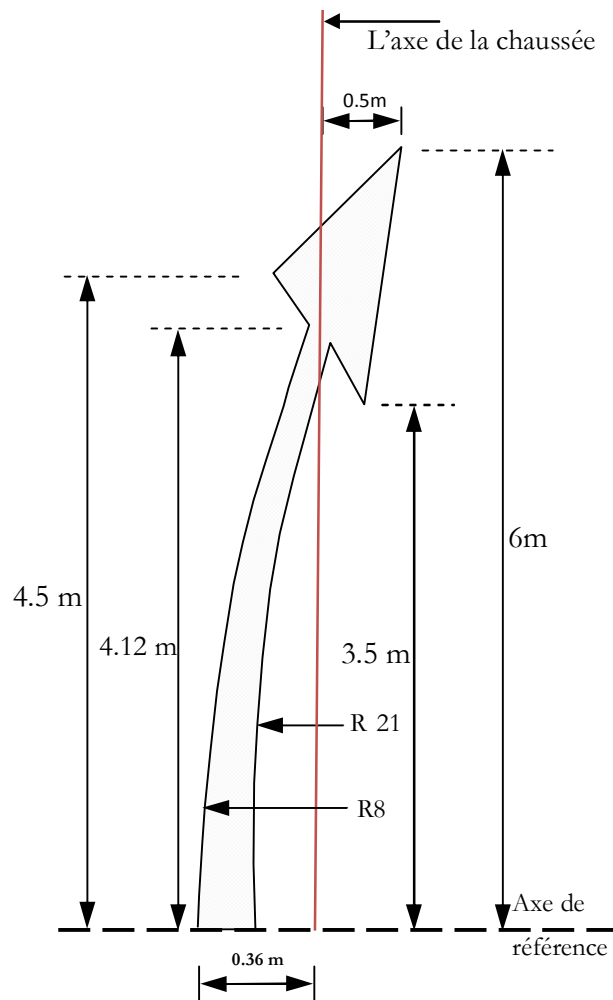
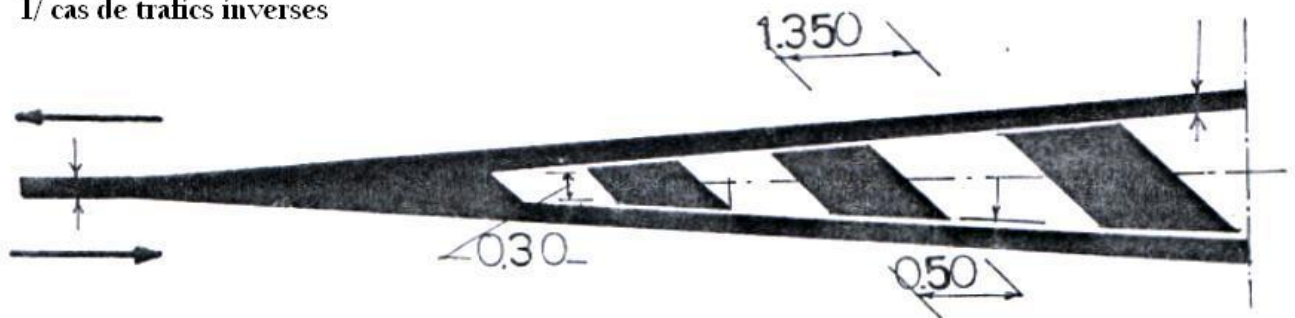


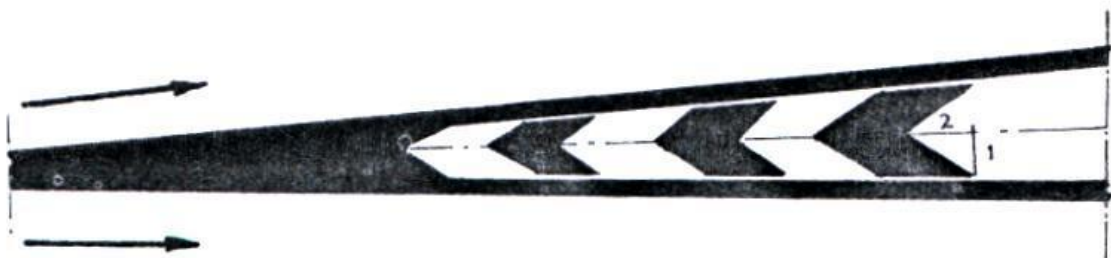
Figure VIII. 2 : *Flèche de rabattement*

schémas de marquage par hachures

1/ cas de trafics inverses



2/ cas de trafics divergents



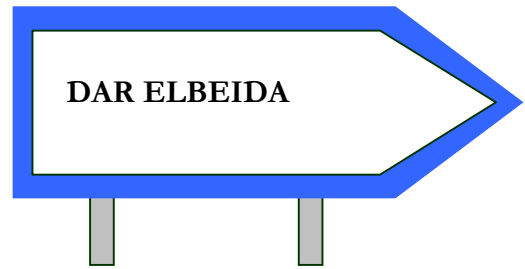
3/ cas de trafics convergents



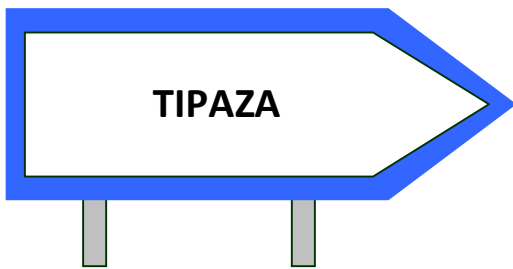
Figure VIII.3: schémas de marquage par hachure



