

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

Étude en APD du raccordement de l'autoroute Est-ouest avec le
nouveau pôle universitaire EL-AFFROUN sur 6km avec la
conception d'un carrefour échangeur

Proposé par :

Mr. Ahmed Goumetre

Présenté par :

Aouimeur Djilali

CHERKAOUI Mohamed

El-bachir

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

REMERCIEMENT

REMERCIEMENT

Toute notre gratitude, grâce et remerciement vont à dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborera ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre encadreur Mr.Goumetre Ahmed pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guide ce travail.

Toute notre gratitude va à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Personnel de la bibliothèque.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Nos remerciements vont aussi a tous qui ont participé de près ou de loin a l'établissement de ce mémoire.

Merci.



DEDICACE

Tout d'abord je remercie dieu qui m'a donné le courage

pour arriver à ce stade.



*Je dédie ce modeste travail à ma plus belle étoile qui puisse
exister dans l'univers ma Chère mère "ZOULIKHA ".*

À mon père "KHELIFA " ainsi mon grand père et mes grandes mères

À mes chères sœurs et mes chers frères. À mes ancles ,et mes tantes.

À mon binôme et confrère Djillali ainsi sa petite famille.

Et à tous mes amis de l'ENSTP sans exception.





DEDICACE

Tout d'abord je remercie dieu qui m'a donné le courage

pour arriver à ce stade.

Je dédie ce modeste travail : A' à la mémoire de mon père.

À ma plus belle étoile qui puisse exister dans l'univers ma

Chère mère " AICHA ".

À mes chères sœurs et mon petit frère Mohssin.

À mon binôme et confrère Mohamed ainsi sa petite famille

Et à tous mes ami(e)s de l'ENSTP sans exception.



SOMMAIRE

- INTRODUCTION GENERALE.

CHAPITRE (I) : PRESENTATION DU PROJET.

I.1. Introduction.	03
I.2. PRESENTATION DE LA VILLE.	03
I.3. DESCRIPTION GENERALE DU NOUVEAU TRACE.	04
I.4. JUSTIFICATION DE L'ECHANGEUR, CARREFOUR ET PASSAGE INFERIEUR.	05

CHAPITRE (II) : ETUDE DE TRAFIC.

II.1. INTRODUCTION.	06
II.2. TYPES DE TRAFIC.	06
II.3. METHODES D'ANALYSE DE CIRCULATION.	06
II.4. CALCUL DE LA CAPACITE.	09
II.5. APPLICATION AU PROJET.	11

CHAPITRE (III) : TRACE EN PLAN.

III.1. INTRODUCTION.	14
III.2. DEFINITION.	14
III.3. REGLES A RESPECTER.	14
III.4. ELEMENTS DU TRACE EN PLAN.	14
III.5. COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN.	18
III.6. DESCRIPTION DU TRACE.	21
III.7. PARAMETRES FONDAMENTAUX (B40).	23
III.8. CALCUL D'AXE MANUELLEMENT.	23
III.9. EXEMPLE DE CALCUL DU TRACE EN PLAN.	24

CHAPITRE (IV) : PROFIL EN LONG.

IV.1. DEFINITION.	28
IV.2. REGLES PRATIQUES.	28
IV.3. DECLIVITE.	28
IV.4. RACORDEMENT EN PROFIL EN LONG.	29
IV.5. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG.	31
IV.6. DETERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG.	31
IV.7. EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG.	33

CHAPITRE (V) : PROFIL EN TRAVERS.

V.1. DEFINITION.	35
V.2. ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN TRAVERS.	35
V.3. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS.	36
V.4. APPLICATION AU PROJET.	37

CHAPITRE (VI) : CUBATURES.

VI.1. INTRODUCTION.	40
VI.2. DEFINITION.	40
VI.3. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES.	40
VI.4. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT.	42

SOMMAIRE

CHAPITRE (VII) :	ETUDE GEOTECHNIQUE.
VII.1. INTRODUCTION.	43
VII.2. UTILITE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE.	43
VII.3. ESSAIS GEOTECHNIQUE.	44
VII.4. PRESENTATION DU PROGRAMME ET OBJECTIFS.	46
VII.5. CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS.	52
CHAPITRE (VIII) :	DIMENTIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.
VIII.1. INTRODUCTION.	53
VIII.2. DEFINITION.	53
VIII.3. FACTEURS DETERMINANTS.	53
VIII.4. LES DIFFERENTS TYPES DES CHAUSSEES.	54
VIII.5. CHAUSSEE SOUPLE.	54
VIII.6. ASSISE DE CHAUSSE.	55
VIII.7. METHODES DE DIMENSIONNEMENT.	56
VIII.8. APPLICATION AU PROJET.	59
VIII.9. CONCLUSION.	67
CHAPITRE (IX) :	ASSAINISSEMENT.
IX.1. INTRODUCTION.	68
IX.2 OBJECTIF.	68
IX.3. NATURE ET FONCTION DES RESEAUX.	69
IX.4. LA POLLUTION ROUTIERE.	73
IX.5. QUELQUES DEFINITIONS.	73
IX.6. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT.	76
IX.7. APPLICATION AU PROJET.	80
CHAPITRE (X) :	CHOIX DE L'ECHANGEUR.
X.1. INTRODUCTION.	86
X.2 DEFINITION ET LE ROLE D'UN ECHANGEUR.	86
X.3. REGLES DE CONCEPTION.	86
X.4. LES DIFERENTS TYPES D'ECHANGEURS.	87
X.5. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES.	89
X.6. CHOIX DE L'ECHANGEUR.	90
X.7. APPLICATION AU PROJET.	90
CHAPITRE (XI) :	CHOIX ET CONCEPTION DE CARFOUR.
XI.1. INTRODUCTION.	97
XI.2. LES DIFFERENTS TYPES DE CARREFOUR.	97
XI.3. DONNEES UTILES À L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR.	98
XI.4. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT.	98
XI.5. APPLICATION AU PROJET.	99

SOMMAIRE

CHAPITRE (XII) :		OUVRAGE D'ART.
XII.1. INTRODUCTION.		103
XII.2. RECOMMANDATION SUR LE CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE.		103
XII.3. JUSTIFICATION D'AMENAGEMENT PAR UN PASSAGE SOUS TERRAIN.		103
XII.4. PRESENTATION DES OUVRAGES.		104
CHAPITRE (XIII) :		SIGNALISATION ET ECLAIRAGE.
XIII.1. INTRODUCTION(SIGNALISATION).		106
XIII.2. SIGNALISATION HORIZONTALE.		106
XIII.3. SIGNALISATION VERTICALE.		111
XIII.4. INTRODUCTION (<i>ECLAIRAGE</i>).		116
XIII.5. CATEGORIES D'ECLAIRAGE.		116
XIII.6. CATEGORIES D'ECLAIRAGE.		116
XIII.7. APPLICATION AU PROJET.		117
CHAPITRE (XIV)		IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.
XIV.1. INTRODUCTION.		118
XIV.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE.		118
XIV.3. CARACTERISTIQUES DE LA WILAYA DE BILDA.		118
XIV.4. CADRE LEGAL ET INSTITUTIONNEL.		119
XIV.5. ENVIRONNEMENT GENERAL DU PROJET.		122
XIV.6. DELIMITATION DE LA ZONE D'IMPACTS DU PROJET.		122
XIV.7. IMPACTS DU PROJET.		123
- DEVIS QUANTATIF ET ESTIMATIF.		
-CONCLUSION GENERALE.		
-BIBLIOGRAPHIE.		
-ANNEXE.		

Introduction Générale

1. INTRODUCTION

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

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

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



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

C'est dans ce cadre que la direction des travaux publics de Blida avec la collaboration de la S.A.E.T.I nous a proposé un projet de fin d'étude.

Notre section est une partie appartient au Schéma d'Armature routière Nationale d'Algérie, situé sur une zone méditerranéenne. Se raccordant du nouveau pole universitaire d'El- AFFROUN à l'autoroute EST-OUEST au niveau de CW42 ; sur un itinéraire de 6 Km avec la conception d'un échangeur et deux giratoires.

Introduction Générale

2. OBJECTIFS PRINCIPAUX DE L'ETUDE

Les avantages qui découlent de notre projet sont de deux ordres à savoir :

a. Les avantages directs :

Concernent principalement les usagers de la route

- Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- Gain de temps.
- L'amélioration de la sécurité et le confort.
- L'économie de fonctionnement des véhicules.

b. Les avantages indirects :

Concernent la politique de transport, généralement le développement économique national, et l'aménagement du territoire.

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

- L'amélioration du niveau de service de la route.
- L'augmentation de la capacité de la route.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.

3. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET

Le secteur des travaux publics dans la wilaya de Blida, bénéficiera prochainement de nombreux projets importants, inscrits à son actif au titre du 2ème plan quinquennal, apprend-on à la direction des travaux publics (DTP).

Au titre du présent quinquennal relatif à la réalisation prochaine de voies pour accéder au pôle universitaire d'El-AFFROUN. Ce projet, dont l'étude est achevée, viendra en complément du projet de réalisation de deux fois deux voies pour relier ce pôle universitaire à la cw42 sur un itinéraire de 6km parallèle à l'autoroute Est-ouest, en vue de faciliter et fluidifier le trafic aux abords de l'université.

I.1. INTRODUCTION :

L'aménagement d'un réseau routier ne peut s'effectuer sans faire au préalable des prévisions du trafic afin de déterminer les besoins en déplacement et d'identifier les axes susceptibles d'être saturés à un horizon donné. Pour notre projet qui prend origine à l'intersection de l'auto route est-ouest et le CW42 qui mène vers BORDJ EL EL-AMIR ABD-EL-KADER (MOUZAIA-BLIDA) du côté sud ouest de la ville, et se poursuit vers l'ouest en parallèle de l'autoroute Est-Ouest jusqu'au nouveau pôle universitaire d'El AFFROUN. Dans le cadre de la convention présentée par la direction des travaux publics (DTP) et la société algérienne d'études d'infrastructures (S.A.E.T.I).

I.2. PRESENTATION DE LA VILLE :

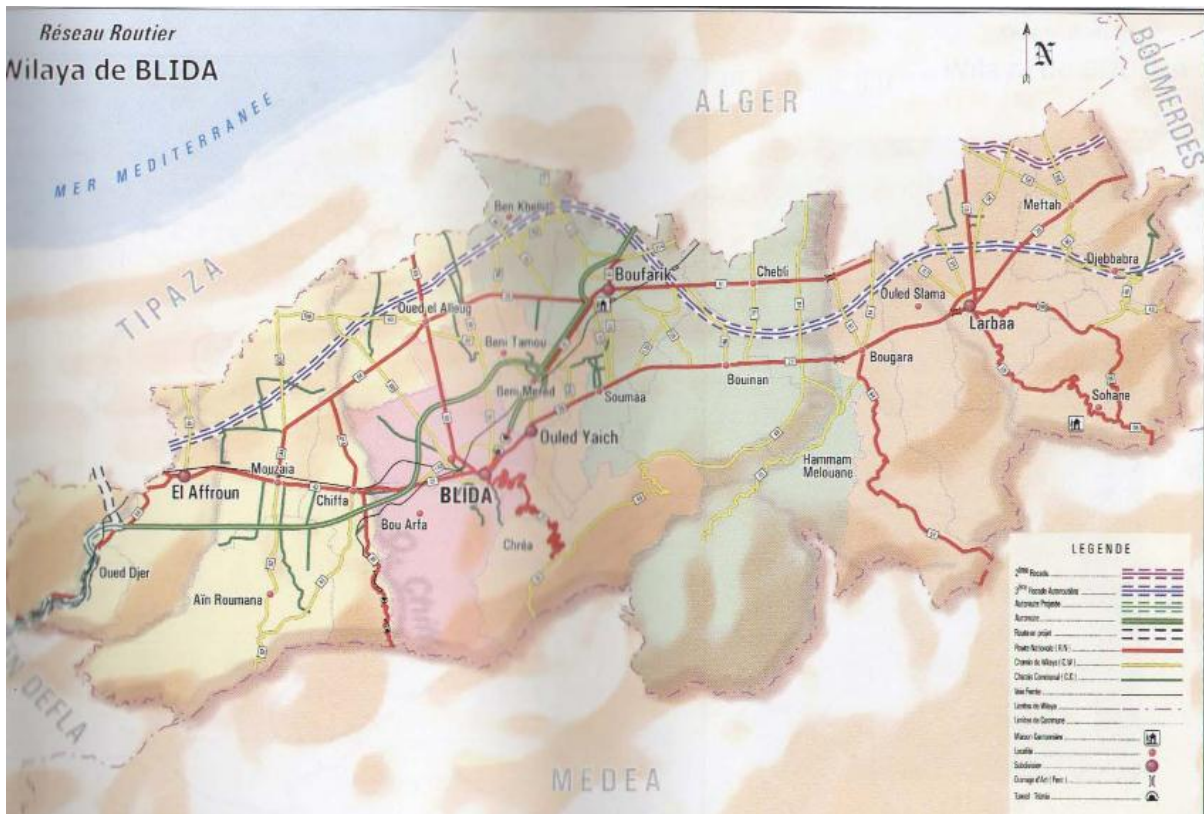
Blida, chef lieu de Wilaya, est située à 50 km au Sud-ouest d'Alger, sur la bordure Sud de la plaine de la Mitidja à 22 km de la mer ; elle est en situation de contact entre la montagne et la plaine ; le cône de déjection de l'Oued Sidi El KEBIR la place à une altitude de 270 m. Le territoire de la commune s'étend sur une superficie de 7.208ha. Le site vierge présente quatre parties distinctes : Les deux premières présentent le piémont tout entier qui est délimité du côté Sud par la montagne, elles sont réunies au niveau de la vallée de Sidi El-KEBIR. La partie Ouest est délimitée par l'Oued Sidi El-KEBIR du côté Nord, ce dernier est alimenté par nombreux ravins.

Le piémont délimite du côté Nord, une troisième partie, en lui donnant une forme en éventail, elle présente une dénivellation de 3% du Sud au Nord. Cette partie est délimitée par la plaine de la Mitidja. La dernière partie est la plaine avec de grandes étendues favorables à l'agriculture.

Ce site stratégique du point de vue économique (plaine de la Mitidja), est aussi un nœud routier très important reliant l'Est à l'Ouest et le Nord au Sud ; il a vu le passage de différentes civilisations depuis l'antiquité.

La ville de BLIDA est limitrophe avec :

- ✚ Au nord, par ALGER TIPAZA.
- ✚ Au sud par MEDEA.
- ✚ A l'ouest par AIN-EL-DEFLA.
- ✚ A l'est par BOUMERDESS.



Réseau routier de wilaya de BLIDA

I.3. DISCRIPTION GENERALE DU NOUVEAU TRACE :

L'étude traitée est d'un tracé neuf, qui est implanté dans un environnement dans la totalité et de type (E2) caractérisé par des faibles sinuosités.

Le projet en étude prend origine de la CW42, à l'intersection avec deux carrefours giratoires projetés du côté sud Est de la ville de MOUZAIA.

Il se raccorde ce chemin de wilaya avec l'autoroute EST-OUEST moyennant un carrefour échangeur de type demi-trèfle projeté là où il sera implanté une garde de péage, après il se dirige vers l'ouest pour franchir plusieurs formations géologiques différentes, et traverse plusieurs talwegs ; et oued BOU-ROUMI, aussi le franchissement des passages supérieurs fait une partie des obstacles rencontrés, jusqu'à son raccordement avec le nouveau pôle universitaire par un carrefour giratoire.

I.4. JUSTIFICATION DE L'ECHANGEUR, CARREFOUR ET PASSAGE INFERIEUR :

Le but essentiel est d'assurer la continuité du réseau routier et de desservir plusieurs directions en même temps. En distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points du conflit qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables. Surtout au point de l'intersection du nouveau tracé avec Le cw62 au niveau de la ville MOUZAIA.



Présentation de la variante sur la carte.

II.1. INTRODUCTION

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement d'une infrastructure de transport, il est nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant à la connaissance des trafics ; on doit disposer de données sur le volume actuel et futur de la circulation pour :

- Déterminer le type de l'aménagement qui convient.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.
- Définir la géométrie et les caractéristiques des carrefours.
- La périodicité des travaux d'entretien.

II.2. TYPES DE TRAFIC

En distingue les catégories suivantes :

i. Trafic normal :

Existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte le nouveau projet.

ii. Trafic dévié :

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

iii. Trafic induit :

Résulte de 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.

iv. Trafic total :

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

II.3. METHODES D'ANALYSE DE CIRCULATION

L'analyse se fait par différents procédés complémentaires, qui nécessitent une logistique et une organisation appropriées :

a) - Les Comptages :

On distingue deux types de comptage :

Comptages manuels.

Comptages automatiques.

a.1)- Les comptages manuels :

Réalisés par des agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques, permettant de connaître le pourcentage de poids lourds.

a.2) - Les comptages automatiques :

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 deux types :

- **Les comptages permanents** : 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.
- **Le comptage temporaire** : s'effectuent durant une période donnée où le trafic est intense à l'aide de postes de comptages.

b) - les Enquêtes Origine Destination :

Nécessaires pour compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, en fonction du besoin, diverses méthodes à recourir, 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 :

b.1) Enquête papillons ou distributions :

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

C'est une méthode rapide d'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit ; mais elle ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

b.2) - 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, 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, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

b.3) - interview des conducteurs :

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 l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées : (origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé). L'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule.

b.4)- Les enquêtes à domicile Enquête ménage :

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'une interview à son domicile par une personne qualifiée, 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.

Le trafic est exprimé en moyenne journalière annuelle (**T.J.M.A**).

Actuellement les campagnes de recensement sont menées régulièrement sur les principaux axes du pays par les Directions des Travaux Publics des wilayas ; l'organisation et l'exploitation relève du C.T.T.P. permettent à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination).

La prévision de la circulation future pour un choix rationnel des aménagements routiers nécessite, la poursuite des études de trafic et des études complémentaires (statistiques d'accidents, études prospectives du taux de motorisation, etc.).

Pour notre projet ,l'analyse de la zone traversée et le réseau existant, fait par le groupement dans une étude spécifique, a permis la définition des principaux flux de trafic (trafic de transit et trafic local) et la délimitation des zones de génération de trafics correspondantes :

Trafics locaux

Les échanges sont assurés par l'intermédiaire du réseau existant à savoir la RN 4, RN 14, le CW 42, CW 62, et CW 203, et concernent les échanges entre Blida, et EL-AFFROUN, les zones de trafic correspondantes regroupent les communes traversées par ce réseau.

Trafic longue et moyenne distance

Nous associons au trafic de transit la zone OUEST regroupe les wilayas situées à l'ouest et la zone EST a pour sens vers Alger et dont le trafic de moyenne et longue distance est assuré par l'intermédiaire de l'autoroute Est – Ouest, dans l'optique d'installation d'une garde du péage.

La zone nord a une partie du trafic marginal (moins de 10 %) qui se dirige vers la RN 18 et la CW203.

Vue l'importance du pôle d'attraction que constitue la zone de Blida. En effet, plus de la moitié du trafic recensé sur la RN 4 (Est de El Affroun) a pour destination Blida, 96% du trafic circulant sur la RN 4, Est d'El Affroun, trouve son origine et destination dans les zones d'Alger ou de Blida. Ces 2 zones monopolisent respectivement 34% et 54% du volume total ; 3 % du trafic peut être considéré comme trafic local, entre El Affroun et ses environs immédiats ; Dans la direction vers El Affroun (vers l'ouest), les zones d'El Affroun, Hadjout / Cherchell avec respectivement 26 %, 23 % et 19 % constituent des pôles importants d'attraction. Autrement dit 68 % du trafic recensé au niveau d'El Affroun et se dirigeant vers l'extérieur de la zone d'Alger / Blida.

II.4. CALCUL DE LA CAPACITE

Définition

La capacité d'une route est le flux horaire maximum de véhicules qui peuvent passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme durant une période bien déterminée ; la capacité dépend de :

- Conditions de trafic.
- Conditions météorologiques.
- Type d usagers habitués ou non à l itinéraire.
- 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).

Le nombre de voies à prévoir est en relation avec la capacité de la route et de la demande en trafic, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible ; pour le calcul nous avons trois étapes :

1^{er} ETAPE EVALUATION DE LA DEMANDE

Projection Future Du Trafic

Cette projection consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, généralement 20 ans, l'évolution du trafic observé dans le passé, donné par la formule suivante :

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

- TJMA_h** : Trafic à l année horizon.
- TJMA₀** : Trafic à l année de référence.
- n** : Nombre d année.
- τ** : Taux d accroissement annuel du trafic.

Calcul De Trafic Effectif

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

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

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

- 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.

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

Coefficient d'équivalence

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 :

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

Q : Débit de pointe horaire.

