

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

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

Thème

Etude de l' évitement de la ville d'Ain oussera
sur 12 Km avec conception des giratoires

Proposé par :

S.A.E.T.I

Présenté par :

BOUKHETALA Med. elamine

SERRAT Yaaqoub

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

CHAPITRE IV.**PROFIL EN LONG**

IV.1. Définition.....	42
IV.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	42
IV.3. Les éléments du profil en long.....	42
IV.4. Coordination du tracé en plan et profil en long.....	43
IV.5. Déclivités.....	43
IV.6. Raccordement en profil en long.....	44
IV.7. Caractéristique des rayons en long.....	47
IV.8. Détermination pratique du profil en long.....	47
IV.9. Exemple de calcul profil en long.....	50

CHAPITRE V.**PROFIL EN TRAVERS**

V.1. Définition.....	52
V.2. Les éléments du profil en travers.....	52
V.3. Classification du profil en travers.....	54
V.4. Application au projet.....	54

CHAPITRE VI.**ETUDE GEOTECHNIQUE**

VI.1. Introduction.....	56
VI.2. Les objectifs principaux d'une étude géotechnique.....	56
VI.3. Les différents essais en laboratoire.....	56
VI.4. Les différents essais « in-situ ».....	63
VI.5. Condition d'utilisation des sols en remblais.....	64

CHAPITRE VII. DIMENSIONNEMENT DO CORPS DE CHAUSSEE

VII.1. Introduction.....	66
VII.2. Différents types de chaussée.....	66
VII.3. Facteurs pour les études de dimensionnement.....	68
VII.4. Les principales méthodes de dimensionnement.....	69
VII.5. Application au projet.....	71
VII.6. Conclusion.....	78

CHAPITRE VIII.**LES CUBATURES**

VIII.1. Introduction.....	79
VIII.2. Définition.....	79
VIII.3. Méthodes de calcul des cubatures.....	79
VIII.4. Calcul des cubatures de terrassement.....	82

CHAPITRE IX.**ASSAINISSEMENTLES**

IX.1. Introduction.....	83
IX.2. Objectif de l'assainissement.....	83
IX.3. Dimensionnement de fossés.....	85
IX.4. dimensionnement de bues.....	91
IX.5. Dimensionnement de dalot.....	93

CHAPITRE X.

CARREFOUR

X.1 Généralités :.....	96
X.2. Les types de carrefours.....	96
X.3. Principes généraux de l'aménagement des carrefours.....	97
X.4. Dimensionnement du carrefour de notre projet	97
X.5. Choix de l'aménagement du carrefour :	99

CHAPITRE XI.

SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

1^{ER} PARTIE

SIGNALISATION

XI.1 . Introduction	101
XI.2. Dispositifs de retenue..	101
XI.3. Signalisation.....	102
XI.4. Les types de signalisation.....	102
XI.5. Application au projet.....	104

2^{EME} PARTIE

ECLAIRAGE

XI.1. Introduction.	107
XI.2. Catégories d'éclairage.....	107
XI.3. Paramètres de l'implantation des luminaires.....	108
XI.4. Application au projet.....	108

CHAPITRE XII

L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1. Introduction.....	109
XIII.2. Cadre juridique.....	109
XIII.3. L'impact sur l'agriculture.....	109
XIII.4. L'impact sur la nature.....	110
XIII.5. L'impact sur les habitants.....	110
XIII.6. Conclusion.....	111

CHAPITRE XIII

DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

XIII Devis Quantitatif Estimatif	112
---	-----

CONCLUSION

CONCLUSION	114
------------------	-----

BIBIOGRAPHIE

BIBIOGRAPHIE	115
--------------------	-----

INTRODUCTION

Parmi les infrastructures de transport, les routes est sans doute l'un de ceux qui sont liés le plus étroitement avec l'environnement.

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de **85%** du volume de transport de marchandises et de voyageurs. C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays.

La route représente aussi au niveau de la collectivité nationale un puissant facteur de cohésion, tandis qu'en accélérant les liaisons entre les grandes métropoles économiques, elle constitue un atout majeur en faveur de la compétitivité internationale d'une nation industrielle.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire l'étude de l'évitement de la ville de ain oussara du tronçon routier (**RN1**) qui se situé dans la Wilaya de **djelfa**.

La RN1 a une importance stratégique pour le réseau routier national, car elle se situ a mi chemin entre L'EST et L'OUEST la RN1 c la TRANSSAHARIENNE qui relie ALGER – TAMANRASSET-IN GUEZZAM .

Ce projet de l'évitement étant nécessaire, compte tenu de :

- ✓ L'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.
- ✓ Développement important due a l'extension de la ville de ain oussara .
- ✓ Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.



Relief, géologie, hydrographie :

*La commune de Aïn Oussara se trouve dans la zone des haut plateau à une altitude moyenne de 700 mètres. Au nord on trouve la dépression **Feïdh Lalla** qui rejoint lors des fortes précipitations celle qui forme le barrage de Boughezoul. Au nord-est se trouve le point culminant, le **Djebel Ezerga** qui marque la fin de la plaine. Au sud on trouve la vaste plaine fertile de Boucedraïa. Elle jouit d'un climat continental, froid et assez humide en hiver, très chaud et sec en été. La saison du printemps y est très courte. Le niveau des précipitations est très capricieux, si bien qu'il peut varier du simple au double*

Transports :

Aïn oussera, jouit d'une position à mi-chemin entre l'Est et l'Ouest et est traversée par la Route Nationale 1 (transsaharienne), qui relie Alger à Tamanrasset

Démographie :

La ville de Ain Oussara est la troisième plus grande ville du département de Djelfa. Elle compte plus de 101 239 habitants selon le dernier recensement de 2008. Ses habitants, les Rahmans, sont encore majoritaires parmi la population de la ville. Et depuis les années 1980, Ain Oussara a connu l'arrivée massive de personnes venues d'horizons divers, de l'Algérois de l'Est de l'Ouest Algérien et des villes intérieures proches telles que Ksar Chellala, Sidi Ladjel, Birine et Ksar el Boukhari.

Évolution démographique			
1936	1987	1998	2008
13 300	46 695	82 597	101 239

Vie quotidienne et économie :

Les activités économiques se rapportent essentiellement à l'élevage ovin, l'agriculture dans la plaine du Sersou toute proche, les activités du tertiaire et le petit commerce. À la sortie sud de la ville, se trouve une vaste zone d'activités. S'y sont implantées quelques industries de transformation : une minoterie, une usine de polystyrène, une verrerie, une fabrique de tuyauteries, une Laiterie et une grande usine d'habillement.

La commune abrite d'importantes installations militaires, une base aérienne à 8 Km au nord de la ville ainsi qu'une centrale nucléaire à 32 km au nord est, sur la commune de Benhar.

I.2. Présentation du projet :

Notre projet consiste à éviter la ville de ain oussera (la RN1) qui se situ dans la wilaya de djelfa.

L'itinéraire de projet se situe dans un terrain plat et se caractérise par une faible sinuosité (E1), et moyenne déclivités, il est classé en catégorie (C1) et la vitesse de base du projet est estimée à 80 km/h et 50 km/h au niveau de carrefour.

problématique de la ville de ain oussera:

Notre étude a pour objet de trouver les solutions nécessaires pour éviter les problèmes qui se posent sur l'axe (RN 1) qui passe par la ville de ain oussera, axe reliant la ville d'alger à celle de tamanrasset.

- ✓ La présence d'un grand nombre de poids lourds qui transitent par la ville et qui engendrent une congestion de la circulation
- ✓ L'augmentation du nombre d'accidents au niveau de la RN 1 (d'après les statistiques de la gendarmerie).
- ✓ Le Bruit des véhicules (nuisances sonores) surtout du poids lourd.

I.3. Objectif de l'étude :

Notre objectif principal consiste à éviter la ville de ain oussera par un évitement qui garanti un meilleur niveau de service en (2x2voies) avec un séparateur (TFC),

sachant que :

Le profil en travers de la route existante RN 1 se présente comme suit :

- ✓ Une chaussée bidirectionnelle de largeur de 7m
- ✓ Une largeur d'accotement 1.80m

Pour atteindre l'objectif visé, notre travail a été structuré comme suit :

- ✓ Étudier le trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- ✓ Procéder à un dimensionnement de corps de chaussée neuve pour notre projet
- ✓ Concevoir la géométrie en plan, en long et en travers du projet.
- ✓ Étudier l'assainissement du projet en tenant compte de l'existant.

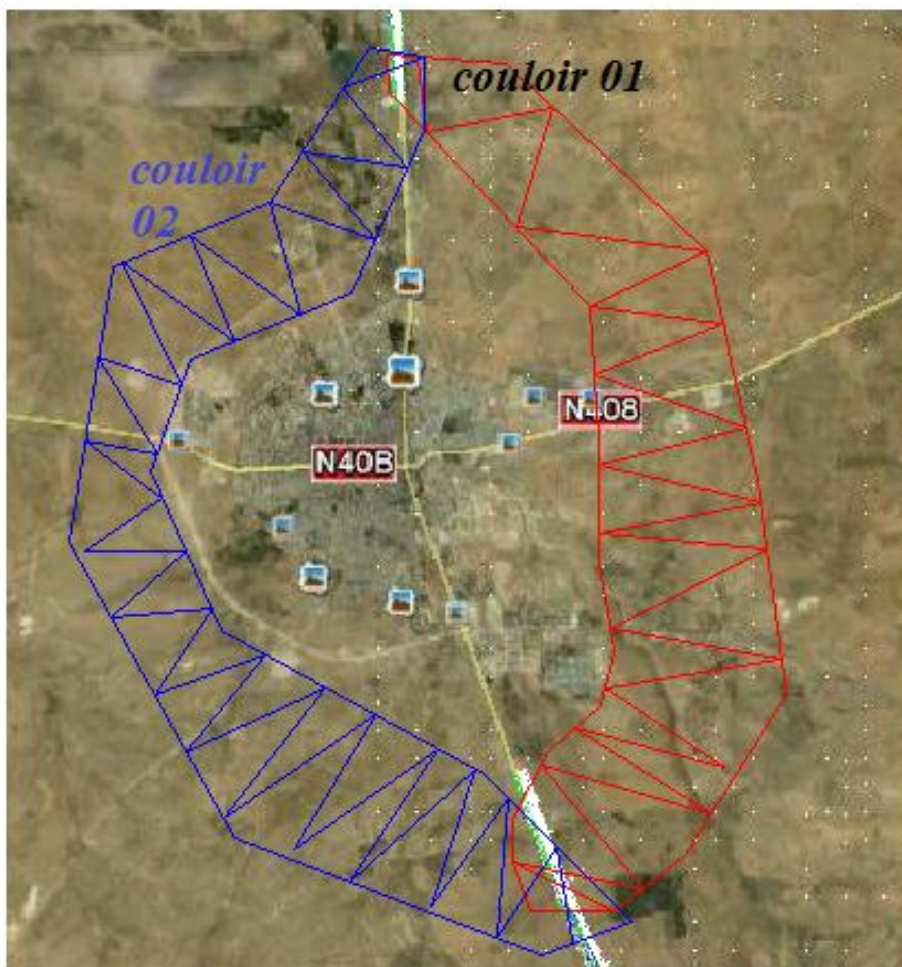
1) INTRODUCTION:

L'objectif de la phase préliminaire est de projeter deux ou plusieurs couloirs (quand le relief le permet) représentatifs du tracé de principe et la comparaison de ces couloirs sur les plans suivants :

- *Caractéristiques techniques.*
- *Description et estimation des ouvrages.*
- *Comparaison des impacts.*

2) Localisation des fuseaux retenus :

L'expansion et le développement de la ville de ain oussera s'étant effectué du coté ouest, les possibilités d'entrevoir des couloirs possibles sont limitées. Les couloirs ainsi projetés (voir schéma synoptique planche N°1) sont les suivants :



- *La première possibilité est de passer du côté Est de la ville, ce couloir limité par l'agglomération du côté Ouest, Ce couloir est large, il se caractérise par l'intersection du RN40b reliant la localité de benhar a ain oussara,*
- *La deuxième possibilité est de passer du côté Ouest de la ville, ce couloir est limité par l'agglomération du côté Est .et se couloir contient un domaine militaire.*

3) Description des couloirs :

1^{er} couloir :

Le premier couloir passant par l'Est de la ville de ain oussara a une largeur variant entre 3.000,00 et 800,00 mètres, il franchit successivement les obstacles suivants :

- *RN40b vers benhar (carrefour à projeter).*
- *Oued el (ouvrage d'art à projeter).*



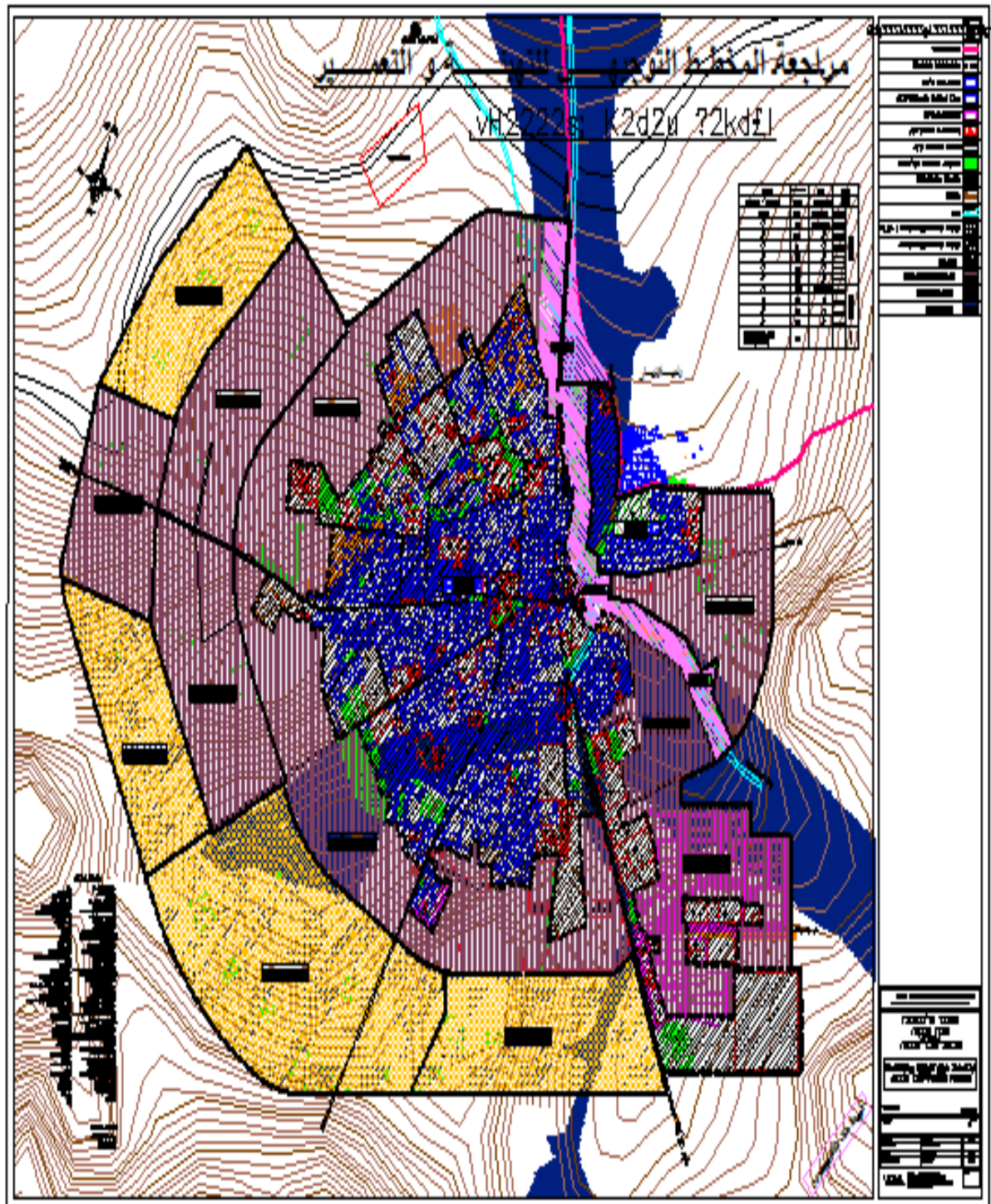
2^{eme} couloir :

Le deuxième couloir passe du côté Ouest de la ville de ain oussara à une largeur varie entre 1000 m et 300 m, en franchissant successivement :

- *Cisaillement avec le RN40b vers SIDI LADJEL (carrefour à projeter).*

Choix de couloir :

Pour le choix de couloir on a choisi le couloir N01 au lieu du couloir N02. car le couloir N01 les contraintes sont presque négligable et par contre dans le couloir N02 on se croisent avec le domaine militaire et on a aussi l'extention de la ville qui se développe dans le coté ouest et sela se résume dans la figure suivante.



Et pour se choix de couloir on a adopter trois variantes



1) Description des variantes :

Variante 1 :

L'origine de la variante 1 est la RN1 au nord de l'agglomération d'Ain oussera en traversant oued une fois puis en traversant la RN40B et aussi un chemin de commune, en franchissant successivement oued et rejoignant finalement la RN1 au sud de l'agglomération de Ain oussera

Variante 2 :

L'origine de la variante 2 est la RN1 au nord de l'agglomération d'Ain oussera en traversant oued une fois puis en traversant la RN40B et aussi un chemin de commune, en franchissant successivement oued et rejoignant finalement la RN1 au sud de l'agglomération de Ain oussera

Variante 3:

L'origine de la variante 3 est la RN1 au nord de l'agglomération d'Ain oussera en traversant oued, et la décharge de la ville de Ain oussera une fois puis en traversant la RN40B et aussi un chemin de commune, en franchissant successivement oued et rejoignant finalement la RN1 au sud de l'agglomération de Ain oussera

Remarque :

Pour le raison de la décharge de la ville de Ain oussera en a éliminé la troisième variante, en fait l'étude APS avec les deux premiers variantes



2) Estimation des couts de construction :Bordereaux des prix unitaire :

DESIGNATION	UNITE	PRIX UNITAIRE
Décapage de la terre végétale	m ³	80
<u>Terrassement :</u>		
• Déblais mise en dépôt.	m ³	450
• remblais en provenance d'emprunt <5 Km.	m ³	650
<u>Chaussée :</u>		
• Couche en TVO pour l'accotement.	m ³	1200
• Couche de base en GB (densité 2.2 T/m ³).	T	5400
• Couche de roulement en BB (densité 2.4 T/m ³).	T	6000

Estimation de la chaussée :

Calcul des prix au mètre linéaire de la plate forme.

1- Couche de roulement en BB (épaisseur 6cm, densité 2.4 T/m³) :

- Volume : $7 \times 0.06 \times 1 = 0.42 \text{ m}^3$.
- Poids : $0.56 \times 2.4 = 1.01 \text{ T}$.
- Estimation : $1.01 \times 6000 = 6060 \text{ DA}$.

2- Couche d'accrochage (0.8 kg/m²) :

- Surface : $7 \times 2 = 14 \text{ m}^2$.
- Estimation : $14 \times 75 = 1050 \text{ DA}$.

3- Couche de base en GB (épaisseur 23cm, densité 2.2 T/m³) :

- Volume : $7 \times 0.23 \times 1 = 1.61 \text{ m}^3$.
- Poids : $1.61 \times 2.2 = 3.54 \text{ T}$.
- Estimation : $3.54 \times 5400 = 19126,80 \text{ DA}$.

5- Couche en TVO pour l'accotement :

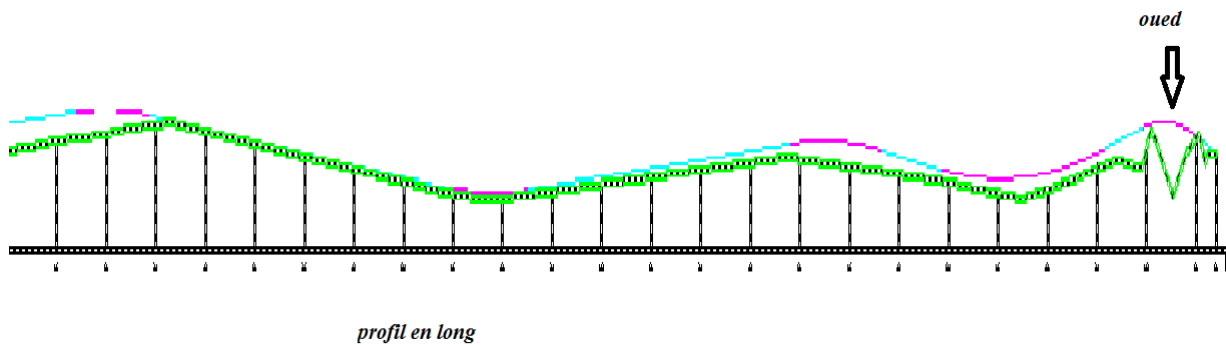
- Volume : $1.8 \times 0.23 \times 1 = 0.414 \text{ m}^3$.
- Estimation : $0.414 \times 1200 = 496,80 \text{ DA}$.

Coût pour une chaussée à 2*2 voies :

$$(6060 + 1050 + 19126,80 + 496,80) * 2 = 53467,20 \text{ DA/ml}$$

Coût Estimatif de chaque variante :

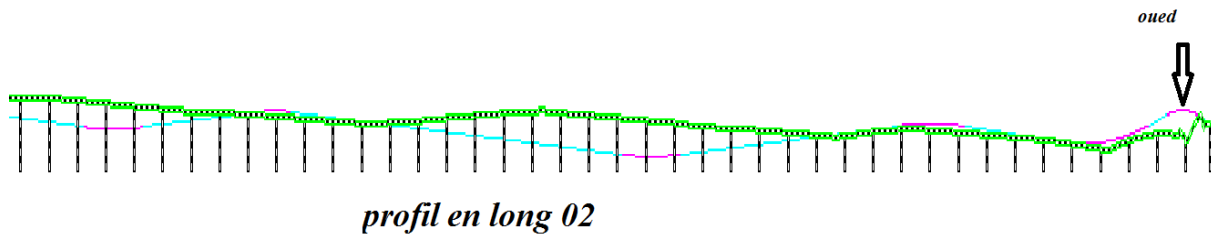
Variante 1:



- Partie route : longueur 11km+670,3m

Désignation	Unité	prix unitaire (DA)	Quantité	Montant (DA)
<u>Terrassement :</u>				
-Décapage de la terre végétale.	m ³	80	54671	4373680.00
-Déblais mise en dépôt.	m ³	450	102128	45957600.00
-remblais en provenance d'emprunt <5 Km.	m ³	650	97367	63288550.00
Total terrassement				113619830.00
Chaussée	ml	53467,20	11670.3	623978264.2
Ouvrage d'art				00000
Total général				737598094.2

Variante 2 :



- *Partie route : longueur 12km+892,4m*

<i>Désignation</i>	<i>Unité</i>	<i>prix unitaire (DA)</i>	<i>Quantité</i>	<i>Montant (DA)</i>
<u>Terrassement :</u>				
-Décapage de la terre végétale.	m^3	80	63378	5070240.00
-Déblais mise en dépôt.	m^3	450	198526	89336700.00
-remblais en provenance d'emprunt <5 Km.	m^3	650	131631	85560150.00
<i>Total terrassement</i>				<i>179967090.00</i>
<i>Chaussée</i>	<i>ml</i>	<i>53467,20</i>	<i>12892.4</i>	<i>689320529.3</i>
<i>Ouvrage d'art</i>				<i>000000</i>
<i>Total général</i>				<i>869287619.3</i>

3) Comparaison des variantes :

Variante 1 :

Cout de construction : 737598094.2DA (63204635.32 DA/Km)

<i>Avantages</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cout de construction moyen.</i> • <i>Longueur moyenne.</i> • <i>Moins de terrassements.</i>

Variante 2 :

Cout de construction : 869287619.3 DA (67426361.21 DA/Km)

<i>Inconvénients</i>
<ul style="list-style-type: none">• <i>Longueur importante.</i>• <i>Cout de construction élevé</i>• <i>Grand terrassement.</i>

4) Conclusion :

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

II-ETUDE DU TRAFIC

II.1.Introduction :

L'étude de trafic est étape primordiales dans toute réflexion relative à un projet routier .cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic , son agressivité est aussi le type d' aménagement à réaliser .le trafic journalier moyen annuel (TJMA) nécessaire pour déterminer les différent caractéristique d'un tronçon routier (nombre de voie ,type d'échange ,et aussi le dimensionnement de la chaussée).

L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des flux transitoires :

- ✓ De transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération.
- ✓ La nature des flux, pour déterminer les points des changes.
- ✓ Le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les investissements.
- ✓ Les mouvements directionnels permettant de définir les caractéristiques des échanges.
- ✓ Le niveau de trafic poids lourds déterminant directement le dimensionnement de la structure de la chaussée.

L'étude de trafic comporte en général, les cinq étapes suivantes :

- ✓ La définition du réseau concerné.
- ✓ L'analyse des trafics existents.
- ✓ L'examen des conditions de circulation.
- ✓ La projection des trafics.
- ✓ L'affectation des trafics.

II.2.l'analyse du trafic :

Pour connaitre en un point et un instant donnée le volume et la nature de trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage .ces dernier nécessitent une logistique et une organisation appropriée.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier nécessaires pour l'élaboration des plans l'aménagement ou transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilisée des travaux projetés.

Les méthodes utilisées peuvent être classée en deux catégories :

- ✓ Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages (automatiques, manuels, directionnels, directionnel par numéro de voiture au film).
- ✓ Celles qui en outre permettant d'obtenir renseignements qualificatifs : les enquêtes de circulations (simplifiée, complète, de stationnement, mesure de la vitesse, pesées d'essieux.

1. La mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

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

1.a. Les Comptages :

C'est l'élément de base de l'étude de trafic, on distingue essentiellement :

- ✓ Les comptages automatiques.
- ✓ Les comptages manuels

➤ Les comptages automatiques :

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

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

Les comptages permanents : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

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

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

➤ Les comptages manuels :

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

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (**T.J.M.A**).

1.b. Les Enquêtes Origine Destination :

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

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. Il existe plusieurs types d'enquêtes :

➤ Les Enquêtes papillons ou distribution des cartes :

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

- ✓ *Les avantages de la méthode :* sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.
- ✓ *Les inconvénients de la méthode :* c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

➤ Relevé des plaques minéralogiques :

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre à chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

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

➤ Interview des conducteurs :

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

- ✓ Origine et destination,
- ✓ Motif du déplacement,
- ✓ Fréquence et durée,
- ✓ Trajet utilisé,

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

➤ Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage :

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et

obtenir de nombreux renseignements, en général ,ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

Il est utilisé la définition d'une politique de déplacement plurimodale et permet d'alimenter ensuite des études particulières relatives à des projet d'aménagement.

Ce type d'enquête est couteux et son dépouillement est particulièrement lourd.

II.3. Différents types de trafics :

1. Trafic normal :

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

2. Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant le même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différent moyen d'atteindre la même destination.

3. Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

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

4. Trafic total :

C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

II.4. Calcul de la capacité :

1. Définition De La Capacité :

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

La capacité dépend :

- ✓ Des conditions de trafic.
- ✓ Des conditions météorologiques.
- ✓ Le type d'utilisateurs habitués ou non à l'itinéraire.
- ✓ Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre)

- ✓ Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).