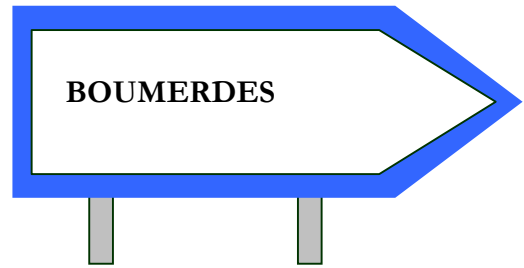
SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



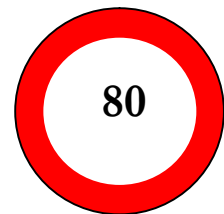
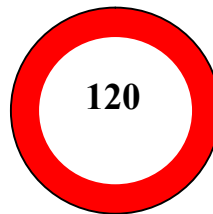
SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



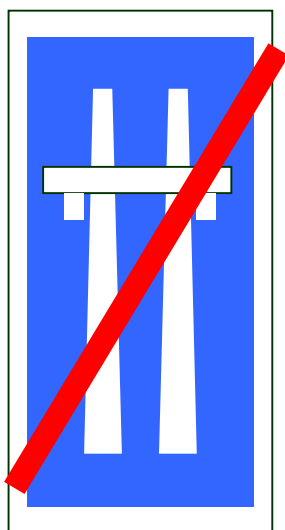
SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



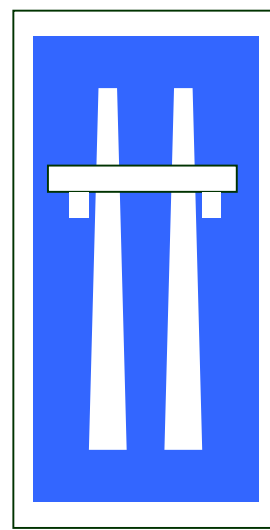
C5-HAUTEUR LIMITE GABARIE



VITESSES LIMITEES C11-a



SORTIE DE L'AUTOROUTE (E15)



ENTREE DE L'AUTOROUTE (E14)

II. ECLAIRAGE :

II.1. Introduction :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

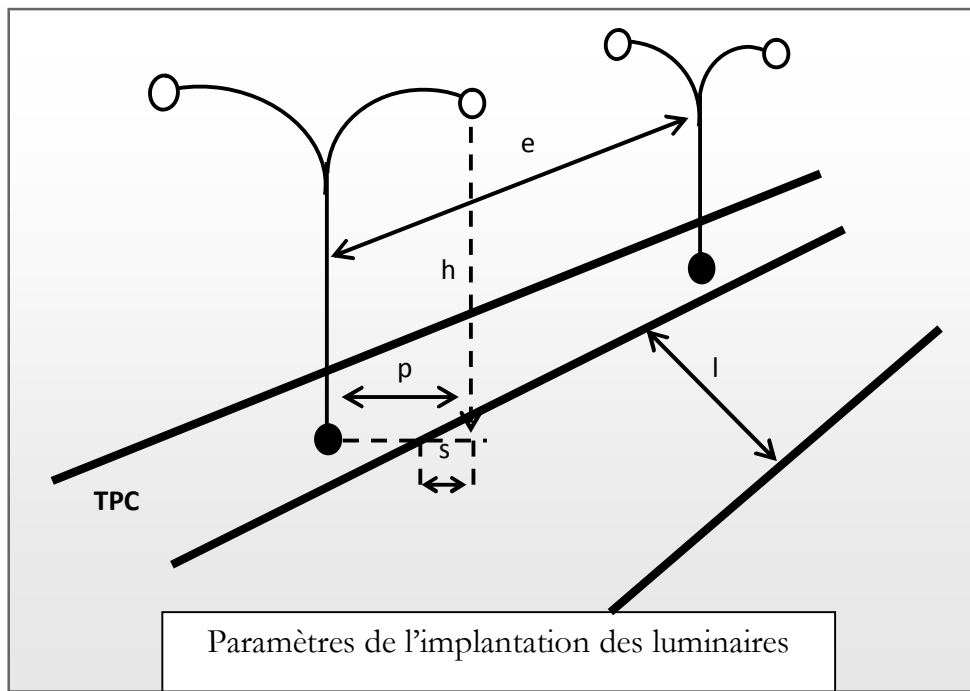
II.2. Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

II.3. paramètres de l'implantation des luminaires :

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



II.4. APPLICATION AU PROJET :

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

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 (la voie express).

IX.1. Introduction :

Le code de l'environnement, définit des règles qui s'imposent aux projets d'infrastructures routières, et rassemble un ensemble de textes législatifs.

Le terme « environnement » est à prendre, dans le domaine des études préalables routières, au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et à long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet.

IX.2. Impact négatif :

Ils sont en général causés par la réalisation de l'ouvrage lui-même, les plus importants sont les suivants :

1) Impact sur le paysage :

L'infrastructure portera une défiguration au paysage naturel malgré les efforts de l'ingénieur à adapter le tracé géométrique à la topographie du site.

2) Impact sur 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, et la pollution de cette dernière, par le déversement des sédiments et des matières polluantes (fuites d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant, Les détritiques résultants de l'usure des plaquettes de freins et des pneus).

3) Impact sur l'air :

La nouvelle infrastructure générera un trafic important ce qui augmentera la pollution de l'air dans les zones traversées.

La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux. La circulation routière est la principale source de CO₂.