T_{eff} : Trafic effectif.

1/n: Coefficient de pointe horaire pris est égal à **0,12**.

2^{em} ETAPE : EVALUATION DE L'OFFRE

Débit Horaire Admissible

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

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

C_{th} : Débit admissible par voie.

K₁, K₂: Coefficients correcteurs.

Environnement	E1	E2	E3
K₁	0.75	0.85	0,90 à 0 ,95

Valeures de K₁

	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.9

Valeures de K₂

N.B : Débit prévisible doit être ≤ au débit admissible.

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

Capacités théorique par voie**3^{em} ETAPE : DETERMINATION DU NOMBRE DE VOIES****Chaussée bidirectionnelle :**

On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir Q_{adm} le plus proche à Q .

Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre entier le plus proche du $S.Q/Q_{adm}$.

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

S : Coefficient de dissymétrie du trafic dans les deux sens, en général égale à $2/3$.

II.5. APPLICATION AU PROJET**Données de trafic :**

Les résultats de trafic ont été fournis par S.A.E.T.I :

- Année de comptage: 2010.
- Trafic $_{2010} = 8000$ v/j dans les deux sens.
- Taux d'accroissement: $\tau = 4$ %.
- Pourcentage de poids lourds : $Z=25$ %.
- Mise en service en: 2013.
- Durée de vie: 20 ans.
- Route de catégorie C2 et environnement E1.

Projection future de trafic :

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

$$TJMA_{2013} = 8000(1 + 0,04)^3 = 8998,91 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2013} = 8999 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2033} = 8998,91 \times (1 + 0,04)^{20} = 19717,72 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2033} = 19718 \text{ v/j.}$$

Calcul du trafic effectif :

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

Pour une route à deux voies et un environnement **E1** on a **P=3**.

$$T_{\text{eff}2033} = 19717,72 \times [(1 - 0.25) + 3 \times 0.25] = 29576.6 \text{ uvp/j.}$$

$$T_{\text{eff}2033} = 29577 \text{ uvp/j}$$

Débit de pointe horaire normale :

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

$$Q = 0.12 \times 29576.6 = 3549.2 \text{ uvp/j Donc :}$$

$$Q = 3550 \text{ uvp/h}$$

Debit admissible:

Le débit que supporte une section donnée :

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

$$K_1 = 0.75, K_2 = 1.00.$$

$$Q \leq Q_{\text{adm}} \rightarrow Q \leq K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

$$\rightarrow C_{\text{th}} \geq Q / K_1 \cdot K_2.$$

$$\rightarrow C_{\text{th}} \geq 3549.2 / 0.75 \times 1,00.$$

$$\rightarrow C_{\text{th}} \geq 4732,26 \text{ uvp/j.}$$

D'après le **B40**, nous avons le choix entre :

- Chaussée unique de 14m et de l'accotement de 0,6 m correspondante à un trafic pour les deux sens de 4840 uvp/j.
- Ou deux chaussées séparées où il ya lieu de calculer le nombre de voie.

$$N = 2/3(Q/K_1 \cdot K_2) \cdot C_0.$$

C_0 : capacité de saturation maximale d'une voie.

$$C_0 = 1800 \text{ uvp/j.}$$

$$N = 2/3(3549,2/0,75 \cdot 1) \cdot 1800.$$

$$N = 1,25.$$

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

Avec TPC de 3m, et bande d'arrêt d'urgence BAU de 2.5m de deux sens

Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies :

À partir de la formule donnant la capacité du profil chargée (B_{40}), et par sens :

$$Q_{\text{sat}} = (1 + \tau)^n \cdot (Q_{2013} / K_1 \cdot K_2) \cdot 2/3 \dots\dots\dots (*)$$

C_{th} : Capacité du profil chargée par voie.

Q_{2013} : Débit de pointe horaire à l'année 2013.

n : Année de saturation

$$C_{\text{sat}} = 2 \cdot C_{\text{th}}$$

$$T_{\text{eff}}(2013) = [(1 - 0.25) + 4 \times 0.25] \times 8998,91$$

$$T_{\text{eff}}(2013) = 15748,1 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2013} = 0,12 \times 15748,1 = 1889,77 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{2013} = 1890 \text{ uvp/h.}$$

La capacité théorique d'une voie prise égale à 1800 uvp/h

Capacité admissible/sens $C_{th} = 1800 \cdot 2 = 3600 \text{ uvp/h}$

$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} = 0,75 \cdot 1 \cdot 3600 = 2700 \text{ uvp/h}$

$$\tau = 0,04$$

$$(*) \Rightarrow n = \frac{\ln[Q_{sat} / (Q_{2013} \cdot 2/3)]}{\ln(1 + \tau)}$$

$$(*) \Rightarrow n = \frac{\ln[2700 / (1890 \cdot 2/3)]}{\ln(1 + 0,04)}$$

$$n = 19,43.$$

Prenant $n = 20 \text{ ans.}$

L'année de saturation est : 2033.

III.1. INTRODUCTION

L'élaboration du projet routier, commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature, et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain ; on tenant compte des obligations suivantes :

- Une obligation de sécurité, liée au tracé, à la qualité des véhicules admis et à l'adhérence de la surface de roulement.
- Une obligation de confort, pour diminuer la fatigue des usagers et la nuisance.
- Une obligation d'économie globale, en vue de réduire le coût social d'exploitation.

III.2. DEFINITION

Le tracé en plan c'est la projection orthogonale de l'axe de la route sur un plan horizontal, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, caractérisé par la vitesse de référence appelé vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part ; elle se fait à l'aide de clothoïdes qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

III.3. REGLES A RESPECTER

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes, on doit respecter certaines recommandations :

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

III.4.ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

III.4.1. LIGNEMENT :

L'élément géométrique le plus simple, son emploi est restreint, parce qu'il présente des inconvénients, notamment :

- Eblouissement causé par les phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents, un malaise chez le conducteur.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation au paysage.

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

- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites et rectilignes.
- Zone urbaine, où existe des passages imposés.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

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.

Une longueur minimale d'alignement l_{\min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

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

La longueur maximale l_{\max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes

$$L_{\max} = T \cdot V_B \quad T = 60 \text{ sec} / \quad v_B : \text{Vitesse en (m/s)} / \quad L_{\min} = T \cdot v_B \quad T = 5 \text{ sec.}$$

III.4.2. ARCS DE CERCLE :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

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

La condition la plus sévère et de ne pas descendre en dessous du rayon minimum préconisé ; il est préférable de choisir des rayons plus grands qui n'introduisent pratiquement pas d'accélération sensible et n'allongent guère le tracé.

III.4.3. COURBE DE RACORDEMENT :

L'emploi du CR 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.

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirer d'une variation continue de la courbure :

III.4.3.1. PARABOLE CUBIQUE :

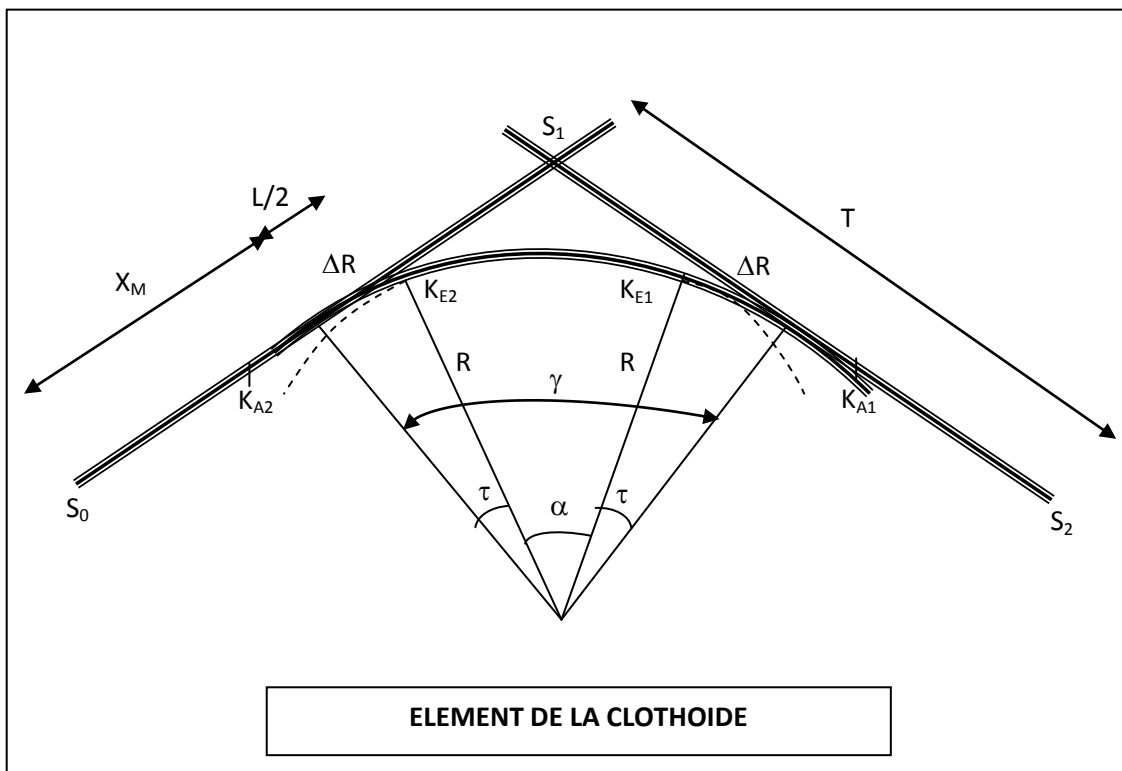
Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

III.4.3.2. LEMNISCATE :

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.

III.4.3.3. CLOTOIDE :

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 la 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 constante la variation de l'accélération transversale.



Le paramètre A définit sans ambiguïté la clothoïde ; toutes les clothoïdes sont semblables entre elles, la courbure $1/R$ étant proportionnels à l'abscisse curviligne L on donne :

$$A = \sqrt{L.R}, \quad 1/R = L/A^2 \quad \Delta R = L/24R.$$

A : Paramètre de clothoïde.

M : Centre du cercle.

R : Rayon du cercle.

K_a : Origine de clothoïde.

K_e : Extrémité de la clothoïde.

L : Longueur de la branche de la clothoïde.

ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit et l'arc de cercle (le ripage).

X_m : Abscisse du centre du cercle.

τ : Angle de tangente.

X : Abscisse de K_e .

Y : Ordonnée de K_e .

T : Tangente longue.

SL : Corde $K_a - K_e$.

σ : Angle polaire (angle de la courbe avec tangente)

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

- Condition de gauchissement.
- Condition optique.
- Condition de confort dynamique.

i. CONDITION DE GAUCHISSEMENT :

Elle consiste limiter la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée, par rapport à son axe : $\Delta p < 0,5/V_B$ (V_B en m/s).

Avec cependant $P \geq 0,5\%$ pour assurer l'écoulement des eaux de précipitation superficielle.

l : Largeur de la chaussée.

L : Longueur de raccordement.

Δd : Variation de dévers = $d_2 - d_1$.

ii. CONDITION DE CONFORT DYNAMIQUE :

Pour éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, Elle est limitée par :

V_r : Vitesse de base en Km/h.

R : Rayon en m.

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

Δd : Variation de dévers.

iii. CONDITION OPTIQUE :

Pour assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route, et en particulier de les informer à l'avance du tracé de façon à obtenir la sécurité de conduite ; la rotation de la tangente τ doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil.

Selon (B40) :

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

NB

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

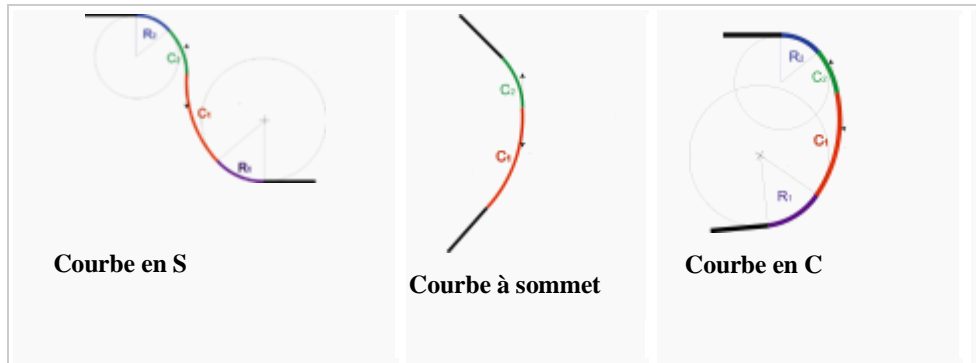
$$L \geq \frac{5}{36} \Delta d \cdot V_B$$

III.5. COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

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

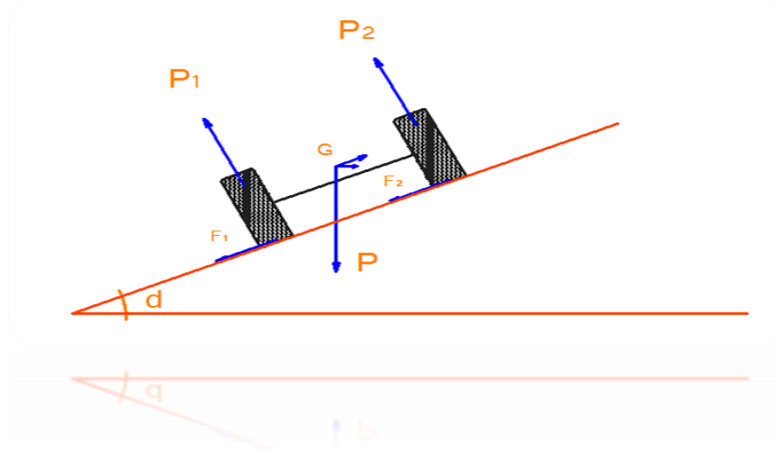
- Courbe en S : qui est par définition la courbe constituée de deux arcs de clothoïde de concavité opposée tangents en leur points de courbure nul et raccordant deux arcs de cercle.
- Courbe à sommet : Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.
- Courbe en C : qui est une courbe constituée de deux clothoïde de même concavité, tangents en point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieures l'un à l'autre.

- Ove : qui est Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercle dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.



III.5.1. STABILITE EN COURBE

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



Rayon horizontal minimal absolu (RHm) : correspond aux divers max (d_{max}).

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

ft : fors de frottement transversal de la chaussée.

Rayon minimal normal (RHn) : correspond aux divers $d = d_{max} - 2\%$.

$$RHn = \frac{(VB + 20)^2}{127 \times (ft + d max)}$$

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

Rayon au dévers minimal (RHd) : correspond aux divers $d_{min} = 2.5\%$. (Cat 1).

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

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

Rayon minimal non déversé (RHnd) :

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

$$RHnd = \frac{VB^2}{127 \times 0,035} \quad (\text{Cat 1}).$$

paramètres	symboles	valeurs
Rayon horizontal minimal (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

Rayons en plan et devers associés (E1- C2).

La vitesse de référence (de base) :

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

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

- Choix de la vitesse de référence : Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.

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

-Vitesse de projet :

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

- 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.5.2. VISIBILITE EN COURBE :

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur du courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

III.5.3. SUR LARGUEUR :

Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayons faibles :

Lorsqu'un véhicule circule dans une courbe, il occupe une largeur plus grande que sur l'alignement droit ; compte tenu de l'empattement du véhicule, les roues arrière n'épousant pas exactement le tracé de celles de devant.

La valeur de la Sur largeur théorique S nécessaire pour une voie de circulation :

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

- L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10m$).
- R : rayon de l'axe de la route.

III.6. DESCRIPTION DU TRACE

Le tracé proposé prend origine au niveau de l'intersection de CW42 avec l'autoroute Est-ouest, et prend fin au droit du nouveau pole universitaire ; il présente une longueur totale de 6.205Km.

Vu que les conditions exigent par le maître d'ouvrage et l'honnêteté de l'étude ; notre tracé franchit des obstacles importants (son menus dans le tableau ci-dessous) :

	DE(PK)	A(PK)
Passage supérieur	1+000	1+025
	3+205	3+240
	4+055	4+080
	4+920	4+965
Canal d'irrigation	2+760	2+780
Oued Bou roumi	0+165	0+340
Écoulement à haut débit	2+440	
Écoulement à faible débit	0+360	
	0+760	
	1+135	

Les caractéristiques géométriques principales sont synthétisées dans le tableau suivant :

$R < R_{hnd}$	$R \geq R_{hnd}$	Align droit
1343.075	1923.55	2947.375
21.5%	31%	47.5%

III.7. PARAMETRES FONDAMENTAUX (B40) :

le tableau suivant illustre l'ensemble de la caractéristique des différents éléments

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	V_B	80
Longueur minimale (m)	L_{min}	111,11
Longueur maximale (m)	L_{max}	1333,33
Divers minimale (%)	d_{min}	2,5
Divers maximale (%)	d_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	T_{pr}	2
Coefficient de Frottement longitudinal	f_L	0,39
Coefficient de 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

Paramètres fondamentaux.

III.8. CALCUL D'AXE MANUELLEMENT :

Le calcul d'axe est l'opération par lesquelles toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste à calculer l'axe de la route, point par point du début de projet jusqu'à la fin de celui-ci en déterminant les coordonnées de ces points et les gisements des directions.

Le calcul d'axe se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ces coordonnées ; il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul des gisements.
- Calcul des l'angle γ entre les alignements.
- Calcul de la tangente **T**.
- Calcul de la corde polaire **S_L**.
- Vérification de non- chevauchement.
- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

III.9. EXEMPLE DE CALCUL DU TRACE EN PLAN :

Nous avons calculé une partie de l'axe du pk4+160 au pk4+280

Rayon $R = 350\text{m} < R_{Hnd}$ (Raccordement avec Clothoïde).

S0 (X = 27293, 196. Y = 49734, 2982) (m).

S1 (X = 27667, 5844. Y = 49838, 1409) (m).

S2 (X = 27979, 9572. Y = 49797, 2401) (m).

V_B=80 (Km/h)

Caractéristiques de la courbe de raccordement :**- Détermination de A :**

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

- Détermination de L :**- Condition de confort optique :**

$$R = 350\text{m} < 1500\text{m} \quad \Rightarrow R/3 < A < R$$

$$\Rightarrow 350/3 < A < 350$$

$$\Rightarrow 116,66 < A < 350$$

- Condition de confort dynamique et de gauchissement :

$L \geq \frac{5}{36} \Delta d \cdot V_B$ Avec $\Delta d = d + 2.5$

Si : $RH_m < R < RH_n$: $\frac{d(R) - d(RH_m)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m}} = \frac{d(RH_m) - d(RH_n)}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RH_n}}$ (*)

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

On a: $RH_m = 250 < R = 350 < RH_n = 450$ (m).

(**) $\Rightarrow d = 5,8 \%$

$\Delta d = 5,6 + 2.5 = 8,1 (\%) \cdot 177,$

$L \geq \frac{5}{36} \times 8,3 \times 80 = 90$ (m) $\rightarrow A = \sqrt{L \cdot R} = \sqrt{90 \times 350}$
 $= 177,48 \geq R/3$

Les trois conditions sont remplies.

On choisit :

R=350 et A= 178

- Calcul des gisements :

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

$$S_0 S_1 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S1} - X_{S0}| = |27667, 5844 - 27293, 196| = 374,388 \text{ (m)}. \\ |\Delta Y| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = |49838, 1409 - 49734, 2982| = 103,843 \text{ (m)}. \end{array} \right.$$

$$S_1 S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X_1| = |X_{S2} - X_{S1}| = |27979, 9572 - 27667, 5844| = 312,373 \text{ (m)}. \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = |49797, 2401 - 49838, 1409| = 40,901 \text{ (m)}. \end{array} \right.$$

Donc:

$G_{S_0}^{S_1} = \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 82,77$ (grade).

$G_{S_1}^{S_2} = 100 + \arctg \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 191,71$ (grade).

$S_0 S_1 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{374,388^2 + 103,843^2} = 388,52$ (m).

$S_1 S_2 = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} = \sqrt{312,373^2 + 40,901^2} = 315,04$ (m).

Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S0}^{S1}| = |191,71 - 82,77| = 108,94 \text{ (grade)}.$$

Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{91,65}{2 \times 350} \times \frac{200}{\pi} = 8,339 \text{ (grade)}.$$

Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 8,339 \text{ (grade)}.$$

$$\gamma / 2 = 108,94 / 2 = 54,47 \text{ (grade)}$$

Donc : $\tau < \gamma / 2 \Rightarrow$ pas de chevauchement.