2. Projection Future Du Trafic :

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

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

Avec :

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

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

n : nombre d'année.

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

3. Calcul De Trafic Effectif :

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

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

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

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

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend :

Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

Tableau II.1: coefficient d'équivalence

4. Débit De Pointe Horaire Normal :

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

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

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

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

T_{eff} : trafic effectif.

5. Débit Horaire Admissible :

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

$$Q_{adm} = K1K2.C_{th}$$

K1 : coefficient lié à l'environnement.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau II.2 : Valeur de K1

K2 : coefficient de réduction de capacité.

Environnem	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.3 : valeur de K2

C_{th} : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

Tableau II.4 : valeur de la capacité théorique C_{th}

6. Détermination Nombre Des Voies :

6.a. *Cas d'une chaussée bidirectionnelle* : on compare Q à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q .

6.b. *Cas d'une chaussée unidirectionnelle* : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S.Q/Q_{adm}$.

Avec :

Q_{adm} : débit admissible par voie.

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

CAPACITES DES ROUTES EN UVP/H									
LARGEUR DES ACCOTEMENTS (DES DEUX COTE DE LA CHAUSSEE)	LARGEUR DE CHAUSSEE UNIQUE								DEUX(2) CHAUSSEE
	02 VOIES				03 VOIES		04 VOIES		AUTOROUTE
	4m	5m	6m	7m	9m	10,5m	12m	14m	ROUTE EXPRESS
1,80m	1100	1300	1600	2000	2600	3200	3000	3400	1800
1,20m	1000	1200	1500	1900	2400	3000	(4500)	(5100)	(5400)
0,60m	X	1100	1350	1700	2200	2700	(4400)	(5000)	(5300)
0,00m	X	X	1200	1500	2000	2400	(4300)	(4800)	(5100)
							(4000)	(4500)	(4500)

Capacités des routes (B40)

II.5. Application au projet:

1. Les données de trafic:

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par S.A.E.T.I qui sont les suivants :

- ✓ Le trafic à l'année 2011 $TJMA_{2011}=10313\text{v/j}$.
- ✓ Vers la ville $TJMA_{2011}=2681\text{ v/j} \rightarrow 26\%$.
- ✓ Vers l'évitement $TJMA_{2011}=7632\text{ v/j} \rightarrow 74\%$.
- ✓ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$.
- ✓ La vitesse de base sur le tracé $V_b=80\text{km/h}$.
- ✓ Le pourcentage de poids lourds $Z=25\%$.
- ✓ L'année de mise en service sera en 2014.
- ✓ La durée de vie estimée à 20 ans.

2. Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2014)

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

Avec :

$TJMA_h$: trafic à l'horizon

$TJMA_o$: trafic à l'année zéro (origine 2011).

$$TJMA_{2014} = 7632(1 + 0,04)^3 = 8584.96\text{ v/j}$$

Donc : $TJMA_{2014} = 8585\text{v/j}$.

Trafic à l'année (2034) pour une durée de vie de 20ans .

$$TJMA_{2034} = 8585x (1 + 0,04)^{20} = 18810.79\text{ v/j}$$

Donc : $TJMA_{2034} = 18811\text{v/j}$.

3. Calcul du trafic effectif :

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

Avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds en uvp

Pour une route à de bonne caractéristique et un environnement **E1** ona : $p= 2$

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à **25%**

$$T_{\text{eff}2034} = [(1 - 0.25) + 2x 0.25] 18811 = 23514\text{ uvp/j}$$

Donc :

$T_{\text{eff}2034} = 23514\text{ uvp/j}$

4. Débit de pointe horaire normale :

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

Avec:

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

$$Q_{2034} = 0.12 \times 23514 = 2822 \text{ uvp/h}$$

Donc :

$$Q_{2034} = 2822 \text{ uvp/h}$$

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

$$Q \leq Q_{\text{adm}}$$

$$Q \leq K1 \times K2 \times C_{\text{th}}$$

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

$$\Rightarrow C_{\text{th}} \geq 2822 / (0.75 \times 1)$$

$$\Rightarrow C_{\text{th}} \geq 3763 \text{ uvp/h}$$

Largeur des accotements	Capacités des routes en uvp/h d'une chaussée séparée
1.8 m	1800 (5400)
1.2 m	1750 (5300)
0.6 m	1700 (5100)

$$C_{\text{th}} = 1800 \text{ uvp /h}$$

Et pour des raisons de continuité du profil en travers, nous avons opté pour un profil à chaussée séparée de (2x2 voies de 3.5m) et des accotements de 1.8m de chaque coté, avec TPC de 2m.

5. Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

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

Avec :

K1: coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour E1

K2: coefficient correcteur pris égal à 1 pour environnement (E1) et catégorie (C2)

Cth: capacité théorique :

$C_{th} = 1800$ uvp/h (d'après le B40 pour E1, C2 et pour une chaussée à 2 voies et 1.80m d'accotement).

$$Q_{adm} = 0,75 \times 1,00 \times 1800$$

Donc :

$$Q_{adm} = 1350 \text{ uvp/h}$$

6. Le nombre de voies :

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

Avec : $S = 2/3$

$$N = (2/3) \times (2822/1350) = 1,4 \approx 2$$

Donc :

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

7. Calcul de l'année de saturation de 2X2 voies:

$$T_{eff\ 2014} = [(1 - 0,25) + 2 \times 0,25] \times 8585$$

$$T_{eff\ 2014} = 10731 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2014} = (0,12 \times 10731) \times (2/3) = 859 \text{ uvp/h.}$$

Donc :

$$Q_{2013} = 859 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = 2 \times Q_{admissible}$$

$$Q_{saturation} = 2 \times 1350 = 2700 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = 2700 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2013} \quad \Rightarrow$$

$$n = \frac{\ln(Q_{saturation}/Q_{2013})}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{2700}{859}\right)}{\ln(1+0,04)} = 29,06 \approx 29 \text{ ans}$$

Donc :

$$n = 29 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée **29ans** après la mise en service donc l'année de saturation est :

$$\text{Année : 2043}$$

Tableau II.5 : Les calculs sont représentés dans le tableau suivant

TJMA ₂₀₁₁ (v/j)	TJMA ₂₀₁₄ (v/j)	TJMA ₂₀₃₄ (v/j)	Teff ₂₀₃₄ (uvp/j)	Q ₂₀₃₄ (uvp/h)	N
7632	8585	18811	23514	2822	2

III. TRACE EN PLAN

III.1. Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- ✓ Trace de son axe en situation ou en plan.
- ✓ Tracé cette axe en élévation ou profil en long.
- ✓ Profil en travers.

III.2. Définition de trace en plan :

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

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

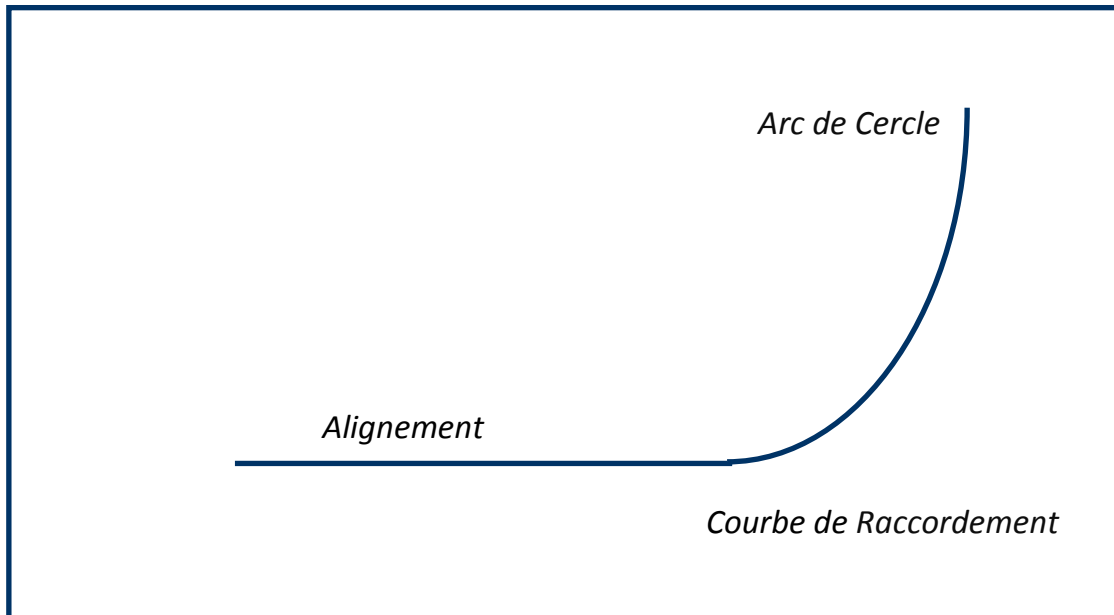
III.3. Les règles a respecter pour le trace en plan :

- ✓ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- ✓ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques ; si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- ✓ Adapter au maximum le terrain naturel.
- ✓ Appliquer les normes du B40.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Respecter la cote des plus hautes eaux.
- ✓ Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- ✓ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- ✓ Se raccorder sur les réseaux existants.
- ✓ S'inscrire dans le couloir choisi.

III.4. Les Elements du trace en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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



1. Les alignements :

L'alignement est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont très déconseillés.

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

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

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement est justifié:

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

Donc la longueur des alignements dépend de:

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

1.a. Règles concernant la longueur des alignements :

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

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

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

V_B : vitesse de base en km/h.

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

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

2. Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

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

III.5. Stabilité en courbe :

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

1. Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

$$RHM = \frac{V_B^2}{127 (f_t + d_{max})}$$

f_t : coefficient de frottement transversal.

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

2. Rayon minimal normal (RHN) :

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

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

3. Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

Dévers associé :

- $d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1 - 2
- $d_{min} = 3\%$ en catégorie 3 - 4

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

4. Rayon minimal non déversé (RHnd) :

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

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.035}$$

Pour notre projet situé dans un environnement (E_1), et classé en catégorie 1 (C_1) avec une vitesse de base de 80km/h, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

Paramètres	Symboles	Valeur
Vitesse (Km/h)	V	80
Rayon horizontale minimale (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

Tableau III.1: rayons du tracé en plan

5. Sur largeur :

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

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

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

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

R : rayon de l'axe de la route ($R < 200$ m).

III.6. Les courbes de raccordement :

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

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

1. Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

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

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

- ✓ Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

2. Types de courbe de raccordement :

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

- ✓ Parabole cubique.
- ✓ Lemniscate.
- ✓ Clothoïde.

2.a. Parabole cubique :

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

2.b. Lemniscate :

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

2.c. Clothoïde :

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

La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

3. Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L .

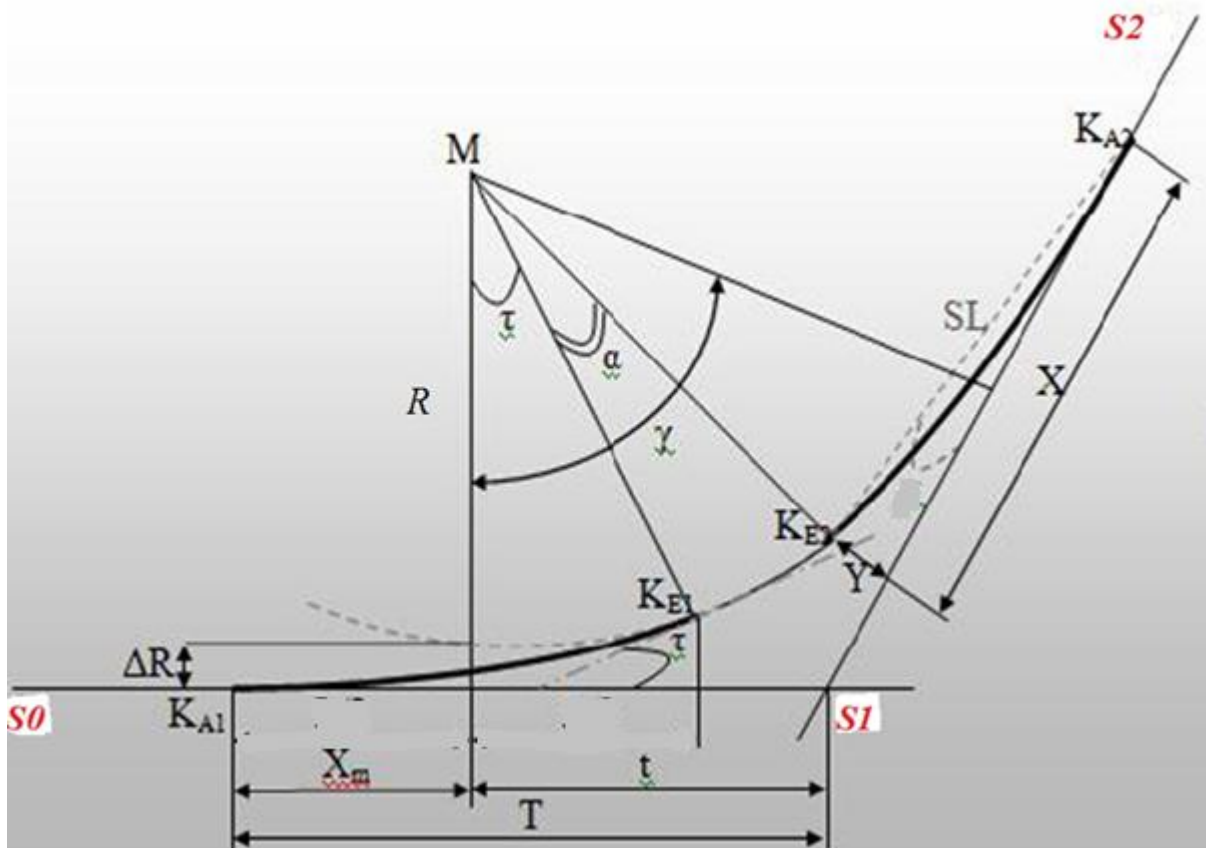
On pose :

$$1/C = A^2$$



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

$$K = C \times L = \frac{1}{R}$$

-Éléments de la Clothoïde

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

- Y : ordonnée de KE

4. Les conditions de raccordement :

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

4.a. Condition de confort optique :

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

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

➤ **Règle générale (B40) :**

$$\tau \geq 3^\circ \Rightarrow \tau \geq \frac{1}{18 \text{ rad}} \Rightarrow \frac{L}{2R} \geq \frac{1}{18}$$

$$\Rightarrow \frac{A^2}{2R^2} \geq \frac{1}{18} \rightarrow A \geq \frac{R}{3}$$

4.b. Condition de confort dynamique :

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

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

V_B : vitesse de base (km/h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

4.c. Condition de gauchissement :

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

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

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

Note :

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

Cette variation est limitée à 2%.

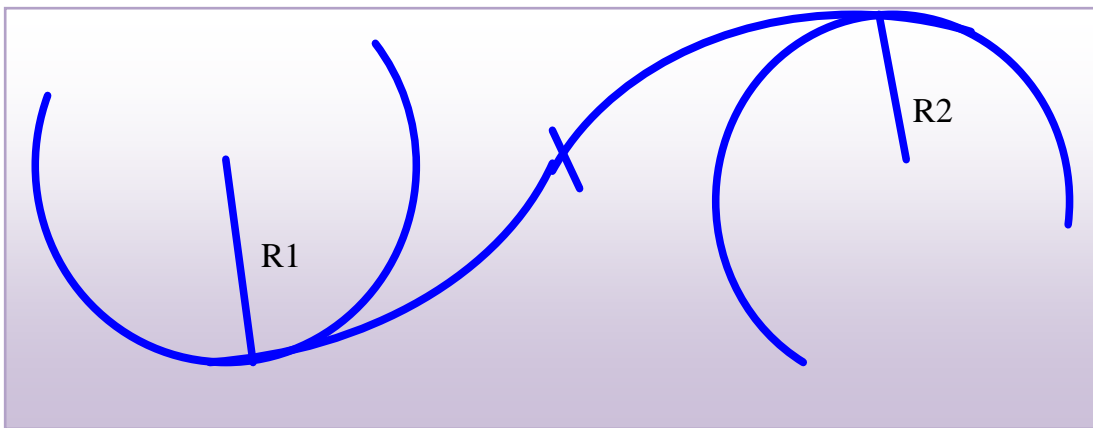
$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V^2}{36 B}$$

III.7. Combinaison des éléments du tracé en plan :

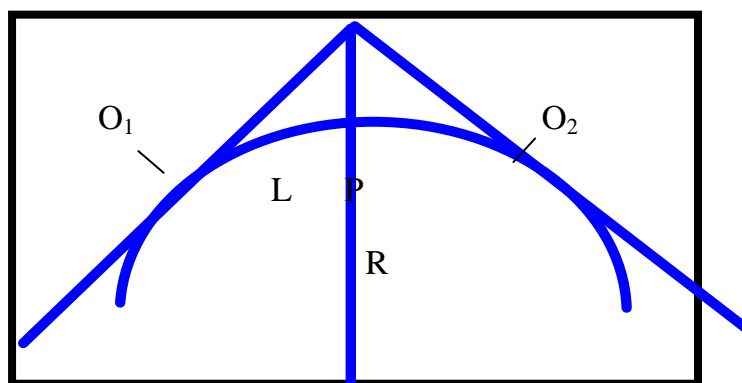
La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

1. Courbe en S :

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

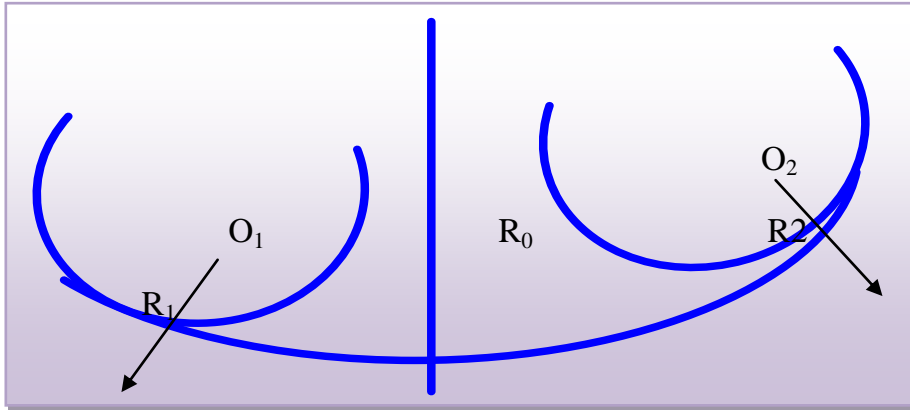
2. Courbe à sommet :

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



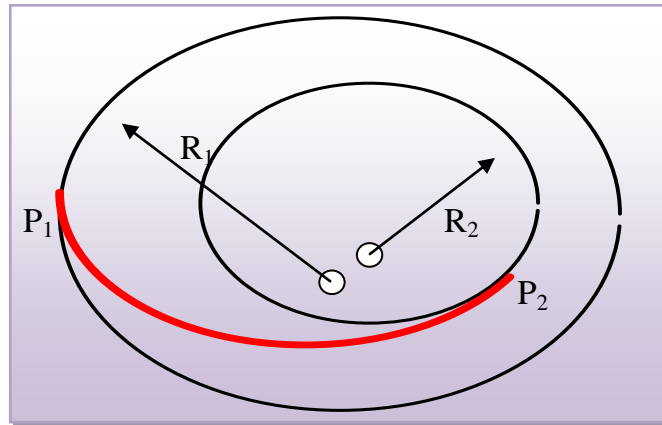
3. Courbe en C :

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



4. Courbe en Ove:

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



III.8. Notion de devers :

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

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

1. Devers en alignement :

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

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

2. Devers en courbe :

Le devers en courbe permet :

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

3. Rayon de courbure :

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

4. Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de rayon $\geq R_{Hnd}$ le devers est égal à 2.5% et pour les courbes de rayon $R < R_{Hnd}$ un calcul de devers peut être fait par

l'interpolation en « $1/R$ ».

$$R_{hm} < R < R_{Hn} \text{ on a : } \frac{d(R) - d(R_{Hm})}{1/R - 1/R_{Hm}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{Hn})}{1/R_{Hm} - 1/R_{Hn}}$$

$$R_{Hn} < R < R_{Hd} \text{ on a : } \frac{d(R) - d(R_{Hd})}{1/R - 1/R_{Hd}} = \frac{d(R_{Hn}) - d(R_{Hd})}{1/R_{Hn} - 1/R_{Hd}}$$

Les rayons compris entre R_{Hd} et R_{Hnd} sont au devers minimal mais des rayons supérieur à R_{Hnd} peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

Raccordement de devers :

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

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des clothoïde.

- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance D_{min} .
 D_{min} : appelée longueur de gauchissement.
- Pour les courbes en S, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le devers peut unique peut être conservé

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

III.9. La vitesse de référence (de base):

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

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

1. Choix de la vitesse de référence:

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ✓ Catégorie de route.
- ✓ Caractéristique de trafic et le poids lourd.
- ✓ Topographie.
- ✓ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

2. Vitesse de projet:

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

On entend par conditions normales:

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

III.10. Paramètres fondamentaux:

D'après le règlement des normes algériennes B40, pour un environnement E_1 et une catégorie C_2 avec aussi une vitesse de 80km/h on définit les paramètres suivants :

paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (Km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	L_{\min}	112
Longueur maximale (m)	L_{\max}	1333
Devers minimal (%)	d_{\min}	2.5
Devers maximal (%)	d_{\max}	7
Temps de perception réaction (s)	t_1	2
Frottement longitudinal	f_L	0.39
Frottement transversal	f_t	0.13
Distance de freinage (m)	d_0	65
Distance d'arrêt (m)	d_1	109
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d_m	320
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_n	480
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	d_{md}	200

Tableau III.2: Paramètres fondamentaux (1)

III.11. Calcul d'axe :

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

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

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

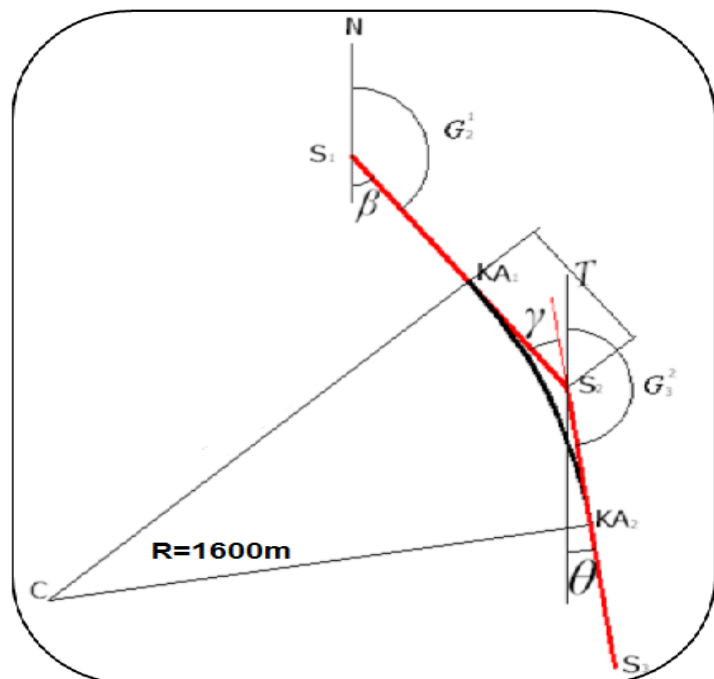
III.12. APPLICATION AU PROJET:

Axes	Rayons (m)	Longueur des axes (m)	Vitesses de basse (Km/h)
AXE : PK 00 PK 11+670	R = 3100 R = 1400 R = 2000 R=1500 R=5000 R=1600 R=1600	11670.296	80

- Exemple De Calcul D'axe Manuellement
(sant clothoïde):

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

$V_B=80\text{Km/h}$	X (m)	Y (m)	R (m)
S1	493461.443	3925825.643	1600
S2	492622.777	3926534.128	
S3	491631.873	3927019.114	



a)-Calcul des Gisements :

$$S_1 S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S_2} - X_{S_1}| = 838,666 \\ |\Delta Y| = |Y_{S_2} - Y_{S_1}| = 708,485 \end{array} \right.$$

$$S_2 S_3 \left\{ \begin{array}{l} \Delta X_1 = |X_{S_3} - X_{S_2}| = 990,904 \\ \Delta Y_1 = |Y_{S_3} - Y_{S_2}| = 484,986 \end{array} \right.$$

b)-Calcul des distances:

$$S_2 S_1 = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2} = \sqrt{838,666^2 + 708,485^2} = 1097,866866$$

$$S_3 S_2 = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{990,904^2 + 484,986^2} = 1103,22353$$

c)-Calcul des gisements :

$$B = \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 55,34 \text{ grades} \quad \text{Donc : } G_{s_1}^{s_2} = 144,66 \text{ grades}$$

$$G_{s_2}^{s_1} = 344,66 \text{ grades}$$

$$\theta = \arctg \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 71,02 \text{ grades} \quad \text{Donc : } G_{s_2}^{s_3} = 128,98 \text{ grades}$$

$$G_{s_3}^{s_2} = 328,98 \text{ grades}$$

d) Calcul de l'angle:

$$\gamma = |G_{s_2}^{s_3} - G_{s_1}^{s_2}| = 15,68 \text{ grades}$$

e) Calcul de L :

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

$$L = 15,68 * \frac{\pi}{200} * 1400$$

$$L = 393,882 \text{ m.}$$

f)-Calcul de la tangente :

$$T = R * \operatorname{tg}(\gamma/2)$$

$$T = 1600 * \operatorname{tg}\left(\frac{15.68}{2}\right)$$

$$T = 198.04 \text{ m.}$$

g)-Calcul des coordonnées :

$$A_1 = \begin{cases} X_{A1} = X_{S2} + T \sin(\beta) \\ Y_{A1} = Y_{S2} - T \cos(\beta) \end{cases}$$

$$\Rightarrow A_1 = \begin{cases} X_{A1} = 492622.777 + 198.04 \sin(55.34) = 492774,053 \text{ m} \\ Y_{A1} = 3926534,128 - 198.04 \cos(55.34) = 3926406,317 \text{ m.} \end{cases}$$

$$A_2 = \begin{cases} X_{A2} = X_{S2} - T \sin(\theta) \\ Y_{A2} = Y_{S2} + T \cos(\theta) \end{cases}$$

$$\Rightarrow A_2 = \begin{cases} X_{A2} = 492622.777 - 198.04 \sin(71.02) = 492444.904 \text{ m.} \\ Y_{A2} = 3926534.128 + 198.04 \cos(71.02) = 3926621.198 \text{ m.} \end{cases}$$

Remarque : Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

IV. PROFIL EN LONG

IV.1. Définition :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe de tracé. il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente sur rampe et des raccordements circulaires (ou paraboliques) par leur Rayon).

IV.2. Règles à respecter dans le trace du profil en long :

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

IV.3. Les éléments du profil en long :

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (Rampes et pentes) raccordés

par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

IV.4. Coordination du tracé en plan et profil en long :

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

- ✓ Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- ✓ De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- ✓ De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, passage souterrain ... etc.).

Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination trace en plan –profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- ✓ Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- ✓ Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- ✓ Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe
- ✓ Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

IV.5. Déclivités :

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

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

1. Déclivité Minimum :

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

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- ✓ Au moins **0,5%** et de préférences **1 %**, si possible.
- ✓ **I min= 0,5 %** dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément.
- ✓ **I min= 0,5 %** dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

2. Déclivité Maximum :

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

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

Donc : La déclivité maximale dépend de :

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

Selon les B40 :

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

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

IV.6. Raccordements en profil en long :

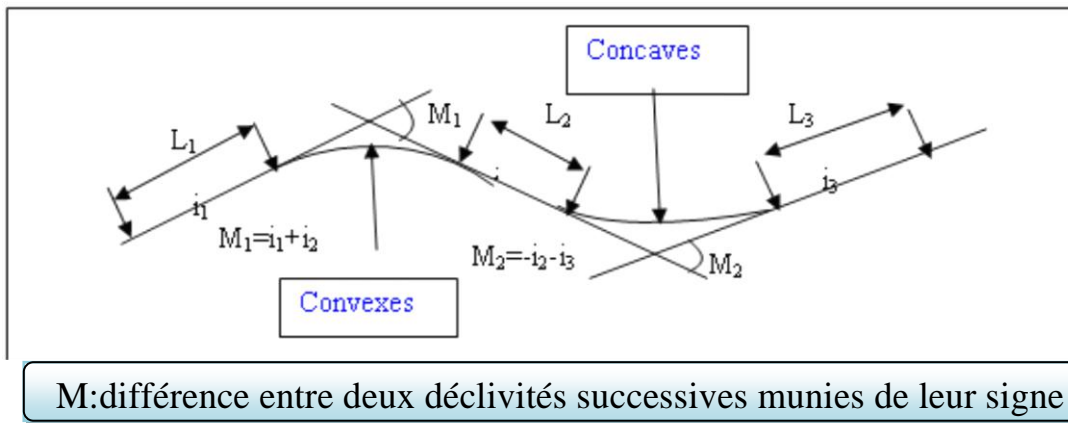
Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long ; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types raccords :

1. Raccordements Convexes (Angle Saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.



1.a. Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle soit limitée à $(0.3m/s^2$ soit $g/40$), le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à : $v^2/R_v < g/40$ avec $g = 10m/s^2$.

Tel que :

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

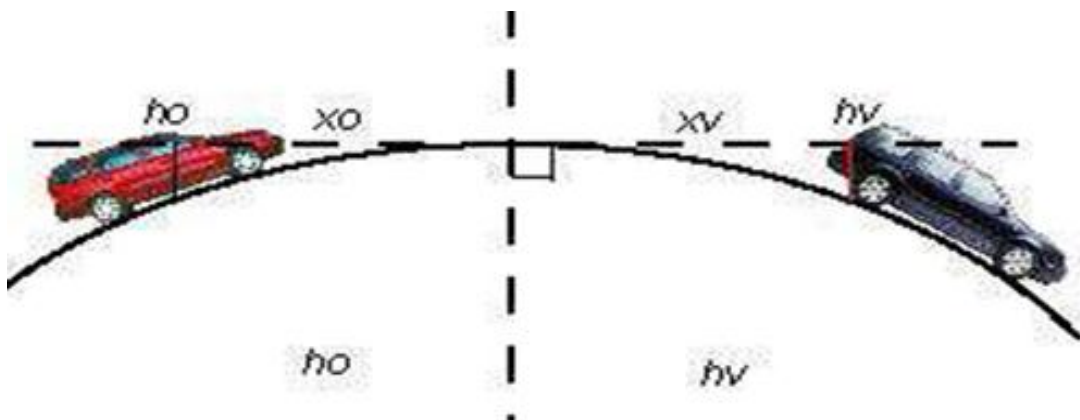
V : La vitesse de référence (km/h).

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

1.b. Condition de visibilité :

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

Il faut que pour 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 :

D_1 : distance d'arrêt (m),

h_0 : hauteur de l'œil (m),

h_1 : hauteur de l'obstacle (m),

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

2. Raccordements Concaves (Angle Rentrant):

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

Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec :

R'_v : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt.

2.6. Condition esthétique :

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

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

Avec :

d : changement des devers.

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

IV.7. Caractéristiques des rayons en long :

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

Catégorie		C1
environnement		E1
Vitesses de base (Km/h)		80
Rayon en angle saillant RV	Route unidirectionnelle : (2x2 voies) RVm1 (minimal absolu) en m RVn1 (minimal normal) en m	2500 6000
Rayon en angle rentrant RV	Route unidirectionnelle :(2x2 voies) RVm1 (minimal absolu) en m RVn1 (minimal normal) en m	2400 3000

Tableau-1

IV.8. Détermination pratiques du profil en long :

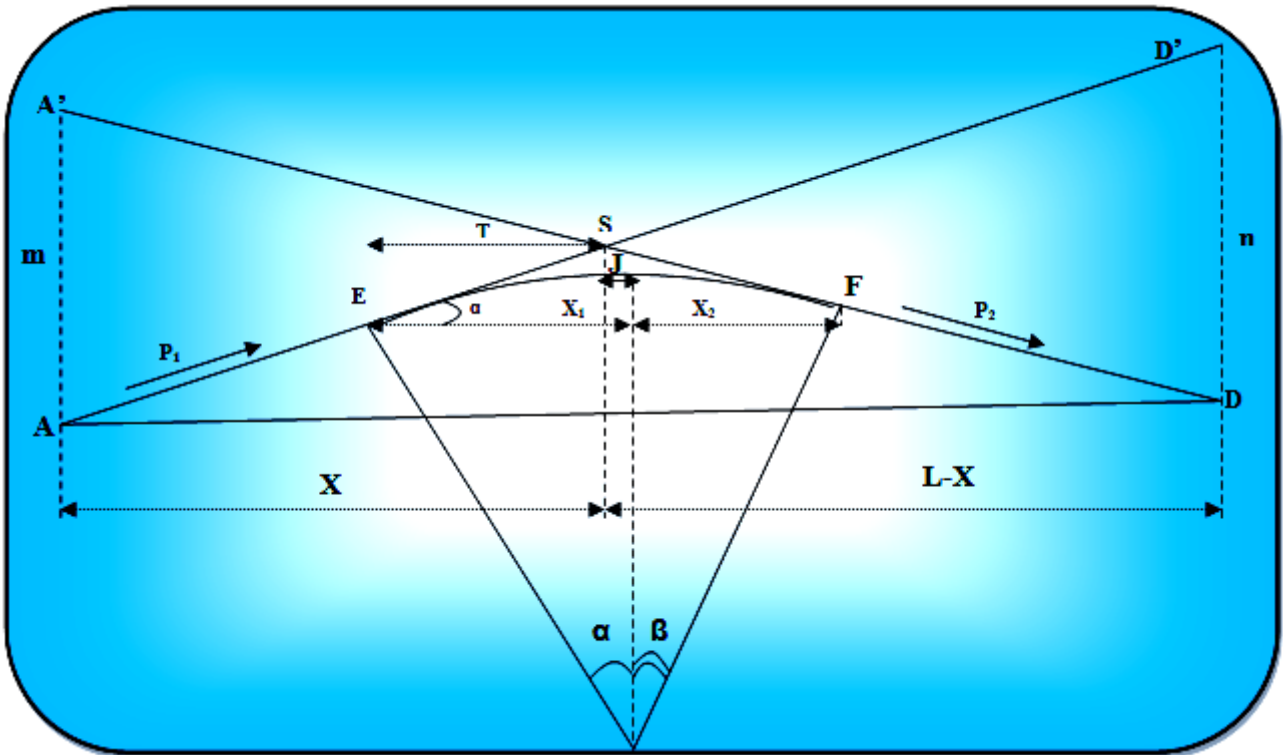
Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

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

A l'équation du parabole $X^2 - 2 R Y = 0 \Rightarrow Y = X^2 / 2R$

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

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



1. Détermination de la position du point de rencontre (s) :

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

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

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

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

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

2. Calcul de la tangente :

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

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

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

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = x_S - T \\ ZE = Z_S - T.P1 \end{array} \right. \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = x_S + T \\ ZF = Z_S + T.P2 \end{array} \right.$$

3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR=2T$$

4. Calcul de la flèche :

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

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

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

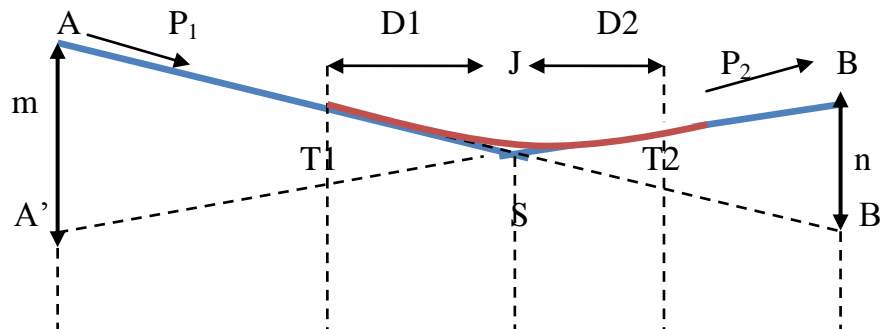
6. Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

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

$$\text{Avec : } X_1 = R.P_1 \\ X_2 = R.P_2$$

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

IV.9. Exemple de calcul profil en long:

Cotes	661.23	658.67	659.9
Distances cumulées	10594.015	10936.603	11160.67

$$R=3000 \text{ m}$$

$$A : \begin{cases} S_A = 10594.02 \text{ m} \\ Z_A = 661.23 \text{ m} \end{cases}$$

$$S : \begin{cases} S_S = 10936.603 \text{ m} \\ Z_S = 658.67 \text{ m} \end{cases}$$

$$B : \begin{cases} S_B = 11160.67 \text{ m} \\ Z_B = 659.9 \text{ m} \end{cases}$$

1. Calcul des pentes :

$$P_1 = \left| \frac{(Z_S - Z_A)}{(S_S - S_A)} \right| = \left| \frac{(658.67 - 661.23)}{(10936.60 - 10594.02)} \right| = 0.747 \%$$

$$P_2 = \left| \frac{(Z_B - Z_S)}{(S_B - S_S)} \right| = \left| \frac{(659.9 - 658.67)}{(11160.67 - 10936.60)} \right| = 0.55 \%$$

2. Calcul des tangentes :

$$T = (|P_1| + |P_2|) \times R/2 = (|0.747\%| + |0.55\%|) \times 6000/2 = 38.91 \text{ m}$$

3. Calcul des flèches :

$$H = T^2/2R = (38.91)^2 / (2 \times 6000) = 0.126 \text{ m}$$

4. Calcul des coordonnées des points de tangentes :**4.a. Calcul des coordonnées du point T₁ :**

$$\begin{cases} S_{T_1} = S_S - T = 10936.60 - 38.91 = 10897.69 \text{ m} \\ Z_{T_1} = Z_S + T \times |P_1\%| = 658.67 + 38.91 \times |0.747\%| = 658.96 \text{ m} \end{cases}$$

4.b. Calcul des coordonnées du point T₂ :

$$\begin{cases} S_{T_2} = S_s + T = 10936.60 + 38.91 = 10975.51 \text{ m} \\ Z_{T_2} = Z_s + T \times |P_2\%| = 658.67 + 38.91 \times |0.55\%| = 658.884 \text{ m} \end{cases}$$

5. Calcul de la longueur de la courbe :

$$L = 2 \times T = 2 \times 38.91 = 77.82 \text{ m.}$$

5. Calcul des coordonnées du point J :

$$D1 = R \times P_1 = 6000 \times 0.00747 = 44.82 \text{ m}$$

$$D2 = R \times P_2 = 6000 \times 0.0055 = 33 \text{ m}$$

$$J: \begin{cases} S_J = S_{T_1} + D1 = 10897.69 + 44.82 = 10942.51 \text{ m} \\ Z_J = Z_{T_1} - [(D1)^2 / 2R] = 658.96 - [(44.82)^2 / 2 \times 6000] = 658.79 \text{ m} \end{cases}$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe

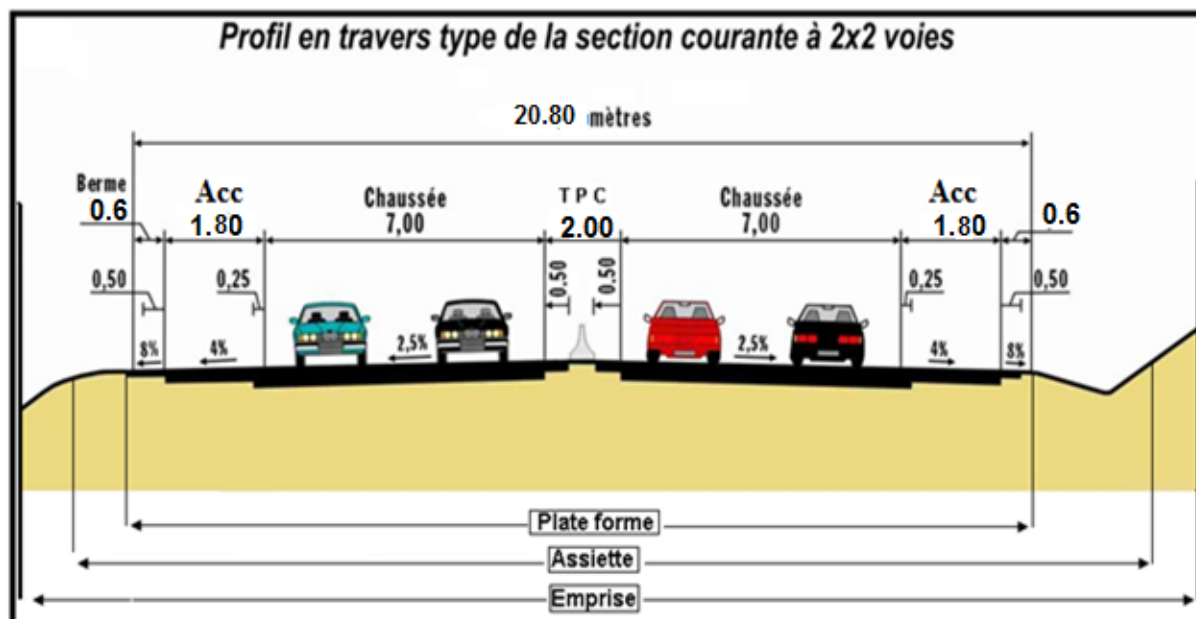
V. PROFIL EN TRAVERS

V.1. Définition :

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

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

V.2. Les éléments du profil en travers:



La largeur de la plate forme est : 20.80m

2. La chaussée :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

2. La largeur roulable :

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

3. La plateforme :

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

4. Assiette :

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

5. L'emprise :

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

6. Les accotements :

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

7. Le terre-plein central :

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

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

8. Le fossé :

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

V.3. Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

1. Le profil en travers type :

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

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

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

2. Le profil en travers courant :

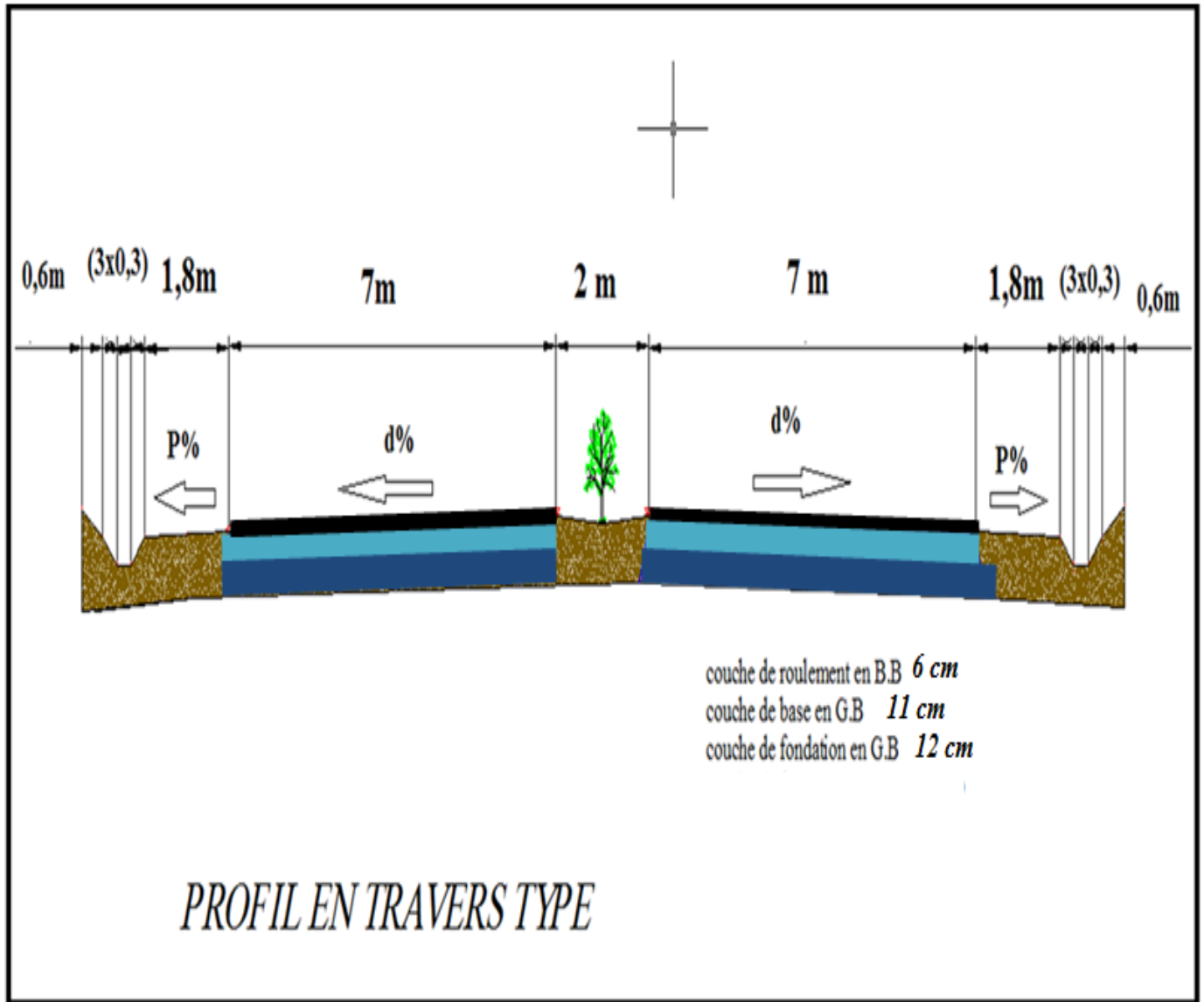
Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distances régulières (10, 15, 20,25.50m...).

V.4. Application au projet:

D'après les normes de **B40** et ces recommandations, le nombre de voie à retenir par sens est donc de **2** avec **3,50m** chacune, soit un profil en travers de **2X2 voies** , la largeur de terre plein central (TPC) est de **2m** .

- Largeur de chaque voie **3.5 m.**
- Largeur TPC égal **2m.**
- Largeur de la berme est **0.6m.**

Cette disposition facilite l'assainissement et évite la présence d'une ligne de crête qui rend délicat le traitement des zones de raccordement de dévers, et peut être facteur d'instabilité pour certains types de véhicules.



VI. ETUDE GEOTECHNIQUE

VI.1. Introduction :

Les études géotechniques sont nécessaires pour mesurer dès l'avant projet sommaire, l'incident des choix de profil en long et d'une manière générale du tracé en terme de coût. On peut dire aussi que La géotechnique est une science empirique qui se fait en partie sur les données recueillies lors d'essais en laboratoire et sur terrain.

L'étude géotechnique du site s'est basée essentiellement sur la description géomorphologique et lithologique, l'interprétation des mouvements gravitaires et l'estimation des tassements, le recensement des gîtes a matériaux et en fin le dimensionnement de la chaussée.

VI.2. Les objectifs principaux d'une étude géotechnique :

- ✓ Au stade des études, de bien définir le projet : optimisation du mouvement des terres, dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux, etc.
- ✓ Au stade de l'exécution, de réaliser les travaux avec le minimum d'aléas possibles : choix des moyens et des matériels adaptés à la nature des soles rencontrés, méthode d'exécution.

VI.3. Les différents essais en laboratoire ;

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- ✓ Analyse granulométrique.
- ✓ Equivalent de sable.
- ✓ Limites d'Atterberg.
- ✓ Essai PROCTOR.
- ✓ Essai CBR.
- ✓ Essai Los Angeles.
- ✓ Essai Micro Deval.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

1. Analyse granulométrique :

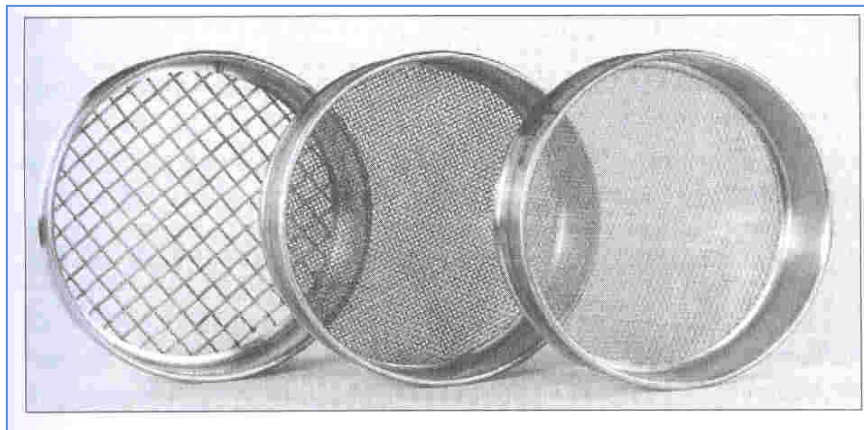
C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

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

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

$d < 2\mu\text{m}$	—————>	argile
$2\mu\text{m} \leq d < 20\mu\text{m}$	—————>	limon
$20\mu\text{m} \leq d < 200\mu\text{m}$	—————>	sable fin
$0,2\text{mm} \leq d < 2\text{mm}$	—————>	sable grossier
$2\text{mm} \leq d < 20\text{mm}$	—————>	gravier
$20\text{mm} \leq d < 50\text{mm}$	—————>	cailloux
$d \geq 50\text{mm}$	—————>	blocs

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension Supérieure à $80\mu\text{m}$ et par sédimentométrie pour les « fines » de dimension inférieure à $80\mu\text{m}$.



Schématisation de la colonne de tamis

La courbe granulométrique permet de calculer C_u et C_c dans le but de classer le sol.

$$\left\{ \begin{array}{l} C_c = D_{30} / D_{10} \cdot D_{60} \\ C_u = D_{60} / D_{10} \end{array} \right.$$

C_c : coefficient de courbure

C_u : coefficient d'informité

- ✓ Un sol est dit « bien gradué » si $C_u \geq 4$ et $1 \leq C_c < 3$
- ✓ Un sol est dit « à granulométrie uniforme » si $C_u < 2$
- ✓ Un sol est dit « à granulométrie étalée » si $C_u > 2$

2. *Equivalent de sable :*

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

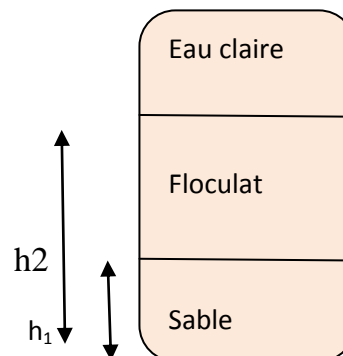
On calcule ensuite :

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

$ES = 0$: Argile pure.

$ES = 40$: Sol peu plastique.

$ES = 100$: sable pure.



3. *Limites d'Atterberg :*

Lorsqu'on fait croître progressivement la teneur en eau d'un sol préalablement séché et pulvérisé, il passe d'un état solide ou très consistant à rupture fragile à un état plastique (grandes déformations sans rupture) puis à l'état liquide.



Schématisme de l'appareil de Casagrande

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

3.a. la limite de liquidité w_L :

Qui marque le passage de l'état quasi liquide à l'état plastique. Elle est mesurée à l'aide de la coupelle de Casagrande dans laquelle on place une certaine quantité de sol à une teneur en eau déterminée.

Une rainure est pratiquée sur toute l'épaisseur du sol. Par des chocs normalisés, on amène la rainure à se refermer. La limite de liquidité est la teneur en eau qui correspond à sa fermeture en 25 chocs.

3.B. La limite de plasticité w_P :

Qui est la teneur en eau à partir de laquelle le sol commence à s'émietter lorsqu'on le roule en fils de faible diamètre (environ 3 mm).

On définit alors l'indice de plasticité:

$$IP = w_L - w_P$$

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

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

$IP < 12$ —————> faiblement argileux.

$12 \leq IP < 25$ —————> moyennement argileux.

$25 \leq IP < 40$ —————> argileux.

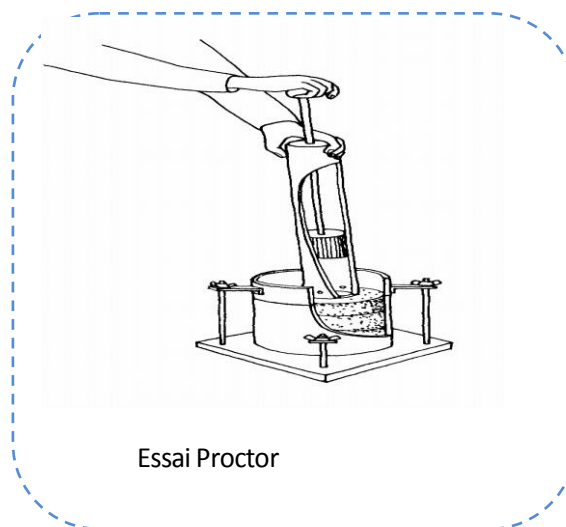
$IP \geq 40$ —————> très argileux.

4. Essai PROCTOR:

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

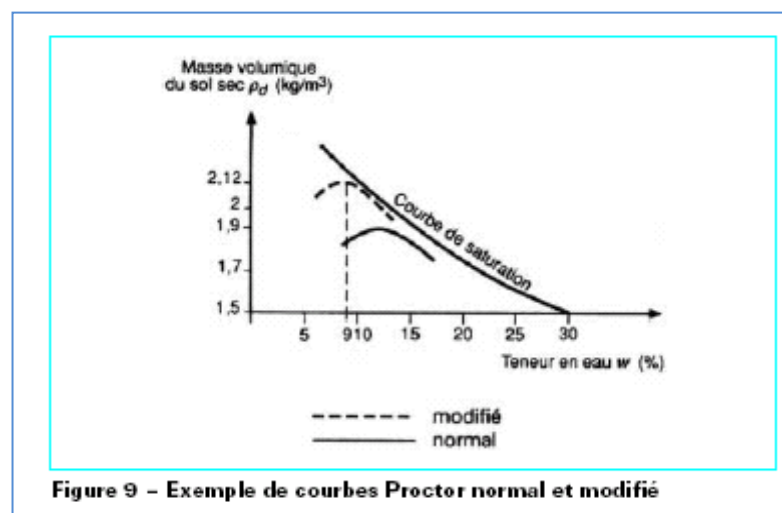
L'essai est répété plusieurs fois de suite pour des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (4%,6%,10% ,14%).

Deux variantes de l'essai Proctor sont couramment pratiquées.



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

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



4.a. Ordre de grandeur :

Sur les chantiers de stabilisation, on exige en générale des densités sèches égales à 90% à 95 % de la densité sèche maximum déterminé à l'essai Proctor.