4) Impact sur la faune et la flore

Les projets routier peuvent générer des impacts importants le milieu naturel et il est nécessaire de d'engager une étude approfondie sur ces effets sur l'écosystème

Le choix du tracé doit prendre en compte les problème lies à l'environnement biologique des précaution peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et facilité le déplacement de la faune par l'implantation de passage pour faune et encore de franchissement revêtue ou non, ces passage doivent être conçue de telle sorte a ce que leur entretient soit le plus simple possible et leur gestion soit écologique

5) Impact sur l'agriculture :

Le tracé de dédoublement traverse des terrains agricoles qui seront perdus suite à la réalisation de cette infrastructure.

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

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

6) Géologie et physiographie :

- ✓ Extraction et utilisation des matériaux géologiques.
- ✓ Eboulements et glissements de terrain.
- ✓ Tassement, gonflement et érosion du terrain.

7) Impacts temporaires:

Les impacts négatifs générés par le projet sont essentiellement persistants durant la phase de chantier.

Ces impacts sont temporaires, et disparaissent après l'achèvement des travaux, les plus importants sont définis comme suit :

- ✓ Perturbation de la circulation automobile (embouteillage).
- ✓ Dégagement de poussières dans l'atmosphère.
- ✓ Déversement de boues (bentonite) dans l'espace urbain.
- ✓ Emission de bruit lors des travaux, Cette nuisance est due à l'usage des engins.
- ✓ Opposition des propriétaires des terrains agricole face à la destruction de leur bien agricole ce qui engendre un retard dans l'avancement des travaux.

IX.3. LES IMPACTS POSITIFS**IMPACTS SOCIOECONOMIQUE**

- ✓ la fluidité de la circulation (gain de temps).
- ✓ Favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées.
- ✓ La réduction des coûts de transport (gain de temps, sécurité, carburant ...).
- ✓ Désenclavement des régions limitrophes.
- ✓ La création des postes d'emplois temporaire (durant la phase de réalisation).
- ✓ Une réponse aux besoins de confort, et la sécurité des usagers ;
- ✓ L'Amélioration des conditions économiques de la population de la zone du projet. En effet, la mobilité des travailleurs sera nettement améliorée et l'activité de la population sera probablement développée.
- ✓ Attraction des activités agricoles, pastorales et touristiques.

CONCLUSION :

Le projet a une taille modérée certes, mais vu sa localisation dans une région sensible à l'environnement et les incidences environnementales difficilement maîtrisables ; nous recommandons aux autorités concernées de mettre un accent particulier sur l'évaluation des conditions environnementales menées pendant les visites par la mise en œuvre des mesures appropriées et préconiser des solutions afin d'atténuer les impacts négatifs sur l'environnement.

Conclusion générale :

Ce projet de fin d'études a été pour moi, une opportunité pour concrétiser mes connaissances théoriques et techniques acquises pendant mon cycle de formation à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

J'ai essayé d'appliquer toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour réaliser ce modeste travail. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé ce projet a été dans un premier temps la prise en considération du confort et la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Mon étude d'une pénétrante en phase APD, présente les données liées à l'étude du trafic concernant la zone d'étude, en employant ces données, tout en respectant le règlement Algérien (B40), on a abouti aux caractéristiques suivantes :

- Un accotement $2 \times 2,5 \text{ m} = 5 \text{ m}$
- Un terre-plein central 2m
- Deux chaussées de deux voies de 3,5m chacune $(2 \times 3,5) \times 2 = 14 \text{ m}$.

Ce qui fait que la largeur de la plate-forme soit égale à 21m.

L'élaboration de ce projet m'a aidé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels Piste, Autocad. Compte tenu de leur traitement rapide et exact des données, ces outils me permettent d'éviter les contraintes existantes avec la détermination d'un meilleur tracé. Aussi, j'ai utilisé le logiciel Alizé qui m'a permis de vérifier les épaisseurs des différentes couches constituant le corps de chaussée.

- Couche de roulement 08 cm en BB.
- Couche de base 14cm en GB.
- Couche de fondation 16cm en GNT.
- Couche de forme 40cm en GNT.

Enfin, ce projet était l'occasion pour moi de tirer un profit de l'expérience des techniciens sur le terrain et d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet de travaux publics.

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	59.8	14.0	7.0	0.0	0.0
2	20.000	114.9	28.0	14.0	0.0	0.0
3	40.000	104.3	28.0	14.0	0.0	0.0
4	60.000	118.9	28.0	14.0	0.0	0.0
5	80.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
6	100.000	129.9	28.0	14.0	0.0	0.0
7	120.000	133.0	28.0	14.0	0.0	0.0
8	140.000	135.4	28.0	14.0	0.0	0.0
9	160.000	132.6	28.0	14.0	0.0	0.0
10	180.000	131.9	28.0	14.0	0.0	0.0
11	200.000	132.2	28.0	14.0	0.0	0.0
12	220.000	134.2	28.0	14.0	0.0	0.0
13	240.000	131.9	28.0	14.0	0.0	0.0
14	260.000	135.3	28.0	14.0	0.0	0.0
15	280.000	135.7	28.0	14.0	0.0	0.0
16	300.000	135.3	28.0	14.0	0.0	0.0
17	320.000	137.0	28.0	14.0	0.0	0.0
18	340.000	135.7	28.0	14.0	0.0	0.0
19	360.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
20	380.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
21	400.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
22	420.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
23	440.000	118.6	24.1	12.1	0.0	0.0
24	454.496	68.8	14.0	7.0	0.0	0.0
25	460.000	87.7	17.9	8.9	0.0	0.0
26	480.000	85.4	17.4	8.7	0.0	0.0
27	484.836	68.8	14.0	7.0	0.0	0.0
28	500.000	120.9	24.6	12.3	0.0	0.0
29	520.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
30	540.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
31	560.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
32	580.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
33	600.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
34	620.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
35	640.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
36	660.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
37	680.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
38	700.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
39	720.000	75.7	15.4	7.7	0.0	0.0
40	722.017	68.8	14.0	7.0	0.0	0.0
41	740.000	109.7	22.3	11.2	0.0	0.0
42	753.921	68.8	14.0	7.0	0.0	0.0
43	760.000	89.7	18.3	9.1	0.0	0.0
44	780.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
45	800.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
46	820.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
47	840.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
48	860.000	137.2	28.0	14.0	0.0	0.0
49	880.000	137.2	28.0	14.0	0.0	0.0
50	900.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
51	920.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
52	940.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
53	960.000	137.5	28.0	14.0	0.0	0.0
54	980.000	137.0	28.0	14.0	0.0	0.0
55	1000.000	136.8	28.0	14.0	0.0	0.0