Calcul de la tangente T :

$$\text{On a : } L / R = 91,65 / 350 = 0,2612$$

A partir des tables de Clothoïde ligne N° 412 on tire les valeurs suivantes :

$$\frac{\Delta R}{R} = 0.002913770014 \Rightarrow \Delta R = 1,01 \text{ (m)}.$$

$$\frac{X_m}{R} = 0.1305431625 \Rightarrow X_m = 45,59.$$

$$\frac{X}{R} = 0.2607893239 \Rightarrow X = 91,276.$$

$$\frac{Y}{R} = 0,011360285 \Rightarrow Y = 3,976.$$

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

$$T = 45,59 + (350 + 1) \text{tg} 54,47.$$

Donc: $T = 449,696 \text{ (m)}.$

Calcul des Coordonnées SL :

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

$$S_L = \sqrt{91,276^2 + 3,976^2} = 91,362 \text{ (m)} .$$

Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg \frac{Y}{X} = \arctg \frac{3,976}{91,276} = 2,7714(\text{grad}).$$

Calcul de l'arc:

$$b = K_{E1} K_{E2} .$$

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

$$b = \frac{[\pi \times 350 (108,94 - 2 \times 8,339)]}{200} = 506,98 \text{ (m)} .$$

Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} \begin{cases} X_{A1} = X_{S1} - T \times \sin G_{S0}^{S1} . \\ Y_{A1} = Y_{S1} - T \times \cos G_{S0}^{S1} . \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{A1} = 27667,5844 - 449,696 \times \sin 82,77 = 27234,258(\text{m}) . \\ Y_{A1} = 49838,1409 - 449,696 \times \cos 82,77 = 49717,911 \text{ (m)} . \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - S_L \times \sin (G_{S0}^{S1} - 200 + \sigma) . \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - S_L \times \cos (G_{S0}^{S1} - 200 + \sigma) . \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 27234,258 - 91,362 \times \sin (82,77 - 200 + 2,7714) = 27323,274(\text{m}) . \\ Y_{KE1} = 49717,911 - 91,362 \times \cos (82,77 - 200 + 2,7714) = 49738,483 \text{ (m)} . \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{A2} = X_{S1} - T \times \sin (G_{S2}^{S1} - 200). \\ Y_{A2} = Y_{S1} - T \times \cos (G_{S2}^{S1} - 200). \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{A2} = 27667,5844 - 449,696 \times \sin (191,71 - 200) = 27725,978 \text{ (m)}. \\ Y_{A2} = 49838,1409 - 449,696 \times \cos (191,71 - 200) = 49392,260 \text{ (m)}. \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA1} + S_L \times \sin (G_{S1}^{S2} - 200 - \sigma). \\ Y_{KE2} = Y_{KA1} + S_L \times \cos (G_{S1}^{S2} - 200 - \sigma). \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 27234,258 + 91,362 \times \sin (191,71 - 200 - 2,7714) = 27218,463 \text{ (m)}. \\ Y_{KE2} = 49717,911 + 91,362 \times \cos (191,71 - 200 - 2,7714) = 49808,164 \text{ (m)}. \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axes sont joints en Annexe.

(À l'aide de l'autopiste et un programme exécuter par micro soft Excel 2007)

IV.1. DEFINITION

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé, il est composé de lignes droites (déclivités), arcs de cercle tangents aux droites, constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

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

IV.2. REGLES PRATIQUES

Le coût d'une construction routière varie en fonction de son profil en long, les coûts d'exploitation des véhicules empruntant la route et le nombre d'accident, à cet effet, quelques règles pratiques régissant celui-ci doivent être suivies.

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Assurer l'écoulement et l'évacuation des eaux de ruissellement de la chaussée tout le long du tracé.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et le volume des déblais.
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- 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.
- Assurer la visibilité de dépassement.
- Il faut éviter de placer un point bas du profil en long dans une zone de déblai et en sens inverse, il est contre indiqué de prévoir un remblai dans un point haut.

La combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles, notamment :

- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et d'arcs à courbe progressive 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. DECLIVITE

Caractérisée par l'angle que fait l'élément droit avec l'horizontale, elles peuvent être une pente (pour $i < 0$) ou une rampe (Pour $i > 0$), L'ensemble des pentes et des rampes constitue les déclivités.

Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence « m » des deux déclivités.

- Raccordement : pente- rampe $\Rightarrow m < 0 \Rightarrow$ arc concave.
- Raccordement : rampe- pente $\Rightarrow m > 0 \Rightarrow$ arc convexe.

Pour la raison de l'écoulement des eaux, il faut éviter les paliers, il est recommandable d'assurer une pente minimale $i_{min} = 0.5\%$ de préférable 1%.

La déclivité maximum dépend de :

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

IV.4. RACORDEMENT 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, on distingue deux types de raccordements :

IV.4.a. Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire deux conditions :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

IV.4.b. Raccordements concaves (angle rentrant)

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

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0,035 \times d_1)}$$

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R'_{vm}	1200
Min -normal	R'_{vN}	2400

Rayons concave.

i. Condition de confort :

Si le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, alors les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, elle est limitée à « g /40(cat 1-2) et g / 30(cat 3-4-5) ».

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

D’où :

$$R_v \geq 0, 30 V^2 \quad (\text{cat 1-2}).$$

R_v : Rayon vertical (m).

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

V : Vitesse de référence (km /h).

ii. Condition de visibilité :

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

Il faut deux véhicules circule en sens opposes puissent s’apercevoir à une distance double de la distance d’arrêt minimum.

Le rayon de raccordement est donne par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2.(h_0 + h_1 + 2.\sqrt{h_0.h_1})} \approx 0,27 D^2$$

- **d** : Distance d’arrêt (m).
- **h₀** : Hauteur de l’œil (m).
- **h₁** : Hauteur de l’obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de bas $V_B=80$ (Km/h) et pour la catégorie 2 on à :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	$R_{V_{m1}}$	1000
Min- normal	$R_{V_{N1}}$	2500
Dépassement	R_{VD}	5000

Rayons convexes

iii. Condition d’ordre esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l’usager une impression d’harmonie, d’équilibre et de beauté pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet en imposera une longueur de raccordement minimale et (b>50) pour des dévers $d < 10\%$ ‘spécial échangeur’.

$$RV \text{ min} = 100 \times \frac{50}{\Delta d\%}$$

Δd : Changement de dévers (%)

$R_{V_{\text{min}}}$: Rayon vertical minimum (m)

IV.5. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG

La coordination doit faire l’objet d’une étude d’ensemble, pour assurer une bonne insertion dans le site, les conditions minimales de visibilité ;ces objectifs incite à :

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

IV.6. DETERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

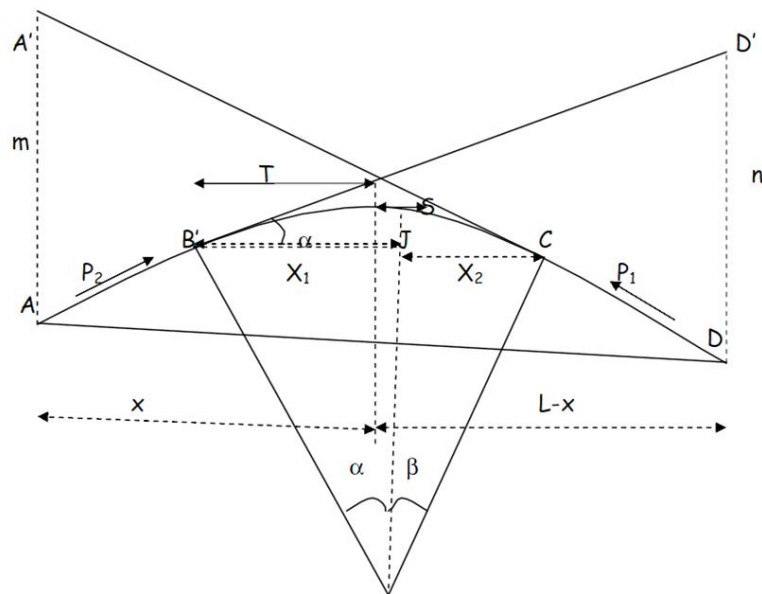
Dans les études des projets, on assimile l’équation du cercle :

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

À l’équation de la parabole $X^2 - 2 R Y = 0 \rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).



- Donnée le rayon R.

Détermination de La position du point de rencontre (S) :

On a :

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

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

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

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

$$S \left\{ \begin{array}{l} X_S = X + X_A. \\ Z_S = P_1.X + Z_A. \end{array} \right.$$

Calculs de La tangente : $T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$

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

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

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = x_s - T \\ Z_E = z_s - T.P_1 \end{array} \right. ; \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = x_s + T \\ Z_F = z_s - T.P_2 \end{array} \right.$$

Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

Calcul de la flèche :

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

Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_X = x^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X_{p1} - X^2 / 2R \end{array} \right.$$

Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (T) :

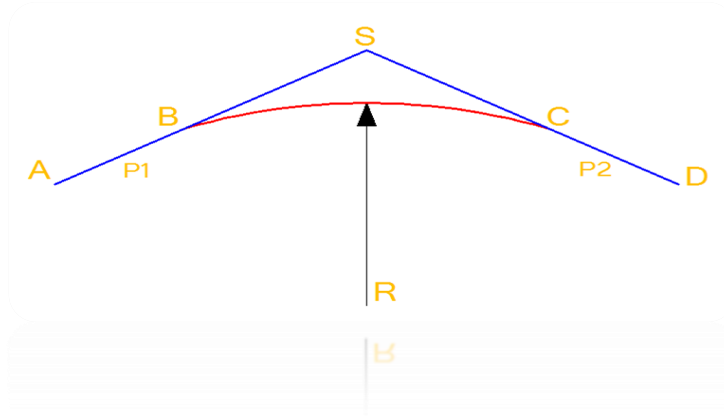
Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$X_1 = R.p_1 \quad ; \quad X_2 = R.p_2 \quad \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R.P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 . P_1 \frac{X_1}{2R} \end{array} \right.$$

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

IV.7. EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG :

R=25000 (m)



$$A \begin{cases} PK_A = 4435.7 \\ Z_A = 124.36 \end{cases}$$

$$S \begin{cases} PK_S = 4605.9 \\ Z_S = 127.58 \end{cases}$$

$$D \begin{cases} PK_D = 4776.1 \\ Z_D = 128.5 \end{cases}$$

Calcul Des Pentes

$$i_1 = | (Z_S - Z_A) / (S_S - S_A) |$$

$$i_1 = | (127.58 - 124.36) / (4605.9 - 4435.7) | = 1, 89\%.$$

$$i_2 = | (Z_S - Z_D) / (S_S - S_D) |$$

$$i_2 = | (127.58 - 128.5) / (4605.9 - 4776.1) | = 0, 54 \%$$

Calcul des tangentes :

$$T = (| i_1 | + | i_2 |) \times (R / 2) = (| 1,89\% | + | 0,54\% |) \times (25000 / 2) = 303,75 (m).$$

Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = (303,75)^2 / (2 \times 25000) = 1,845(m).$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

▪ Calcul des coordonnées du point B :

$$\begin{cases} S_B = S_S - T = | 4605.9 - 303,75 | = 4302,15 (m). \\ Z_B = Z_S - T \times | i_1\% | = 127.58 - | 303,75 | \times | 1,89\% | = 121,839 (m). \end{cases}$$

▪ Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_S + T = | 4605.9 + 303,75 | = 4909.65 (m). \\ Z_C = Z_S - T \times | i_2\% | = 127.58 - | 303,75 | \times | 0,54\% | = 125, 939 (m). \end{cases}$$

Calcul de la longueur de la courbe :

$$L = 2 \times T = 2 \times 303,75 = 607,5 \text{ (m).}$$

Vérification: $S_C - S_B = 2 T$

$$4909.65 - 4302,15 = 607,5$$

$$2T = 2 \times 303,75$$

$$= 607,5$$

La condition est vérifiée

Les résultats de calcul d'axes sont joints en Annexe.

(À l'aide de l'autopiste et un programme exécuté par micro soft Excel 2007)

V.1. DEFINITION :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan verticale.

V.2. E'LEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN TRAVERS**Emprise :**

Surface de terrain appartenant à la collectivité, affectée à la route, elle coïncide généralement avec le domaine public.

Assiette :

Surface du terrain réellement occupée par la route (y compris les talus), c'est à dire dans les limites des terrassements.

Plate forme :

Comprend la chaussée, plus les accotements (éventuellement y compris terre - pleins et voies auxiliaires).

Chaussée :

Dartie de la route affectée à la circulation des véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparées par un terre plein central.

Une voie est une bande de la chaussée correspondant à une largeur de véhicule et circulée dans un seul sens.

Accotements :

Sont les zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Bande cyclable :

Bande faisant partie de la chaussée (largeur environ 1,50 m) réservée de chaque côté de celle-ci pour la circulation des cycles (pas exclusivement).

Piste cyclable :

Voie aménagée sur l'accotement, séparée de la chaussée proprement dite par un terre-plein ou une bordure.

Voie d'arrêt :

Bande auxiliaire adjacente à la chaussée, destinée au freinage et à l'arrêt de véhicules en panne.

Bordures :

Dispositifs de séparation ou de limite le long des voies ou chaussées, en béton coffré, pavés, pierre taillée ou béton bitumineux. Elles peuvent être arasées ou surélevées.

Les dispositifs appelés **fossés**, **caniveaux** et **saignées** à travers les accotements sont destinés à l'assainissement des chaussées.

V.3. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

Ils existent deux types de profil :

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

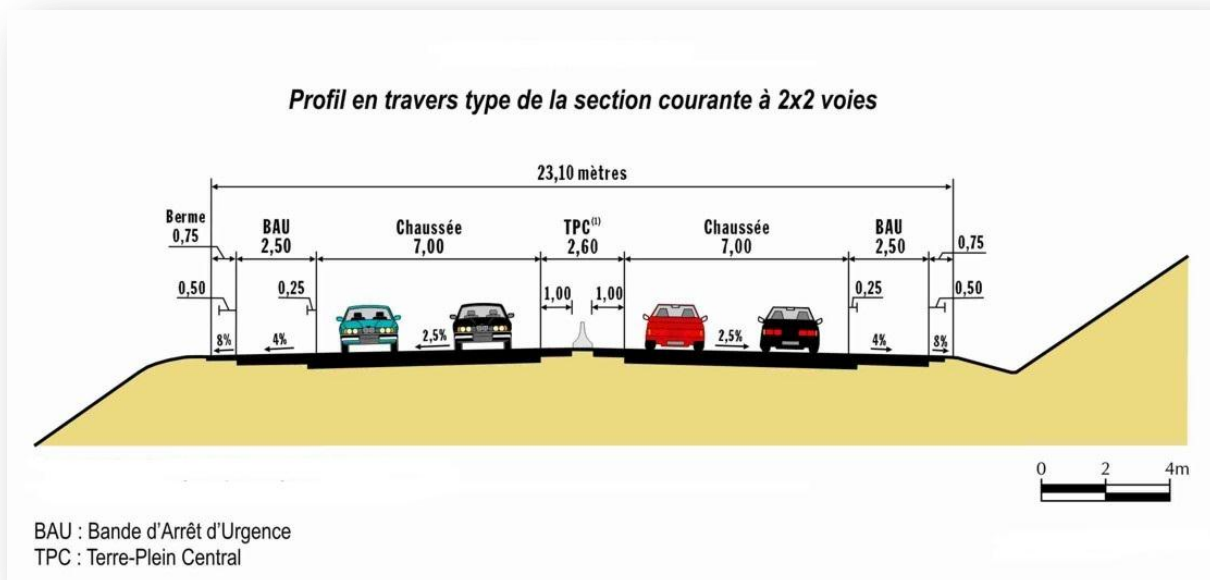
i. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

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

ii. Le profil en travers courant :

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



V.4. APPLICATION AU PROJET :**Chaussée**

comporte deux chaussées séparées unidirectionnelles, en voies élémentaires d'une largeur de 3,50 m; le nombre de ces voies, en section courante, est de deux vois.

Terre-plein central (T.P.C.)

La séparation matérielle des deux sens de circulation est assurées par le terre-plein central dont la largeur est de 3 m ; il comprend les deux bandes De guidage, la bande médiane, elles sont dégagées de tout obstacle et revêtues.

Des interruptions du terre-plein central sont prévues avec un espacement moyen d'environ 2 km, pour permettre, en cas de nécessité, le passage de la circulation d'une chaussée à l'autre.

Accotement

L'accotement comprend une partie dégagée de tout obstacle appelée bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) généralement bordée à l'extérieur d'une berme engazonnée.

La bande d'arrêt d'urgence est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée :

- d'une sur largeur de chaussée de 0,40 m, de structure identique à cette dernière ; supporte la bande de guidage.
- d'une partie stabilisée et revêtue, qui présente si possible un aspect différent de celui de la chaussée, apte à accueillir un véhicule en stationnement (poids lourds compris).

Les fonctions principales de la B.A.U. sont :

- permettre l'arrêt d'urgence d'un véhicule en panne, et éventuellement les réparations légères.
- permettre l'intervention des secours et des services d'exploitation même en cas d'encombrement.
- faciliter le dégagement en cas d'accident.
- faciliter les opérations d'entretien de la chaussée et de ses dépendances.
- permettre la récupération de véhicules déviant légèrement de leurs trajectoires.

Les largeurs normales de la B.A.U. sont de 2,50 m en section courante et de 2,00 m dans les zones des accès de sortie et entrée des boucles et des bretelles.

La berme, a pour fonction la transition entre les structures stabilisées et les talus ou cunettes :

- participe aux dégagements visuels.
- supporte certains panneaux de signalisation et des équipements (en particulier glissières de sécurité en grand remblai, câbles de téléphone, etc.).

La berme engazonnée a une largeur de 0,75 m.

Pentes Transversales

- Les deux chaussées et leurs sur largeurs présentent une pente transversale de 2,5% vers l'extérieur.
- Les bandes dérasées de gauche et d'arrêt d'urgence présentent la même pente transversale que la chaussée.
- La berme extérieure engazonnée présente une pente transversale de 6% vers l'extérieur.

Bretelles unidirectionnelles

La largeur de la chaussée, en alignement pour les bretelles à une voie est de 4 m non comprises les sur largeurs à donner dans les courbes.

Pour les bretelles à une voie, la valeur de la sur largeur par voie est donnée par la

formule :
$$S = \frac{50}{R}$$

Dans les courbes de rayon R inférieur à 100 m (S et R en m).

Les chaussées des bretelles unidirectionnelles et des boucles sont bordées par une B.A.U. de 2 m de largeur et par une B.D.G. de 0,50 m, qui supportent les bandes de guidage, et de part et d'autre par une berme engazonnée de 1 m de largeur.

En alignement, les chaussées ont une pente transversale unique de 2,5%.

En courbe, la pente transversale de la chaussée est dirigée vers l'intérieur, lorsque les rayons en plan sont inférieurs à 500 m ; le dévers varie en fonction de 1/R entre 2,5% pour 500 m et 7% pour les rayons égaux ou inférieurs à 175 m.

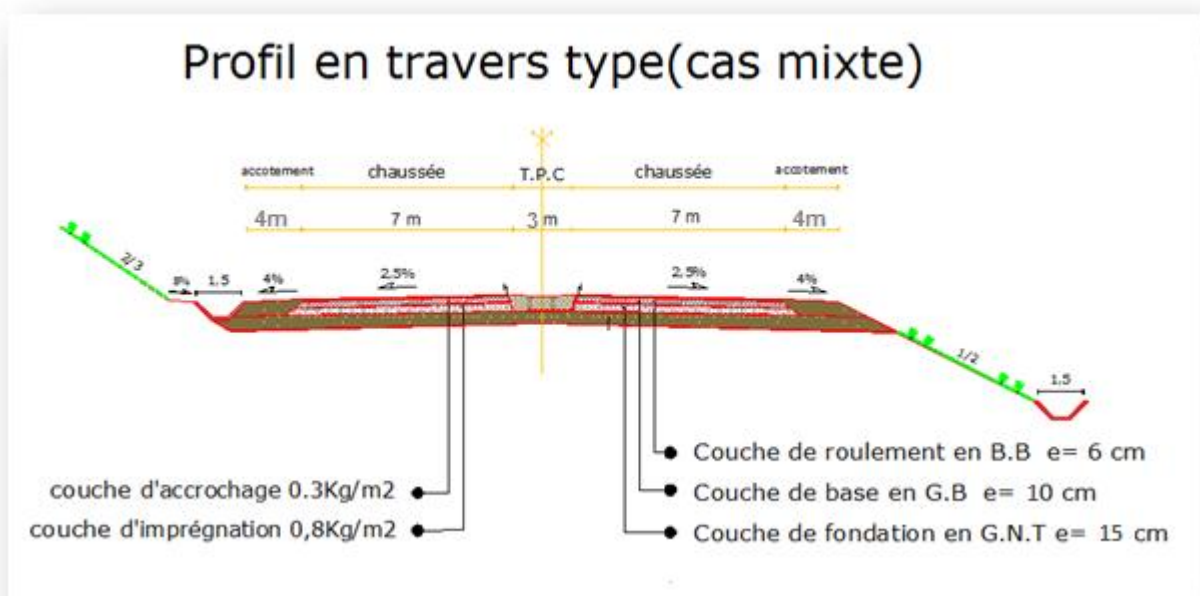
Voies d'accélération et de décélération et biseaux

Aux jonctions des bretelles des échangeurs et de l'autoroute, des voies d'accélération et de décélération permettent les manœuvres d'entrée et de sortie. Ces voies comportent deux sections : une section de manœuvre contiguë à l'autoroute et une section d'accélération ou de décélération qui fait partie de la bretelle. Une bande dérasée de droite de 2,00 m est maintenue au droit de ces dispositifs.