4.b. Exploitation des résultats :

- ✓ Il est très important d'avoir au moment de compactage une teneur en eau voisine de la teneur optimum
- ✓ En période pluvieuse la teneur en eau du sol naturel est généralement supérieure à la teneur en eau optimum, il faut aérer le sol pour le faire sécher ou attendre une période plus sèche.
- ✓ En période sèche les rapports d'eau sont importants

(la teneur en eau optimum varie entre 6 et 12% selon la nature du sol et l'engin de compactage utilisé).

5. Assai C.B.R (California Bearing Ratio) :

5.a. But de l'essai :

D'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements, et détermination de l'indice ICBR.

5.b. Définitions :

L'indice CBR (I.CBR) exprime en % le rapport entre les pressions produisant dans le même temps un enfoncement donné dans le sol étudié d'une part et dans un matériau type d'autre part (grave concassée).

5.c. Principe de l'essai :

L'indice CBR est déterminé pour des sols à vocation routière de manière purement empirique.

Après avoir compacté le matériau dans les conditions de l'essai Proctor modifié, on lui applique les conditions hydriques prévues :

- ✓ Immersion pendant 4 jours dans l'eau.
- ✓ Immersion pendant 2 jours dans l'eau.
- ✓ Pas d'immersion : essai immédiat.

Le matériau à étudier étant placé dans un moule dans un état donné de densité et de teneur en eau, on applique ensuite une charge voisine de ce que sera la charge de service, puis on le poinçonne par un piston tout en mesurant les ef

forts et déplacements résultant.

ICBR	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

Interprétation d'essai CBR

6. Essai Los Angeles :

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

L'essai consiste à mesurer la masse P2 d'éléments inférieurs à 1,6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

$$LA = \left(\frac{P1 - P2}{P1} \right) \times 100$$

P1 : c'est la prise d'essai.

P2 : le refus sur le tamis 1.6 mm.

LA	Appréciation
≤ 15	Très bon à bon
15-20	Bon à moyen
20-30	Moyen à faible
> 30	Médiocre

Interprétation du LA

7. Essai Micro-Deval:

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

Il peut être exécuté à sec (c'est-à-dire le MDS) ou sur des matériaux imbibés d'eau (c'est-à-dire MDE).

MDS : coefficient Micro-Deval sèche.

MDE : coefficient Micro-Deval à la présence de l'eau.

Valeur MDE	Appréciation
≤ 13	Très bon à bon
13 – 20	Bon à moyen
20 – 25	Moyen à faible
> 25	Médiocre

Caractéristiques des granulats par le MDE

Nota :

Actuellement c'est le MDE qui est de plus en plus pratiqué, son intérêt est de caractériser la résistance d'un matériau dans des conditions proches des conditions de service : régions pluvieuses, drainage déficient, remontés capillaires.

VI.4. Les différents essais « in-situ »:

Les Forages.

- Les méthodes géophysiques.
 - ✓ La prospection sismique.
 - ✓ La prospection électrique.
- Les essais de pénétration.
 - ✓ Le pénétromètre dynamique.
 - ✓ -Le standard pénétration statique (SPT).
 - ✓ Le pénétromètre statique.

1. Les forages :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches de sols en présence. On y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essai de laboratoire. Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de tubes piézométriques.

1. Les essais de pénétration :

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe de pénétration.

1.a. La pénétration statique :

L'enfoncement est provoqué par une pression continue exercée sur la tête du train de tige. On détermine ainsi, en fonction de la profondeur, la résistance de pointe, l'effort latéral et l'effort total.

1.b. Le pénétromètre dynamique :

L'enfoncement du train de tige est provoqué par la chute d'un mouton tombant d'une hauteur normalisée. On mesure le nombre de coups nécessaires pour obtenir un enfoncement donné (10 cm).

Le standard pénétration test ou SPT : le battage s'exerce sur un tube carottier

L'essai est similaire à l'essai précédent (enfoncement de 15 puis 30 cm).

V.5. Condition d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- ✓ Pierre de dimension $> 80\text{mm}$.
- ✓ Matériaux plastiques IP $> 20\%$ ou organiques.
- ✓ Matériaux gélifs.
- ✓ On évite les sols à forte teneur en argile.

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

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage.

Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

NB :

A défaut du manque du rapport géotechnique complet du projet qui n'a pas été conçu nous n'avons pas pu traiter convenablement la partie géotechnique pour l'application de notre projet.

VII. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VII.1. Introduction :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention de bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

En effet des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc...., pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude.

Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants :

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

VII.2. Différents types de chaussées :

1. Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

1.a .Couche de roulement (de surface ou encore d'usure):

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat, elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation.

Elle est en général composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- ✓ D'imperméabiliser la surface de chaussée
- ✓ D'assurer la sécurité (par l'adhérence)

- ✓ D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bon uni)

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

En général, l'épaisseur de la couche de roulement varie entre 6 et 8 cm.

1.b. Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche du sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

1.c. Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle au même rôle que celui de la couche de base.

1.d. Couche de forme :

- ✓ À court terme, la couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plate-forme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.
- ✓ À long terme, elle doit permettre d'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante, de maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvant être estimée avec une précision suffisante au stade du dimensionnement de la structure de chaussée et d'améliorer la portance de la plate-forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme - structure de chaussée.

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

2. Chaussée semi-rigide :

On distingue :

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

3. Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisée mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

VII.3. Facteurs pour les études de dimensionnement :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance de certains paramètres fondamentaux liés au :

1. Trafic :

Le trafic principalement le poids lourds est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures, il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée, le trafic gouverne les choix suivants :

- ✓ Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- ✓ Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

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

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

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

$$N = T \times A \times C$$

N: Trafic cumulé.

A: Facteur d'agressivité globale du trafic.

C: Facteur de cumul.

$$C = \frac{[(1 + \tau)P - 1]}{\tau}$$

τ : Taux de croissance du trafic.

P: Nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

2. Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et

conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

3. Le sol support:

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

Les plates-formes sont définies à partir :

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

VII.4. Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

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

Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- ✓ La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio)
- ✓ Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves
- ✓ Méthode du catalogue des structures
- ✓ La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux méthodes qui sont: la méthode dite CBR et la méthode de C.T.T.P.

1. Méthode de C.B.R.:

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

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

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

N : Désigne le nombre moyen de plus de camion 1500 Kg à vide.

P : Charge par roue $P = 6.5$ t (essieu 13 t).

log : Logarithme décimal.

I_{CBR} : Indice portant C.B.R.

L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_q = \sum e_{réelle} \times a_i$$

- ✓ $e_1 \times a_1$: couche de roulement.
- ✓ $e_2 \times a_2$: couche de base.
- ✓ $e_3 \times a_3$: couche de fondation.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant (*Tableau 8*) :

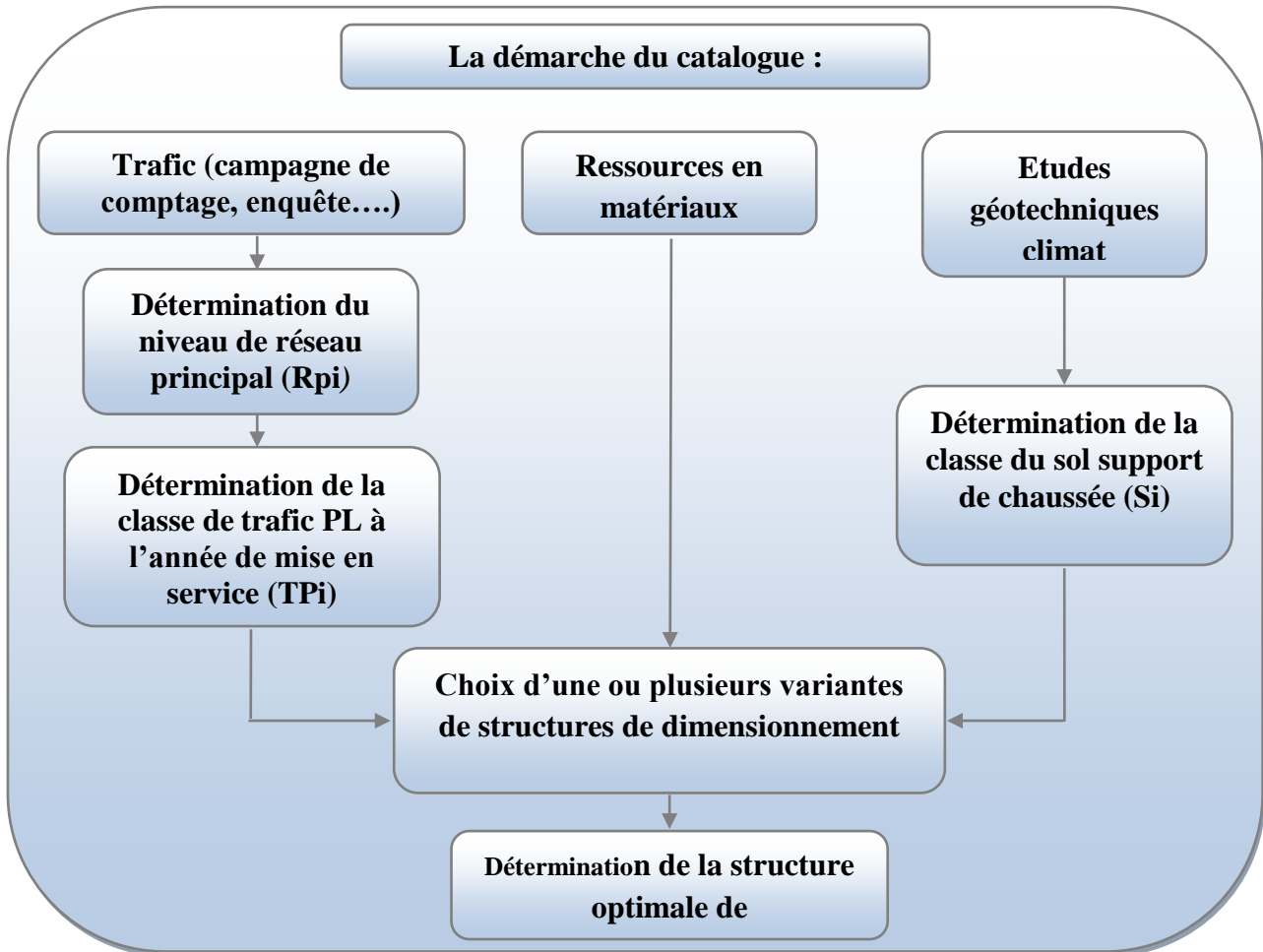
Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence « a_i »
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse	0.75
T.V.O	
Sable	0.50
Grave bitume	1.20 à 1.70

Tableau VII.1 Les valeurs des coefficients d'équivalence

2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves:

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

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



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

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.

VII.5. Application au projet :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes les applicables en Algérie qui sont:

- ✓ La méthode dite CBR
- ✓ la méthode du catalogue des chaussées neuves « CTPP ».

Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite

1. Méthode CBR:

- ✓ $TJMA_{2011} = 7632 V/J$
- ✓ Trafic de la mise en service : $TJMA_{2014} = 8585 V/J$
- ✓ Le trafic à l'année horizon c'est à dire à la 20^{ème} année d'exploitation
avec : $n=20$ et $\tau=4\%$
 $TJMA_{2034} = 18811 V/J$
- ✓ Le pourcentage de poids lourds étant 25%, ce qui donne un trafic (N) de poids lourds (PL) de :
 $N_{2034} = (18811) \times 0.25 \times 0.9 \times 2/3$
Avec : (2/3) coefficient de dissymétrie.
(0.9) coefficient de répartition transversale.
 $N_{2034} = 2822 \text{ PL/J/voie plus chargé}$
- ✓ P: Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

Donc L'épaisseur est :

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5}) \times \left(75 + 50 \cdot \log \frac{2822}{10}\right)}{10 + 5}$$

$$e = 40,24 \text{ cm}$$

$e \approx 42 \text{ cm}$

Cette épaisseur peut être convertie en plusieurs couches selon la disponibilité des matériaux et leurs caractéristiques en tenant compte des coefficients d'équivalence.

Pour calcul des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

$$e = 6 \times 2 + 10 \times 1,5 + 15 \times 1 = 42 \text{ cm}$$

C'est-à-dire notre structure comporte : **6BB+10GB+15GNT**



2. Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTIP »:

- ✓ $TJMA=7632 > 1500$ v/j \longrightarrow réseaux principal « RP1 ».
- ✓ Le projet est à djelfa alors la zone climatique « 2 ».
- ✓ Durée de vie 20 ans.
- ✓ Taux de croissance $\tau=4\%$.

2.a. Détermination de la classe de trafic TPL_i :

Route unidirectionnelle a 2 voies, répartition du trafic 90% sur la voie de droite et 10% sur la voie de gauche.

$$TPL_{2013} = (7632 \times 0.25) \times 0.9 \times 0.5 = 859 \text{ pl/J/voie pl ch.}$$

	TPL_0	TPL_1	TPL_2	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/J/sens pour RP ₁	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000

Classe de trafic

Donc notre TPL_i est TPL_5

2.b. Détermination de la portance de sol support de chaussée :

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal.

➤ On a : CBR = 10

D'après le catalogue, l'ordre de portance de sol est de : S2.

2.c. Détermination du Classe de la portance du sol :

$E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 10 = 50 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Classe S}_2$

Classes de sol supports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	> 200

Tableau VII.2: Classes de la portance de sol-supports (C.T.T.P.)

- ✓ Trafic TPL de **859** poids lourds par direction et par jour (TPL5).
- ✓ Durée de vie de **20** ans
- ✓ Classe de portance visée **S2**.
- ✓ zone climatique **2**
- ✓ le taux d'accroissement = 4%

Les structures recommandées sont les suivantes :

TPLi PL/j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000 TPL7		8 BB 14 GB 15 GB	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB
	3000			
	3000	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB
1500 TPL5		6 BB 11 GB 12 GB	6 BB 10 GB 10 GB	
	1500			
	600	6 BB 10 GB 10 GB		
600 TPL4				
	600	6 BB 10 GB 10 GB		
300				

6BB + 11GB + 12GB

6 BB 11 GB 12 GB



Selon les 3 fascicules de catalogue on a :

- ✓ Importance du projet routier : Réseau Principal de Niveau 1(RP1).
- ✓ Durée de vie : $n = 20$ ans.
- ✓ Année de mise en service : **2014**
- ✓ Trafic : $TPL_i = 859$ PL/J/sens
- ✓ Taux de croissance : $\tau = 4$ %.
- ✓ Coefficient d'agressivité PL : $A = 0,6$.
- ✓ Risque de calcul : $r = 5$ %.(Tableau : 5; fascicule : 2)
- ✓ La zone climatique: 2 (Tableau : 7 ; fascicule : 2)
- ✓ $\Theta_{eq} = 20^\circ C$ (Tableau : 8 ; fascicule : 2)
- ✓ Sol support : CBR= 10%.Classe : S2.
- ✓ $E_{SOL} = 5 \times CBR = 5 \times 10 = 50$ Mpa.
- ✓ Coefficient de poisson = **0,35**.
- ✓ Condition aux interfaces : Toutes les couches sont collées.
- ✓ Coefficient de calage : $k_C = 1,3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- ✓ Dispersion sur la loi de fatigue : $SN = 0,45$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- ✓ Dispersion sur les épaisseurs (en cm) : $Sh = 3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- ✓ Pente de la fatigue : $b = -0.146$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- ✓ Coefficient $c = 0,02$
- ✓ Fractile de la loi normale : $t = -1,645$ (Tableau : 16 ; fascicule : 2)
- ✓ Module complexe du matériau bitumineux à $10^\circ c$: $E (10^\circ C) = 12500$ Mpa
(Tableau : 13fascicule : 2)

- ✓ Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente :

$$E (\Theta_{eq}=20^{\circ}\text{C}) \text{ GB}=7000 \text{ Mpa. BB}=4000 \text{ Mpa (Tableau : 13; fascicule : 2)}$$

- ✓ Déformation limite : $\epsilon_6(10^{\circ}\text{C}, 25\text{HZ})= 100.10^{-6} \text{ Mpa}$.

(Tableau : 13 ; fascicule : 2)

2.d. Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi):

$$\text{TCEi} = \text{TPLi} \times ((1 + \tau)^n - 1) \times 365 \times A) / \tau = 859 \times (1.04^{20} - 1) \times 365 \times 0.6) / 0.04 = 5.610^6$$

$$\text{TCEi} = 5.60 \cdot 10^6$$

Essieux équivalents de 13 tonnes.

- ✓ **Modélisation de la structure de chaussée :**

$$E_{\text{sol}} = 5 \cdot \text{CBR}$$

$$E_{\text{sol}} = 5 \times 10 = 50 \text{ Mpa}, \quad \gamma = 0,25$$

$$E_{\text{base}} = E_{\text{GB}} = 7000 \text{ Mpa}, \quad \gamma = 0,35$$

$$E_{\text{roulement}} = E_{\text{BB}} = 4000 \text{ Mpa}, \quad \gamma = 0,35$$

- ✓ **Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z,ad}$:**

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \cdot 10^{-3} \times \text{TCEi}^{-0,235}$$

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \cdot 10^{-3} \times (5.6 \times 10^6)^{-0,235} = 5.71 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z, ad} = 5.71 \cdot 10^{-4}$$

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

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

k_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents par la chaussée.

$$k_{ne} = (10^6 / \text{TCEi})^b = (10^6 / 5.6 \cdot 10^6)^{-0,146} = 0.78$$

$$k_{\theta} : \text{facteur lié à température } k_{\theta} = \sqrt{E(10^{\circ}\text{C}) / E(\Theta_{eq})} = \sqrt{\left(\frac{12500}{7000}\right)} = 1,33$$

$$k_r : \text{facteur lié au risque et dispersions } k_r = 10^{-tb\delta}$$

$$\delta = \sqrt{\text{SN}^2 + \left(c \times \frac{S_h}{b}\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02 \times 3}{0.146}\right)^2} = 0,609$$

$$k_r = 10^{-(1.645 \times 0,146 \times 1,645 \times 0,609)} = 0,714$$

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

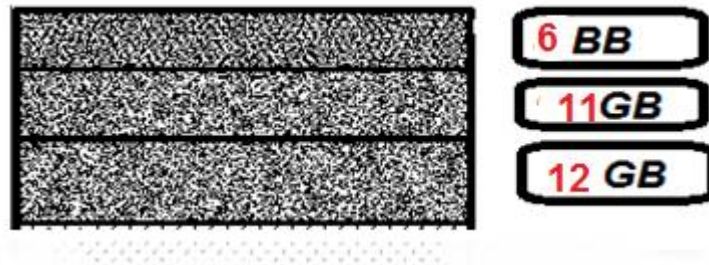
D'après les résultats des calculs par l'alize :

$$\epsilon_z \text{ calculée} < \epsilon_z \text{ admissible}$$

$$\epsilon_t \text{ calculée} < \epsilon_t \text{ admissible}$$

VII.6. Conclusion :

D'après les résultats de deux méthodes, on remarque bien que la **méthode du catalogue** nous donne le corps de chaussée adéquat et tout en sachant que cette méthode est plus utilisée en Algérie dans les routes nationales et les autoroutes, donc on choisit les résultats de la méthode du catalogue.



VIII.CUBATURES

VIII.1. Introduction:

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

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

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

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle **les cubatures**

Des terrassements.

VIII.2. Définition :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

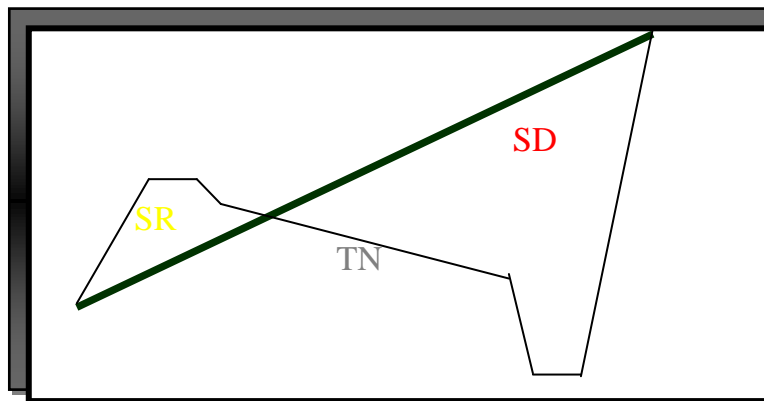
Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

VIII.3. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

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



TN : terrain naturelle,

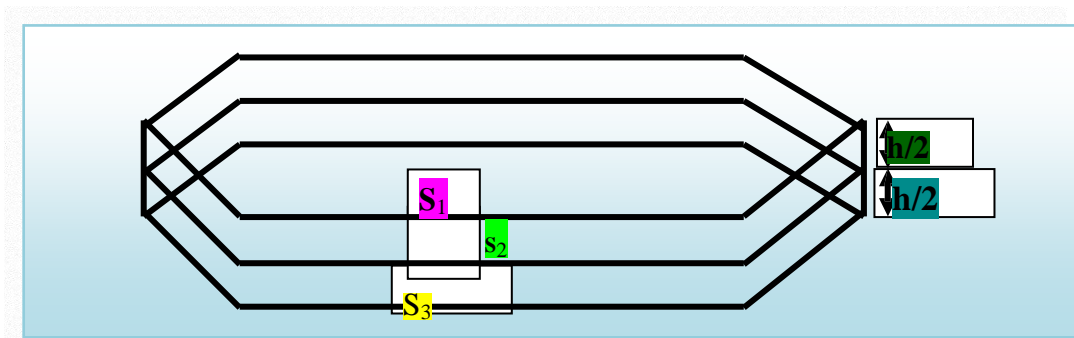
SD : surface déblai,

SR : surface remblai

1. Formule de Mr. SARRAUS :

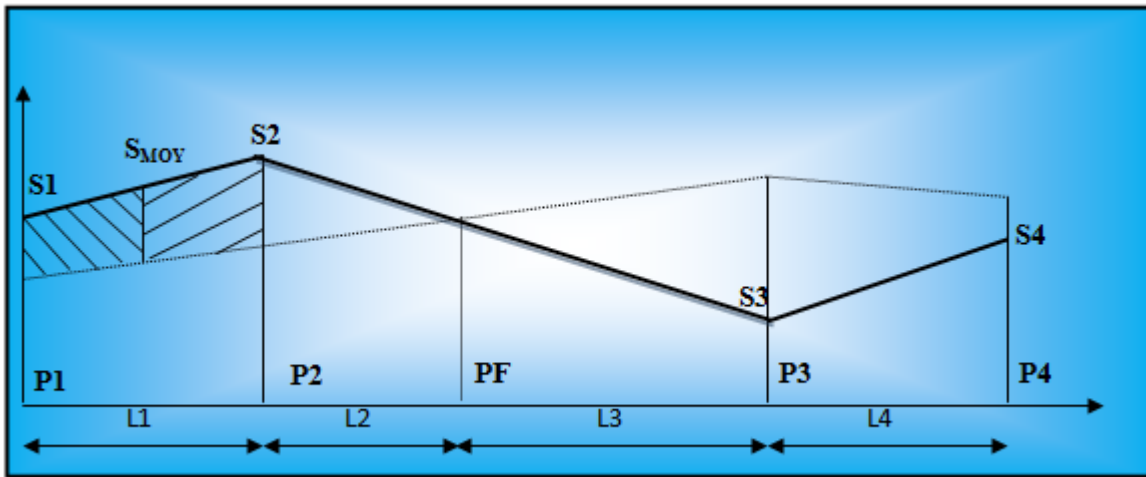
Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = \frac{h}{6(s_1 + s_2 + 4s)}$$



Pf : profil fictive surface nulle.

S₁ et S₂ : surface des deux profils en travers P₁ et P₂.



L_i : distance entre ces deux profils

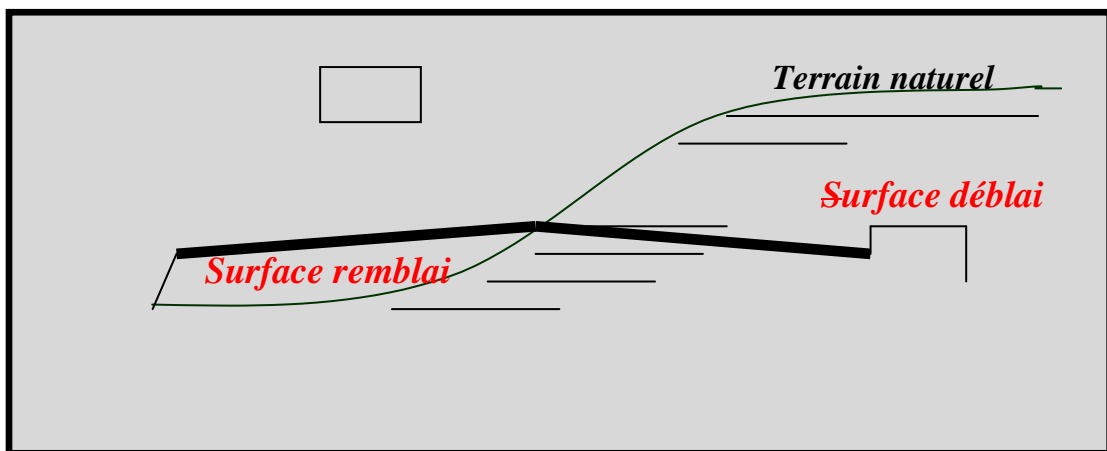
S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P_1 et P_2)

Si on applique la formule de SARRAUS, le volume entre P_1 et P_2 de surface S_1 et S_2 sera :

$$V_1 = L_1 / 6 (s_1 + s_2)$$

Le volume total de terre pour la figure de l'exemple ci-dessus est :

$$V = L_1 (S_1 + S_2) / 2 + L_2 S_2 / 2 + L_3 S_3 / 3 + L_4 (S_3 + S_4) / 2$$



Coupe transversale d'une chaussée

VIII.4. Calcul des cubatures de terrassement :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel ((piste +))

1. Résultats des calculs des cubatures :

Pour le calcul automatique des cubatures par logiciel piste + on a utilisé La méthode

GULDEN, les résultats sont en annexes.

- Volume de Déblai = **104301 m³**
- Volume de Remblai = **96191 m³**

Voir ((Annexe))

IX. ASSAINISSEMENT

IX.1. Introduction :

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle de l'eau qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe les précipitations les eaux de la surface, l'évaporation et l'évapotranspiration, les eaux souterrains.

L'étude des eaux superficielles revêt plusieurs aspects abordés avec des principes et méthodes de recherche différents suivant la spécialité de l'ingénieur qui s'y consacre. Il existe deux courants philosophiques :

- ✓ Celui basé sur la recherche mathématique à basé de la statique.
- ✓ Celui basé sur la méthode naturaliste relevant de l'observation et d'intuition contrôlée par l'expérimentation.

Actuellement, l'hydrologie est devenue une science importante de l'art de l'ingénieur intéressé à l'exploitation et au contrôle des eaux naturelles. Des études hydrologiques plus ou moins poussées sont indispensables pour toute mise en œuvre de projet hydroélectrique, de distribution d'eau, de protection contre les crues, d'assainissement, de drainage, d'irrigation, de barrages et de navigation fluviale.

IX.2. Objectif de l'assainissement :

1. Introduction :

Un réseau d'assainissement est constitué d'un assemblage élémentaire linéaire ou ponctuel, superficiel ou enterré.