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
56	1020.000	135.3	28.0	14.0	0.0	0.0
57	1040.000	127.6	28.0	14.0	0.0	0.0
58	1060.000	133.3	28.0	14.0	0.0	0.0
59	1080.000	130.9	28.0	14.0	0.0	0.0
60	1100.000	127.4	28.0	14.0	0.0	0.0
61	1120.000	126.2	28.0	14.0	0.0	0.0
62	1140.000	124.4	28.0	14.0	0.0	0.0
63	1160.000	114.0	28.0	14.0	0.0	0.0
64	1180.000	110.9	28.0	14.0	0.0	0.0
65	1200.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
66	1220.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
67	1240.000	60.5	14.2	7.1	0.0	0.0
68	1240.239	44.0	10.3	5.2	0.0	0.0
69	1254.743	59.0	13.8	6.9	0.0	0.0
70	1260.000	75.5	17.7	8.8	0.0	0.0
71	1280.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
72	1300.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
73	1320.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
74	1340.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
75	1360.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
76	1380.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
77	1400.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
78	1420.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
79	1440.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
80	1460.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
81	1480.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
82	1500.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
83	1520.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
84	1540.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
85	1560.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
86	1580.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
87	1600.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
88	1620.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
89	1640.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
90	1660.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
91	1680.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
92	1700.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
93	1720.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
94	1740.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
95	1760.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
96	1780.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
97	1800.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
98	1820.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
99	1840.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
100	1860.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
101	1880.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
102	1900.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
103	1920.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
104	1940.000	115.9	28.0	14.0	0.0	0.0
105	1960.000	109.2	28.0	14.0	0.0	0.0
106	1980.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
107	2000.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
108	2020.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
109	2040.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
110	2060.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
111	2080.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
112	2100.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
113	2120.000	119.5	28.0	14.0	0.0	0.0
114	2140.000	113.2	26.5	13.3	0.0	0.0
115	2157.890	53.5	12.5	6.3	0.0	0.0
		13694	3021	1510	0	0

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	516334.290	4057813.170
D1	GIS = 166.647g	454.496			
			454.496	516561.662	4057419.637
C1	XC= 516475.075 YC= 4057369.609 R = -100.000	30.340			
			484.836	516572.654	4057391.483
D2	GIS = 185.961g	237.181			
			722.017	516624.534	4057160.045
C2	XC= 516546.471 YC= 4057142.547 R = -80.000	31.904			
			753.921	516625.203	4057128.359
D3	GIS = 211.350g	486.319			
			1240.239	516538.958	4056649.749
C3	XC= 516440.543 YC= 4056667.483 R = -100.000	14.503			
			1254.743	516535.362	4056635.712
D4	GIS = 220.583g	903.147			
			2157.890	516248.420	4055779.360
LONGUEUR DE L'AXE 2157.890					

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	25.162
D1	PENTE= 0.536 %	750.761		
			750.761	29.186
PR1	S= 752.3684 Z= 29.1902 R = -300.00	1.539		
			752.299	29.190
D2	PENTE= 0.023 %	607.178		
			1359.478	29.330
PR2	S= 1359.4088 Z= 29.3298 R = 300.00	1.384		
			1360.862	29.333
D3	PENTE= 0.484 %	797.027		
			2157.890	33.194
LONGUEUR DE L'AXE 2157.890				