Les caractéristiques principales de voies d'insertion et de décélération sont les suivantes :

- La section de manœuvre des voies de décélération est constituée d'un biseau de 150 m de longueur totale.
- Les voies d'insertion se terminent par un biseau de 120 m de longueur totale.

En avant de ce biseau, la section de manœuvre d'insertion est constituée d'une voie de 3,50 m de largeur, adjacente à la chaussée de l'autoroute, d'une longueur $L = 200$ m.



VII.1. INTRODUCTION :

La réalisation d'une infrastructure de travaux publics nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel sera implanté le projet. Pour les voies de circulations celles ci sont très visibles sur les profils en longs et les profils en travers.

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

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

VII.2. DEFINITION :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

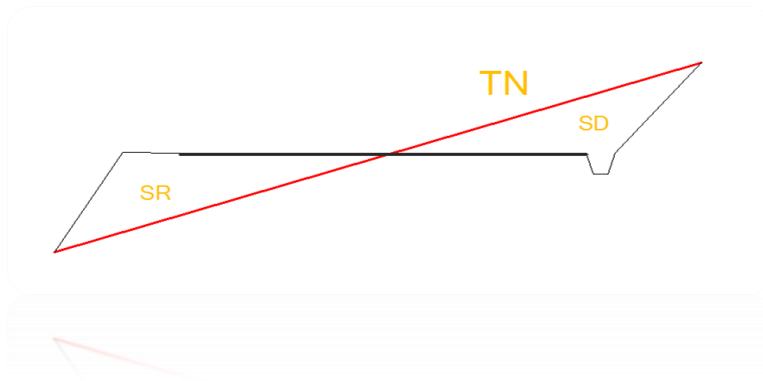
Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes qui joignent ces points soit différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

VII.3. METHODES 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 la méthode **SARRAUS**. C'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

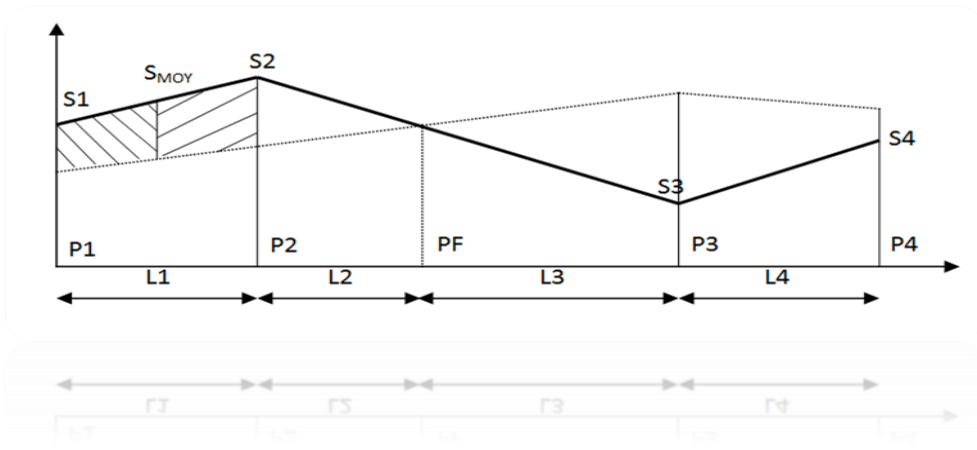
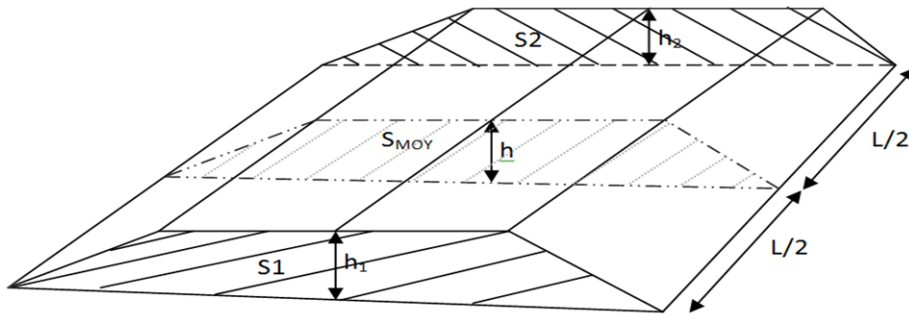


- TN : Terrain Naturelle.
- SD : Surface Déblai.
- SR : Surface Remblai.

A. La formule de SARRAUS :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde.

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



- PF : profil fictive, surface nulle.
- Si : surface de profil en travers Pi.
- Li : distance entre ces deux profils.
- SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY et (S1+S2)/2 ; Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$; Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$.

Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$; Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$.

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

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

B- La méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

C- La méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

VII.4. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT :

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

✚ Le volume de déblais est de : $V_D = 76189m^3$

✚ Le volume de remblais est de : $V_R = 136946m^3$

✚ Le volume de décapage est de : $V_d = 34122m^3$

VII.1. INTRODUCTION :

La réalisation d'une infrastructure de travaux publics nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel sera implanté le projet. Pour les voies de circulations celles ci sont très visibles sur les profils en longs et les profils en travers.

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

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

VII.2. DEFINITION :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

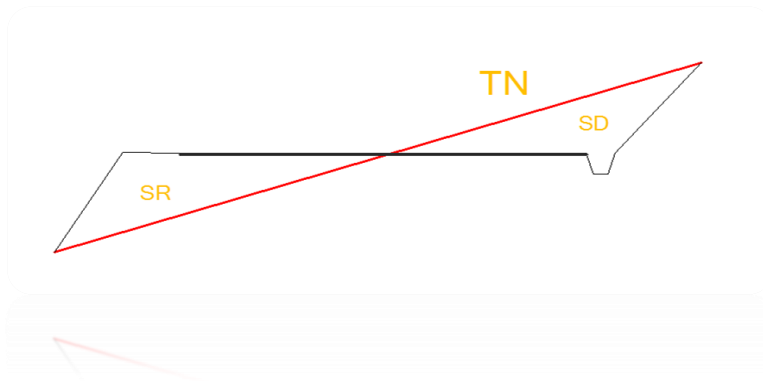
Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes qui joignent ces points soit différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

VII.3. METHODES 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 la méthode **SARRAUS**. C'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

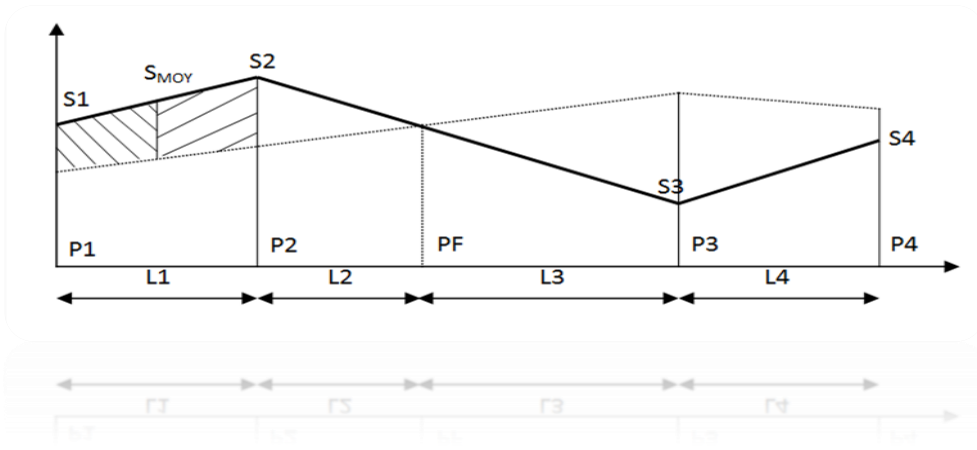
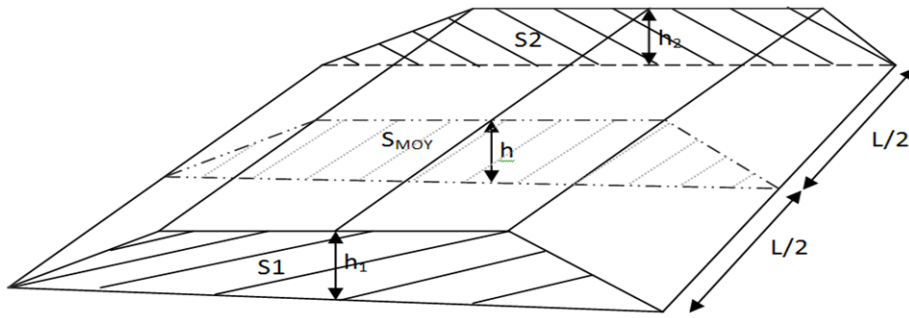


- TN : Terrain Naturelle.
- SD : Surface Déblai.
- SR : Surface Remblai.

A. La formule de SARRAUS :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde.

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



- PF : profil fictive, surface nulle.
- Si : surface de profil en travers Pi.
- Li : distance entre ces deux profils.
- SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY et (S1+S2)/2 ; Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$; Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$.

Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$; Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$.

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

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

B- La méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

C- La méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

VII.4. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT :

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

✚ Le volume de déblais est de : $V_D = 76189m^3$

✚ Le volume de remblais est de : $V_R = 136946m^3$

✚ Le volume de décapage est de : $V_d = 34122m^3$

VII.1. INTRODUCTION :

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

La géotechnique s'appuie principalement sur deux sciences :

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

La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressants de la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment : les remblais, les fondations de chaussée, la construction des déverses couches de la chaussée.

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région. Une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés.

VII.2. UTILITE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

Compte tenu des caractéristiques et dimension du projet, le cadre géologique en présence et l'ensemble des sujets a étudié (les suivants) :

- i. **LOT ROUTE ET MURS DE SOUTÈNEMENT**
Stabilité des talus de déblais et de remblais, conditions d'extraction et nature des matériaux envisageant leurs réutilisation pour le corps des remblais, PST et couche de forme, portance des remblais et de l'arase, condition de fondation etc.
- ii. **LOT OUVRAGES D'ART**
Conditions de fondation des ouvrages (portance et déformabilité des terrains de fondation).

iii. LOT GITES A MATERIAUX

Conditions d'extraction et nature des matériaux recherchés envisageant leur réutilisation pour le corps des remblais, couche de forme et agrégats.

On présente ci-après l'ensemble des travaux de reconnaissance géotechnique proposés pour l'étude d'exécution.

Les quantités d'essais prévus pourront augmenter légèrement en fonction de l'hétérogénéité des matériaux ; en effet, l'éventuelle traversé en profondeur de matériaux avec une substantielle diversité géotechnique pourra conseiller la réalisation de quelques essais supplémentaires.

VII.3. ESSAIS GEOTECHNIQUE :

On regroupe deux types d'essai, celui du laboratoire et celui sur terrain (in situ).

VII.3.1. ESSAIS DE LABORATOIRE :

Les essais d'identification :

A - Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 μ m) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines). C'est un essai qui a pour objectif 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 et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

B -Equivalent de sable :

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable c'est-à-dire déterminé la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

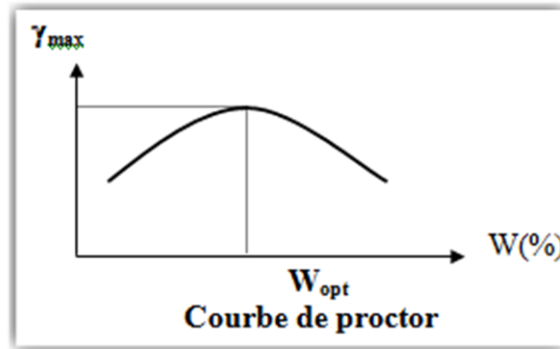
C -limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (Wp) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

- WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($IP = WL - WP$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

D -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 optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».



E -Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

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

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

Il ne concerne que les sols cohérents.

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

F -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 ».

Plus le LA est élevé, moins le granulat est dur.

G -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, on parlera du micro-deval humide.

VII.3..2. Les essais in situ :

A- Les essais de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical

sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie Z , le déplacement, la pression q_0 le rayon de charge a .

B- Les essais pressiométriques :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge.

On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie Z , le déplacement, la pression q_0 le rayon de charge a et les caractéristiques du massif.

C- Les essais pressiométriques :

Il consiste à descendre dans un trou de forage calibré une sonde de mesure cylindrique gonflable tri-cellulaire dilatable radialement jusqu'à une profondeur donnée ; En appliquant à cette sonde des pressions successives, on mesure les variations de volume ΔV du sol en contact avec la sonde (cellule centrale) pour chaque accroissement de pression ΔP .

D- Pénétromètre statique :

Le principe de cet essai est foncé de manière continue dans le sol, à vitesse lente et constante, un pieu modèle-réduite, dont le diamètre, suivant le type de l'appareil, est compris entre 30 et 100mm. la résistance à l'enfoncement est mesurée de façon directe et continue, en fonction de la profondeur, depuis la surface de terrain naturel, on mesure directement La résistance à la pointe.

E- Pénétromètre dynamique :

L'essai de pénétration dynamique consiste à faire pénétrer dans le sol, par battage un train de tube lisse muni à son extrémité d'une pointe, ou d'un carottier à l'aide d'un mouton tombant d'une hauteur donnée. N (200-300mm) par 1m

N : le nombre de coups à un enfoncement de 200 à 300 mm.

VII.4. PRESENTATION DU PROGRAMME ET OBJECTIFS

L'investigation géotechnique proposée comprend l'exécution des travaux de reconnaissance suivants :

VII.4.1. Lot Route et Murs de Soutènement**Sondages carottés**

Les sondages carottés devront être accompagnés de la réalisation d'essais de pénétration du type SPT (Standard Penetration Test), à chaque 1,5 m ou après variation de la lithologie. Pour les matériaux rocheux le carottage continu devra permettre l'obtention des paramètres **W** (degré d'altération) et **F** (degré de fracturation), et il faudra aussi déterminer les valeurs de **RQD** (Rock Quality Designation) et de pourcentage de récupération.

Les sondages seront réalisés dans les lieux de moyen/grand déblai, afin d'étudier les conditions d'excavation, de stabilité des pentes de talus et de permettre l'identification de la nature des différents matériaux traversés envisageant leurs réutilisation. Parfois quelques sondages sont concordants avec l'alignement prévu des murs de soutènement où elles auront aussi le but d'étudier les conditions d'exécution des murs.

A partir des sondages on prévoit le prélèvement des échantillons intacts qui seront ensuite soumis à analyses et essais de laboratoire (d'identification et de caractérisation géomécanique).

Le choix des matériaux plus représentatifs à essayer en laboratoire devra être fait par le Groupement, avec l'accord de l'Administration.

L'implantation des sondages sera faite par les soins du Groupement.

Puits de reconnaissance

Les puits de reconnaissance, avec 3 à 4 m de profondeur, devront être préférablement exécutés de façon mécanique.

Ils seront effectués le long du tracé en lieux sélectionnés :

- **Déblai**, (pour vérifier la nature des matériaux d'excavation et leurs conditions de réutilisation dans les remblais).
- **remblais** (identification géomécanique afin d'examiner la portance des terrains et de préciser les conditions de fondation).
- **transition déblai/remblai** (reconnaître surtout la qualité des matériaux d'assise au niveau de la plate-forme).

Dans quelques déblais la localisation des puits est concordante avec l'alignement des murs de soutènement, donc ils seront utiles pour la caractérisation des terrains traversés dans l'exécution des murs.

Avec la réalisation de ces puits on aura aussi la possibilité de mieux préciser l'épaisseur de terre végétale à décapier, ainsi comme de procéder au prélèvement d'échantillons remaniés et intacts.

De la même façon que pour les sondages, l'implantation des puits sera faite par les soins du Groupement.

Essais de pénétration dynamique - PDL

L'exécution des essais de pénétration dynamique aura le but d'une analyse de l'épaisseur et des caractéristiques de résistance à la pénétration des matériaux des formations alluvionnaires et de couverture.

Ces essais seront réalisés au lieu de la fondation des remblais plus importantes et parfois tout près d'alignement des murs de soutènement prévu en remblai.

Pour chaque essai sera élaboré un rapport sommaire avec les informations suivantes :

- numéro et localisation kilométrique de l'essai.
- date de début et fin de l'essai.
- description des équipements utilisés.
- graphique / pénétrogramme avec la évolution du numéro coups pour la pénétration de 10 centimètres et de la valeur de la résistance dynamique (Rd) en fonction de la profondeur de pénétration.

Essais de laboratoire

Selon les différents objectifs persécutés ainsi seront les essais à réaliser.

- **Identification** (poids spécifique, teneur en eau, limites d'Atterberg et analyse granulométrique par tamisage), à réaliser sur échantillons intacts et remaniés.
- **Proctor normal et modifié** (essais de compactage - avec l'obtention de la valeur maximale du poids spécifique sec et la respective teneur en eau optimale, on peut envisager les conditions de réutilisation des matériaux), à réaliser sur échantillons extraits des puits.
- **Essai CBR** (essai de compactage qui permet de définir, pour les sols à vocations routière, un indice portant des matériaux avec la surcharge et immersion après 4 jours), à exécuter sur échantillons extraits des puits.
- **Essais de cisaillement rectiligne et de compression simples** (essais géomécaniques qui permettront l'obtention de paramètres importants pour les études de stabilités et de dimensionnement du comportement des matériaux), à réaliser aussi sur échantillons intacts; les essais de cisaillement rectiligne devront être réaliser de façon à étudier la résistance du sol (essai consolidé - non drainé CU); les essais de

résistance à la compression sur échantillons rocheux devront être exécuter en état sec et état saturé;

- **Coefficient de fragmentabilité et de dégradabilité** (importants coefficients de caractérisation obtenu sur des échantillons rocheux, afin d'examiner les conditions de leur réutilisation en remblai);
- **Essai Los Angeles** (essai d'usure sur des échantillons rocheux provenant des déblais, afin d'examiner aussi leur possibilité de réutilisation).

VII.4.2. Lot Ouvrage d'Art

Sondages carottés

En ce qui concerne les ouvrages d'art, les sondages à exécuter auront les buts suivants :

- i) l'identification des matériaux en place et la reconnaissance d'une formation de bonne qualité.
- ii) la détermination des caractéristiques géomécaniques des matériaux et l'étude de leur déformabilité par essais in situ (SPT ou pressiomètre).
- iii) le choix des solutions de fondations vers lesquelles il y a lieu de s'orienter en précisant :
 - le type de fondation.
 - le niveau d'assise.
 - les contraintes admissibles.
 - les risques de tassements.
- iv) l'étude du comportement des remblais d'accès et des précautions à prendre.
- v) l'étude de toute sujétion pour la bonne conduite des travaux et pour assurer la bonne tenue des ouvrages.

Les sondages carottés devront être accompagnés de la réalisation d'essais de pénétration du type SPT (Standard Penetration Test), à chaque 1,5 m ou après variation de la lithologie, ou d'essais pressiométriques, à chaque 3,0 m.

A partir des sondages on prévoit le prélèvement des échantillons intacts qui seront ensuite soumis à analyses et essais de laboratoire (d'identification et de caractérisation géomécanique).

Le choix des matériaux plus représentatifs à essayer en laboratoire devra être fait par le Groupement, avec l'accord de l'Administration.

La réalisation de chaque sondage - pour les ouvrages d'art - devra seulement être arrêté après l'obtention de 3 valeurs consécutives de $N(SPT) \geq 60$ coups ou 5 mètres en roche avec $RQD > 25\%$.

Puits de reconnaissance

Les puits de reconnaissance, avec une profondeur minimale de 4 m, devront être exécutés de façon mécanique.

Ils seront effectués pour vérifier la nature des matériaux traversés, aussi que l'identification géomécanique afin d'examiner la portance des terrains et de préciser les conditions de fondation. On doit procéder au prélèvement d'échantillons remaniés et intacts.

De la même façon que pour les sondages, l'implantation des puits sera faite par les soins du Groupement.

Essais de pénétration dynamique - PDL

Les essais de pénétration dynamique seront réalisés à l'endroit de quelques ouvrages d'art avec le but d'une analyse préliminaire de l'épaisseur et des caractéristiques de résistance à la pénétration des matériaux de fondation.