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

2. Ouvrages élémentaires d'assainissement :

Les critères purement hydrauliques n'interviennent pas seules dans le choix de la nature de l'ouvrage et d'autres facteurs doivent être pris en considération.

2.a. la sécurité des usagers :

Les ouvrages et leur implantation doivent être choisis de manière à limiter au maximum les risques d'accident et éviter leur aggravation. tenant compte de catégorie de la voie des conditions de circulation.

2.b. Entretien et exploitation :

Le bon fonctionnement des ouvrages hydrauliques nécessite un entretien régulier, alors que l'expérience montre que les ouvrages difficiles à entretenir ne sont souvent pas

entretenus du tout, il faut donc rechercher dès la conception du réseau la simplicité, la rapidité et la sécurité des opérations d'entretien afin de réduire le coût et la gêne au usager.

2.c. Dimensionnement mécanique :

Certains ouvrages doivent être dimensionnés en tenant compte de surcharges permanentes ou temporaires.

2.d. Conditions économiques :

En toute rigueur, le calcul du coût total d'un ouvrage doit tenir compte :

- ✓ Le coût de l'ouvrage.
- ✓ Du coût de l'emprise et des terrassements supplémentaires.
- ✓ Du coût actualisé de l'entretien et de la gêne à l'usager.

3. La notion "source" :

Les directives désignent comme source toute eau apparaissant à la surface terrestre sans être élevée artificiellement.

Une source peut être définie comme un endroit où se produit un écoulement naturel d'eau souterraine, soit directement, soit indirectement à travers un système de fissure.

L'aquifère se décharge par affleurement ou par refoulement si une couche imperméable empêche l'écoulement souterrain.

4. Le bassin versant :

En tout point d'un cours d'eau, nous serons amenés à définir son bassin versant et à caractériser son comportement hydrologique.

4.a. Notion de "bassin versant" :

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval.

Selon la nature des terrains, nous serons amenés à considérer deux définitions.

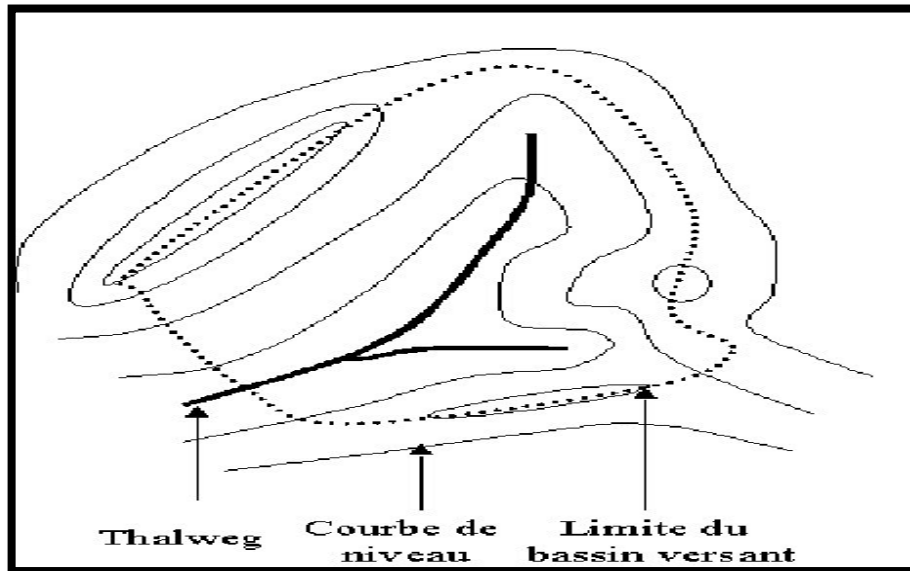
4.b. Caractéristiques de la disposition dans le plan :

✓ Surface A :

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques. La surface A d'un bassin s'exprime généralement en km²

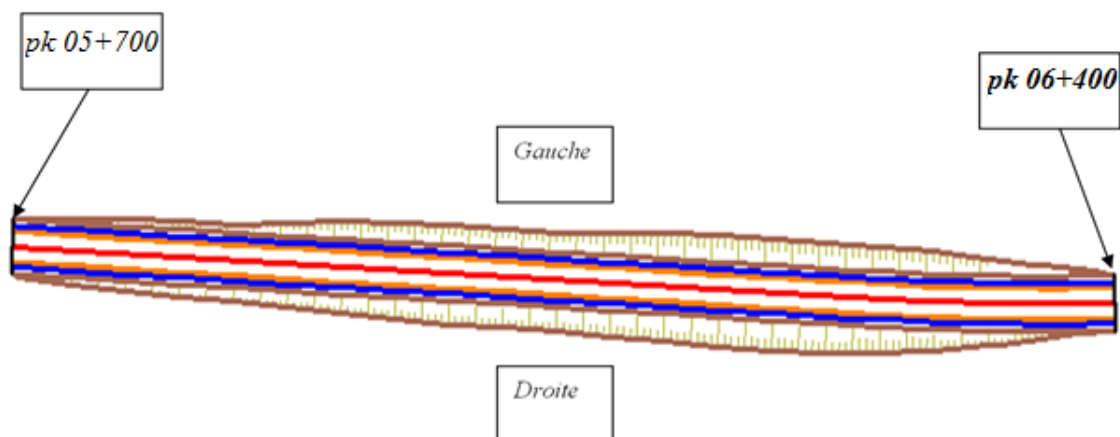
✓ Longueur :

On utilise différentes caractéristiques de longueur ; la première et une des plus utilisées est le "périmètre P du bassin



IX 3. Dimensionnement des fosses :

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



1. Calcul de débit d'apport Q_a :

Pour le dimensionnement des fossés on prend :

- ◆ une période de retour de 10ans.

On cherche à dimensionner un fossé de caractéristique suivantes :

- ✓ Longueur de fossé 700 m pente 3.32%
- ✓ Accotement 1.8ml pente 4.00%
- ✓ Chaussée 7.00ml pente 2.5%

➤ On utilise la méthode de Caquot :

Formule requit pour la zone est :

$$Q=0.52 \times C^{1.11} \times \beta \times I^{0.2} \times A^{0.87}$$

1.a. Surface des B.V :

- ✓ BV1 (chaussé)= $7 \times 700 \times 10^{-4} = 0.49$ HA
- ✓ BV2: (accotement)= $1.80 \times 700 \times 10^{-4} = 0.126$ HA
- ✓ BV3 (talus)= $3.10 \times 700 \times 10^{-4} = 0.217$ HA

1.b. Coefficient de ruissellement C :

MATERIAUX	COEF C
talus	0.3
Accotement non revêtu	0.4
Chaussée	0.95

1.c. Coefficient de forme du BV β :

- ✓ $M=L/\sqrt{A}$
- ✓ L=longueur du point le plus éloigné de l'exutoire (distance du long parcours)
- ✓ A= surface du bassin
- ✓ $\beta = (M/2)^{-0.35}$

Talus:

$$\checkmark M = L/\sqrt{A} = 700/\sqrt{0.0217 \times 10^4} = 15.03$$

$$\checkmark \beta = \left(\frac{M}{2}\right)^{-0.35} = 0.4937$$

Chaussée:

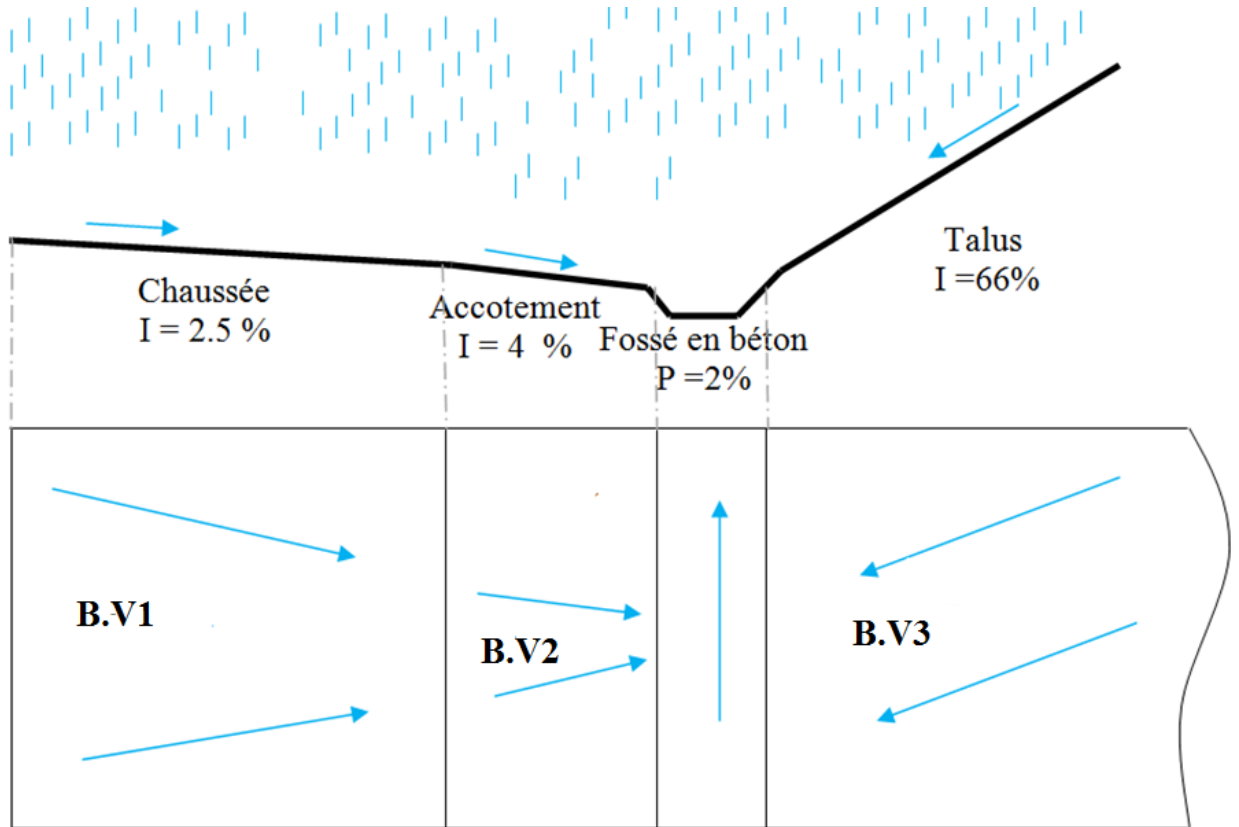
$$\checkmark M = L/\sqrt{A} = 700/\sqrt{0.49 \times 10^4} = 10$$

$$\checkmark \beta = (M/2)^{-0.35} = 0.57$$

Accotement :

$$\checkmark M = L/\sqrt{A} = 700/\sqrt{0.126 \times 10^4} = 19.72$$

$\checkmark \beta = (M/2)^{-0.35} = 0.449$
 $T=10 \text{ ans} \rightarrow f(t)=1$
 $Q(T=10) = 0.52 \times \beta \times C^{1.11} \times I^{0.2} \times A^{0.87}$



BV	A(H)	C	I%	L(m)	M	β	Q (m3/s)
Chaussée(BV1)	0.49	0.95	2.5	700	10	0.57	-----
Accotement(BV2)	0.126	0.4	4	700	19.72	0.449	-----
Talus(BV3)	0.217	0.3	67	700	15.03	0.4937	0.0165

Assemblage en série entre BV(1) et BV(2):

$Leq = \sum(Li) = 700 + 700 = 1400 \text{ m}$

$A = \sum Ai = 0.49 + 0.126 = 0.616 \text{ HA}$

$Ceq = \frac{\sum Ai Ci}{\sum Ai} = 0.8375$

$$I_{\text{éq}} = \left(\frac{\sum Li}{\sum \frac{Li}{I_i}} \right)^2 = \left(\frac{1400}{\frac{700}{\sqrt{2.5}} + \frac{700}{\sqrt{4}}} \right)^2 = 3.12\%$$

$$M_{\text{éq}} = \frac{\sum li}{\sqrt{\sum Ai}} = 17.84$$

BV	A(H)	C	I%	L(m)	M	β	Q(m3/s)
BVeq entre (BV1 et BV2)	0.616	0.8375	3.12	1400	17.84	0.465	0.0653
Talus(BV3)	0.217	0.3	67	700	15.03	0.4937	0.0165

Assemblage en parallèle entre BVEQ (entre 1et 2) et BV(3) :

$$L_{\text{eq}} = \max(L_i) = \max(1400 ; 700) = 1400 \text{ m}$$

$$I_{\text{éq}} = \frac{\sum I_i \cdot Q_i}{\sum Q_i} = \frac{3.12 \times 0.0653 + 67 \times 0.0165}{0.0653 + 0.0165} = 16\%$$

$$A = \sum A_i = 0.833 \text{ HA}$$

$$C = \frac{\sum A_i C_i}{\sum A_i} = \frac{0.616 \times 0.8375 + 0.217 \times 0.3}{0.833} = 0.697$$

$$M_{\text{éq}} = \frac{\max Li}{\sqrt{\sum Ai}} = 15.34$$

BV	A(H)	C	I%	L(m)	M	β	Q (m3/s)
BVeq total	0.833	0.639	16	1400	15.34	0.49	0.0916

$$Q_a = 0.0916 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Calcul de débit de saturation Q_s :

Ce débit est donnée par la formule de MANNING et STRICKLER :

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

Avec :

K_{st} : coefficient de rugosité (MANNING-STRICKLER).

K_{st} : coefficient de rugosité.

Kst : 30 en terre.

Kst : 40 en buses métallique.

Kst : 50 maçonneries

Kst : 60 en buses béton.

Kst : 70 bétons (dalots).

Kst : 80 bétons (buses préfabriquées)

-S : surface mouillée (m²).

-R_h : rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée)

- I : pente moyenne de l'ouvrage.

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

2.a. La surface mouillée : $S_m = b \times h + 2 \cdot (\frac{1}{2} \times h \times e) \Rightarrow S_m = h \cdot (b + e)$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{a} = \frac{1}{n} \Rightarrow e = n \times h$$

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

2.b. Calcul de périmètre mouillé : $P_m = b + 2 \cdot B$ Avec $B = h\sqrt{n^2 + 1}$

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

2.c. Rayon hydraulique R :

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

La formule de MANNING STRICKLER :

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

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

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

On prend : $b=0,3$ m

$K_{st}=60$ $I=3.32$ % $n=1$:

✓ **Après 9 itérations on trouvera que**

N° itération	h	H(m)
1	h1	0.2
2	h 2	0.07
3	h3	0.164
4	h4	0.085
5	h5	0.14
6	h6	0.126
7	h7	0.11
8	h8	0.117
9	h9	0.114

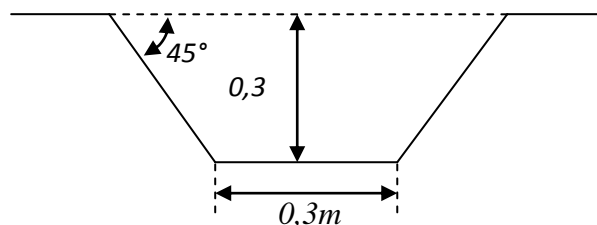
On trouve :

$h = 0.12$ m on prend $h = 0.3$ m.

$Q_s=0.56$ m³/s, Ce débit est nettement supérieur à $Q_a=0,0916$ m³/s.

Donc $Q_a < Q_s$

Donc cette conception est retenue :

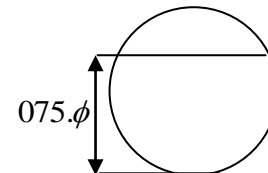


IX.4. Dimensionnement des buses :1. Calcul de débit d'apport Q_a :

Pour les buses la Section et le périmètre mouillé sont calculés pour une hauteur de remplissage Egale à :

$$Hr = 0,75\phi \quad \text{si} \quad \phi \leq 1m$$

$$Hr = 0,80\phi \quad \text{si} \quad \phi > 1m \quad \phi : \text{diametre de la buse}$$

1.a. Surface des B.V :

$$\checkmark A = 5.1 HA$$

1.b. Coefficient de ruissellement C :

MATERIAUX	COEF C
Terrain naturel	0.2

1.c. Coefficient de forme du BV β :

- $M = L/\sqrt{A}$
- $\checkmark L = \text{longueur du BV} \quad L = 600 \text{ m}$
- $\checkmark A = \text{surface du bassin}$
- $\checkmark \beta = (M/2)^{-0.35}$
- $\checkmark M = L/\sqrt{A} = 400/\sqrt{120 \times 10^4} = 0.55$
- $\checkmark \beta = \left(\frac{M}{2}\right)^{-0.35} = 1.57$

BV	A(H)	C	I%	L(m)	M	β	Q (m3/s)
BV	120	0.2	0.9	600	0.55	1.57	3.49

$$Q_a = 0.52 \times C^{1.11} \times \beta \times I^{0.2} \times A^{0.87}$$

$$Q_a = 3.49 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Calcul de débit de saturation Q_s :

Pour les buses la Section et le périmètre mouillé sont calculés pour une hauteur de remplissage Egale à :

$$Q_s = K_{st} R^{2/3} I^{1/2} S = Q_a$$

Q_s : debit maximum

$K_{st} = 80$ bétons (buses préfabriquées)

$I = 4\%$ pente de canalisation. (m/m).

S : section transversale de l'écoulement.

2.a. Rayon hydraulique R_H : ($R_H = S_m/P_m$).

2.b. Section mouillée S_m :

$$S_m = S_t - S_1 + S_2$$

$$S_t = \pi R^2 \text{ (section total de buse)}$$

$$S_1 = \alpha \frac{R^2}{2}$$

$$\alpha = 2 \cdot \arccos \frac{R}{2} \text{ et } R = 2 \cdot \arccos \frac{1}{2}$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{3} \quad S_1 = \frac{\pi}{3R^2}$$

$$S_2 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{R}{2}\right) \times \sqrt{\left(R^2 - \left(\frac{R}{2}\right)^2\right)} \text{ (surface de triangle)}$$

$$S_2 = \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot R^2$$

$$S_m = \pi R^2 - \frac{\pi}{3} R^2 + \frac{\sqrt{3}}{8} R^2 \quad \text{Donc } S_m = 2.31R^2$$

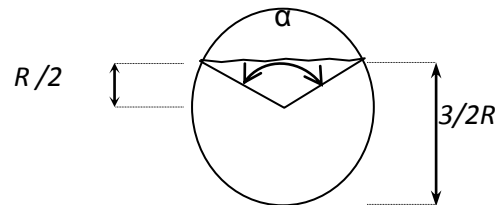
2.c. Périmètre mouillé :

$$P_m = P_T - \text{Parc} = 2\pi R - \alpha R = 2\pi R - \frac{2\pi}{3} R \quad R_H = S_m / P_m \Rightarrow R_H = 0.551R$$

$$\text{On a: } Q_s = 80 \cdot (0.551R)^{2/3} (0.04)^{1/2} \cdot (2.31)R^2 = 24.83 \cdot R^{8/3}$$

$$Q_s = 24.83 \cdot R^{8/3}$$

$$Q_s = Q_a$$



$24.83 R^{8/3} = 3.49 \quad R = 0.479m$ on prend $R = 500 \text{ mm} \quad \phi = 1000mm$

IX.5. Dimensionnement des dalots :

1. Calcul de débit d'apport Q_a :

1.a. Surface des B.V :

$A = 7500 \text{ HA}$

1.b. Coefficient de ruissellement C :

MATERIAUX	COEF C
Terrain naturel	0.2

1.c. Coefficient de forme du BV β :

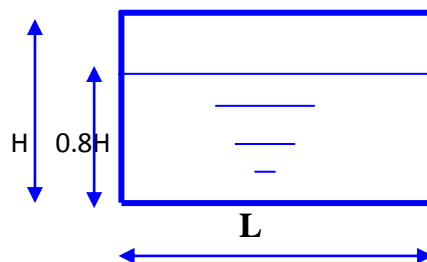
- ✓ $M = L/\sqrt{A}$
- ✓ $L = \text{longueur du BV} \quad L = 17500 \text{ m}$
- ✓ $A = \text{surface du bassin}$
- ✓ $\beta = (M/2)^{-0.35}$
- ✓ $M = L/\sqrt{A} = 17500/\sqrt{7500 \times 10^4} = 2.02$
- ✓ $\beta = \left(\frac{M}{2}\right)^{-0.35} = 1$

BV	A(H)	C	I%	M	β	Q (m3/s)
BV	9000	0.2	2	2.02	1	93.68

$Q_a = 0.52 \times C^{1.11} \times \beta \times I^{0.2} \times A^{0.87}$

$Q_a = 93.68 \text{ m}^3/\text{s}$

2. Calcul de débit de saturation Q_s :



Avec:

2.a. *Périmètre mouillé* : $P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$

2.b. *Section mouillée* : $S_m = 0.8 \times h \times L$

2.c. *Rayon hydraulique* : $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L}$

Pente longitudinale de l'ouvrage i

$$Q_s = k_{st} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad Q_s = K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L} \right]^{2/3} = 93.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dans notre cas $K_{st} = 70$ (béton)

Pour une pente moyenne (2%).

On prend : $h = 2 \text{ m}$

➤ **Après 8 itérations on trouvera que :**

N° iteration	L	L(m)
1	L1	1
2	L 2	11.26
3	L3	5.1
4	L4	5.97
5	L5	5.74
6	L6	5.79
7	L7	5.78
8	L8	5.78

On trouve :

$L = 5.78 \text{ m}$ on prend $L = 6 \text{ m} = (4 \times 1.5)$ $2 \times (4 \times 1.5)$

Le tableau récapitulatif :

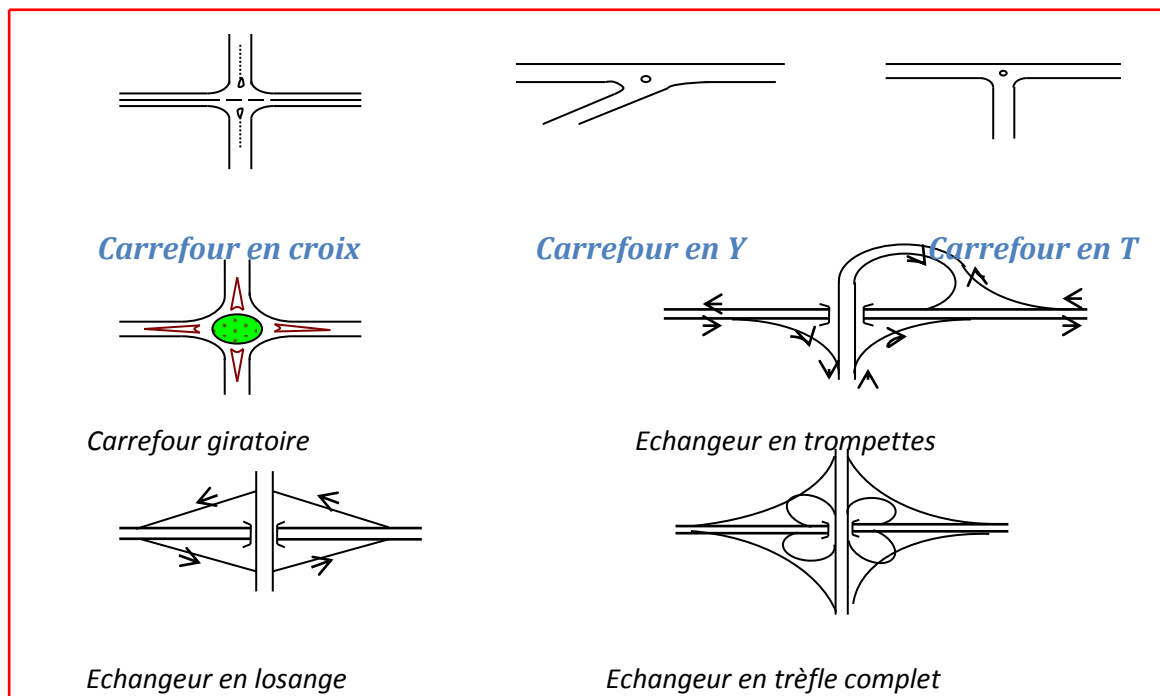
N°	PK	type	dimensions
1	00+770	buse	800
2	01+485	buse	800
3	02+650	dalot	2x (3x1.5)
4	02+880	buse	1000
5	03+600	buse	800
6	09+750	buse	800
7	11+625	dalot	2x (4x1.5)

X.1. Généralités :

L'existence des carrefours ou d'embranchement routiers a pour conséquence qu'une aire de chaussée peut être utilisée par des courants de circulation dont les directions sont différentes, l'aménagement des carrefours tend à permettre que ces courants puissent se succéder :

-sans risque de collision en réduisant au maximum la gêne (freinage, accélération, perte de temps, etc...) causée aux véhicules fréquentent le carrefour

-en laissant subsister des possibilités de débit suffisant dans les diverses directions.

X.2. Types de carrefours :X.2.2 Carrefour à quatre branches (en croix):

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées .

X.2.3 Carrefour type giratoire

Le carrefour à sens giratoire est un carrefour plan qui comprend un terre plein central (en forme de cercle ou ovale généralement), ceinturé par une chaussée mise à sens unique. L'îlot central a un rayant souvent supérieure à douze mètre, une courbe de petit rayant à l'entrée freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30° à 40°), la sortie doit de plus grand rayant pour rendre le dégagement plus facile.

X.3. Principes généraux de l'aménagement des carrefours :

Un carrefour est une zone de communication entre deux ou plusieurs routes permettant aux véhicules le passage de l'une à l'autre, deux ou plusieurs courants de circulation se rencontrent à niveau, l'aménagement d'un carrefour a pour objet d'accroître la sécurité, la commodité ou le débit de la circulation par des dispositions convenables de la chaussée et de ses abords, l'aménagement des carrefours doit s'inspirer aux principes suivants :

- + limitation de la vitesse sur les différents voies
- + l'évitement de la possibilité qu'un véhicule puisse entrer en conflit
- + cisaillements sous un angle voisin de 90°
- + création de zone d'abris ou de stockage.
- + Le dessin correct des couloirs et des îlots.
- + prévision des voies d'accélération et de décélération.

X.4. Dimensionnement du carrefour de notre projet

❖ Caractéristiques Géométriques Des Carrefours Giratoires :

a. L'îlot central :

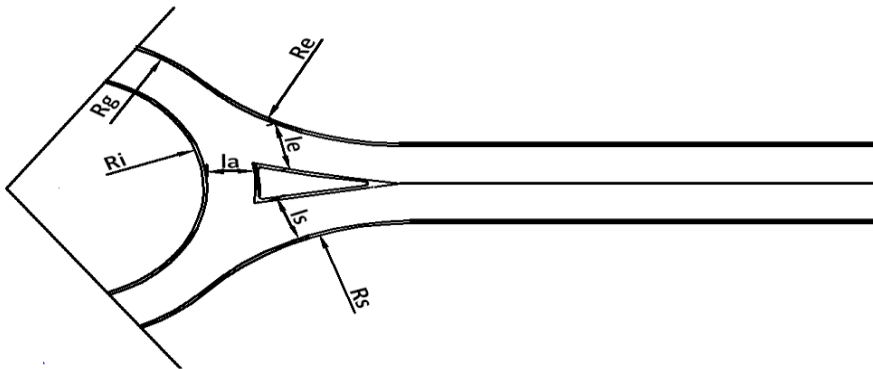
Il est recommandé de donner à l'îlot central une forme circulaire (la sécurité étant meilleure sur les girations circulaires)

En milieu interurbain, une valeur de 15 à 30 m en général suffisante

Le tableau ci-dessous récapitule les différents paramètres de construction donnés aux paragraphes précédents, avec la valeur du rayon de giratoire (R_g).