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	25.162	25.162	516334.290	4057813.170	266.647g	2.50	-2.5
2	20.000	25.172	25.269	516344.295	4057795.853	266.647g	2.50	-2.5
3	40.000	25.266	25.377	516354.301	4057778.535	266.647g	2.50	-2.5
4	60.000	25.319	25.484	516364.306	4057761.218	266.647g	2.50	-2.5
5	80.000	25.744	25.591	516374.312	4057743.901	266.647g	2.50	-2.5
6	100.000	25.225	25.698	516384.317	4057726.583	266.647g	2.50	-2.5
7	120.000	25.245	25.805	516394.323	4057709.266	266.647g	2.50	-2.5
8	140.000	25.222	25.912	516404.328	4057691.949	266.647g	2.50	-2.5
9	160.000	25.493	26.020	516414.334	4057674.631	266.647g	2.50	-2.5
10	180.000	25.595	26.127	516424.339	4057657.314	266.647g	2.50	-2.5
11	200.000	25.692	26.234	516434.345	4057639.996	266.647g	2.50	-2.5
12	220.000	25.734	26.341	516444.350	4057622.679	266.647g	2.50	-2.5
13	240.000	25.920	26.448	516454.356	4057605.362	266.647g	2.50	-2.5
14	260.000	25.898	26.556	516464.361	4057588.044	266.647g	2.50	-2.5
15	280.000	25.986	26.663	516474.367	4057570.727	266.647g	2.50	-2.5
16	300.000	26.212	26.770	516484.372	4057553.410	266.647g	2.50	-2.5
17	320.000	26.053	26.877	516494.377	4057536.092	266.647g	2.50	-2.5
18	340.000	26.285	26.984	516504.383	4057518.775	266.647g	2.50	-2.5
19	360.000	26.173	27.092	516514.388	4057501.458	266.647g	2.50	-2.5
20	380.000	26.263	27.199	516524.394	4057484.140	266.647g	2.50	-2.5
21	400.000	26.367	27.306	516534.399	4057466.823	266.647g	2.50	-2.5
22	420.000	26.112	27.413	516544.405	4057449.506	266.647g	2.50	-2.5
23	440.000	26.537	27.520	516554.410	4057432.188	266.647g	2.50	-2.5
24	454.496	26.333	27.598	516561.662	4057419.637	266.647g	2.50	-2.5
25	460.000	26.317	27.628	516564.283	4057414.798	270.151g	2.50	-2.5
26	480.000	26.660	27.735	516571.483	4057396.174	282.883g	2.50	-2.5
27	484.836	26.630	27.761	516572.654	4057391.483	285.961g	2.50	-2.5
28	500.000	26.417	27.842	516575.971	4057376.686	285.961g	2.50	-2.5
29	520.000	26.498	27.949	516580.346	4057357.170	285.961g	2.50	-2.5
30	540.000	26.637	28.056	516584.720	4057337.654	285.961g	2.50	-2.5
31	560.000	26.534	28.163	516589.095	4057318.139	285.961g	2.50	-2.5
32	580.000	26.648	28.271	516593.470	4057298.623	285.961g	2.50	-2.5
33	600.000	26.860	28.378	516597.844	4057279.107	285.961g	2.50	-2.5
34	620.000	26.913	28.485	516602.219	4057259.592	285.961g	2.50	-2.5
35	640.000	26.899	28.592	516606.594	4057240.076	285.961g	2.50	-2.5
36	660.000	26.964	28.699	516610.969	4057220.560	285.961g	2.50	-2.5
37	680.000	26.972	28.807	516615.343	4057201.045	285.961g	2.50	-2.5
38	700.000	27.067	28.914	516619.718	4057181.529	285.961g	2.50	-2.5
39	720.000	27.113	29.021	516624.093	4057162.013	285.961g	2.50	-2.5
40	722.017	27.107	29.032	516624.534	4057160.045	285.961g	2.50	-2.5
41	740.000	27.180	29.128	516626.470	4057142.205	300.272g	2.50	-2.5
42	753.921	27.165	29.191	516625.203	4057128.359	311.350g	2.50	-2.5
43	760.000	27.220	29.192	516624.125	4057122.376	311.350g	2.50	-2.5
44	780.000	27.334	29.197	516620.578	4057102.693	311.350g	2.50	-2.5
45	800.000	27.472	29.201	516617.031	4057083.010	311.350g	2.50	-2.5
46	820.000	28.333	29.206	516613.484	4057063.327	311.350g	2.50	-2.5
47	840.000	27.901	29.210	516609.937	4057043.644	311.350g	2.50	-2.5
48	860.000	28.123	29.215	516606.391	4057023.961	311.350g	2.50	-2.5
49	880.000	27.955	29.220	516602.844	4057004.279	311.350g	2.50	-2.5
50	900.000	27.830	29.224	516599.297	4056984.596	311.350g	2.50	-2.5
51	920.000	27.881	29.229	516595.750	4056964.913	311.350g	2.50	-2.5
52	940.000	28.030	29.233	516592.203	4056945.230	311.350g	2.50	-2.5
53	960.000	28.204	29.238	516588.656	4056925.547	311.350g	2.50	-2.5
54	980.000	28.349	29.243	516585.110	4056905.864	311.350g	2.50	-2.5
55	1000.000	28.510	29.247	516581.563	4056886.181	311.350g	2.50	-2.5