Pour chaque essai sera élaboré un rapport sommaire avec les informations suivantes :

- Numéro et localisation kilométrique de l'essai.
- Date de début et fin de l'essai.
- Description des équipements utilisés.
- Graphique / pénétrogramme avec la évolution du numéro coups pour la pénétration de 10 centimètres et de la valeur de la résistance dynamique (R_d) en fonction de la profondeur de pénétration.

Essais de laboratoire

Selon les différents objectifs persécutés ainsi seront les essais à réaliser:

- **Identification** (poids spécifique, teneur en eau, limites d'Atterberg et analyse granulométrique par tamisage), à réaliser sur échantillons intacts et remaniés.
- **Proctor normal et modifié** (essais de compactage - avec l'obtention de la valeur maximale du poids spécifique sec et la respective teneur en eau optimale, on peut envisager les conditions de réutilisation des matériaux), à réaliser sur échantillons extraits des puits.

- **Essai CBR** (essai de compactage qui permet de définir, pour les sols à vocations routière, un indice portant des matériaux avec la surcharge et immersion après 4 jours), à exécuter sur échantillons extraits des puits.
- **Essais de cisaillement rectiligne et de compression simples** (essais géomécaniques qui permettront l'obtention de paramètres importants pour les études de stabilité et de dimensionnement du comportement des matériaux), à réaliser aussi sur échantillons intacts; les essais de cisaillement rectiligne devront être réalisés de façon à étudier la résistance du sol (essai consolidé - non drainé CU); les essais de résistance à la compression sur échantillons rocheux devront être exécutés en état sec et état saturé;
- **Essai Los Angeles** (essai d'usure sur des échantillons rocheux provenant des déblais, afin d'examiner aussi leur possibilité de réutilisation).

VII.4.3. Lot Gîtes à Matériaux

Puits de reconnaissance

On prévoit la réalisation des puits de reconnaissance, avec 3 à 5 m de profondeur, qui devront être exécutés de façon mécanique, au lieu des zones identifiées comme gîtes d'emprunt à matériaux.

Les carrières connues dans la région ont déjà une identification et caractérisation géomécaniques des matériaux exploités.

Les puits seront effectués pour vérifier la nature et les caractéristiques géotechniques des matériaux et déterminer leurs conditions de réutilisation dans les remblais, et couche de forme.

Avec la réalisation de ces puits on aura aussi la possibilité de mieux préciser l'épaisseur et les dimensions exploitables des gîtes, ainsi comme de procéder au prélèvement d'échantillons remaniés et intacts.

Essais de laboratoire

Selon les différents objectifs persécutés ainsi seront les essais à réaliser :

- **Identification** (poids spécifique, teneur en eau, limites d'Atterberg et analyse granulométrique par tamisage), à réaliser sur échantillons intacts et remaniés.
- **Proctor normal et modifié** (essais de compactage - avec l'obtention de la valeur maximale du poids spécifique sec et la respective teneur en eau optimale, on peut envisager les conditions de réutilisation des matériaux), à réaliser sur échantillons extraits des puits.

- **Essai CBR** (essai de compactage qui permet de définir, pour les sols à vocations routière, un indice portant des matériaux avec la surcharge et immersion après 4 jours), à exécuter sur échantillons extraits des puits.
- **Essais de cisaillement rectiligne** (essais géomécaniques qui permettront l'obtention de paramètres importants pour les études de stabilités et de dimensionnement du comportement des matériaux), à réaliser aussi sur échantillons intacts ; les essais de cisaillement rectiligne devront être réalisés de façon à étudier la résistance du sol (essai consolidé - non drainé CU).

Les investigations sur les zones d'emprunt et carrières seront effectuées en parallèle avec la réalisation d'un levé géologique de détail de la zone du tracé.

VII.5. CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm.
- Matériaux plastique IP $> 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

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

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 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.

VIII.1.INTRODUCTION

Une chaussée moderne doit présenter des qualités très importantes pour l'utilisateur, sécurité, confort, résistance aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation. La chaussée a donc pour but de permettre la circulation en toute saison et sans autre intervention qu'un simple entretien de sa surface.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude ; il s'agit de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée suffisante pour qu'elle ait une durée convenable, et non Surabondante pour éviter les dépenses superflues.

VIII.2. DEFINITION**a. Au sens géométrique :**

La chaussée est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

b. Au sens structurel :

La chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic, auxquelles on a été amené à leur conférer l'imperméabilité et cohésion grâce à deux liants produits à grande échelle :

- Liants hydrocarbonés (bitume - goudron).
- Liants hydrauliques (ciment).

VIII.3. FACTEURS DETERMINANTS :

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

a. Trafic :

Essentiellement le poids lourds (supérieur a 3.5tonnes) .C est le paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Le trafic est caractérisé à partir de deux paramètres :

- 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 «N» sur la période considérée qui est donnée par :

$$N=T.A.C$$

$$c = ((1 + \tau)^p - 1)/\tau$$

N : Trafic cumulé.

A : Facteur d'agressivité globale du trafic.

C : Facteur de cumul.

τ : Taux de croissance du trafic.

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

b. Environnement :

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

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

c. Sol Support :

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

d. Matériaux :

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

VIII.4. LES DIFFERENTS TYPES DES CHAUSSEES

On distingue trois types de chaussée :

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

VIII.5. CHAUSSEE SOUPLE

Constituées par des couches superposées, en partant du haut vers bas :

- La couche de surface ou couche de roulement.
- La couche de base.
- La couche de fondation.
- La couche de forme.

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

VIII.5.1. Couche de surface :

Assure en permanence aux usagés une surface plane sans déformation, une bonne adhérence, la sécurité et le confort ; constituant la chape. Elle protège la couche de base par sa dureté et son imperméabilité, elle est en générale composée de :

i. Couche de roulement : qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- encaisser les efforts de cisaillements provoques par la circulation.
- D'assurer la sécurité et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

ii. Couche de liaison : pour la transition des contraintes vers les couches inférieures

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

VIII.5.2. Couche de base :

Elle a pour rôle essentiel de répartir les contraintes engendrées par le trafic sur le sol support elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes sans se déformer ni se dégrader.

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de grave bitume, tuf, sable gypseux,...

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

VIII.5.3. Couche de fondation :

permet l'homogénéisation des contraintes transmises , assure une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

VIII.5.4. Couche de forme :

Placée sur l'arase des terrassements, permettant d'avoir une plate-forme support de chaussée homogène et performante, d'améliorer et d'uniformiser certains sols fins non traitée possédant des caractéristiques géotechniques médiocres.

Actuellement, on tient compte d'améliorer la portance du sol support à long terme, par la couche de forme ; Elle peut être constituée d'une seule couche de matériaux ou plusieurs couches successives répondant à des fonctions distinctes, constituée généralement des matériaux disponibles sur le chantier ou locale, des matériaux sableux ou graveleux Propres, pouvant inclure un géotextile.

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

VIII.6. ASSISE DE CHAUSSE

Comprenne la couche de fondation et la couche de base, elles sont réalisées en général, avec des matériaux sélectionnés de telle sorte à offrir la résistance requise et répartir les contraintes sur le sol – support, Il existe deux grandes familles d'assises par leur nature et leur fonctionnement :

a. Les assises non traitées :

Les matériaux utilises sont naturels, tuf, t.v.o, sable...

Ou des matériaux concassés, grave concassées, La répartition des pressions est assurée par leur épaisseur, dans le reste de la chaussé l'épaisseur des matériaux bitumineux est inferieure à 15 cm. Ce type de chaussé constitue la totalité en Algérie.

b. Les assises traitées :

Les matériaux utilisés sont obtenus par le mélange de graves concassées avec un liant qui peut être hydrocarboné (bitume pur, émulsion), ou un liant hydraulique (ciment, laitier, cendres volantes...). Dans le premier cas, on obtient une "grave bitume" ou un "sable bitume" selon la nature du squelette minéral. Dans le deuxième cas, on obtient de la "grave-émulsion". L'emploi des bitumes modifiés, permet en outre, d'obtenir des enrobés à module élevé (EME).

➤ Les graves bitumes sont obtenus à partir du mélange à chaud de grave concassée et de bitume pur. La dimension maximum D des granulats est telle que :

$14 < D < 20$ mm en couche de base.

$14 < D < 31.5$ mm en couche de fondation.

Le bitume utilisé est un bitume pur de classe 80/100 ou 40/50.

➤ Le choix de la classe du bitume est fonction des conditions climatiques. On utilise la classe 40/50 dans les climats à fortes températures et à longues périodes d'ensoleillement. Cela afin de limiter l'apparition de déformations permanentes sur la chaussée notamment l'orniérage.

➤ Les enrobés à module élevé (EME) sont utilisés sur des routes à très forts trafics, le bitume est souvent modifié dosé à 4.2 à 5.6 %, le module de ces enrobés est de 14000 MPa, les épaisseurs de mise en œuvre sont de 6 à 15 cm en fonction de la classe granulométrique.

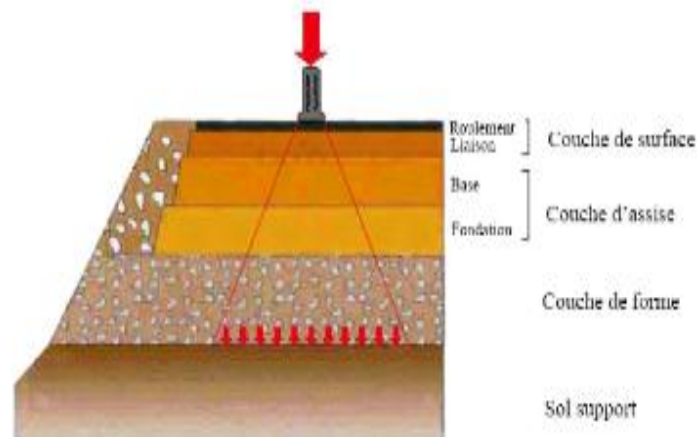
➤ Pour les sables-bitume, la teneur en fine est un élément essentiel qu'il faut surveiller tant en proportion qu'en propreté (≥ 5 %), la classe est de 40/50 ou plus avec des teneurs en bitume de 3 à 4 %.

➤ les graves - émulsion sont obtenues par mélange, à froid, de grave concassée et d'émulsion.

- Elles sont utilisées pour les trafics moyens à faibles.
- Le module de ces matériaux est de l'ordre de 2000 à 3000 MPa, l'épaisseur de mise en œuvre doit être inférieure à 15 cm.

Dans le cas des assises traitées aux liants hydrauliques :

- les liants sont hydrauliques (ciment et chaux) et pouzzolaniques (laitier granulé, cendres volantes).



VIII.7. METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Les méthodes de dimensionnement du corps de chaussée, s'appuient sur certains paramètres fondamentaux liés au trafic, à l'environnement de la chaussée essentiellement la portance du sol support et aux caractéristiques des matériaux utilisés, on distingue deux approches :

VIII.7.1. Les méthodes empiriques et semi-empiriques

Dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées ; intégrant en générale les résultats d'études de laboratoire sur le comportement des chaussées.

VIII.7.2. Les méthodes rationnelles

Basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Notre corps de chaussée sera dimensionné avec les deux méthodes les plus utilisées :

- Méthode CBR.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTT.

A. Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)

C'est une méthode Semi-Empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol-support en compactant des éprouvettes à (90 à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau de moins de 15 (cm).Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

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

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

- I_{CBR} : indice CBR.

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule devient :

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

- **N** : Désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.
- **P** : Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- **Log** : Logarithme décimal.
- **e** : Epaisseur equivalent
- **I_{CBR}** : indices CBR

Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente, est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient « a » appelé coefficient d'équivalence. L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches.

$$E_{eq} = \sum e_i \times a_i$$

e_i : Épaisseur réelle de la couche i.

a_i : Coefficients d'équivalence de la couche i.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
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 T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

Les coefficients d'équivalence.

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe l'épaisseur de la couche de roulement et de la couche de base et on calcul l'épaisseur de la couche de fondation, généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB : 5-8cm

GB : 10-20cm

GC : 15-30cm

TVO : 30cm et plus

B. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

C'est un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile ; caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres suivantes :

- ✚ **Matériaux :** traités au bitume (GB, BB), non traités.
- ✚ **Trafic :** classé selon le nombre de (Pl /j/sens) à l'année de la mise en service.
- ✚ **Portance du sol support (Si) :** selon l'indice CBR (voir le tableau).
- ✚ **Climat :** l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi aride, aride).

C. Méthode du catalogue des structures des chaussées neuves (B60-B61) :

Établi par « SETRA », il distingue les structures de chaussée suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB). Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 (véh/j).

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- ✚ Trafic cumulé de poids lourds à la 20^{ème} année Ti.
- ✚ Les caractéristiques du sol (Si).

a. Détermination de la classe du trafic :

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

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant :

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T1	$T < 7.3 \times 10^5$
T2	$3.7 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T3	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T5	$T > 4 \times 10^7$

Classement du trafic suivant le catalogue.

On détermine le trafic du poids lourds cumulé sur 20 ans et la classe correspondant à partir du tableau ci dessus. Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

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

n : durée de vie (n = 20 ans).

τ : Taux de croissance du trafic.

b. Détermination de la classe du sol :

Selon la valeur du CBR, le sol support seras classé en différentes catégories données par le tableau suivant :

Classe du sol	Indice C.B.R
S1	25 à 40
S2	10 à 25
S3	5 à 10
S4	< 5

Classe de sols.

VIII.8. APPLICATION AU PROJET

VIII.8.1. Méthode C.B.R

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2010
- $TJMA_{2010}=8000$ v/j
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4$ %
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 25$ %
- $I_{CBR}=7\%$ (imbibé a 4 jours)

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

- P : Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 (t)).
- Log : Logarithme décimal.
- e : Epaisseur equivalent.

$TJMA_{2013} = 8999$ (v /j) $\Rightarrow TJMA_{2013/sens} = (8999 / 2) = 5000$ (v /j/sens).

$N_{pl 2013} = \% PL \times 0.9 \times TJMA_{2013}$

$\Rightarrow N = 0.25 \times 0.9 \times 5000 \Rightarrow N_{pl 2013} = 1125$ (pl/j).

Poids lourd à l'année (2033) pour une durée de vie de 20 ans.

$N_{pl2033} = 1125 (1 + 0,04)^{20} = 2685$ (v /j/sens).

Donc : $e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times [75 + 50 \cdot \log (\frac{2685}{10})]}{(7 + 5)} = 50$ (cm) $\Rightarrow e = 50$ (cm).

Avec : **Eeq = a₁.e₁ + a₂.e₂ + a₃.e₃**

- **e1** : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- **e2** : épaisseur réelle de la couche de base.
- **e3** : épaisseur réelle de la couche de fondation.

Calcule l'épaisseur e3 :

$e_1 = 6 \text{ cm}$ en béton bitumineux (BB). $\Rightarrow a_1 = 2.0.$
 $e_2 = 10 \text{ cm}$ en grave bitume (GB). $\Rightarrow a_2 = 1,5.$
 $e_3 = \text{épaisseur en grave non traité (GNT)}.$ $\Rightarrow a_3 = 1,0.$

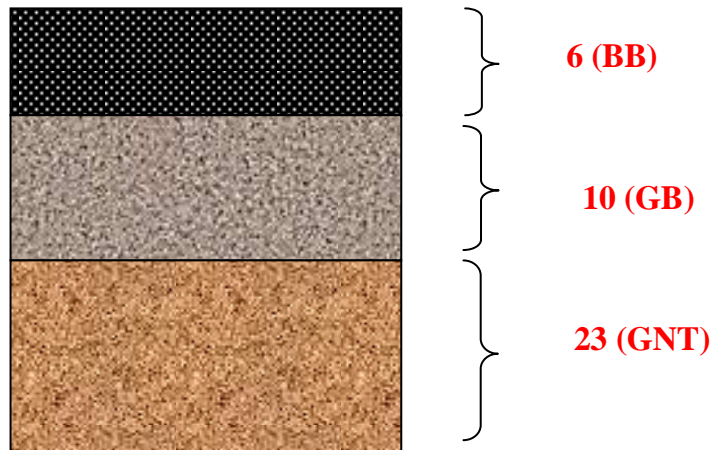
$$E_{eq} = 6 \times 2 + 10 \times 1,5 + 1,0 \times e_3 = 50 \text{ (cm)}.$$

Donc : $e_3 = 23 \text{ (cm)}.$

La structure proposée :

$$6 \text{ (BB)} + 10 \text{ (GB)} + 23 \text{ (GNT)} = 39 \text{ cm}$$

Comme indique la figure suivante :



Corps de chaussée méthode CBR.

VIII.8.2. METODE DU CATALOGUE

Détermination du type de réseau :

On a: $TJMA=8000 > 1500 \text{ v/j} \Rightarrow$ Donc le réseau principal est de niveau 1 (**RP1**).

Choix des structures types par niveau de réseau principal : (**RP1**)

D'après le catalogue de dimensionnement notre choix se fixe sur une structure de type : **GB/GNT.**

Détermination de la classe de trafic TPL_i pour **RP1**:

- la Zone climatique : **Zone II**
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux de d'accroissement : 4 (%).
- $TJMA_{2013} = 8999 \text{ (véh/j)}.$

$$TPL = \left[\frac{TJMA_{2013} \times Z}{2} \right] \times 0.9$$

$$TPL = \left[\frac{8999 \times 0.25}{2} \right] \times 0.9 \Rightarrow TPL = 1013 \text{ (PI / j /sens)}.$$

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en **TPL5.**

	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/sens				150	300	600	1500	3000
Pour	-	-	-	a	a	a	a	a
(RP1)				300	600	1500	3000	6000

Classe de trafic.

Caractéristiques du sol support :

la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal les différentes catégories sont données par le tableau indique les classes de sols :

CBR = 7 .D'après le catalogue, l'ordre de portance de sol est de : **S3**.

Classe de sol	indices
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	<5

Classe du sol.

Amélioration de la portance du sol support :

Dans notre cas on a un sol faible portance S3, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur 40 cm en 2 couches de TUF permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une classe S2. Comme suit :

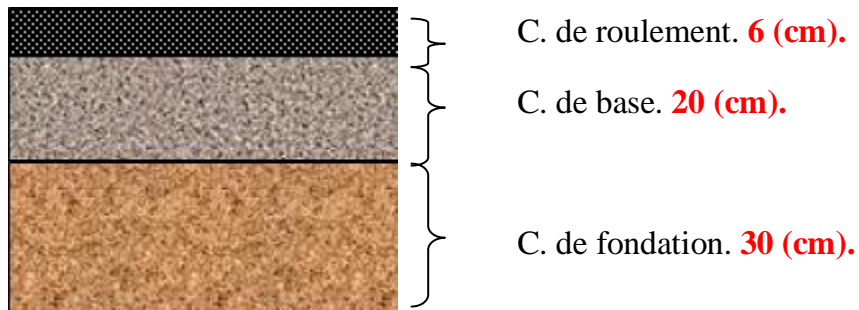
Classe de portance de sol terrassé (s _i)	Matériau de couche de Forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (s _j)
< S4	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	Matériaux non traités	35cm	S3
S4	Matériaux non traités	60cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70cm (en 2 couches)	S1

Amélioration de la portance du sol support.

D’après le catalogue des structures on trouve la structure suivant :
(Fiche n°2) donc on a sol S2 et T5.

- 6cm : couche de roulement en (B.B) : béton bitumineux.
- 20 cm : couche de base en (G.B) : grave bitume.
- 30 cm : couche de fondation en (GNT) : grave non traité.

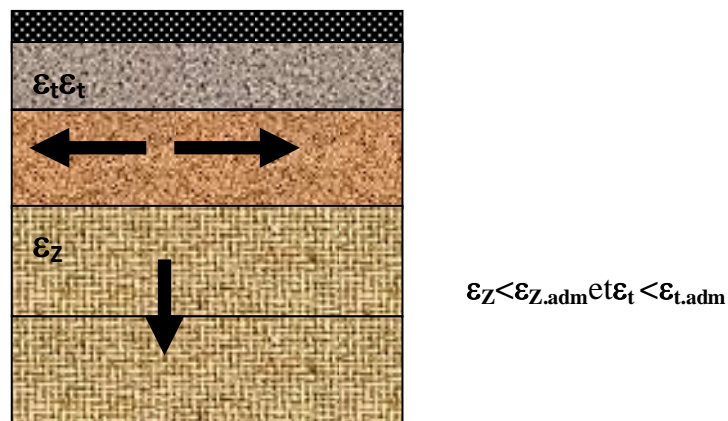
Structure proposée : **6 BB + 20 GB + 30 GNT = 56 (cm).**



Corps de chaussée méthode catalogue.

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

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées a l’aide d’alیزé III, sont inferieures aux valeurs admissibles calculée c’est-à-dire respectivement a $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z, adm}$.