R_g	Rayon du giratoire	paramétrage
L_a	Largeur de l'anneau	$6m \leq L_a \leq 9m$
R_i	Rayon intérieur	$R_g - L_a$
R_e	Rayon d'entrée	$10m \leq R_e \leq 15m, et \leq R_g$
L_e	Largeur de la voie entrante	$L_e = 4m$
R_s	Rayon de sortie	$15 \leq R_s \leq 30m, et > R_i$
L_s	Largeur de la voie sortante	$4m \leq L_s \leq 8m$
R_r	Rayon de raccordement	$R_r = 4r_g$

Le schéma ci-dessous donne un exemple de construction à partir des données fournies aux paragraphes précédents :



Les îlots séparateurs :

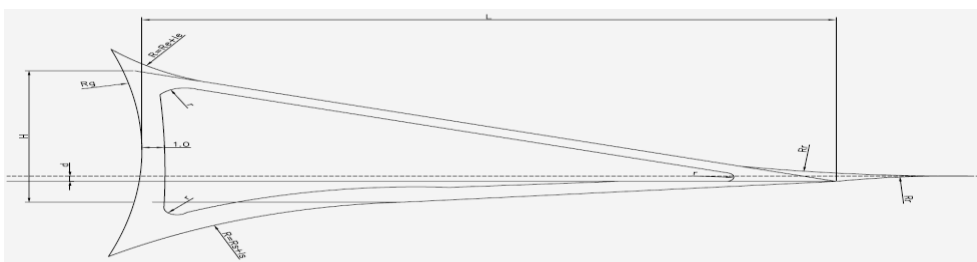
L'îlot séparateur a généralement la forme d'un triangle (son dessin est réalisé à partir d'un triangle dit de « construction »). Les îlots séparateurs remplissent diverses fonctions principales comme :

- + En situation d'approche, ils favorisent la perception du carrefour.
- + Ils offrent une surface séparant les mouvements entrants et sortants, ils permettent d'éviter des collisions entre les deux sens de circulation.
- + Ils permettent l'implantation de la signalisation de direction.
- + Enfin, ils évitent les « prises à contre sens » de l'anneau... etc.

Le tableau ci-après récapitule les différents paramètres de construction des îlots séparateurs pour un rayon R_g :

R_g : rayon du giratoire	Paramétrage
L : Longueur du triangle de constriction	$L = R_g$
H : hauteur du triangle de construction	$H = R_g/4$
d : déport de l'îlot sur l'axe	$d = (0.5 + R_g/50)/2$
r : rayon des raccordements de bordures	$r = R_g/50$

Le schéma ci-après donne un mode de construction pour les îlots séparateurs.



X.5. Choix de l'aménagement du carrefour :Introduction :

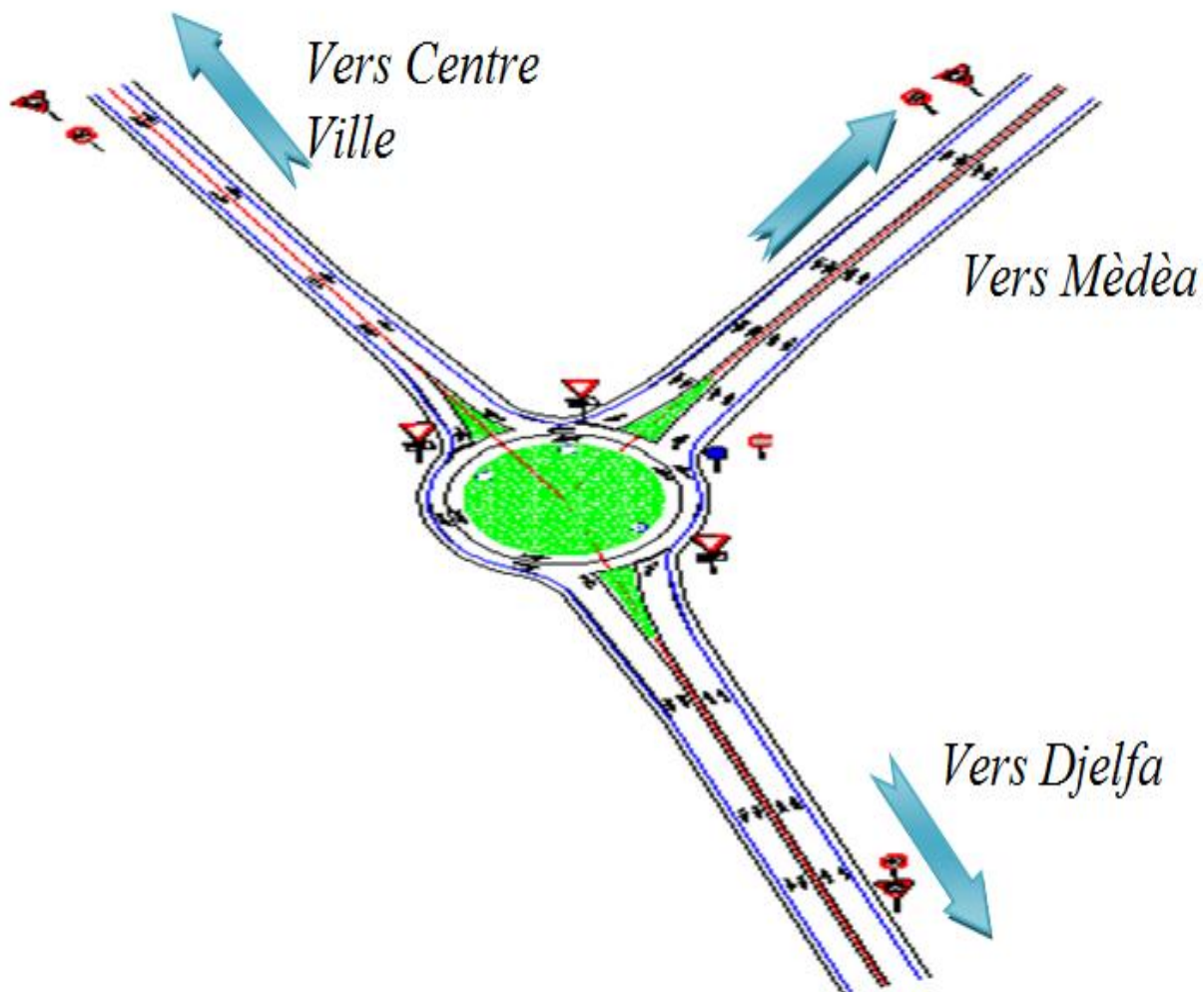
Pour assurer l'écoulement du trafic au niveau des jonctions, nous avons prévu d'aménager Un carrefour plans en type giratoire et offrent la priorité au contournement.

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

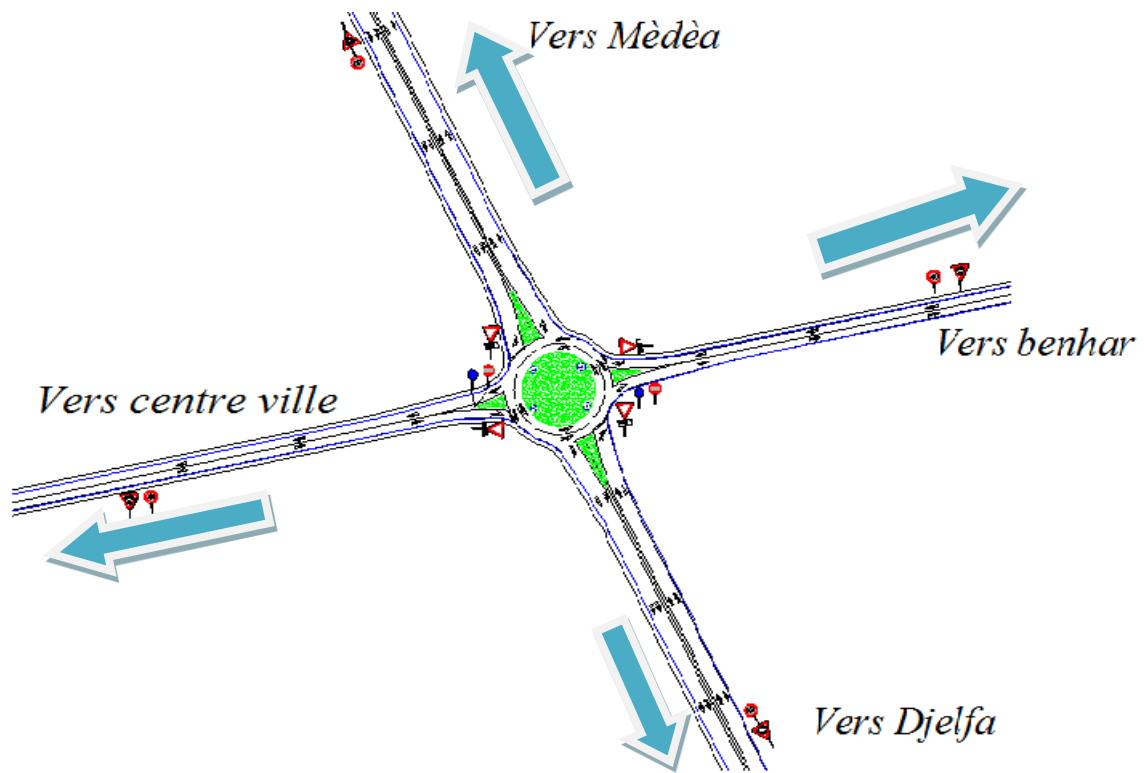
X.5.1 Objectif :

L'objectif principal de notre aménagement est d'augmenter la capacité en assurant une meilleure fluidité du trafic avec un gain maximum de sécurité pour la circulation automobiliste et les traversées piétonnes.

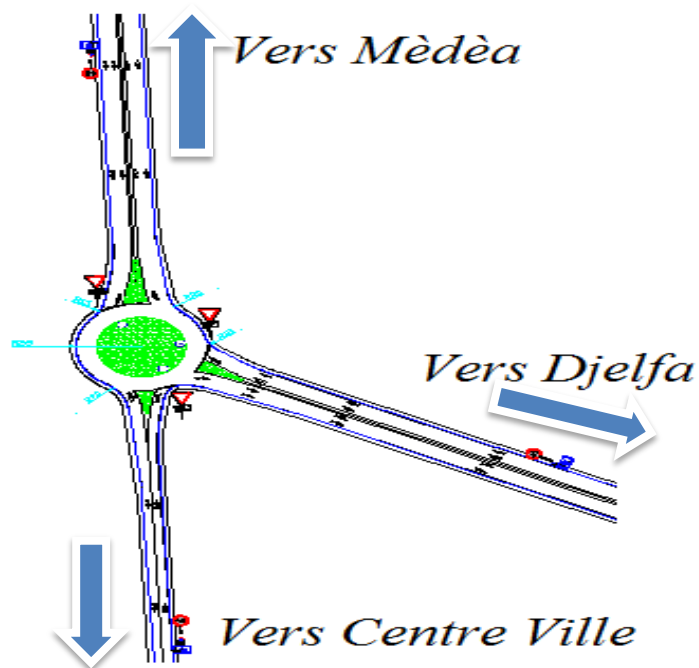
+ giratoire au PK.00 intersection évitement de la ville



Carrefour giratoire au PK 6+600 intersection évitement et RN40B



carrefour giratoire au PK 11+670 intersection évitement de la ville



XI. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

➤ 1^{ER} PARTIE : SIGNALISATION

XI.1. Introduction :

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

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

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

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

XI.2. Dispositifs de retenue :

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

Il existe deux catégories de dispositifs de retenue :

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

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

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

XI.3. Signalisation :

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

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

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

XI.4. Les types de signalisation :

On distingue deux familles de signalisation :

- ✓ Signalisation horizontale.
- ✓ Signalisation verticale.

1. Signalisations horizontales :

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

1.a. Lignes longitudinales :

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

- ✓ Les lignes continues :

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

- ✓ Les lignes discontinues :

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

- Modulation des lignes discontinues :

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

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

- Marques sur chaussée.

✓ Les lignes mixtes :

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

1.6. Lignes transversales :

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

✓ Ligne stop :

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

1.c. Autres signalisation :

✓ Les flèches de rabattement :

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

✓ Les flèches de sélection :

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

➤ Largeur des lignes :

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

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

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

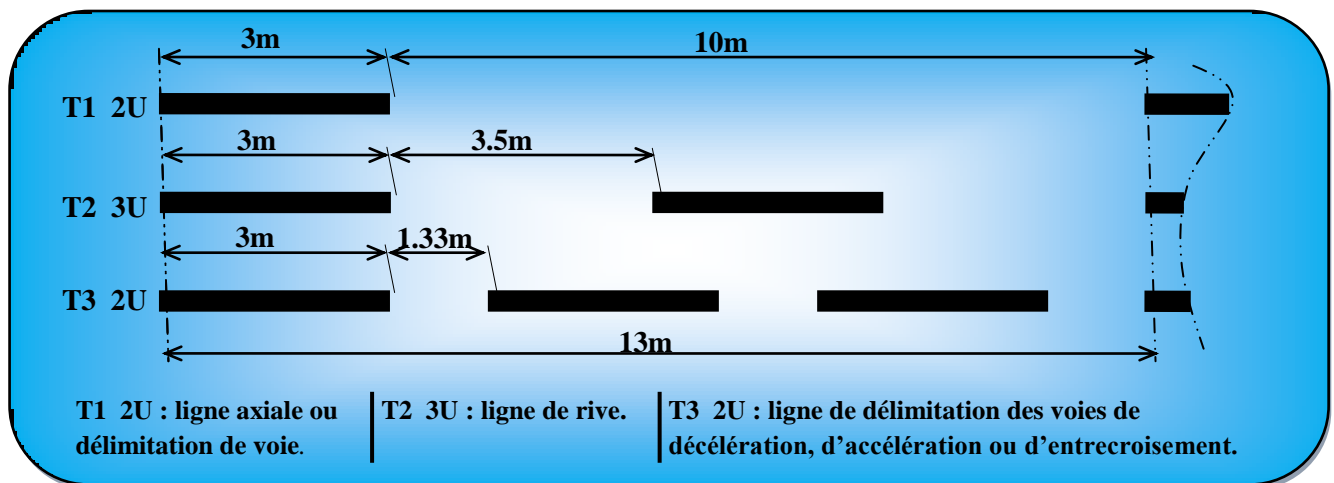


Fig -1- types de modulation
Référence signalisation routière (art-144)

2. Signalisations verticales :

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

2.a. Signalisation avancée :

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

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

✓ Signalisation de position :

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

✓ Signalisation de direction :

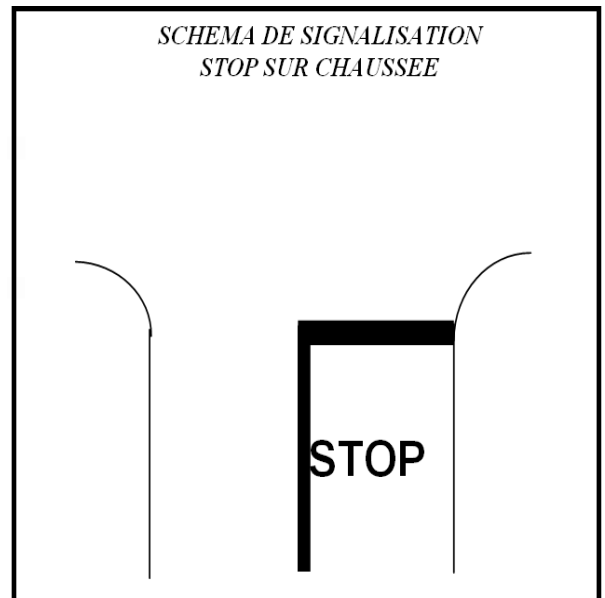
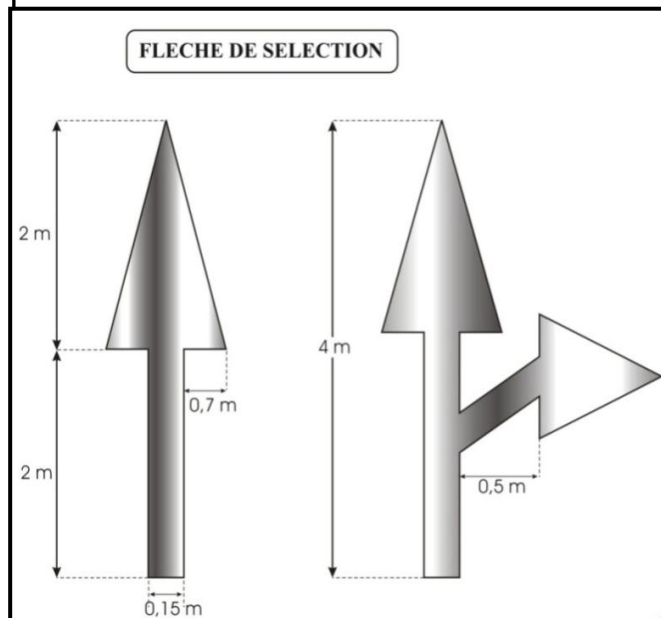
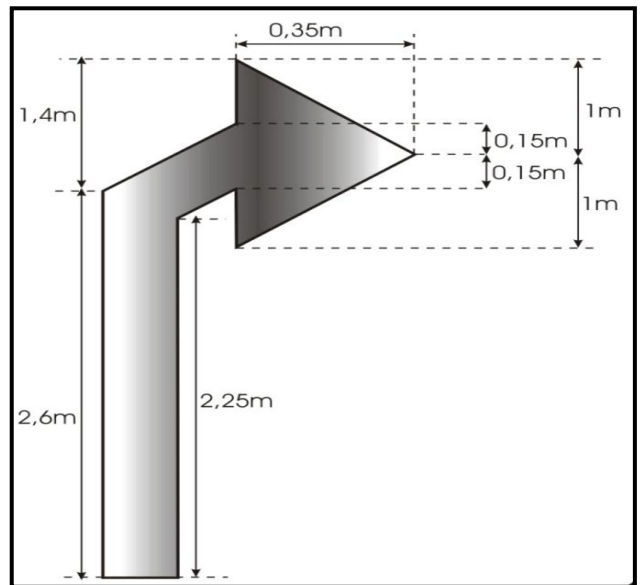
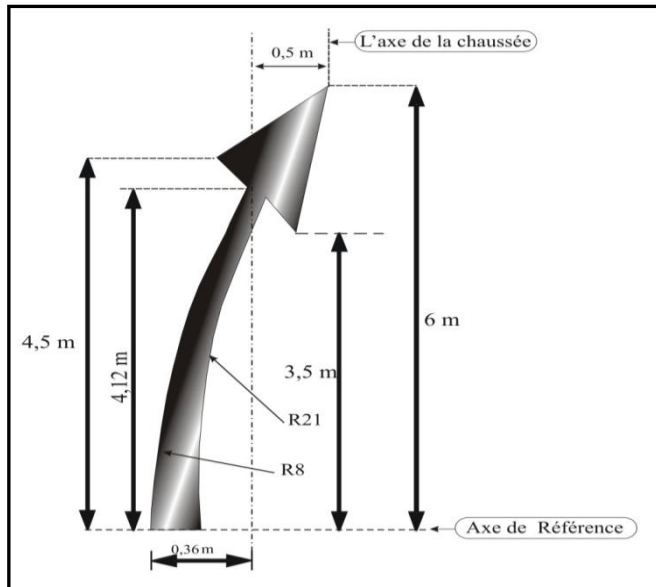
L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

XI.5. Application au projet :

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

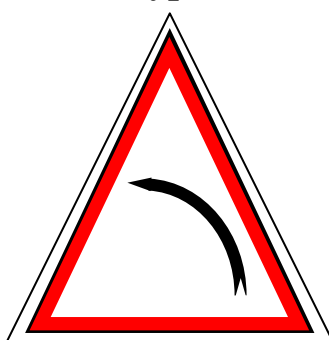
- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'intersection ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes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

1. Exemple Des signalisations horizontales :

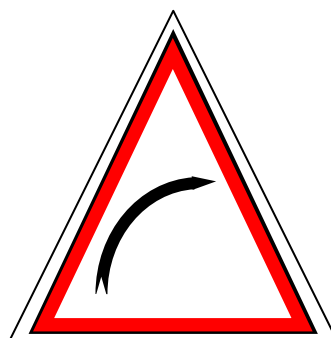


Exemple Des signalisations verticales :

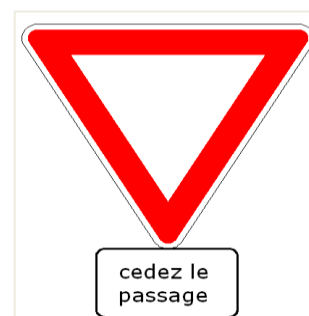
Type A:



A1a



A1b



A23

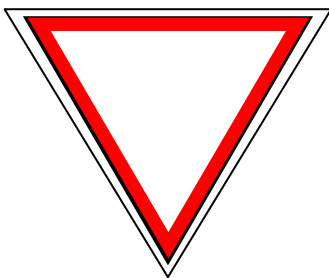


A1c

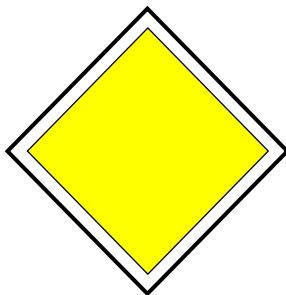


A1d

Type B :



B1



B3



B3a

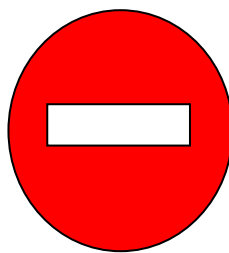
Type C :



C9

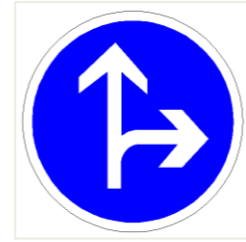
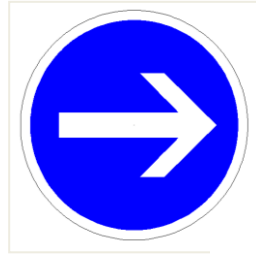


C11A



C1

✚ Type D :



✚ Type E :



2^{EME} PARTIE : ECLAIRAGE :

XI.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.

XI.2. Categories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

XI.3. Paramètres de l'implantation des luminaires :

- L'espace (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.

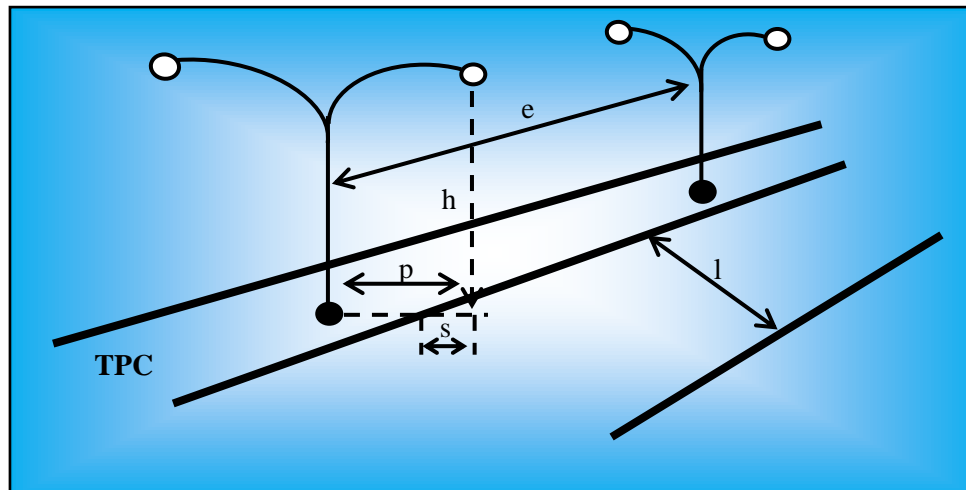


Figure -1- Paramètres de l'implantation des luminaires.

XI.4. Application au projet :➤ **Eclairage de carrefour :**

Pour le carrefour dont les ilots centraux sont importants ,on place en retrait de leurs courbures des foyers A , dans l'alignement de foyer B sur la bordure extérieure , pour que les usagers identifient les différents voies d'accès (appareil défilé).

XIII. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1. Introduction :

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

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

Il sera alors nécessaire pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent.

Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté et des effets indirects.

XIII.2. Cadre juridique :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1978, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- ✓ Une analyse détaillée du projet.
- ✓ Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- ✓ Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.
- ✓ Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

XIII.3. L'impact sur l'agriculture :

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

1. Les impacts :

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut 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.

2. Les remèdes :

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

a. Mesures préventives :

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des Caractéristiques du projet, si non on aura recours aux mesures curatives.

b. Mesures curatives :

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

XIII.4. L'impact sur la nature :

1. La faune :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y a la présence d'animaux sauvages et domestiques sur les abords.

2. La flore :

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les regroupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant.

3. L'eau :

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

XIII.5. L'impact sur les habitants:

1. La destruction :

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

a. Les impacts de destruction concernent :

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

b. Ces impacts sont d'ordre :

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

2. Les bruits :

a. Les impacts :

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

- Perte de sommeil.
- La fatigue.
- Baisse de l'acuité auditive.

b. Les remèdes :

-Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.

- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.
- Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

XIII.6. Conclusion :

Le projet a une taille modérée certes, mais vu sa localisation dans une région très 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 menée pendant les visites par la mise en œuvre des mesures appropriées afin d'atténuer les impacts négatifs sur l'environnement.

DEVIS ESTIMATIFS ET QUANTITATIFS

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	P, U (DA)	QUANTITE	MONTANT(DA)
1	Acquisition des terrains	M2	1000	353023	353023000
	TOTAL 1				353023000
2	INSTALLATION DU CHANTIER				
	Forfait d'amenée du matériel et d'installation de chantier	forfait	1 500 000	/	1 500 000
	Forfait de repli du matériel et des installations de chantier	forfait	500 000	/	500 000
	TOTAL 2				2 000 000
	TERRASSEMENT				
3	décapage de la terre végétale 20 à 30 cm	m2	80	273525	21882000
	déblai meuble mis en remblais	M3	250	96191	24040250
	Déblais en sol inutilisable mis en dépôt	M3	250	0	0
	Remblais en provenance d'emprunts	M3	350	0	0
	TOTAL 3				45922250
4	CHAUSSEE				
	couche de forme	M3	720	0	0
	couche de fondation en GNT	M3	2500	0	0
	couche de base en grave bitume (2.2t/m3)	T	4500	82671.2	372020400
	Couche d'imprégnation (0.8kg/m2)	T	45000	0	0
	couche de d'accrochage (0.2à0.3kg/m2)	T	35000	65.35	2287320
	couche de roulement en BB (2.3t/m3)	T	5500	9803	53916500
	Matériaux sélectionnés pour accotements	M3	800	12587	10069600
	TOTAL 4				438293820
5	Aménagements et équipements (carrefours, TPC)				
	Bordures préfabriqués pour TPC	ml	700	23340	16338000
	Bordures des carrefours	ml	650	1800	1170000
	TOTAL 5				17508000
6	Ouvrages d'art	M2	400 000	0	0
	TOTAL 6				0
7	Assainissement				
	Fossé en béton.	ML	2 000	23340	46680000
	Buses Ø=800 mm.	ML	15 000	80	1200000
	Buses Ø=1000 mm.	ML	20 000	20	400000
	Dalots en béton armé	M3	20 000	420	8400000
	TOTAL 7				56680000
8	Signalisation	Forfait 5%	21914691		21914691
	TOTAL 8				21914691

TOTAL BRUTE	935341761
TVA FORFAIT (17% DU TOTAL BRUTE)	159008099.4
TOTAL GENERAL	1094349860

Le montant total est estimé à :

Milliard quatre-vingts quatorze millions trois cent quarante neuf mille huit cent soixante Dinars Algérien

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et cela en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs des autoroutes, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic, ce programme vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en aménageant et en réalisant des divers projets importants à notamment dans le domaine des travaux publics.

Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'école nationale supérieur des travaux publics.

Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le PISTE, COVADIS, AUTO PISTE et l'AUTOCAD

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps l'a prise en considération du confort et de 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.

Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- + Cours de routes de 4^{ème} année ENSTP.
- + Cours de 5^{ème} année ENSTP.
- + Cours d'hydraulique de 4^{ème} année ENSTP.
- + B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- + Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- + Les Signaux Routiers (SETRA).
- + ENSTP : anciens mémoires de Fin d'étude.
- + Aménagement des carrefours (SETRA).
- + Cours de l'ENTPE (tome 01, tome 02).

AXE EN PLAN

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0.000	493629.669	3917198.343
DROI	GIS = 37.468g	1331.335			
			1331.335	494368.767	3918305.677
ARC	XC= 491790.352 YC= 3920026.658 R = 3100.000	267.788			
			1599.123	494507.632	3918534.549
DROI	GIS = 31.969g	1098.864			
			2697.987	495036.543	3919497.750
ARC	XC= 493809.385 YC= 3920171.605 R = 1400.000	744.019			
			3442.006	495208.785	3920212.585
DROI	GIS = 398.136g	1160.663			
			4602.669	495174.810	3921372.751
ARC	XC= 493175.667 YC= 3921314.208 R = 2000.000	135.136			
			4737.805	495166.296	3921507.593
DROI	GIS = 393.835g	1185.193			
			5922.998	495051.697	3922687.232
ARC	XC= 493558.725 YC= 3922542.193 R = 1500.000	539.756			
			6462.754	494905.007	3923203.651
DROI	GIS = 370.927g	1320.624			
			7783.378	494322.649	3924388.939
ARC	XC= 489835.044 YC= 3922184.079 R = 5000.000	24.993			
			7808.371	494311.572	3924411.343
DROI	GIS = 370.609g	1010.578			
			8818.949	493861.407	3925316.119
ARC	XC= 492428.918 YC= 3924603.395 R = 1600.000	652.262			
			9471.211	493461.443	3925825.643

DROI	GIS = 344.656g	899.832			
			10371.043	492774.056	3926406.331
ARC	XC= 491741.531 YC= 3925184.082 R = 1600.000	394.065			
			10765.108	492444.904	3926621.185
DROI	GIS = 328.977g	905.188			
			11670.296	491631.873	3927019.114

LONGUEUR DE L'AXE 11670.296

PROFIL EN LONG

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	726.179
DROI	PENTE= -5.024 %	398.434		
			398.434	706.163
PARA	S= 549.1409 Z= 702.3780 R = 3000.00	135.314		
			533.748	702.418
DROI	PENTE= -0.513 %	567.460		
			1101.208	699.506
PARA	S= 1131.9946 Z= 699.4268 R = 6000.00	76.211		
			1177.419	699.599
DROI	PENTE= 0.757 %	594.766		
			1772.185	704.102
PARA	S= 1817.6098 Z= 704.2736 R = -6000.00	129.252		
			1901.437	703.688
DROI	PENTE= -1.397 %	372.623		
			2274.060	698.482
PARA	S= 2413.7719 Z= 697.5060 R = 10000.00	86.433		
			2360.493	697.648
DROI	PENTE= -0.533 %	402.306		
			2762.798	695.505
PARA	S= 3082.4735 Z= 694.6529 R = 60000.00	621.635		

			3384.434	695.413
DROI	PENTE= 0.503 %	220.895		
			3605.328	696.524
PARA	S= 3635.5242 Z= 696.6004 R = -6000.00	90.631		
			3695.959	696.296
DROI	PENTE= -1.007 %	126.913		
			3822.872	695.018
DROI	PENTE= -0.502 %	236.702		
			4059.574	693.830
PARA	S= 4089.6714 Z= 693.7549 R = 6000.00	60.161		
			4119.735	693.830
DROI	PENTE= 0.501 %	810.261		
			4929.995	697.890
PARA	S= 4879.8898 Z= 697.7645 R = 10000.00	78.226		
			5008.221	698.588
DROI	PENTE= 1.283 %	597.024		
			5605.245	706.250
PARA	S= 5662.9942 Z= 706.6202 R = -4500.00	207.069		
			5812.314	704.143
DROI	PENTE= -3.318 %	333.448		
			6145.762	693.078
PARA	S= 6344.8556 Z= 689.7751 R = 6000.00	108.876		
			6254.638	690.453
DROI	PENTE= -1.504 %	367.577		
			6622.215	684.926
PARA	S= 6667.3239 Z= 684.5872 R = 3000.00	60.135		
			6682.350	684.625
DROI	PENTE= 0.501 %	216.268		
			6898.618	685.708
PARA	S= 6913.6447 Z= 685.7457 R = -3000.00	55.702		
			6954.320	685.470
DROI	PENTE= -1.356 %	303.889		
			7258.209	681.350
PARA	S= 7339.5604 Z= 680.7982 R = 6000.00	41.168		
			7299.378	680.933

DROI	PENTE= -0.670 %	1256.929		
			8556.307	672.515
PARA	S= 8489.3353 Z= 672.7392 R = -10000.00	59.912		
			8616.218	671.934
DROI	PENTE= -1.269 %	510.541		
			9126.760	665.456
PARA	S= 9202.8893 Z= 664.9733 R = 6000.00	46.427		
			9173.186	665.047
DROI	PENTE= -0.495 %	999.829		
			10173.016	660.097
PARA	S= 10222.5207 Z= 659.9747 R = 10000.00	99.153		
			10272.168	660.098
DROI	PENTE= 0.496 %	247.198		
			10519.367	661.325
PARA	S= 10549.1554 Z= 661.3991 R = -6000.00	74.648		
			10594.015	661.231
DROI	PENTE= -0.748 %	303.693		
			10897.708	658.961
PARA	S= 10942.5676 Z= 658.7932 R = 6000.00	77.791		
			10975.499	658.884
DROI	PENTE= 0.549 %	264.784		
			11240.283	660.337
PARA	S= 11273.2144 Z= 660.4272 R = -6000.00	91.798		
			11332.081	660.138
DROI	PENTE= -0.981 %	61.027		
			11393.108	659.540
PARA	S= 11451.9742 Z= 659.2509 R = 6000.00	164.851		
			11557.958	660.187
DROI	PENTE= 1.766 %	37.960		
			11595.918	660.857
PARA	S= 11617.1148 Z= 661.0447 R = -1200.00	54.575		
			11650.492	660.581
DROI	PENTE= -2.781 %	19.804	11670.296	660.030

LONGUEUR DE L'AXE 11670.296

PERSPECTIVES

N° pers	Abscisse	Sens	Haut. usager	Posit. usager	Haut. obst.	Dist. de visibilité	Perte de tracé
1	0	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
2	100	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
3	200	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
4	300	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
5	400	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
6	500	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
7	600	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
8	700	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
9	800	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
10	900	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
11	1000	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
12	1100	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
13	1200	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
14	1300	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
15	1400	ALLER	1.20	1.75	0.00	407.00	
16	1500	ALLER	1.20	1.75	0.00	308.00	
17	1600	ALLER	1.20	1.75	0.00	212.00	
18	1700	ALLER	1.20	1.75	0.00	155.00	
19	1800	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
20	1900	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
21	2000	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
22	2100	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
23	2200	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
24	2300	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
25	2400	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
26	2500	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
27	2600	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
28	2700	ALLER	1.20	1.75	0.00	479.00	
29	2800	ALLER	1.20	1.75	0.00	478.00	
30	2900	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
31	3000	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
32	3100	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
33	3200	ALLER	1.20	1.75	0.00	450.00	

34	3300	ALLER	1.20	1.75	0.00		355.00	
35	3400	ALLER	1.20	1.75	0.00		255.00	
36	3500	ALLER	1.20	1.75	0.00		161.00	
37	3600	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
38	3700	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
39	3800	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
40	3900	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
41	4000	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
42	4100	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
43	4200	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
44	4300	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
45	4400	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
46	4500	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
47	4600	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
48	4700	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
49	4800	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
50	4900	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
51	5000	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
52	5100	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
53	5200	ALLER	1.20	1.75	0.00		433.00	
54	5300	ALLER	1.20	1.75	0.00		351.00	
55	5400	ALLER	1.20	1.75	0.00		253.00	
56	5500	ALLER	1.20	1.75	0.00		154.00	
57	5600	ALLER	1.20	1.75	0.00		104.00	
58	5700	ALLER	1.20	1.75	0.00		114.00	
59	5800	ALLER	1.20	1.75	0.00		454.00	
60	5900	ALLER	1.20	1.75	0.00		445.00	
61	6000	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
62	6100	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
63	6200	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
64	6300	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
65	6400	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
66	6500	ALLER	1.20	1.75	0.00		456.00	
67	6600	ALLER	1.20	1.75	0.00		330.00	
68	6700	ALLER	1.20	1.75	0.00		211.00	
69	6800	ALLER	1.20	1.75	0.00		153.00	
70	6900	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
71	7000	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
72	7100	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
73	7200	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	
74	7300	ALLER	1.20	1.75	0.00	>	500.00	

75	7400	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
76	7500	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
77	7600	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
78	7700	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
79	7800	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
80	7900	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
81	8000	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
82	8100	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
83	8200	ALLER	1.20	1.75	0.00	419.00	
84	8300	ALLER	1.20	1.75	0.00	328.00	
85	8400	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
86	8500	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
87	8600	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
88	8700	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
89	8800	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
90	8900	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
91	9000	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
92	9100	ALLER	1.20	1.75	0.00	489.00	
93	9200	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
94	9300	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
95	9400	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
96	9500	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
97	9600	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
98	9700	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
99	9800	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
100	9900	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
101	10000	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
102	10100	ALLER	1.20	1.75	0.00	458.00	
103	10200	ALLER	1.20	1.75	0.00	356.00	
104	10300	ALLER	1.20	1.75	0.00	255.00	
105	10400	ALLER	1.20	1.75	0.00	162.00	
106	10500	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
107	10600	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
108	10700	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
109	10800	ALLER	1.20	1.75	0.00 >	500.00	
110	10900	ALLER	1.20	1.75	0.00	394.00	
111	11000	ALLER	1.20	1.75	0.00	287.00	
112	11100	ALLER	1.20	1.75	0.00	205.00	231.00
113	11200	ALLER	1.20	1.75	0.00	188.00	15.00
114	11300	ALLER	1.20	1.75	0.00	309.00	
115	11400	ALLER	1.20	1.75	0.00	204.00	

116	11500	ALLER	1.20	1.75	0.00	102.00
-----	-------	-------	------	------	------	--------

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	726.179	726.179	493629.669	3917198.343	137.468g	2.50	-2.50
2	50.000	724.397	723.667	493657.427	3917239.931	137.468g	2.50	-2.50
3	100.000	722.924	721.156	493685.185	3917281.518	137.468g	2.50	-2.50
4	150.000	722.262	718.644	493712.943	3917323.105	137.468g	2.50	-2.50
5	200.000	718.608	716.132	493740.700	3917364.693	137.468g	2.50	-2.50
6	250.000	714.956	713.620	493768.458	3917406.280	137.468g	2.50	-2.50
7	300.000	711.638	711.108	493796.216	3917447.867	137.468g	2.50	-2.50
8	350.000	708.994	708.596	493823.974	3917489.455	137.468g	2.50	-2.50
9	400.000	705.862	706.085	493851.731	3917531.042	137.468g	2.50	-2.50
10	450.000	703.089	704.016	493879.489	3917572.630	137.468g	2.50	-2.50
11	500.000	702.341	702.780	493907.247	3917614.217	137.468g	2.50	-2.50
12	550.000	701.697	702.334	493935.005	3917655.804	137.468g	2.50	-2.50
13	600.000	701.221	702.078	493962.763	3917697.392	137.468g	2.50	-2.50
14	650.000	700.746	701.821	493990.520	3917738.979	137.468g	2.50	-2.50
15	700.000	700.270	701.564	494018.278	3917780.566	137.468g	2.50	-2.50
16	750.000	699.795	701.308	494046.036	3917822.154	137.468g	2.50	-2.50
17	800.000	699.748	701.051	494073.794	3917863.741	137.468g	2.50	-2.50
18	850.000	699.971	700.795	494101.551	3917905.328	137.468g	2.50	-2.50
19	900.000	699.918	700.538	494129.309	3917946.916	137.468g	2.50	-2.50
20	950.000	699.602	700.282	494157.067	3917988.503	137.468g	2.50	-2.50
21	1000.000	699.342	700.025	494184.825	3918030.090	137.468g	2.50	-2.50
22	1050.000	699.317	699.768	494212.582	3918071.678	137.468g	2.50	-2.50
23	1100.000	699.291	699.512	494240.340	3918113.265	137.468g	2.50	-2.50
24	1150.000	699.265	699.454	494268.098	3918154.852	137.468g	2.50	-2.50
25	1200.000	699.388	699.770	494295.856	3918196.440	137.468g	2.50	-2.50
26	1250.000	699.682	700.148	494323.613	3918238.027	137.468g	2.50	-2.50
27	1300.000	699.974	700.527	494351.371	3918279.614	137.468g	2.50	-2.50
28	1350.000	700.268	700.905	494379.082	3918321.233	137.085g	2.50	-2.50
29	1400.000	700.410	701.284	494406.251	3918363.206	136.058g	2.50	-2.50
30	1450.000	700.424	701.662	494432.740	3918405.613	135.031g	2.50	-2.50
31	1500.000	700.697	702.041	494458.541	3918448.441	134.005g	2.50	-2.50
32	1550.000	701.594	702.419	494483.648	3918491.680	132.978g	2.50	-2.50
33	1600.000	702.588	702.798	494508.054	3918535.318	131.969g	2.50	-2.50
34	1650.000	703.712	703.177	494532.120	3918579.145	131.969g	2.50	-2.50
35	1700.000	704.836	703.555	494556.187	3918622.972	131.969g	2.50	-2.50
36	1750.000	704.815	703.934	494580.253	3918666.799	131.969g	2.50	-2.50
37	1800.000	704.405	704.248	494604.319	3918710.626	131.969g	2.50	-2.50
38	1850.000	703.995	704.186	494628.385	3918754.453	131.969g	2.50	-2.50
39	1900.000	703.584	703.708	494652.452	3918798.280	131.969g	2.50	-2.50
40	1950.000	703.174	703.010	494676.518	3918842.107	131.969g	2.50	-2.50
41	2000.000	702.099	702.311	494700.584	3918885.934	131.969g	2.50	-2.50

42	2050.000	700.857	701.612	494724.650	3918929.762	131.969g	2.50	-2.50
43	2100.000	699.616	700.914	494748.717	3918973.589	131.969g	2.50	-2.50
44	2150.000	698.554	700.215	494772.783	3919017.416	131.969g	2.50	-2.50
45	2200.000	697.955	699.517	494796.849	3919061.243	131.969g	2.50	-2.50
46	2250.000	697.358	698.818	494820.916	3919105.070	131.969g	2.50	-2.50
47	2300.000	696.857	698.153	494844.982	3919148.897	131.969g	2.50	-2.50
48	2350.000	696.420	697.709	494869.048	3919192.724	131.969g	2.50	-2.50
49	2400.000	696.012	697.438	494893.114	3919236.551	131.969g	2.50	-2.50
50	2450.000	695.683	697.171	494917.181	3919280.378	131.969g	2.50	-2.50
51	2500.000	695.414	696.905	494941.247	3919324.205	131.969g	2.50	-2.50
52	2550.000	695.143	696.638	494965.313	3919368.033	131.969g	2.50	-2.50
53	2600.000	694.622	696.372	494989.379	3919411.860	131.969g	2.50	-2.50
54	2650.000	693.916	696.106	495013.446	3919455.687	131.969g	2.50	-2.50
55	2700.000	694.891	695.839	495037.511	3919499.515	131.877g	2.50	-2.50
56	2750.000	695.199	695.573	495060.726	3919543.795	129.604g	2.50	-2.50
57	2800.000	695.243	695.318	495082.345	3919588.877	127.330g	2.50	-2.50
58	2850.000	695.278	695.103	495102.340	3919634.702	125.056g	2.50	-2.50
59	2900.000	695.248	694.930	495120.687	3919681.211	122.783g	2.50	-2.50
60	2950.000	695.270	694.799	495137.361	3919728.346	120.509g	2.50	-2.50
61	3000.000	695.325	694.710	495152.342	3919776.047	118.236g	2.50	-2.50
62	3050.000	695.366	694.662	495165.609	3919824.251	115.962g	2.50	-2.50
63	3100.000	695.389	694.656	495177.147	3919872.899	113.688g	2.50	-2.50
64	3150.000	695.368	694.691	495186.941	3919921.928	111.415g	2.50	-2.50
65	3200.000	695.459	694.768	495194.978	3919971.275	109.141g	2.50	-2.50
66	3250.000	695.541	694.887	495201.247	3920020.878	106.867g	2.50	-2.50
67	3300.000	695.612	695.047	495205.742	3920070.673	104.594g	2.50	-2.50
68	3350.000	695.673	695.249	495208.455	3920120.597	102.320g	2.50	-2.50
69	3400.000	695.725	695.491	495209.384	3920170.585	100.046g	2.50	-2.50
70	3450.000	695.754	695.743	495208.551	3920220.576	98.136g	2.50	-2.50
71	3500.000	695.579	695.994	495207.087	3920270.555	98.136g	2.50	-2.50
72	3550.000	695.359	696.246	495205.624	3920320.533	98.136g	2.50	-2.50
73	3600.000	695.137	696.498	495204.160	3920370.512	98.136g	2.50	-2.50
74	3650.000	694.921	696.583	495202.696	3920420.490	98.136g	2.50	-2.50
75	3700.000	694.725	696.255	495201.233	3920470.469	98.136g	2.50	-2.50
76	3750.000	694.537	695.752	495199.769	3920520.447	98.136g	2.50	-2.50
77	3800.000	694.384	695.248	495198.306	3920570.426	98.136g	2.50	-2.50
78	3850.000	694.193	694.882	495196.842	3920620.405	98.136g	2.50	-2.50
79	3900.000	694.003	694.631	495195.379	3920670.383	98.136g	2.50	-2.50
80	3950.000	693.862	694.380	495193.915	3920720.362	98.136g	2.50	-2.50
81	4000.000	693.835	694.129	495192.451	3920770.340	98.136g	2.50	-2.50
82	4050.000	693.807	693.878	495190.988	3920820.319	98.136g	2.50	-2.50
83	4100.000	693.780	693.764	495189.524	3920870.297	98.136g	2.50	-2.50
84	4150.000	693.909	693.982	495188.061	3920920.276	98.136g	2.50	-2.50
85	4200.000	694.201	694.232	495186.597	3920970.255	98.136g	2.50	-2.50
86	4250.000	694.493	694.483	495185.134	3921020.233	98.136g	2.50	-2.50
87	4300.000	694.785	694.733	495183.670	3921070.212	98.136g	2.50	-2.50
88	4350.000	695.077	694.984	495182.206	3921120.190	98.136g	2.50	-2.50
89	4400.000	695.369	695.234	495180.743	3921170.169	98.136g	2.50	-2.50
90	4450.000	695.603	695.485	495179.279	3921220.147	98.136g	2.50	-2.50
91	4500.000	695.609	695.735	495177.816	3921270.126	98.136g	2.50	-2.50

92	4550.000	695.530	695.986	495176.352	3921320.105	98.136g	2.50	-2.50
93	4600.000	695.450	696.237	495174.889	3921370.083	98.136g	2.50	-2.50
94	4650.000	695.364	696.487	495172.865	3921420.041	96.630g	2.50	-2.50
95	4700.000	695.264	696.738	495169.596	3921469.933	95.038g	2.50	-2.50
96	4750.000	695.151	696.988	495165.117	3921519.731	93.835g	2.50	-2.50
97	4800.000	695.617	697.239	495160.282	3921569.496	93.835g	2.50	-2.50
98	4850.000	696.300	697.489	495155.448	3921619.262	93.835g	2.50	-2.50
99	4900.000	696.961	697.740	495150.613	3921669.028	93.835g	2.50	-2.50
100	4950.000	697.624	698.010	495145.778	3921718.793	93.835g	2.50	-2.50
101	5000.000	698.286	698.486	495140.944	3921768.559	93.835g	2.50	-2.50
102	5050.000	698.947	699.124	495136.109	3921818.325	93.835g	2.50	-2.50
103	5100.000	699.610	699.766	495131.275	3921868.091	93.835g	2.50	-2.50
104	5150.000	700.053	700.407	495126.440	3921917.856	93.835g	2.50	-2.50
105	5200.000	700.847	701.049	495121.605	3921967.622	93.835g	2.50	-2.50
106	5250.000	701.641	701.691	495116.771	3922017.388	93.835g	2.50	-2.50
107	5300.000	702.403	702.332	495111.936	3922067.154	93.835g	2.50	-2.50
108	5350.000	703.156	702.974	495107.101	3922116.919	93.835g	2.50	-2.50
109	5400.000	703.908	703.616	495102.267	3922166.685	93.835g	2.50	-2.50
110	5450.000	704.661	704.257	495097.432	3922216.451	93.835g	2.50	-2.50
111	5500.000	705.222	704.899	495092.598	3922266.216	93.835g	2.50	-2.50
112	5550.000	705.414	705.541	495087.763	3922315.982	93.835g	2.50	-2.50
113	5600.000	705.636	706.182	495082.928	3922365.748	93.835g	2.50	-2.50
114	5650.000	705.859	706.601	495078.094	3922415.514	93.835g	2.50	-2.50
115	5700.000	706.081	706.468	495073.259	3922465.279	93.835g	2.50	-2.50
116	5750.000	706.303	705.779	495068.424	3922515.045	93.835g	2.50	-2.50
117	5800.000	706.525	704.535	495063.590	3922564.811	93.835g	2.50	-2.50
118	5850.000	705.894	702.892	495058.755	3922614.576	93.835g	2.50	-2.50
119	5900.000	704.116	701.233	495053.921	3922664.342	93.835g	2.50	-2.50
120	5950.000	702.334	699.574	495048.844	3922714.083	92.689g	2.50	-2.50
121	6000.000	700.530	697.915	495042.288	3922763.649	90.567g	2.50	-2.50
122	6050.000	698.703	696.256	495034.083	3922812.969	88.445g	2.50	-2.50
123	6100.000	696.855	694.597	495024.239	3922861.988	86.323g	2.50	-2.50
124	6150.000	695.349	692.939	495012.767	3922910.652	84.200g	2.50	-2.50
125	6200.000	693.880	691.524	494999.680	3922958.906	82.078g	2.50	-2.50
126	6250.000	692.409	690.525	494984.992	3923006.697	79.956g	2.50	-2.50
127	6300.000	690.931	689.771	494968.719	3923053.973	77.834g	2.50	-2.50
128	6350.000	689.445	689.019	494950.879	3923100.680	75.712g	2.50	-2.50
129	6400.000	687.967	688.268	494931.493	3923146.766	73.590g	2.50	-2.50
130	6450.000	686.623	687.516	494910.582	3923192.180	71.468g	2.50	-2.50
131	6500.000	685.278	686.764	494888.582	3923237.080	70.927g	2.50	-2.50
132	6550.000	684.251	686.012	494866.534	3923281.956	70.927g	2.50	-2.50
133	6600.000	684.341	685.260	494844.485	3923326.832	70.927g	2.50	-2.50
134	6605.282	684.351	685.181	494842.156	3923331.573	70.927g	2.50	-2.50
135	6609.386	684.359	685.119	494840.346	3923335.256	70.927g	2.50	-2.50
136	6620.329	684.378	684.955	494835.521	3923345.078	70.927g	2.50	-2.50
137	6625.996	684.388	684.872	494833.021	3923350.165	70.927g	2.50	-2.50
138	6650.000	684.433	684.637	494822.436	3923371.708	70.927g	2.50	-2.50
139	6700.000	684.524	684.713	494800.388	3923416.584	70.927g	2.50	-2.50
140	6750.000	684.613	684.964	494778.339	3923461.461	70.927g	2.50	-2.50
141	6800.000	684.704	685.214	494756.291	3923506.337	70.927g	2.50	-2.50