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
56	1020.000	28.614	29.252	516578.016	4056866.498	311.350g	2.50	-2.5
57	1040.000	28.838	29.256	516574.469	4056846.815	311.350g	2.50	-2.5
58	1060.000	28.689	29.261	516570.922	4056827.132	311.350g	2.50	-2.5
59	1080.000	28.769	29.266	516567.375	4056807.449	311.350g	2.50	-2.5
60	1100.000	28.866	29.270	516563.829	4056787.766	311.350g	2.50	-2.5
61	1120.000	28.890	29.275	516560.282	4056768.083	311.350g	2.50	-2.5
62	1140.000	28.930	29.279	516556.735	4056748.400	311.350g	2.50	-2.5
63	1160.000	29.090	29.284	516553.188	4056728.717	311.350g	2.50	-2.5
64	1180.000	29.186	29.289	516549.641	4056709.034	311.350g	2.50	-2.5
65	1200.000	29.335	29.293	516546.094	4056689.351	311.350g	2.50	-2.5
66	1220.000	29.422	29.298	516542.548	4056669.668	311.350g	2.50	-2.5
67	1240.000	29.352	29.302	516539.001	4056649.985	311.350g	2.50	-2.5
68	1240.239	29.354	29.302	516538.958	4056649.749	311.350g	2.50	-2.5
69	1254.743	29.743	29.306	516535.362	4056635.712	320.583g	2.50	-2.5
70	1260.000	29.729	29.307	516533.692	4056630.727	320.583g	2.50	-2.5
71	1280.000	29.818	29.312	516527.337	4056611.763	320.583g	2.50	-2.5
72	1300.000	29.904	29.316	516520.983	4056592.800	320.583g	2.50	-2.5
73	1320.000	29.929	29.321	516514.629	4056573.836	320.583g	2.50	-2.5
74	1340.000	29.992	29.325	516508.275	4056554.872	320.583g	2.50	-2.5
75	1360.000	30.112	29.330	516501.920	4056535.908	320.583g	2.50	-2.5
76	1380.000	30.254	29.426	516495.566	4056516.945	320.583g	2.50	-2.5
77	1400.000	30.329	29.523	516489.212	4056497.981	320.583g	2.50	-2.5
78	1420.000	30.349	29.620	516482.857	4056479.017	320.583g	2.50	-2.5
79	1440.000	30.365	29.717	516476.503	4056460.053	320.583g	2.50	-2.5
80	1460.000	30.638	29.814	516470.149	4056441.090	320.583g	2.50	-2.5
81	1480.000	30.756	29.911	516463.795	4056422.126	320.583g	2.50	-2.5
82	1500.000	30.650	30.007	516457.440	4056403.162	320.583g	2.50	-2.5
83	1520.000	30.665	30.104	516451.086	4056384.198	320.583g	2.50	-2.5
84	1540.000	30.828	30.201	516444.732	4056365.235	320.583g	2.50	-2.5
85	1560.000	30.965	30.298	516438.378	4056346.271	320.583g	2.50	-2.5
86	1580.000	31.105	30.395	516432.023	4056327.307	320.583g	2.50	-2.5
87	1600.000	31.142	30.492	516425.669	4056308.344	320.583g	2.50	-2.5
88	1620.000	31.345	30.589	516419.315	4056289.380	320.583g	2.50	-2.5
89	1640.000	31.158	30.686	516412.961	4056270.416	320.583g	2.50	-2.5
90	1660.000	31.085	30.782	516406.606	4056251.452	320.583g	2.50	-2.5
91	1680.000	31.279	30.879	516400.252	4056232.489	320.583g	2.50	-2.5
92	1700.000	31.304	30.976	516393.898	4056213.525	320.583g	2.50	-2.5
93	1720.000	31.371	31.073	516387.543	4056194.561	320.583g	2.50	-2.5
94	1740.000	31.444	31.170	516381.189	4056175.597	320.583g	2.50	-2.5
95	1760.000	31.582	31.267	516374.835	4056156.634	320.583g	2.50	-2.5
96	1780.000	31.788	31.364	516368.481	4056137.670	320.583g	2.50	-2.5
97	1800.000	32.139	31.461	516362.126	4056118.706	320.583g	2.50	-2.5
98	1820.000	32.329	31.558	516355.772	4056099.742	320.583g	2.50	-2.5
99	1840.000	32.262	31.654	516349.418	4056080.779	320.583g	2.50	-2.5
100	1860.000	32.400	31.751	516343.064	4056061.815	320.583g	2.50	-2.5
101	1880.000	32.297	31.848	516336.709	4056042.851	320.583g	2.50	-2.5
102	1900.000	32.087	31.945	516330.355	4056023.887	320.583g	2.50	-2.5
103	1920.000	32.008	32.042	516324.001	4056004.924	320.583g	2.50	-2.5
104	1940.000	31.924	32.139	516317.646	4055985.960	320.583g	2.50	-2.5
105	1960.000	32.130	32.236	516311.292	4055966.996	320.583g	2.50	-2.5
106	1980.000	32.386	32.333	516304.938	4055948.033	320.583g	2.50	-2.5
107	2000.000	33.092	32.430	516298.584	4055929.069	320.583g	2.50	-2.5
108	2020.000	33.039	32.526	516292.229	4055910.105	320.583g	2.50	-2.5
109	2040.000	33.102	32.623	516285.875	4055891.141	320.583g	2.50	-2.5
110	2060.000	33.147	32.720	516279.521	4055872.178	320.583g	2.50	-2.5

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
111	2080.000	33.224	32.817	516273.167	4055853.214	320.583g	2.50	-2.5
112	2100.000	33.162	32.914	516266.812	4055834.250	320.583g	2.50	-2.5
113	2120.000	33.093	33.011	516260.458	4055815.286	320.583g	2.50	-2.5
114	2140.000	33.179	33.108	516254.104	4055796.323	320.583g	2.50	-2.5
115	2157.890	33.194	33.194	516248.420	4055779.360	320.583g	2.50	-2.5

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	0.0	102.6	0.0	0.0
2	20.000	0.0	162.4	0.0	0.0
3	40.000	0.0	133.6	0.0	0.0
4	60.000	0.0	153.5	0.0	0.0
5	80.000	0.0	233.6	0.0	0.0
6	100.000	0.0	74.9	0.0	0.0
7	120.000	0.0	55.4	0.0	0.0
8	140.000	0.0	25.7	0.0	0.0
9	160.000	0.0	62.1	0.0	0.0
10	180.000	0.0	62.2	0.0	0.0
11	200.000	0.0	59.8	0.0	0.0
12	220.000	0.0	44.5	0.0	0.0
13	240.000	0.0	62.6	0.0	0.0
14	260.000	0.0	32.2	0.0	0.0
15	280.000	0.0	27.6	0.0	0.0
16	300.000	0.0	42.4	0.0	0.0
17	320.000	13.0	5.0	0.0	0.0
18	340.000	0.0	21.1	0.0	0.0
19	360.000	35.9	0.0	0.0	0.0
20	380.000	40.9	0.0	0.0	0.0
21	400.000	49.7	0.0	0.0	0.0
22	420.000	148.5	0.0	0.0	0.0
23	440.000	51.9	0.0	0.0	0.0
24	454.496	68.8	0.0	0.0	0.0
25	460.000	95.9	0.0	0.0	0.0
26	480.000	50.3	0.0	0.0	0.0
27	484.836	48.8	0.0	0.0	0.0
28	500.000	163.6	0.0	0.0	0.0
29	520.000	194.8	0.0	0.0	0.0
30	540.000	184.6	0.0	0.0	0.0
31	560.000	251.1	0.0	0.0	0.0
32	580.000	249.0	0.0	0.0	0.0
33	600.000	219.9	0.0	0.0	0.0
34	620.000	236.1	0.0	0.0	0.0
35	640.000	271.2	0.0	0.0	0.0
36	660.000	288.8	0.0	0.0	0.0
37	680.000	318.8	0.0	0.0	0.0
38	700.000	322.9	0.0	0.0	0.0
39	720.000	188.8	0.0	0.0	0.0
40	722.017	173.8	0.0	0.0	0.0
41	740.000	282.1	0.0	0.0	0.0
42	753.921	192.4	0.0	0.0	0.0
43	760.000	241.1	0.0	0.0	0.0
44	780.000	328.6	0.0	0.0	0.0
45	800.000	293.4	0.0	0.0	0.0
46	820.000	41.6	2.3	0.0	0.0
47	840.000	154.9	0.0	0.0	0.0
48	860.000	83.7	12.8	0.0	0.0
49	880.000	131.8	1.3	0.0	0.0
50	900.000	159.4	0.0	0.0	0.0
51	920.000	163.5	0.0	0.0	0.0
52	940.000	118.1	0.0	0.0	0.0
53	960.000	69.3	0.0	0.0	0.0
54	980.000	23.5	3.8	0.0	0.0
55	1000.000	1.2	11.9	0.0	0.0