A : coefficient d’agressivité.

Calcul de trafic cumule des poids lourds (TCi) :

$$TCi = TPLi \times 365 \times ((1 + \tau)^n - 1) / \tau.$$

$$TC_{2033} = 1013 \times 365 \times ((1+0,04)^{20}-1) / (0,04) = 1,101 \times 10^7 \text{ (pl/j/sens).}$$

Niveau de réseau principal (RP _i)	Type de matériaux et structures	Valeurs de A
RP ₁	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	1

Valeurs du coefficient d'agressivité A.

Calcul de trafic cumule équivalent :

TCE_i = TC_i × A.

TCE₂₀₃₃ = 1,101 × 10⁷ × 0,6 = 0.66 × 10⁷ (pl/j/sens).

Calcul de sollicitations admissibles :

$$\epsilon_{t.adm} = \epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\left[\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})} \times 10^{-t \cdot b \cdot \delta} \times k_c\right]}$$

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

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

Chois des températures équivalentes.

Matériaux	E (30°C, 10Hz)	E (25°C, 10Hz)	E (20°C, 10Hz)	E (10°C, 10Hz)	ε ₆ (10°C, 10Hz)	$\frac{-1}{b}$	S _N	S _h	v	K _c
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.8 4	0.45	3	0.3 5	1. 3

Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

Alors d'après catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivants :

- θ_{eq} : températures équivalents (θ_{eq} = 20°C) ⇒ E (20°, 10Hz) = 7000 Mpa.
- Classe de trafic (TPL5).
- Risque adoptés pour réseau RP1 (R% = 10).
- C : coefficient égal à 0.02.
- t : fractile de loi normal, en fonction de risques adoptés (t = - 1.282).

$$\delta = \sqrt{\left[S_N^2 + \left(\frac{C}{b} \times S_h \right)^2 \right]} \Rightarrow \delta = \sqrt{\left[0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3 \right)^2 \right]}$$

$$\delta = 0.609$$

APPLICATION :

Déformations admissibles verticales :

$$\epsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z.adm} = 22 \times 10^{-3} \times (0.66 \times 10^7)^{-0.235} \Rightarrow \epsilon_{z.adm} = 5.493 \times 10^{-4}$$

Déformations admissibles de traction :

$$\epsilon_{t.ad} = \epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times Kne \times K\theta \times Kr$$

$$\epsilon_{t.adm} = 10^{-4} \times \left(\frac{0.66 \times 10^7}{10^6} \right)^{-0.146} \times \sqrt{\left(\frac{12500}{7000} \right)} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times 0.146)} \times 1.3$$

$$\Rightarrow \epsilon_{t.adm} = 1.014 \times 10^{-4}$$

Vérifications avec ALIZE III :

	Epaisseurs (cm)	Modules (mpa)	Coeff de poisson
Couche de roulement	6 BB	4000	0.35
Couche de base	20 GB	7000	0.35
Couche de fondation	30 GNT	350	0.25
Couche de Forme II	20 TUF	140	0.25
Couche de Forme I	20 TUF	70	0.25
Sol support	sol	35	0.35

Caractéristiques des couches.

Résultats de calcul par ALIZE III :

Etude de l'évitement de la ville D'EL EULMA
 ROUE SIMPLE
 A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
 NOMBRE DE COUCHES 6

Z	EPSILON	SIGMAT	EPSILONZ	SIGMAZ
.00*	.942E-04C*	.886E+01B*	-.728E-04C*	.662E+01A*
* E= 40000. * * * * *				
* NU= .35 * * * * *				
* H1= 6.00 * * * * *				
6.00*	.420E-04C*	.524E+01B*	-.466E-04C*	.604E+01B*
----- COLLE----- * * * *				
6.00*	.420E-04C*	.673E+01B*	-.496E-04C*	.604E+01B*
* E= 70000. * * * * *				
* NU= .35 * * * * *				
* H2= 20.00 * * * * *				
26.00*	-.802E-04C*	-.737E+01B*	.756E-04B*	.544E+00B*
----- COLLE----- * * * *				
26.00*	-.802E-04C*	-.163E+00C*	.173E-03B*	.544E+00B*
* E= 3500. * * * * *				
* NU= .25 * * * * *				
* H3= 30.00 * * * * *				
56.00*	-.911E-04C*	-.358E+00C*	.991E-04C*	.175E+00C*
----- COLLE----- * * * *				
56.00*	-.911E-04C*	-.108E+00C*	.162E-03C*	.175E+00C*
* E= 1400. * * * * *				
* NU= .25 * * * * *				
* H4= 20.00 * * * * *				
76.00*	-.954E-04C*	-.141E+00C*	.123E-03C*	.104E+00C*
----- COLLE----- * * * *				
76.00*	-.954E-04C*	-.533E-01C*	.185E-03C*	.104E+00C*
* E= 700. * * * * *				
* NU= .25 * * * * *				
* H5= 20.00 * * * * *				
96.00*	-.937E-04C*	-.618E-01C*	.150E-03C*	.745E-01C*
----- COLLE----- * * * *				
96.00*	-.937E-04C*	-.974E-02C*	.231E-03C*	.745E-01C*
* E= 350. * * * * *				
* NU= .35 * * * * *				
* H6=INFINI * * * * *				
* * * * *				
D	53.09MM/100		R*D	
R	914.43M		48550.97M*MM/100	

MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

Résultats de la simulation :

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ϵ_z sol support	231×10^{-6}	$549,3 \times 10^{-6}$
ϵ_t à la base de GB	$80,2 \times 10^{-6}$	$101,4 \times 10^{-6}$

La structure **6 BB + 20 GB + 30 GNT + 40 TUF** est donc vérifiée, car :

$$\epsilon_t = 80,2 \times 10^{-6} < \epsilon_{t,adm} \quad \text{et} \quad \epsilon_z = 231 \times 10^{-6} < \epsilon_{z,adm}$$

RESUME :

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

Méthode	
CBR	C.T.T.P
6 (BB) + 10 (GB) + 23 (GNT)) +40 (TUF)	6 (BB) + 20 (GB) + 30 (GNT)) + 40 (TUF)

VIII.9. CONCLUSION :

D'après le tableau, on remarque bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique (le coût de GB plus élevé que Tuf) et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

IX.1. INTRODUCTION

Ce chapitre constitue le rapport descriptif et explicatif d'assainissement des études d'ingénierie de l'avant –projet détaillé de la section entre BLIDA et EL-AFFROUN.

IX.2. OBJECTIF :

L'objectif de cette étude est d'établir les conditions hydrauliques des principaux cours d'eau et oueds traversés par l'emprise routière, d'évaluer les sections hydrauliques requises et de proposer les ouvrages hydrauliques nécessaires, à partir d'une série d'ouvrages normalisés.

La présente étude couvre, donc, l'analyse hydrologique des bassins versants traversés par La route ainsi qu'une analyse hydraulique localisée des cours d'eau et oueds traversés afin d'établir les conditions de crue de dimensionnement, et d'identifier la quantité et les caractéristiques des sections hydrauliques à inclure dans le projet.

L'assainissement routier concerne les volets suivants :

- le rétablissement des écoulements naturels.
- la collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route.
- la collecte et l'évacuation des eaux internes c'est-à dire le drainage.
- la lutte contre la pollution routière.

IX.2.1. Rétablissement des écoulements naturels

Il consiste à assurer la continuité des écoulements superficiels des bassins versants interceptés par la route, il doit être adapté aux enjeux (inondation, érosions, pérennité de l'infrastructure, sécurité des usagers et respect du milieu aquatique) qu'il convient d'identifier et doit être conçu dans le respect des réglementations.

La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et réciproquement, celui-ci peut générer des dommages à la route, les ouvrages hydrauliques de rétablissement des écoulements naturels devront donc être correctement dimensionnés pour limiter les risques :

- d'inondation et de submersion ou de dégradation de la route dans des seuils admissibles.
- d'inondation en amont de la voie.
- de rupture de l'ouvrage routier.

Le rétablissement hydraulique des écoulements naturels constitue l'une des contraintes fortes notamment sur le profil en long Pour déterminer l'ouvrage hydraulique à mettre en place différentes étapes :

- l'estimation du débit de projet en fonction d'une période de retour et d'un débit exceptionnel.

- le dimensionnement, le choix et le calage de l'ouvrage hydraulique (contrôles de la hauteur d'eau amont des vitesses d'écoulement, du tirant d'air, de l'impact hydraulique et de la prise en compte s'il y a lieu de la libre circulation de la faune piscicole).

IX.2.2. Assainissement de la plate-forme

Il s'agit de la collecte et de l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route. Il vise trois objectifs :

- la sécurité des usagers, en évacuant l'eau des chaussées et des talus.
- la pérennité de l'infrastructure, en collectant les eaux et en les évacuant de la route
- la lutte contre la pollution routière.

Un réseau mal conçu induira des désordres de surface (débordements des ouvrages, inondations...), des désordres structurels importants de la chaussée sur le moyen terme. Par ailleurs, tout écoulement routier transféré hors plateforme n'est pas neutre pour l'environnement.

Les contraintes environnementales (exutoires, vulnérabilité des milieux), l'hydrogéologie, la géotechnique (nature des sols) ainsi que la géométrie du projet (points hauts et bas, chaussées déversées), et la sécurité des usagers, interviennent dans la conception globale des réseaux.

Il est préconisé d'adopter les principes suivants :

- en profil rasant, le profil en long de la plate-forme doit être calé telles que les structures de chaussée et de couche de forme soient en remblai et que les rejets de plate-forme puissent être évacués gravitaire ment dans l'ouvrage d'assainissement
- éviter les pentes inférieures à 0,5 % car elles entraînent des risques de stagnation d'eau au changement de dévers ;
- éviter les zones en déblais profonds (tranchées). Il s'agit souvent de point critique à assainir.

Conseils :

- équiper les crêtes de talus de déblai d'ouvrages longitudinaux dans le cas de ruissellement de bassin versant naturel (érosion de talus et surcharge hydraulique du réseau de pied de talus) ;
- rechercher toujours à faire circuler l'eau gravitaire ment et superficiellement ;
- multiplier les points de rejets si possible, pour éviter les concentrations des débits ;
- dimensionner les réseaux au moins pour la pluie d'occurrence décennale ($T = 10$ ans) ;
- les ouvrages engazonnés ralentissant les transferts de débits à l'aval, sont propices à l'infiltration et favorisent l'abattement de la pollution.

IX.3. NATURE ET FONCTION DES RESEAUX

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des

bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers des exutoires, Développer sur tout la longueur de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire (entre un point haut et un point bas) par assemblage d'ouvrages élémentaires (linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels).

Les réseaux de plate-forme, ont la spécificité d'être principalement des réseaux linéaires parallèles à l'axe de la route.

L'architecture d'un réseau d'assainissement peut être décomposée conventionnellement en 5 grandes parties :

Les réseaux de collecte longitudinaux, les ouvrages transversaux, les ouvrages de raccordement, les ouvrages de contenance et de dépollution et les exutoires.

A. réseaux de collecte longitudinaux

i. Réseau de crête de talus de déblai

Le rôle du réseau de crête de talus de déblai est d'éviter l'érosion du talus et d'alimenter en écoulement le réseau de pied de talus. Généralement cet ouvrage est revêtu pour éviter son érosion et les infiltrations susceptibles de compromettre la stabilité du talus.

ii. Réseau de pied de talus de déblai

Ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissellement du talus de déblai, de la chaussée, de la bande d'arrêt d'urgence et de la berme.

En règle générale et en section courante, une cunette de faible qui ne doit pas remettre en cause la sécurité des usagers

iii. Réseau du Terre-Plein Central (TPC)

Le réseau du TPC a pour fonction de collecter et d'évacuer les eaux issues du TPC et de la demi-chaussée déversée. Cette partie de la plate-forme doit faire l'objet d'un traitement soigné afin d'éviter le ruissellement des eaux de la chaussée haute vers la chaussée basse et pour protéger la chaussée des infiltrations (cas des TPC non revêtus) :

iv. Réseau de pied de talus de remblai

Situé au niveau du terrain naturel, ce réseau doit collecter toutes les eaux de l'impluvium routier, gravitaire ment, pour les diriger vers l'exutoire sans préjudice pour les fonds inférieurs. Sur certains tracés, ce réseau intercepte également les eaux de ruissellement d'un bassin versant naturel pour les diriger vers des ouvrages de traversée. Cette branche du réseau permet également de protéger le pied de talus du remblai contre l'érosion.

L'ouvrage est généralement un fossé trapézoïdal enherbé à forte capacité hydraulique, ou un fossé revêtu lorsque des risques d'érosion sont à craindre (la pente critique est souvent de l'ordre de 3,5 %).

B. Ouvrages transversaux

On classe sous cette rubrique les ouvrages assurant un transfert des écoulements d'un réseau longitudinal vers un autre. Classiquement cette famille d'ouvrages intègre les ouvrages superficiels comme les descentes d'eau tuilées et les traversées sous-chaussée (collecteurs enterrés). L'implantation est subordonnée à l'examen des points suivants :

la géométrie de la route, le sens des écoulements (de la

plate-forme et des bassins versants naturels associés), les débits transportés, et la position des exutoires.

C. Ouvrages de raccordement

Il s'agit des regards et des différents raccordements des liaisons transversales avec le réseau longitudinal ; de leur bonne exécution dépend le bon fonctionnement du système d'assainissement et de sa pérennité. Le plus souvent, ces ouvrages sont préfabriqués et plus rarement coulés en place. Il s'agit des :

- regards de visite : nécessaires pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés.
- regards avaloirs : servant à l'engouffrement des eaux.
- têtes de buse pour l'entonnement des eaux et le maintien des terres.
- divers raccordements (bourrelets/descentes, descentes/fossés, ...).

D. Exutoires

Les exutoires pouvant recevoir les rejets en terme de quantité et qualité sont à identifier en amont de la conception du réseau.

IX.3.1. Choix des ouvrages d'assainissement

Il n'existe a priori aucune solution toute faite et reproductible à tous les projets routiers. Toutefois, le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur 4 critères :

- sa capacité hydraulique.
- son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier, donc sa géométrie qui prend en compte l'aspect sécurité de l'utilisateur également.
- son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux.
- sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrages.

IX.3.2. Calcul hydraulique des ouvrages

La méthode de dimensionnement des ouvrages d'assainissement est fondée sur l'application de la formule rationnelle.

IX.3.3. Drainage routier

Le drainage consiste à collecter et à évacuer les eaux internes de la route. La décision de drainer relève de la compétence des géotechniciens et des mécaniciens des chaussées. La préoccupation de l'assainissement routier est de caler l'ensemble des ouvrages de façon à assurer l'évacuation des drains.

IX.3.4. Drainage des eaux souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée.
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

IX.3.5. Protection contre la nappe phréatique :

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale.

Lorsque cette dernière est faible, on pourra :

- soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces trois solutions dépend :

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

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisant à garantir un comportement acceptable des accotements.

IX.3.6. LES EFFETS DE L'EAU SUR LA ROUTE

Il est illusoire de penser qu'une chaussée sera exempte d'eau, néanmoins on peut prévoir un dispositif de drainage qui concentre et canalise ces venues d'eaux vers l'extérieur de la plate-forme le plus rapidement possible.

Concevoir un drainage n'est pas forcément nécessaire dans tous les projets neufs (chaussées à faible trafic, absence de poids lourds, contexte hydrogéologique et hydrologique favorable, qualité des matériaux ...), mais préalablement, une analyse rigoureuse et des investigations poussées devront être menées avec des spécialistes des chaussées :

- les eaux infiltrées dans une chaussée (absence de drainage ou défaut d'assainissement) provoquent une détérioration rapide des ouvrages.
- l'effet de « pompage » pendant les cycles gel-dégel détériore les performances des matériaux et, à terme, est responsable de la ruine de l'ouvrage.
- les chaussées souples sont particulièrement vulnérables à la teneur en eau notamment celles traitées avec des GNT.
- les couches de roulement en béton bitumineux ne sont pas étanches, les défauts d'entretien courant et le vieillissement des enrobés accroissent la perméabilité.
- les interfaces des matériaux et les rives des chaussées sont des zones critiques.
- les variations de la teneur en eau des matériaux constituant le corps de chaussée influent considérablement sur ses caractéristiques mécaniques.

IX.4. LA POLLUTION ROUTIERE

Traitement de la pollution routière fournit l'ensemble de la démarche à mettre en œuvre pour prendre en compte la protection de la ressource en eau dans les projets routiers.

IX.4.1. Définition

La lutte contre la pollution d'origine routière consiste à prévoir l'ensemble des dispositifs à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs de la protection de la ressource en eau.

Les spécialistes de l'environnement définissent et hiérarchisent les enjeux vis-à-vis de la Ressource en Eau. Le concepteur dimensionne les ouvrages pour atteindre les objectifs de protection de la ressource en eau.

IX.4.2. Les enjeux

Les pollutions de chantier, chroniques, saisonnières et accidentelles sont susceptibles de dégrader la qualité de l'eau, et de ses usages. Il est rappelé, par ailleurs, que la lutte contre la pollution routière impose au chef de projet des obligations environnementales. Tout manquement à ces obligations peut conduire à des situations contentieuses et engager la responsabilité du maître d'ouvrage.

IX.5. QUELQUES DEFINITIONS :

La période de retour (T)

Dans chaque cas, elle doit faire l'objet d'une analyse mettant en regard le coût d'investissement de l'infrastructure avec les conséquences d'un débordement pour l'usager, les riverains, les ouvrages routiers et l'impact sur le milieu naturel.

Il est recommandé d'adopter les valeurs suivantes pour les périodes de retour :

- sous autoroutes : 100 ans.

- sous routes ou rétablissements de communications :
100 ans, 50 ans, voire 25 ans pour les bassins dont les crues seraient limitées dans le temps et moyennant une incidence du débordement faible, et selon les cas.
- routes et autoroutes en zone inondable : le calage Del 'infrastructure doit prendre en compte les enjeux liés à la zone inondable.
Pour chaque type d'infrastructure, les conditions d'écoulement et l'effet d'une crue exceptionnelle doivent être appréciés.

Hauteur d'eau amont (H_{AM}) et vitesse d'écoulement (V_e) dans les ouvrages hydrauliques

Le niveau de la hauteur d'eau amont doit être compatible avec le calage altimétrique de l'infrastructure. Dans tous les cas, la hauteur d'eau amont ne doit pas excéder 1,2 fois la hauteur Del 'ouvrage pour le débit de projet, pour les ouvrages d'ouverture ≤ 2 m. Les vitesses doivent respectées les critères suivants vis-à-vis de la durabilité des ouvrages :

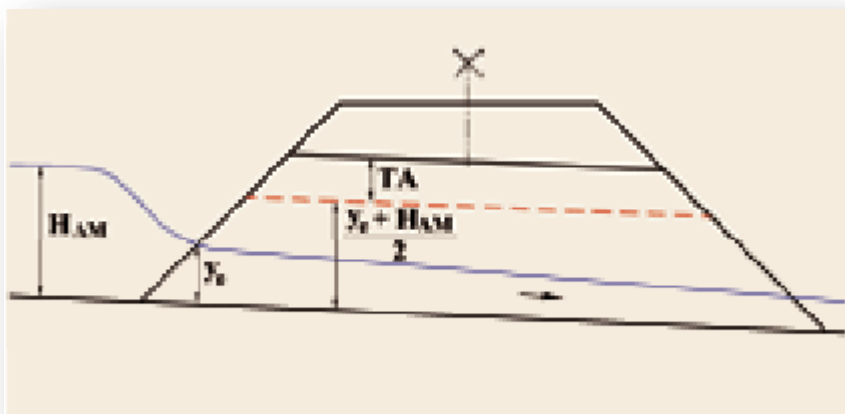
- ouvrages en béton : ≤ 4 m/s.
- ouvrages métalliques : $\leq 2,5$ m/s.

Tirant d'air (TA) de l'ouvrage hydraulique

Le tirant d'air correspond, en toute rigueur, à la hauteur libre entre la ligne d'eau et la génératrice supérieure de l'ouvrage.