142	6850.000	684.716	685.465	494734.242	3923551.213	70.927g	2.50	-2.50
143	6900.000	684.483	685.715	494712.194	3923596.089	70.927g	2.50	-2.50
144	6950.000	684.734	685.525	494690.145	3923640.965	70.927g	2.50	-2.50
145	7000.000	683.689	684.851	494668.096	3923685.841	70.927g	2.50	-2.50
146	7050.000	682.466	684.173	494646.048	3923730.717	70.927g	2.50	-2.50
147	7100.000	681.836	683.495	494623.999	3923775.593	70.927g	2.50	-2.50
148	7150.000	681.430	682.817	494601.951	3923820.469	70.927g	2.50	-2.50
149	7200.000	681.024	682.139	494579.902	3923865.345	70.927g	2.50	-2.50
150	7250.000	680.834	681.461	494557.853	3923910.221	70.927g	2.50	-2.50
151	7300.000	681.135	680.929	494535.805	3923955.097	70.927g	2.50	-2.50
152	7350.000	681.053	680.594	494513.756	3923999.973	70.927g	2.50	-2.50
153	7400.000	680.971	680.259	494491.708	3924044.849	70.927g	2.50	-2.50
154	7450.000	680.888	679.924	494469.659	3924089.725	70.927g	2.50	-2.50
155	7500.000	680.807	679.589	494447.610	3924134.601	70.927g	2.50	-2.50
156	7550.000	680.029	679.254	494425.562	3924179.477	70.927g	2.50	-2.50
157	7600.000	678.961	678.919	494403.513	3924224.353	70.927g	2.50	-2.50
158	7650.000	677.893	678.585	494381.465	3924269.229	70.927g	2.50	-2.50
159	7700.000	677.220	678.250	494359.416	3924314.105	70.927g	2.50	-2.50
160	7750.000	676.942	677.915	494337.367	3924358.981	70.927g	2.50	-2.50
161	7800.000	676.700	677.580	494315.294	3924403.845	70.715g	2.50	-2.50
162	7850.000	676.789	677.245	494293.028	3924448.614	70.609g	2.50	-2.50
163	7900.000	676.878	676.910	494270.755	3924493.379	70.609g	2.50	-2.50
164	7950.000	676.968	676.575	494248.482	3924538.144	70.609g	2.50	-2.50
165	8000.000	677.057	676.241	494226.210	3924582.910	70.609g	2.50	-2.50
166	8050.000	677.147	675.906	494203.937	3924627.675	70.609g	2.50	-2.50
167	8100.000	677.205	675.571	494181.665	3924672.440	70.609g	2.50	-2.50
168	8150.000	677.002	675.236	494159.392	3924717.205	70.609g	2.50	-2.50
169	8200.000	676.416	674.901	494137.119	3924761.971	70.609g	2.50	-2.50
170	8250.000	675.829	674.566	494114.847	3924806.736	70.609g	2.50	-2.50
171	8300.000	675.242	674.231	494092.574	3924851.501	70.609g	2.50	-2.50
172	8350.000	674.656	673.897	494070.301	3924896.266	70.609g	2.50	-2.50
173	8400.000	674.591	673.562	494048.029	3924941.032	70.609g	2.50	-2.50
174	8450.000	674.302	673.227	494025.756	3924985.797	70.609g	2.50	-2.50
175	8500.000	673.408	672.892	494003.483	3925030.562	70.609g	2.50	-2.50
176	8550.000	672.514	672.557	493981.211	3925075.328	70.609g	2.50	-2.50
177	8600.000	671.620	672.127	493958.938	3925120.093	70.609g	2.50	-2.50
178	8650.000	670.792	671.506	493936.666	3925164.858	70.609g	2.50	-2.50
179	8700.000	670.120	670.871	493914.393	3925209.623	70.609g	2.50	-2.50
180	8750.000	669.447	670.237	493892.120	3925254.389	70.609g	2.50	-2.50
181	8800.000	668.774	669.602	493869.848	3925299.154	70.609g	2.50	-2.50
182	8850.000	668.042	668.968	493847.306	3925343.783	69.373g	2.50	-2.50
183	8900.000	667.285	668.333	493823.480	3925387.739	67.384g	2.50	-2.50
184	8950.000	666.699	667.699	493798.293	3925430.929	65.394g	2.50	-2.50
185	9000.000	666.191	667.065	493771.768	3925473.311	63.405g	2.50	-2.50
186	9050.000	665.689	666.430	493743.932	3925514.844	61.415g	2.50	-2.50
187	9100.000	665.194	665.796	493714.811	3925555.486	59.426g	2.50	-2.50
188	9150.000	664.736	665.206	493684.436	3925595.199	57.436g	2.50	-2.50
189	9200.000	664.416	664.914	493652.834	3925633.943	55.447g	2.50	-2.50
190	9250.000	664.380	664.667	493620.037	3925671.681	53.458g	2.50	-2.50
191	9300.000	664.349	664.419	493586.077	3925708.376	51.468g	2.50	-2.50

192	9350.000	664.329	664.172	493550.987	3925743.992	49.479g	2.50	-2.50
193	9400.000	664.322	663.924	493514.801	3925778.494	47.489g	2.50	-2.50
194	9450.000	664.326	663.677	493477.555	3925811.848	45.500g	2.50	-2.50
195	9500.000	663.961	663.429	493439.451	3925844.222	44.656g	2.50	-2.50
196	9550.000	663.295	663.181	493401.256	3925876.488	44.656g	2.50	-2.50
197	9600.000	662.630	662.934	493363.060	3925908.755	44.656g	2.50	-2.50
198	9650.000	661.966	662.686	493324.865	3925941.021	44.656g	2.50	-2.50
199	9700.000	661.301	662.439	493286.670	3925973.288	44.656g	2.50	-2.50
200	9750.000	660.837	662.191	493248.475	3926005.554	44.656g	2.50	-2.50
201	9800.000	660.734	661.944	493210.279	3926037.820	44.656g	2.50	-2.50
202	9850.000	660.720	661.696	493172.084	3926070.087	44.656g	2.50	-2.50
203	9900.000	660.706	661.449	493133.889	3926102.353	44.656g	2.50	-2.50
204	9950.000	660.692	661.201	493095.694	3926134.620	44.656g	2.50	-2.50
205	10000.000	660.680	660.954	493057.498	3926166.886	44.656g	2.50	-2.50
206	10050.000	660.639	660.706	493019.303	3926199.152	44.656g	2.50	-2.50
207	10100.000	660.456	660.459	492981.108	3926231.419	44.656g	2.50	-2.50
208	10150.000	660.273	660.211	492942.912	3926263.685	44.656g	2.50	-2.50
209	10200.000	660.090	660.000	492904.717	3926295.952	44.656g	2.50	-2.50
210	10250.000	659.907	660.012	492866.522	3926328.218	44.656g	2.50	-2.50
211	10300.000	659.745	660.236	492828.327	3926360.484	44.656g	2.50	-2.50
212	10350.000	659.739	660.484	492790.131	3926392.751	44.656g	2.50	-2.50
213	10400.000	659.905	660.733	492751.768	3926424.816	43.504g	2.50	-2.50
214	10450.000	660.160	660.981	492712.508	3926455.775	41.514g	2.50	-2.50
215	10500.000	660.417	661.229	492672.300	3926485.492	39.525g	2.50	-2.50
216	10550.000	660.672	661.399	492631.183	3926513.939	37.535g	2.50	-2.50
217	10600.000	660.927	661.187	492589.198	3926541.087	35.546g	2.50	-2.50
218	10650.000	660.718	660.813	492546.384	3926566.909	33.557g	2.50	-2.50
219	10700.000	660.305	660.439	492502.785	3926591.382	31.567g	2.50	-2.50
220	10750.000	659.899	660.065	492458.443	3926614.480	29.578g	2.50	-2.50
221	10800.000	659.499	659.691	492413.565	3926636.524	28.977g	2.50	-2.50
222	10850.000	659.099	659.318	492368.655	3926658.505	28.977g	2.50	-2.50
223	10900.000	658.738	658.944	492323.746	3926680.485	28.977g	2.50	-2.50
224	10950.000	658.580	658.798	492278.836	3926702.465	28.977g	2.50	-2.50
225	11000.000	658.811	659.018	492233.927	3926724.446	28.977g	2.50	-2.50
226	11050.000	659.044	659.292	492189.017	3926746.426	28.977g	2.50	-2.50
227	11100.000	659.275	659.567	492144.108	3926768.407	28.977g	2.50	-2.50
228	11150.000	659.507	659.841	492099.198	3926790.387	28.977g	2.50	-2.50
229	11200.000	659.738	660.116	492054.289	3926812.368	28.977g	2.50	-2.50
230	11250.000	659.856	660.382	492009.379	3926834.348	28.977g	2.50	-2.50
231	11300.000	659.619	660.367	491964.470	3926856.328	28.977g	2.50	-2.50
232	11350.000	659.382	659.963	491919.560	3926878.309	28.977g	2.50	-2.50
233	11400.000	659.115	659.476	491874.651	3926900.289	28.977g	2.50	-2.50
234	11450.000	658.769	659.251	491829.741	3926922.270	28.977g	2.50	-2.50
235	11500.000	658.869	659.443	491784.832	3926944.250	28.977g	2.50	-2.50
236	11550.000	659.577	660.052	491739.922	3926966.230	28.977g	2.50	-2.50
237	11600.000	660.261	660.923	491695.013	3926988.211	28.977g	2.50	-2.50
238	11650.000	660.533	660.594	491650.103	3927010.191	28.977g	2.50	-2.50
239	11670.296	660.030	660.030	491631.873	3927019.114	28.977g	2.50	-2.50

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	6.3	73.6	110.6	0.0
2	50.000	1.0	1085.2	252.5	0.0
3	100.000	1.0	2446.5	284.0	0.0
4	150.000	1.0	5273.6	338.0	0.0
5	200.000	1.0	3464.7	303.9	0.0
6	250.000	1.0	1851.4	269.9	0.0
7	300.000	1.1	835.0	247.0	0.0
8	350.000	1.0	668.5	241.8	0.0
9	400.000	72.1	38.6	218.1	0.0
10	450.000	797.6	0.0	223.4	0.0
11	500.000	262.9	0.0	210.3	0.0
12	550.000	482.7	0.0	216.3	0.0
13	600.000	732.0	0.0	222.9	0.0
14	650.000	987.7	0.0	229.4	0.0
15	700.000	1251.7	0.0	235.9	0.0
16	750.000	1521.7	0.0	242.5	0.0
17	800.000	1260.5	0.0	236.1	0.0
18	850.000	692.0	0.0	221.8	0.0
19	900.000	461.6	0.0	215.7	0.0
20	950.000	528.3	0.0	217.5	0.0
21	1000.000	527.3	0.0	217.0	0.0
22	1050.000	277.0	0.0	210.7	0.0
23	1100.000	60.7	27.5	216.5	0.0
24	1150.000	36.6	38.1	214.8	0.0
25	1200.000	201.1	0.0	208.6	0.0
26	1250.000	292.1	0.0	211.1	0.0
27	1300.000	386.2	0.0	213.7	0.0
28	1350.000	480.7	0.0	216.2	0.0
29	1400.000	750.0	0.0	223.3	0.0
30	1450.000	1181.7	0.0	234.2	0.0
31	1500.000	1310.1	0.0	237.3	0.0
32	1550.000	694.4	0.0	221.8	0.0
33	1600.000	48.5	22.9	220.9	0.0
34	1650.000	1.0	833.3	245.9	0.0
35	1700.000	1.0	1777.3	268.2	0.0
36	1750.000	1.0	1261.7	256.3	0.0
37	1800.000	1.0	387.4	234.7	0.0
38	1850.000	44.9	44.7	217.5	0.0
39	1900.000	8.4	82.3	221.1	0.0
40	1950.000	1.0	395.9	234.9	0.0
41	2000.000	47.4	22.8	219.1	0.0
42	2050.000	613.7	0.0	219.7	0.0
43	2100.000	1254.4	0.0	236.0	0.0

44	2150.000	1707.5	0.0	246.8	0.0
45	2200.000	1581.0	0.0	243.8	0.0
46	2250.000	1453.8	0.0	240.8	0.0
47	2300.000	1251.4	0.0	235.9	0.0
48	2350.000	1244.3	0.0	235.7	0.0
49	2400.000	1410.7	0.0	239.8	0.0
50	2450.000	1488.5	0.0	241.6	0.0
51	2500.000	1491.8	0.0	241.7	0.0
52	2550.000	1498.6	0.0	241.9	0.0
53	2600.000	1820.9	0.0	249.5	0.0
54	2650.000	2335.5	0.0	259.0	0.0
55	2700.000	839.2	0.0	225.7	0.0
56	2750.000	191.9	0.0	208.4	0.0
57	2800.000	3.7	125.4	227.7	0.0
58	2850.000	1.0	407.3	235.2	0.0
59	2900.000	1.0	576.1	239.9	0.0
60	2950.000	1.0	757.6	244.4	0.0
61	3000.000	1.0	931.9	248.4	0.0
62	3050.000	1.0	1040.3	251.0	0.0
63	3100.000	1.0	1076.4	251.9	0.0
64	3150.000	1.0	1007.9	250.4	0.0
65	3200.000	1.0	1023.8	250.6	0.0
66	3250.000	1.0	978.0	249.5	0.0
67	3300.000	1.0	868.9	246.8	0.0
68	3350.000	1.0	699.6	242.6	0.0
69	3400.000	1.0	475.8	237.0	0.0
70	3450.000	1.7	220.8	230.3	0.0
71	3500.000	236.2	0.0	209.6	0.0
72	3550.000	766.2	0.0	223.7	0.0
73	3600.000	1331.4	0.0	237.8	0.0
74	3650.000	1706.5	0.0	246.7	0.0
75	3700.000	1541.6	0.0	242.9	0.0
76	3750.000	1153.1	0.0	233.5	0.0
77	3800.000	747.1	0.0	223.5	0.0
78	3850.000	538.0	0.0	217.7	0.0
79	3900.000	469.9	0.0	215.9	0.0
80	3950.000	344.2	0.0	212.1	0.0
81	4000.000	127.9	15.9	217.7	0.0
82	4050.000	4.1	132.7	226.5	0.0
83	4100.000	3.5	229.4	230.5	0.0
84	4150.000	3.8	131.2	226.2	0.0
85	4200.000	4.7	176.9	229.1	0.0
86	4250.000	3.7	222.6	230.3	0.0
87	4300.000	2.7	268.7	231.6	0.0
88	4350.000	1.6	315.0	232.8	0.0
89	4400.000	1.0	362.4	234.1	0.0
90	4450.000	1.0	342.6	233.5	0.0
91	4500.000	8.7	80.4	221.1	0.0
92	4550.000	282.7	0.0	210.9	0.0
93	4600.000	650.8	0.0	220.7	0.0

94	4650.000	1043.9	0.0	230.8	0.0
95	4700.000	1471.5	0.0	241.2	0.0
96	4750.000	1935.1	0.0	252.1	0.0
97	4800.000	1665.9	0.0	246.0	0.0
98	4850.000	1131.0	0.0	233.1	0.0
99	4900.000	647.6	0.0	220.8	0.0
100	4950.000	237.7	23.6	222.8	0.0
101	5000.000	91.5	87.2	222.8	0.0
102	5050.000	75.8	98.0	222.9	0.0
103	5100.000	62.6	107.8	222.8	0.0
104	5150.000	172.3	0.0	205.3	0.0
105	5200.000	48.0	31.8	216.7	0.0
106	5250.000	3.3	136.6	225.0	0.0
107	5300.000	3.1	279.7	231.2	0.0
108	5350.000	1.0	416.2	235.1	0.0
109	5400.000	1.0	546.7	238.8	0.0
110	5450.000	1.0	677.8	242.1	0.0
111	5500.000	1.0	585.3	240.1	0.0
112	5550.000	21.7	95.8	220.0	0.0
113	5600.000	383.8	0.0	213.7	0.0
114	5650.000	603.0	0.0	219.5	0.0
115	5700.000	223.3	9.5	220.0	0.0
116	5750.000	1.0	823.5	245.8	0.0
117	5800.000	1.0	2757.2	289.6	0.0
118	5850.000	1.0	4275.4	319.7	0.0
119	5900.000	1.0	4088.9	316.2	0.0
120	5950.000	1.0	3898.7	312.5	0.0
121	6000.000	1.0	3676.2	308.2	0.0
122	6050.000	1.0	3422.2	303.2	0.0
123	6100.000	1.0	3143.1	297.7	0.0
124	6150.000	1.0	3364.5	301.9	0.0
125	6200.000	1.0	3284.6	300.3	0.0
126	6250.000	1.0	2602.0	286.2	0.0
127	6300.000	1.0	1618.0	264.6	0.0
128	6350.000	1.0	701.5	242.7	0.0
129	6400.000	115.0	0.0	205.2	0.0
130	6450.000	772.0	0.0	223.8	0.0
131	6500.000	1485.8	0.0	241.6	0.0
132	6550.000	1837.2	0.0	249.9	0.0
133	6600.000	444.7	0.0	124.2	0.0
134	6605.282	65.8	0.0	20.8	0.0
135	6609.386	93.6	0.0	33.1	0.0
136	6620.329	68.9	0.0	35.6	0.0
137	6625.996	92.8	0.0	62.8	0.0
138	6650.000	44.0	34.1	161.5	0.0
139	6700.000	48.7	51.6	218.3	0.0
140	6750.000	180.9	8.1	218.3	0.0
141	6800.000	341.5	0.0	212.5	0.0
142	6850.000	613.8	0.0	220.4	0.0
143	6900.000	1174.1	0.0	234.0	0.0

144	6950.000	656.7	0.0	220.9	0.0
145	7000.000	1090.9	0.0	232.0	0.0
146	7050.000	1733.7	0.0	245.2	0.0
147	7100.000	1707.6	0.0	246.9	0.0
148	7150.000	1366.6	0.0	238.8	0.0
149	7200.000	1037.3	0.0	230.7	0.0
150	7250.000	474.1	0.0	216.1	0.0
151	7300.000	2.2	449.6	236.2	0.0
152	7350.000	1.0	749.0	244.0	0.0
153	7400.000	1.0	1056.7	251.6	0.0
154	7450.000	1.0	1373.7	259.1	0.0
155	7500.000	1.0	1701.1	266.7	0.0
156	7550.000	1.0	1132.4	253.3	0.0
157	7600.000	4.9	262.8	231.2	0.0
158	7650.000	546.3	0.0	218.1	0.0
159	7700.000	934.1	0.0	228.0	0.0
160	7750.000	866.7	0.0	226.3	0.0
161	7800.000	760.1	0.0	223.6	0.0
162	7850.000	283.9	0.0	210.9	0.0
163	7900.000	4.9	177.0	228.7	0.0
164	7950.000	1.0	663.9	241.8	0.0
165	8000.000	1.0	1181.8	254.4	0.0
166	8050.000	1.0	1726.5	267.1	0.0
167	8100.000	1.0	2255.3	278.9	0.0
168	8150.000	0.9	2425.0	281.0	0.0
169	8200.000	1.0	2090.5	275.2	0.0
170	8250.000	1.0	1754.0	267.7	0.0
171	8300.000	1.0	1427.0	260.2	0.0
172	8350.000	1.0	1109.3	252.7	0.0
173	8400.000	1.0	1449.9	260.7	0.0
174	8450.000	1.0	1507.9	262.0	0.0
175	8500.000	1.0	809.8	245.3	0.0
176	8550.000	2.1	159.4	228.7	0.0
177	8600.000	335.7	0.0	212.3	0.0
178	8650.000	566.2	0.0	218.5	0.0
179	8700.000	610.0	0.0	219.6	0.0
180	8750.000	654.0	0.0	220.8	0.0
181	8800.000	697.6	0.0	221.9	0.0
182	8850.000	811.1	0.0	224.9	0.0
183	8900.000	953.9	0.0	228.5	0.0
184	8950.000	897.5	0.0	227.1	0.0
185	9000.000	750.2	0.0	223.3	0.0
186	9050.000	598.4	0.0	219.3	0.0
187	9100.000	441.5	0.0	215.2	0.0
188	9150.000	296.3	0.0	211.3	0.0
189	9200.000	327.5	0.0	212.1	0.0
190	9250.000	112.4	8.6	215.5	0.0
191	9300.000	4.3	131.6	227.9	0.0
192	9350.000	1.0	387.0	234.7	0.0
193	9400.000	1.0	668.8	241.8	0.0

194	9450.000	1.0	972.6	249.3	0.0
195	9500.000	1.0	829.7	245.9	0.0
196	9550.000	1.0	338.0	233.4	0.0
197	9600.000	132.6	10.9	217.1	0.0
198	9650.000	576.1	0.0	218.8	0.0
199	9700.000	1061.8	0.0	231.2	0.0
200	9750.000	1322.5	0.0	237.6	0.0
201	9800.000	1147.5	0.0	233.3	0.0
202	9850.000	869.9	0.0	226.4	0.0
203	9900.000	599.3	0.0	219.4	0.0
204	9950.000	337.8	0.0	212.4	0.0
205	10000.000	87.9	0.0	200.8	0.0
206	10050.000	3.3	133.2	227.9	0.0
207	10100.000	1.0	203.4	229.8	0.0
208	10150.000	1.0	277.1	231.8	0.0
209	10200.000	1.0	309.2	232.6	0.0
210	10250.000	7.2	95.1	226.8	0.0
211	10300.000	318.4	0.0	211.9	0.0
212	10350.000	602.2	0.0	219.4	0.0
213	10400.000	693.9	0.0	221.7	0.0
214	10450.000	689.5	0.0	221.7	0.0
215	10500.000	678.8	0.0	221.4	0.0
216	10550.000	581.4	0.0	218.9	0.0
217	10600.000	75.8	1.5	197.3	0.0
218	10650.000	5.2	105.2	227.1	0.0
219	10700.000	15.2	71.2	225.9	0.0
220	10750.000	25.7	48.6	222.6	0.0
221	10800.000	36.3	33.2	218.9	0.0
222	10850.000	51.9	19.9	212.3	0.0
223	10900.000	47.6	32.8	224.7	0.0
224	10950.000	49.2	26.5	221.0	0.0
225	11000.000	47.0	24.7	222.0	0.0
226	11050.000	67.3	5.9	205.1	0.0
227	11100.000	105.6	0.0	204.6	0.0
228	11150.000	150.1	0.0	207.2	0.0
229	11200.000	195.2	0.0	208.5	0.0
230	11250.000	357.1	0.0	212.9	0.0
231	11300.000	606.3	0.0	219.5	0.0
232	11350.000	417.6	0.0	214.5	0.0
233	11400.000	177.9	0.0	208.0	0.0
234	11450.000	309.4	0.0	211.6	0.0
235	11500.000	411.7	0.0	214.4	0.0
236	11550.000	303.5	0.0	211.5	0.0
237	11600.000	687.6	42.2	233.0	0.0
238	11650.000	20.2	68.9	150.7	0.0
239	11670.296	0.4	48.4	47.7	0.0
		96191	104301	54705	0

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	68.6	38.5	21.0	0.0	14.5
2	50.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
3	100.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
4	150.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
5	200.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
6	250.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
7	300.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
8	350.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
9	400.000	137.2	77.0	42.0	0.0	29.0
10	450.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
11	500.000	143.1	77.0	42.0	0.0	29.0
12	550.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
13	600.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
14	650.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
15	700.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
16	750.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
17	800.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
18	850.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
19	900.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
20	950.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
21	1000.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
22	1050.000	142.8	77.0	42.0	0.0	29.0
23	1100.000	136.4	77.0	42.0	0.0	29.0
24	1150.000	134.2	77.0	42.0	0.0	29.0
25	1200.000	142.3	77.0	42.0	0.0	29.0
26	1250.000	143.4	77.0	42.0	0.0	29.0
27	1300.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
28	1350.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
29	1400.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
30	1450.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
31	1500.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
32	1550.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
33	1600.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
34	1650.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
35	1700.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
36	1750.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
37	1800.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
38	1850.000	136.4	77.0	42.0	0.0	29.0
39	1900.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
40	1950.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
41	2000.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
42	2050.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
43	2100.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0

44	2150.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
45	2200.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
46	2250.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
47	2300.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
48	2350.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
49	2400.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
50	2450.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
51	2500.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
52	2550.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
53	2600.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
54	2650.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
55	2700.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
56	2750.000	142.4	77.0	42.0	0.0	29.0
57	2800.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
58	2850.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
59	2900.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
60	2950.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
61	3000.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
62	3050.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
63	3100.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
64	3150.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
65	3200.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
66	3250.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
67	3300.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
68	3350.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
69	3400.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
70	3450.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
71	3500.000	142.7	77.0	42.0	0.0	29.0
72	3550.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
73	3600.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
74	3650.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
75	3700.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
76	3750.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
77	3800.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
78	3850.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
79	3900.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
80	3950.000	143.1	77.0	42.0	0.0	29.0
81	4000.000	137.7	77.0	42.0	0.0	29.0
82	4050.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
83	4100.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
84	4150.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
85	4200.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
86	4250.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
87	4300.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
88	4350.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
89	4400.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
90	4450.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
91	4500.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
92	4550.000	142.5	77.0	42.0	0.0	29.0
93	4600.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0

94	4650.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
95	4700.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
96	4750.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
97	4800.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
98	4850.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
99	4900.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
100	4950.000	137.8	77.0	42.0	0.0	29.0
101	5000.000	137.8	77.0	42.0	0.0	29.0
102	5050.000	137.8	77.0	42.0	0.0	29.0
103	5100.000	137.8	77.0	42.0	0.0	29.0
104	5150.000	138.9	77.0	42.0	0.0	29.0
105	5200.000	136.5	77.0	42.0	0.0	29.0
106	5250.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
107	5300.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
108	5350.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
109	5400.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
110	5450.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
111	5500.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
112	5550.000	136.7	77.0	42.0	0.0	29.0
113	5600.000	142.6	77.0	42.0	0.0	29.0
114	5650.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
115	5700.000	137.8	77.0	42.0	0.0	29.0
116	5750.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
117	5800.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
118	5850.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
119	5900.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
120	5950.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
121	6000.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
122	6050.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
123	6100.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
124	6150.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
125	6200.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
126	6250.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
127	6300.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
128	6350.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
129	6400.000	139.3	77.0	42.0	0.0	29.0
130	6450.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
131	6500.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
132	6550.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
133	6600.000	79.3	42.6	23.2	0.0	16.0
134	6605.282	13.5	7.2	3.9	0.0	2.7
135	6609.386	21.6	11.6	6.3	0.0	4.4
136	6620.329	23.8	12.8	7.0	0.0	4.8
137	6625.996	42.3	22.8	12.5	0.0	8.6
138	6650.000	101.4	57.0	31.1	0.0	21.5
139	6700.000	136.8	77.0	42.0	0.0	29.0
140	6750.000	137.8	77.0	42.0	0.0	29.0
141	6800.000	142.8	77.0	42.0	0.0	29.0
142	6850.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
143	6900.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0

144	6950.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
145	7000.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
146	7050.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
147	7100.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
148	7150.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
149	7200.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
150	7250.000	143.3	77.0	42.0	0.0	29.0
151	7300.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
152	7350.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
153	7400.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
154	7450.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
155	7500.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
156	7550.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
157	7600.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
158	7650.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
159	7700.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
160	7750.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
161	7800.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
162	7850.000	141.8	77.0	42.0	0.0	29.0
163	7900.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
164	7950.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
165	8000.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
166	8050.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
167	8100.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
168	8150.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
169	8200.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
170	8250.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
171	8300.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
172	8350.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
173	8400.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
174	8450.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
175	8500.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
176	8550.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
177	8600.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
178	8650.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
179	8700.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
180	8750.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
181	8800.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
182	8850.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
183	8900.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
184	8950.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
185	9000.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
186	9050.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
187	9100.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
188	9150.000	143.2	77.0	42.0	0.0	29.0
189	9200.000	143.4	77.0	42.0	0.0	29.0
190	9250.000	137.2	77.0	42.0	0.0	29.0
191	9300.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
192	9350.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
193	9400.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0

194	9450.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
195	9500.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
196	9550.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
197	9600.000	137.7	77.0	42.0	0.0	29.0
198	9650.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
199	9700.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
200	9750.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
201	9800.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
202	9850.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
203	9900.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
204	9950.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
205	10000.000	134.8	77.0	42.0	0.0	29.0
206	10050.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
207	10100.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
208	10150.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
209	10200.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
210	10250.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
211	10300.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
212	10350.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
213	10400.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
214	10450.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
215	10500.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
216	10550.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
217	10600.000	131.0	77.0	42.0	0.0	29.0
218	10650.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
219	10700.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
220	10750.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
221	10800.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
222	10850.000	132.8	77.0	42.0	0.0	29.0
223	10900.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
224	10950.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
225	11000.000	132.1	77.0	42.0	0.0	29.0
226	11050.000	131.2	77.0	42.0	0.0	29.0
227	11100.000	138.6	77.0	42.0	0.0	29.0
228	11150.000	141.4	77.0	42.0	0.0	29.0
229	11200.000	142.5	77.0	42.0	0.0	29.0
230	11250.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
231	11300.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
232	11350.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
233	11400.000	142.0	77.0	42.0	0.0	29.0
234	11450.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
235	11500.000	143.5	77.0	42.0	0.0	29.0
236	11550.000	142.2	77.0	42.0	0.0	29.0
237	11600.000	137.8	77.0	42.0	0.0	29.0
238	11650.000	96.8	54.1	29.5	0.0	20.4
239	11670.296	26.8	15.6	8.5	0.0	5.9
		32193	17972	9803	0	6769