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
56	1020.000	0.0	35.7	0.0	0.0
57	1040.000	0.0	86.3	0.0	0.0
58	1060.000	0.0	52.5	0.0	0.0
59	1080.000	0.0	69.6	0.0	0.0
60	1100.000	0.0	89.4	0.0	0.0
61	1120.000	0.0	93.4	0.0	0.0
62	1140.000	0.0	100.5	0.0	0.0
63	1160.000	0.0	127.8	0.0	0.0
64	1180.000	0.0	156.6	0.0	0.0
65	1200.000	0.0	216.0	0.0	0.0
66	1220.000	0.0	242.8	0.0	0.0
67	1240.000	0.0	114.8	0.0	0.0
68	1240.239	0.0	84.0	0.0	0.0
69	1254.743	0.0	164.4	0.0	0.0
70	1260.000	0.0	213.6	0.0	0.0
71	1280.000	0.0	364.8	0.0	0.0
72	1300.000	0.0	391.7	0.0	0.0
73	1320.000	0.0	399.7	0.0	0.0
74	1340.000	0.0	419.4	0.0	0.0
75	1360.000	0.0	458.5	0.0	0.0
76	1380.000	0.0	474.9	0.0	0.0
77	1400.000	0.0	466.9	0.0	0.0
78	1420.000	0.0	439.8	0.0	0.0
79	1440.000	0.0	411.7	0.0	0.0
80	1460.000	0.0	466.1	0.0	0.0
81	1480.000	0.0	480.7	0.0	0.0
82	1500.000	0.0	410.5	0.0	0.0
83	1520.000	0.0	383.0	0.0	0.0
84	1540.000	0.0	405.3	0.0	0.0
85	1560.000	0.0	418.9	0.0	0.0
86	1580.000	0.0	434.4	0.0	0.0
87	1600.000	0.0	416.5	0.0	0.0
88	1620.000	0.0	447.0	0.0	0.0
89	1640.000	0.0	364.8	0.0	0.0
90	1660.000	0.0	308.5	0.0	0.0
91	1680.000	0.0	330.2	0.0	0.0
92	1700.000	0.0	307.2	0.0	0.0
93	1720.000	0.0	297.6	0.0	0.0
94	1740.000	0.0	290.1	0.0	0.0
95	1760.000	0.0	303.0	0.0	0.0
96	1780.000	0.0	337.2	0.0	0.0
97	1800.000	0.0	419.9	0.0	0.0
98	1820.000	0.0	444.9	0.0	0.0
99	1840.000	0.0	391.2	0.0	0.0
100	1860.000	0.0	392.6	0.0	0.0
101	1880.000	0.0	330.2	0.0	0.0
102	1900.000	0.0	247.3	0.0	0.0
103	1920.000	0.0	195.0	0.0	0.0
104	1940.000	0.0	125.2	0.0	0.0
105	1960.000	0.0	154.3	0.0	0.0
106	1980.000	0.0	222.5	0.0	0.0
107	2000.000	0.0	415.1	0.0	0.0
108	2020.000	0.0	369.8	0.0	0.0
109	2040.000	0.0	354.6	0.0	0.0
110	2060.000	0.0	344.4	0.0	0.0

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
111	2080.000	0.0	332.5	0.0	0.0
112	2100.000	0.0	283.9	0.0	0.0
113	2120.000	0.0	245.9	0.0	0.0
114	2140.000	0.0	231.9	0.0	0.0
115	2157.890	0.0	102.3	0.0	0.0
		5951	19073	0	0