Dans notre cas, il est mesuré par rapport à la hauteur d'eau fictive

$$TA = (y_e + H_{AM}) / 2$$



Tirant d'air de l'ouvrage hydraulique

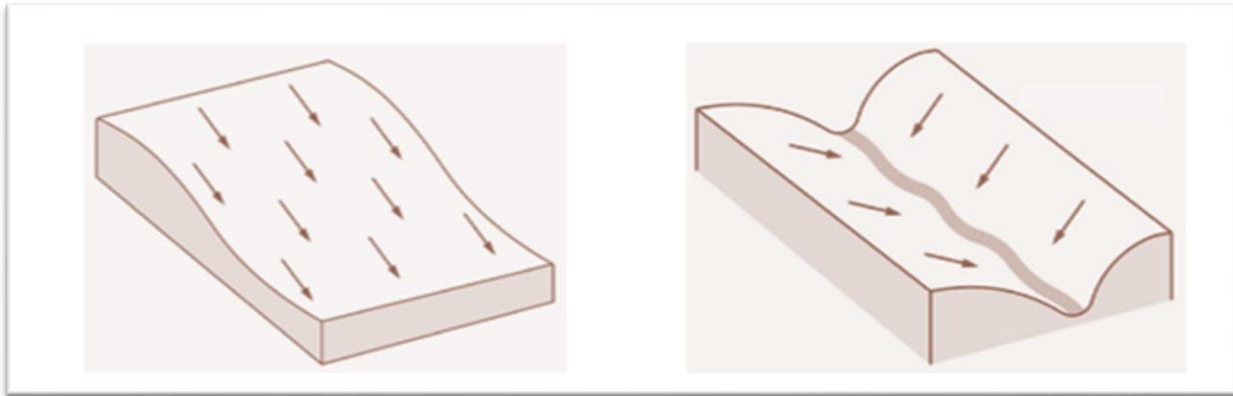
Pour une ouverture $\leq 2,00$ m : à apprécier en fonction de la nature du bassin versant.

Pour une ouverture $> 2,00$ m : TA de 0,50 à 1,50 m.

Le taux de remplissage de l'ouvrage hydraulique pour le débit de projet ne doit pas excéder 0,75.

Bassin versant :

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

**Collecteur principal (canalisation) :**

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

Secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

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

Chambre de visite (cheminée):

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

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres successives ne devrait pas dépasser **80 à 100m**.

Sacs :

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

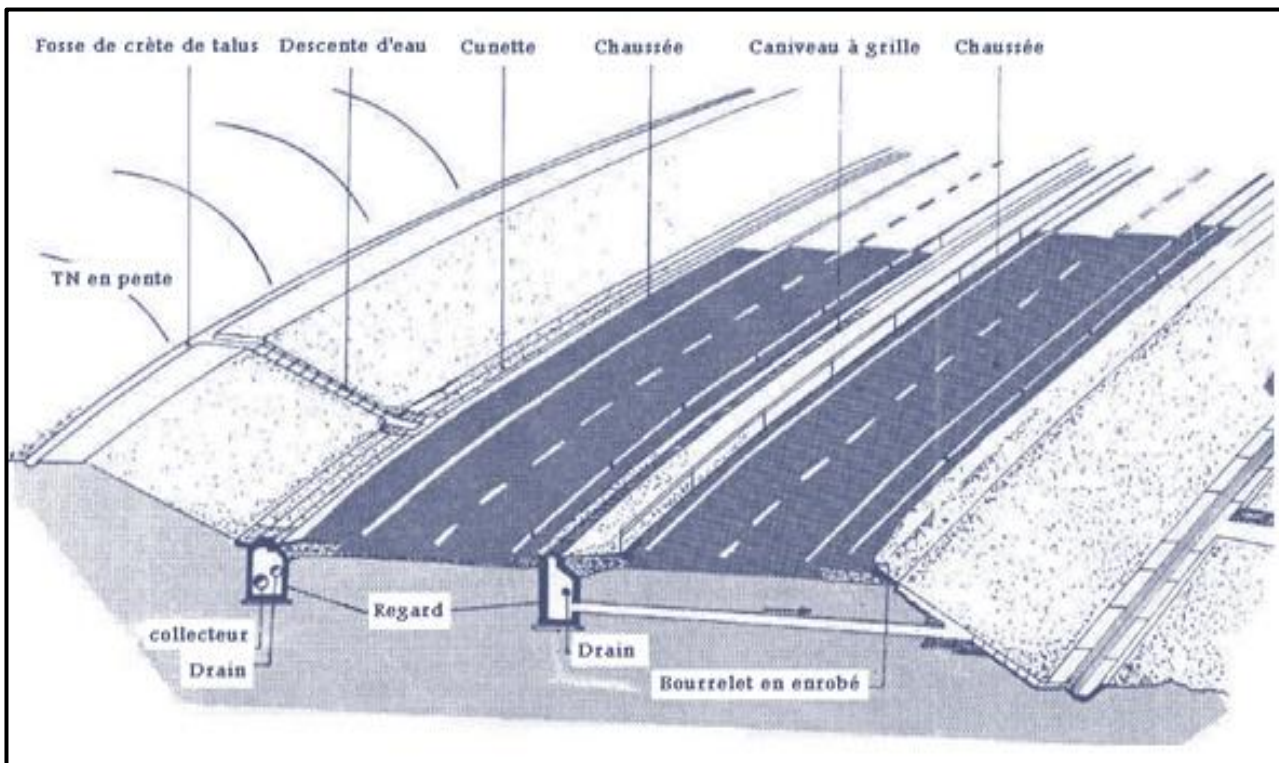
Fossés de crêtes :

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

Descente d'eau :

Draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

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



IX.6. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

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

$$Q_a = Q_s$$

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

a- Débits d'apports :

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

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

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

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

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m²).

- Remarque importante :

D'après SETRA: cette formule est empirique elle a été faite pour les unités suivantes :

Q_a en (m³/s) valable pour : i en (mm/h) ; A en (km²) ; K= 0.278

Ou

Q_a en (L/s) valable pour : i en (mm/h) ; A en (ha) ; K= 2.78

b- Coefficient de ruissellement 'C' :

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

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

Coefficient de ruissellement 'C'

c- Calcul de précipitation :

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

$$P_j(10\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \text{ Avec}$$

- **P_j**: pluie moyenne journalier (mm).
- **C_v** : coefficient de variation climatique.
- **U** : variation de Gauss, donnée par le tableau ci-dessus.

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

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

Les valeurs de en fonction de la fréquence

- Les buses et les fossés seront dimensionnés pour une période de retour 10 ans.
- Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

d- Détermination de l'intensité :

Calcul de la fréquence d'averse :

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (10\%) (t_c/24)^b$$

P_t: hauteur de pluie de durée t (mm).

b : l'exposant climatique de la région.

t_c: temps de concentration.

Le tems de concentration :

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

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

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

2-Lorsque : $5\text{km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$: $t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$

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

Tc : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km²).

L : Longueur de bassin versant (km).

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

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

L'intensité de l'averse pour une durée de retour de 10 ans et pour un temps de concentration de t_c:

$I_t = I (t_c/24)^{b-1}$ Avec: $I=Pj (\%) / t$

e- débit de saturation :

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

$Q_s=S.K.R^{2/3}.j^{1/2}$

S : section mouillée.

K : coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage

R : rayon hydraulique (m).

J : pente longitudinale du fossé.

K=30 : Paroi en terre.

K =70 : Paroi en bétons (dalots).

K =80 : Paroi en bétons (buses préfabriquées).

IX.7. APPLICATION AU PROJET :

Voici les données hydrologiques de la zone d'étude :

- Les précipitations moyennes de 24h : $P_{24} = P_j = 62.7$ mm
- Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.32$
- L'exposant climatique de la région $b = 0.32$



Insertion de tracé dans la carte d'état major et schématisation des sous bassins versants

a- Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée $P(\%)$:

Pendant 10 ans :

$U = 1.282$, $C_v = 0.32$, $P_{jmoy} = 62.7$ mm.

$$P_j(10\%) = \frac{62.7}{\sqrt{0.32^2 + 1}} \cdot e^{1.282 \cdot \sqrt{\ln(0.32^2 + 1)}} \Rightarrow P_j(10\%) = 89.057 \text{ mm}$$

Pendant 50 ans :

$U = 2.057$, $C_v = 0.32$, $P_{jmoy} = 62.7$ mm .

$$P_j(2\%) = \frac{62.7}{\sqrt{0.32^2 + 1}} \cdot e^{2,057 \cdot \sqrt{\ln(0.32^2 + 1)}} \Rightarrow P_j(2\%) = 113.40 \text{ mm}$$

- L'intensité horaire I:

$$I = \frac{P_j(10\%)}{24}$$

$$I(10\%) = \frac{59.93}{24} I(10\%) = 3.71 \text{ mm/h}$$

$$I(2\%) = \frac{59.93}{24} I(2\%) = 4.73 \text{ mm/h}$$

b- Calcul de la surface du bassin versant :

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

$$A_C = 0.007 \times 230 \cdot 10^{-3} = 0,0161 \text{ Km}^2$$

$$A_{BAU} = 0.0025 \times 230 \cdot 10^{-3} = 0.00575 \text{ KM}^2$$

$$A_B = 0.0015 \times 230 \cdot 10^{-3} = 0.00345 \text{ KM}^2$$

$$A_T = 0,00270 \text{ Km}^2$$

d- Calcul des débits d'apport :

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

Le débit apporté par la chaussée :

$$C = 0,95 \quad P = 2,5 \%, \quad I(10\%) = 3.71 \text{ mm/h} \quad A = 0,0161 \text{ Km}^2$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,0161}{0,025}} \Rightarrow t_c = 0,102 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.71 \times \left(\frac{0,102}{24}\right)^{0,32-1} \Rightarrow I_t = 152.107 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.278 \times 0.95 \times 152.107 \times 0.0161$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0,647 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par LA BAU :

$$C = 0,95 \quad P = 2,5 \%, \quad I(10\%) = 3.71 \text{ mm/h} \quad A = 0,005750 \text{ Km}^2.$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,00575}{0,025}} \Rightarrow t_c = 0,061 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.71 \times \left(\frac{0,061}{24}\right)^{0,32-1}$$

$$\Rightarrow I_t = 215.76 \text{ h}$$

$$(Q_a)_{BAU} = 0.278 \times 0,95 \times 215.76 \times 0.00575$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{BAU} = 0,328 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par la berne :

$$C = 0,4 \quad P = 4\% \quad I (10\%) = 3.71 \text{ mm/h} \quad A = 0.00345 \text{ Km}^2$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,00345}{0,04}} \Rightarrow t_c = 0,0373 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.71 \times \left(\frac{0,0373}{24}\right)^{0,32-1} \Rightarrow I_t = 301.5 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_B = 0.278 \times 0,4 \times 301.5 \times 0.00345$$

$$(Q_a)_B = 0,11 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par Le talus :

$$C = 0,3 \quad P = 67\% \quad I (10\%) = 3.71 \text{ mm/h} \quad A = 0,00270 \text{ Km}^2$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,0027}{0,67}} \Rightarrow t_c = 0,00862 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.71 \times \left(\frac{0,00862}{24}\right)^{0,32-1} \Rightarrow I_t = 816.4 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 0.278 \times 0,3 \times 816.4 \times 0,0027$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = (Q_a)_{\text{chaussée}} + (Q_a)_{\text{bau}} + (Q_a)_{\text{Berne}} + (Q_a)_{\text{talus}} = 1,265 \text{ m}^3/\text{s}$$

IX.6.3. Dimensionnement des fossés :

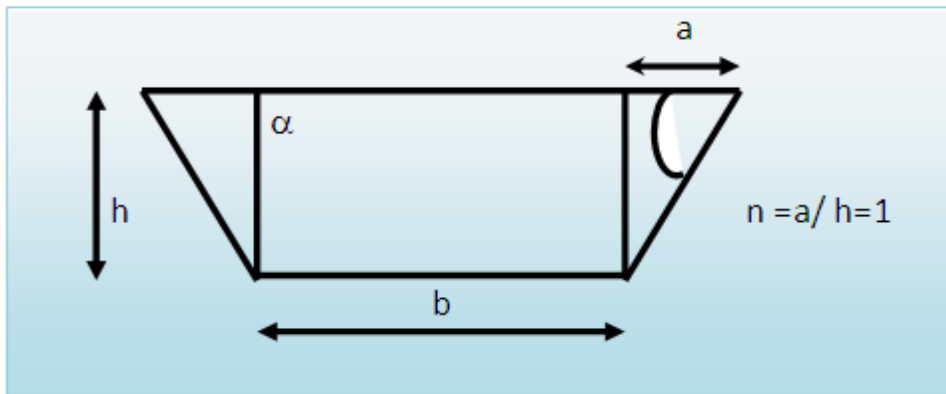
A partir des résultats obtenus précédemment :

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

$$J = 2\% \quad K_{ST} = 70, \quad b = 0,5 \text{ m}$$

$$H = \left[\frac{1.256}{70 \times 0.5 \times 0.01^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 5.66 \times h]^{2/5}}{1 + 2h}$$

J'ai obtenue par calcul itératif : $h = 0,45$, donc je propose $h = 0,5 \text{ m}$



c- Dimensionnement des buses :

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

D’après les données précédentes et le tableau « **Intensité-Durée-Fréquence** », On obtient une intensité $I_t = 82.68$ (mm/h).

Exemple de calcul :

D’après insertion de notre trace sur la carte d’tat major on trouve un talweg qui coïncide avec notre trace au pk 5+130.le sens d’écoulement montre que la surface de SBV et de 1.32 Km^2

$A=1.32\text{Km}^2$

$I_t=82.68 \text{ mm/h}$

$(Q_a) = 0.278 \times 0,2 \times 1.32 \times 82.68 = 1.47 \text{ m}^3/\text{s}$

$$D = 2 \times \left(\frac{2^{\frac{2}{3}} \times Q}{\pi \times K_{st} I^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Selon la formule de MANNING STICKLER on a :

I : pente de radier = 1%

Q : débit d’après la méthode rationnelle (écoulement 1) = $1.47 \text{ m}^3/\text{s}$.

K : coefficient de MANNING = 80.

$D=448.6\text{m}$

On prend :

$D \cong \phi 500 \text{ mm}$

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

d- Cas d'un dalot :

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle. Les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

La section transversale des dalots peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme rectangulaire.

e- Dimensionnement des dalots :

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

Pour le dimensionnement des dalots on prend un temps de concentration égale à 15min. Alors $t_c = 0,25h$. et une période de retour de 50ans.

D'après les donnés précédentes et le tableau « **Intensité-Durée-Fréquence** ». On obtient une intensité $I_t = 105.28$ (mm/h).

Comme il est montré sur la carte d'état majeur qu' niveau du pk 03+364 il existe un talweg important .le sens d'écoulement montre que la surface de SBV est de 7.1 Km²

-calcul de débit Q_a :

On a: PK 02+435 m A=7,1ha $I_t=105.28$ mm

$$(Q_a) = 0.278 \times 0,2 \times 105.28 \times 7.1 = 41.56 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dans ce cas si on veut maitre par exemple un ouvrage busée le minimum diamètre sera de 1400 mm .donc la solution est de réaliser un dalot

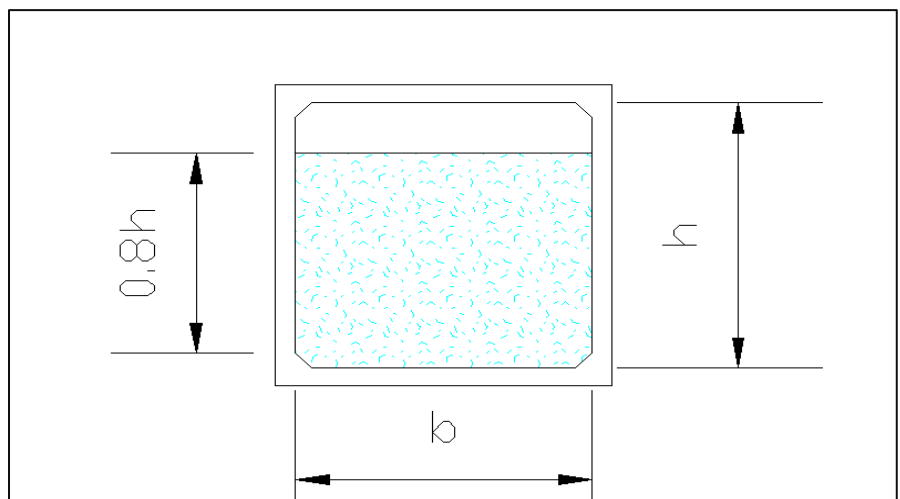
La surface mouillée :

$$S_m = 0.8H \times B$$

Le périmètre mouillé :

$$P_m = 1.6H + B$$

Le rayon hydraulique :



$$R = \frac{0.8H \times B}{1.6H + B}$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot S \cdot R^{2/3}$$

J=pente de radier de dalot en (%).

$$H = \frac{1}{0.8B} \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot J^{1/2}} \right)^{3/5} (1.6H + B)^{2/5}$$

Et par calcul itérative on tire la valeur de H qui vérifie cette inégalité.

On fixe b=2m et on trouve : H=2.5m

Localisation Par rapport Au projet PK	Les ouvrages	Le débit calculé (m ³ /s)
PK 00+360	BUSE Ø800	0.15
PK 00+772	BUSE Ø1000	3.73
PK 1+134	BUSE Ø800	3.01
PK 2+435	DALOT (2*2.5)	41.56
PK 2+760	DALOT (2*2.5)	35.86
PK 4+655	BUSE Ø1000	3.73
PK 5+130	BUSE Ø1000	1.47
PK 5+455	DALOT (2*2.5)	24.85

Tableau récapitulatif des ouvrages courants

X.1. INTRODUCTION :

Si l'intensité de la circulation devient trop forte (voir l'étude de trafic) pour s'accommoder d'un écoulement intermittent des véhicules et surtout lorsque l'importance des itinéraires n'est pas compatible avec les systèmes d'arrêt et de reprises, on est conduit à supprimer le carrefour plan en faisant le croisement des routes à des niveaux différents.

X.2. DEFINITION ET LE ROLE D'UN ECHANGEUR :

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

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

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

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

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

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

X.3. REGLES DE CONCEPTION :

La conception est l'étape la plus importante d'un projet puisqu'elle tient compte du Prix de revient comparativement aux avantages distribués à moyen et long terme.

Pour diminuer son prix de revient on évite :

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

Avantages De L'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

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

Inconvénients De L'échangeur :

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

X.4. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS :

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

Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle à considérer, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.

Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

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

X.4.1. Echangeurs majeurs :

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

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

X.4.2. Echangeur mineur :

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

- ✚ Losange.
- ✚ Demi-trèfle.
- ✚ La trempette.

a) LE LOSANGE :

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

Avantage :

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

Inconvénients :

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

b) LE DEMI-TREFLE :

Comporte deux boucles et deux diagonales, c'est un carrefour à niveau sur la route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée. Ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

Avantage :

- Emprise réduite « occupe deux quadrants ».
- Construction économique.

Inconvénients :

- Schéma moins directionnel.
- Ouvrage de franchissement très large.
- Circulation lente dans les boucles.
- Cisaillement sur la route secondaire.

Nota :

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

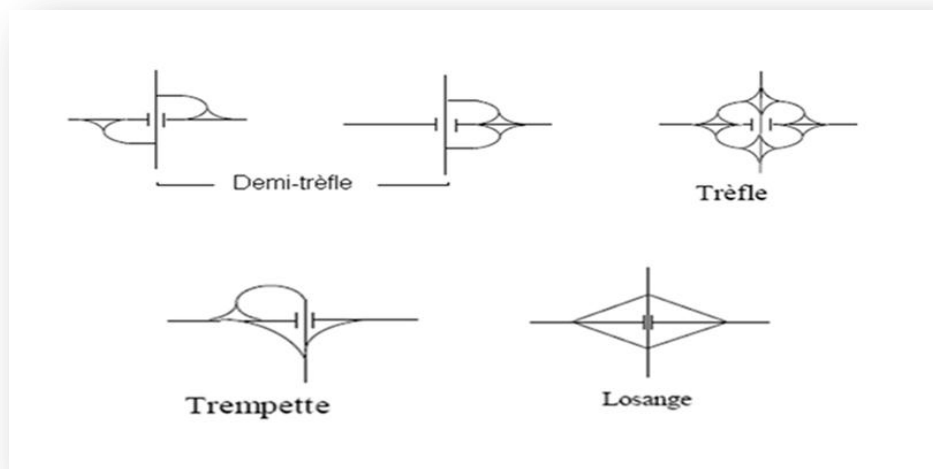
- ❖ Demi-trèfle symétrique par rapport au centre (à quadrants opposés).
- ❖ Demi-trèfle symétrique par rapport à la route principale (à quadrants contigus).

C) LA TREMPETTE :

D'usage exceptionnel par exemple raccordement à une route importante parallèle à l'autoroute. Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches, il comporte :

- Un alignement droit commun à toutes les bretelles.
- Une boucle « entrée ou sortie ».
- Une diagonal de sortie.

Ce schéma est bien adapté pour les accès aux autoroutes à péage, par ce que toute voiture roulant parcourra un sens à l'autre, doit obligatoirement passer par un alignement droit où on implante la station de péage. Ce type est utilisé même pour les raccordements à quatre branches.