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	0.0	102.6	0.0	0.0
2	20.000	0.0	162.4	0.0	0.0
3	40.000	0.0	133.6	0.0	0.0
4	60.000	0.0	153.5	0.0	0.0
5	80.000	0.0	233.6	0.0	0.0
6	100.000	0.0	74.9	0.0	0.0
7	120.000	0.0	55.4	0.0	0.0
8	140.000	0.0	25.7	0.0	0.0
9	160.000	0.0	62.1	0.0	0.0
10	180.000	0.0	62.2	0.0	0.0
11	200.000	0.0	59.8	0.0	0.0
12	220.000	0.0	44.5	0.0	0.0
13	240.000	0.0	62.6	0.0	0.0
14	260.000	0.0	32.2	0.0	0.0
15	280.000	0.0	27.6	0.0	0.0
16	300.000	0.0	42.4	0.0	0.0
17	320.000	13.0	5.0	0.0	0.0
18	340.000	0.0	21.1	0.0	0.0
19	360.000	35.9	0.0	0.0	0.0
20	380.000	40.9	0.0	0.0	0.0
21	400.000	49.7	0.0	0.0	0.0
22	420.000	148.5	0.0	0.0	0.0
23	440.000	51.9	0.0	0.0	0.0
24	454.496	68.8	0.0	0.0	0.0
25	460.000	95.9	0.0	0.0	0.0
26	480.000	50.3	0.0	0.0	0.0
27	484.836	48.8	0.0	0.0	0.0
28	500.000	163.6	0.0	0.0	0.0
29	520.000	194.8	0.0	0.0	0.0
30	540.000	184.6	0.0	0.0	0.0
31	560.000	251.1	0.0	0.0	0.0
32	580.000	249.0	0.0	0.0	0.0
33	600.000	219.9	0.0	0.0	0.0
34	620.000	236.1	0.0	0.0	0.0
35	640.000	271.2	0.0	0.0	0.0
36	660.000	288.8	0.0	0.0	0.0
37	680.000	318.8	0.0	0.0	0.0
38	700.000	322.9	0.0	0.0	0.0
39	720.000	188.8	0.0	0.0	0.0
40	722.017	173.8	0.0	0.0	0.0
41	740.000	282.1	0.0	0.0	0.0
42	753.921	192.4	0.0	0.0	0.0
43	760.000	241.1	0.0	0.0	0.0
44	780.000	328.6	0.0	0.0	0.0
45	800.000	293.4	0.0	0.0	0.0
46	820.000	41.6	2.3	0.0	0.0
47	840.000	154.9	0.0	0.0	0.0
48	860.000	83.7	12.8	0.0	0.0
49	880.000	131.8	1.3	0.0	0.0
50	900.000	159.4	0.0	0.0	0.0
51	920.000	163.5	0.0	0.0	0.0
52	940.000	118.1	0.0	0.0	0.0
53	960.000	69.3	0.0	0.0	0.0
54	980.000	23.5	3.8	0.0	0.0
55	1000.000	1.2	11.9	0.0	0.0

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
56	1020.000	0.0	35.7	0.0	0.0
57	1040.000	0.0	86.3	0.0	0.0
58	1060.000	0.0	52.5	0.0	0.0
59	1080.000	0.0	69.6	0.0	0.0
60	1100.000	0.0	89.4	0.0	0.0
61	1120.000	0.0	93.4	0.0	0.0
62	1140.000	0.0	100.5	0.0	0.0
63	1160.000	0.0	127.8	0.0	0.0
64	1180.000	0.0	156.6	0.0	0.0
65	1200.000	0.0	216.0	0.0	0.0
66	1220.000	0.0	242.8	0.0	0.0
67	1240.000	0.0	114.8	0.0	0.0
68	1240.239	0.0	84.0	0.0	0.0
69	1254.743	0.0	164.4	0.0	0.0
70	1260.000	0.0	213.6	0.0	0.0
71	1280.000	0.0	364.8	0.0	0.0
72	1300.000	0.0	391.7	0.0	0.0
73	1320.000	0.0	399.7	0.0	0.0
74	1340.000	0.0	419.4	0.0	0.0
75	1360.000	0.0	458.5	0.0	0.0
76	1380.000	0.0	474.9	0.0	0.0
77	1400.000	0.0	466.9	0.0	0.0
78	1420.000	0.0	439.8	0.0	0.0
79	1440.000	0.0	411.7	0.0	0.0
80	1460.000	0.0	466.1	0.0	0.0
81	1480.000	0.0	480.7	0.0	0.0
82	1500.000	0.0	410.5	0.0	0.0
83	1520.000	0.0	383.0	0.0	0.0
84	1540.000	0.0	405.3	0.0	0.0
85	1560.000	0.0	418.9	0.0	0.0
86	1580.000	0.0	434.4	0.0	0.0
87	1600.000	0.0	416.5	0.0	0.0
88	1620.000	0.0	447.0	0.0	0.0
89	1640.000	0.0	364.8	0.0	0.0
90	1660.000	0.0	308.5	0.0	0.0
91	1680.000	0.0	330.2	0.0	0.0
92	1700.000	0.0	307.2	0.0	0.0
93	1720.000	0.0	297.6	0.0	0.0
94	1740.000	0.0	290.1	0.0	0.0
95	1760.000	0.0	303.0	0.0	0.0
96	1780.000	0.0	337.2	0.0	0.0
97	1800.000	0.0	419.9	0.0	0.0
98	1820.000	0.0	444.9	0.0	0.0
99	1840.000	0.0	391.2	0.0	0.0
100	1860.000	0.0	392.6	0.0	0.0
101	1880.000	0.0	330.2	0.0	0.0
102	1900.000	0.0	247.3	0.0	0.0
103	1920.000	0.0	195.0	0.0	0.0
104	1940.000	0.0	125.2	0.0	0.0
105	1960.000	0.0	154.3	0.0	0.0
106	1980.000	0.0	222.5	0.0	0.0
107	2000.000	0.0	415.1	0.0	0.0
108	2020.000	0.0	369.8	0.0	0.0
109	2040.000	0.0	354.6	0.0	0.0
110	2060.000	0.0	344.4	0.0	0.0

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
111	2080.000	0.0	332.5	0.0	0.0
112	2100.000	0.0	283.9	0.0	0.0
113	2120.000	0.0	245.9	0.0	0.0
114	2140.000	0.0	231.9	0.0	0.0
115	2157.890	0.0	102.3	0.0	0.0
		5951	19073	0	0