Différentes types d'échangeurs

X.5. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES :

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

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

X.5.1. Le Pont :

Qui assure un passage supérieur ou inférieur, la détermination du nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

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

X.5.2. Les Carrefours plans :

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

X.5.3. Les Bretelles :

Ce sont des voies qui se débouclent et se raccordent de ou vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droite de la chaussée considérée, et qui se terminent à une de ses extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération ; Comportant une section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

X.6. CHOIX DE L'ECHANGEUR :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « avantages, inconvénient... » Et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adopté ou cas qui présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre. Et pour ce but on suit le chemin suivant :

Etape 1 : détermination du tracé à partir de :

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

Etape 2 : configuration de tracé à adopter.

L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garanti en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

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

Etape 3 : analyse

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

X.7. APPLICATION AU PROJET :

Etape 1 : détermination du tracé à partir de :

✚ **Terrain :**

- Terrain plat,
- Le terrain devant recevoir le futur échangeur est en grande partie à vocation agricole, ce qui implique l'introduction de procédure d'expropriation.

- ✚ **Types de routes à raccorder :** L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre Le CW42 et l'autoroute Est-ouest (la zone de Blida).

L'échangeur et de type : **Echangeur mineur.**

✚ **Vitesse sur les bretelles :**

D'après B40 :

- La vitesse sur cw62 est 80Km/h.
- La vitesse sur l'autoroute Est-ouest est 80Km/h
- La vitesse sur l'échangeur est 40 à 60Km/h.

On va prendre la vitesse sur les bretelles VB=40Km/h.



✚ **Distribution du trafic :**

- Le croisement est de trois (3) branches.
- L'échangeur distribue le trafic dans quatre (4) directions.

Etape 2 : Configuration du tracé à adopter

· **Tracé :**

En général la valeur limite du rayon et de vitesse Pour :

Les bretelles est de $R=50$ et $v=40$ Km

La diagonale $R=80$ à 120 et $v=60$ Km/h.

Etape 3 : Analyse :

L'échangeur de la route national- la pénétrante est à 3 branches, pour ce type d'échange nous avons le choix entre ces types d'échangeurs :

▪ **Demi-trèfle avec deux giratoires.**

. **Les avantages :**

- Faciliter d'insertion d'un grand nombre de branches.
- Modération de la vitesse.

. **Les inconvénients :**

- Amélioration des nuisances.
- Coupe la route d'une chaussée séparée qui diminué la fluidité de circulation.

▪ **Demi-trèfle avec deux carrefour de type T.**

. **Les avantages :**

- Coût de réalisation moins élevé.
- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace.

. **Les inconvénients :**

- amélioration des conflits entre les véhicules.
- Imposer à une partie de véhicules circulant sur un grand itinéraire des arrêts des attentes et des démarrages.
- Accidents impliquant un véhicule tournant à gauche heurté par un véhicule en mouvement direct venant en sens inverse.

. CONCLUSION DU CHOIX DU TYPE D'ECHANGEUR :

Après l'analyse des trois types d'échangeur à proposer, on a trouvé que l'échangeur le plus avantageux c'est l'échangeur de type trempette.

- Donc la solution adoptée est : **Demi-trèfle avec deux giratoires.**

.CONCEPTION DE L'ECHANGEUR :

Pour la conception de notre échangeur on suit les règles et les normes de « ICTAAL ».

✚ Tracé En Plan D'une Bretelle :

Les valeurs limites des rayons du tracé en plan sont mentionnées dans le tableau suivant d'après « ICTAAL » :

		1 voie sortie	1voie boucle
Rayon minimal	R _{hm} (m)	40(7%) et 100 (Premier rayon rentré)	40(7%)
Rayon minimal non déversé	R _{nd} (m)	300	
Rayon maximal de la boucle			60
Devers entre R _{nd} et R _m	d (%)	$d = (675 / R) + 0,25$ entre 300 et 100	

Valeurs limites des rayons du tracé en plan.

Dans une courbe de rayon inférieur à 100 (m), une sur largeur de 50/R par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe.

✚ Zones De Décélération Et D'accélération :

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'insertion, et en sortie par une voie de décélération.

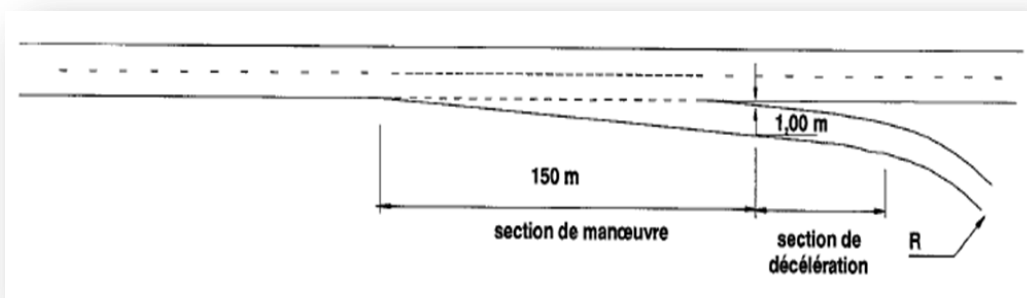
▪ La zone de décélération :

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les **diffuseurs**.

Le dispositif de sortie comporte successivement :

Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 (m) jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ;

Une section de décélération, dont la longueur permet du changement de la vitesse.



Va (Km/h)	60	80	100	120
L(m)	70	115	170	240
Ls(m)	40	50	60	75

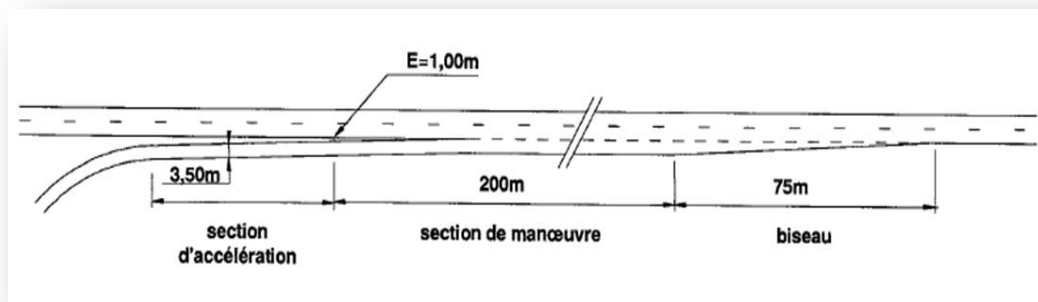
▪ **La zone d'accélération :**

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 (%). Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m" ;

Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 (m) et large de 3,50 (m) ;

Un biseau long de 75 (m).



Va (Km/h)	60	80	90	100	120
L (m)	140	180	210	240	320
LB (m)	40	50	50	65	75

✚ Profil En Travers D'une Bretelle :

▪ Largeur des bretelles :

Chaussée	unidirectionnelle	4,00 m + S
	bidirectionnelle	4,00 m + S
B.D.D		2,00 m
B.D.G		0,50 m

Les largeurs des composantes du profil en travers.

Sur largeur en courbe (par voie) : $S = 50/R$ pour $R < 100$ m.

▪ Pente transversale d'une bretelle :

	Rayon (m)	Valeur du devers
Alignement ou rayon $\geq R_{nd}$	AD ou $R \geq 300$	2,5% orientés vers la droite
Rayon déversé $R < R_{nd}$	$100 < R < 300$	Variation en $1/R$ entre 2,5% (R300) et 7% (R100)
	$R \leq 100$	7%

Dévers de la chaussée.



ECHANGEURE DEMI-TREFEL AU DEBUT DE PROJET



ECHANGEURE DEMI-TREFLE AVEC DEUX GIRATOIRE AU DEBUT DE PROJET

XI.1. DEFINITION :

Le carrefour est une partie importante d'une route. L'efficacité, la vitesse, la sécurité, le coût d'exploitation et la capacité en dépendent.

Le carrefour à niveau est le lieu de l'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau.

XI.2. LES DIFFERENTS TYPES DE CARREFOUR :

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

i. Carrefour à trois branches (en T) :

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

ii. Carrefour à trois branches (en Y) :

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

iii. Carrefour à quatre branches (en croix) :

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

iv. Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

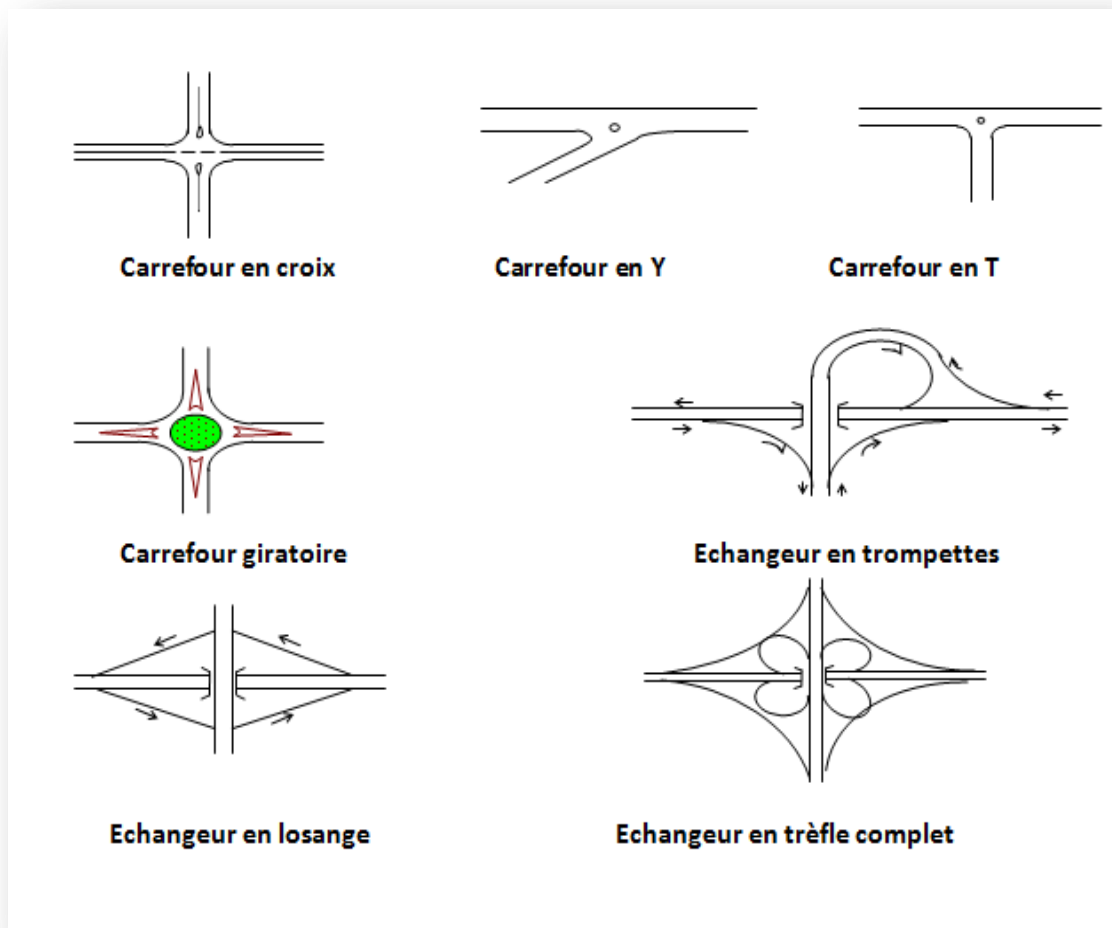
Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond-point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°).

En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.



Différents types des carrefours.

XI.3. DONNEES UTILES À L'AMENAGEMENT D'UN CARRFOUR :

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

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

XI.4. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT :

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

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

XI.4. 1. La visibilité :

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

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

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

XI.4.2. Les îlots :

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

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

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

Et les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1 (m).

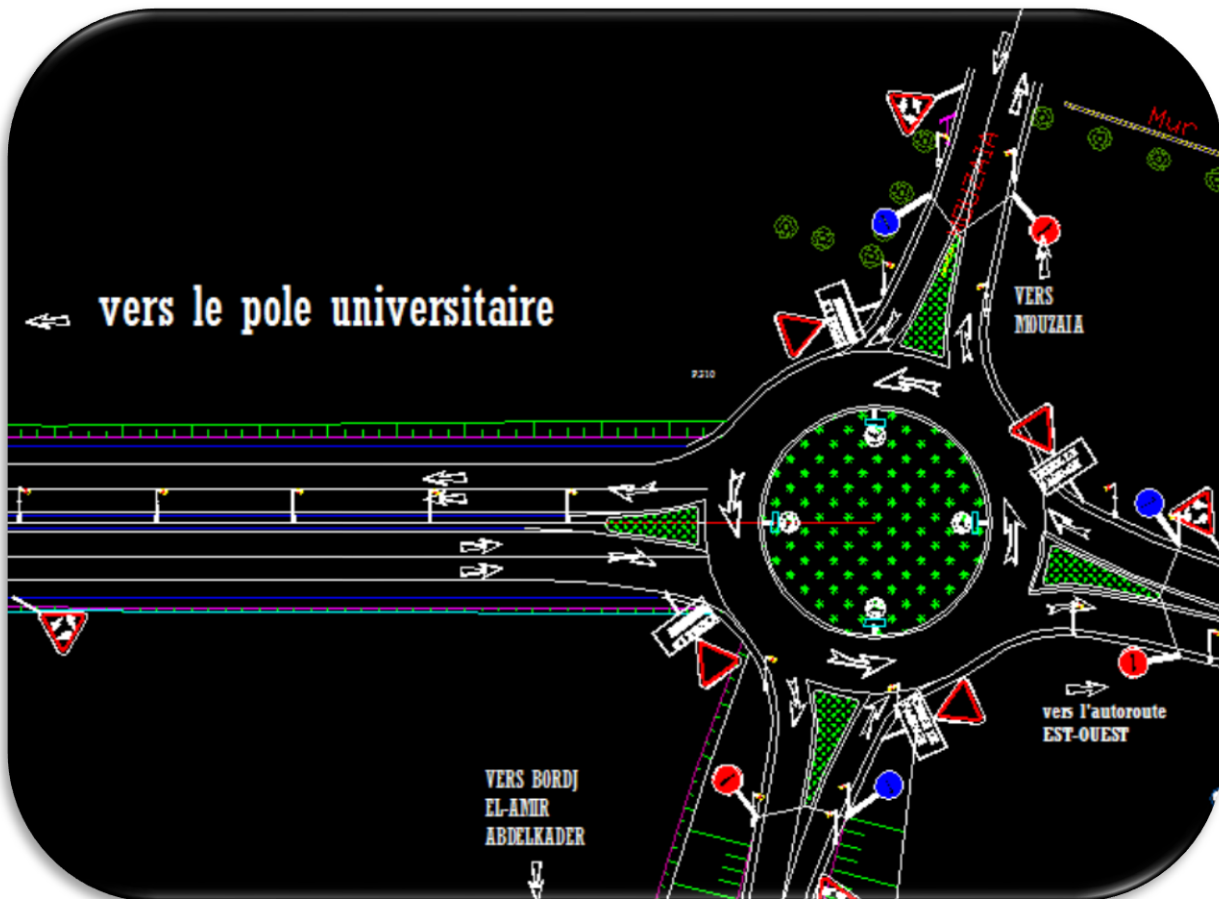
XI.5. APPLICATION AU PROJET :**Carrefours Plan Au Début De Projet :****Introduction :**

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.

La conception d'aménagements du deux carrefour plan situés au début de projet (intersection l'autoroute Est-ouest-CW42), consiste au raccordement du nouveau pôle universitaire d'EL AFFROUN avec l'autoroute Est-ouest

1^{oer} giratoire

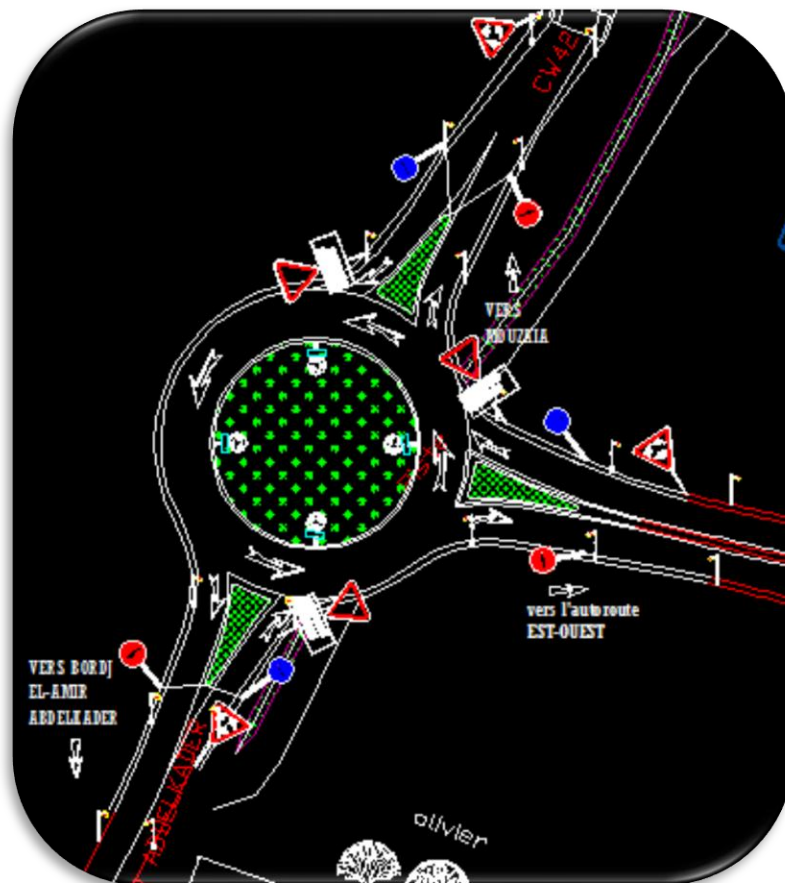
- Cw42 (vers la ville de MOUZAIA).
- Cw42 (vers BORDJ EL AMIR ABDELKADER).
- vers le pôle universitaire.
- Accès à l'autoroute Est-ouest.



Carrefour giratoire ou début du projet.

2^oeme giratoire

- Cw42 (vers la ville de MOUZAIA).
- Cw42 (vers BORDJ EL AMIR ABDELKADER).
- Accès à l'autoroute Est-ouest.



Carrefour giratoire ou début du projet.

L'aménagement du carrefour :

✚ Zone d'implantation :

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

Dans notre projet nous avons prévu d'aménager le carrefour giratoire que sera implanté dans une zone périurbain (MOUZAIA), en peut remarquer que ce giratoire est un élément intéressant pour le traitement des zones de transition entre Le chemin de wilaya CW42 et l'auto route Est-ouest.

L'aménagement Des Entrées Et Des Sorties :

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

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

En milieu urbain, le rayon d'entrée devrait être inférieur à 15 m, de manière à éviter que la vitesse de sortie n'excède 40 km/h. En milieu rural, le rayon de sortie peut être supérieur à 15 m qui peut atteindre jusqu'au 20m, à condition qu'il n'y ait pas de piétons.

La vitesse de base **V=80 Km/h.**

Les caractéristiques du carrefour

Les caractéristique de notre giratoire sont muni dans le tableau ci-dessous (D'après le S.T.R.A).

	Notation	Valeurs courantes (en mm)
Rayon du giratoire	Rg	25
Largeur de l'anneau	La	8
Sur largeur franchissable	SLf	-
Rayon intérieur	Ri	18
Rayon d'entrée	Re	15
Largeur de la voie entrante	Le	4
Rayon de sortie	Rs	20
Largeur de la voie sortante	Ls	5
Rayon de raccordement	Rr	100

XII.1. INTRODUCTION :

On appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel. Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont canal.

Les passages souterrains sont des ouvrages simples, leurs conceptions vont néanmoins être guidées par certaines règles de base, tant sur le plan technique que sur celui de l'esthétique.

Ce chapitre présentera les ouvrages d'art à concevoir pour franchir les routes, les pistes existantes et les oueds.

XII.2. RECOMMANDATION SUR LE CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE :

On a adopté pour notre projet deux types pour l'ensemble des ouvrages, des ponts cadres pour les passages inférieurs, un pont à poutres au niveau du oued Bouroumi, un ouvrage souterrain de deux composantes principales Un dalotet une trémie a chaque extrémité.

Trois paramètres interviennent dans le choix du type de structure :

- Présence ou non d'une nappe
- Nature du terrain de fondation par la pression admissible, leur aptitude aux tassements, et leur hétérogénéité.
- Ouverture de l'ouvrage.

XII.3. JUSTIFICATION D'AMENAGEMENT PAR UN PASSAGE SOUS TERRAIN :

La croissance du trafic est extrêmement rapide, ce qui a provoqué la saturation de plusieurs carrefour tel que le cas étudié, l'aménagement superficiel ne règle le problème qu'à court terme d'où la nécessité d'un passage dénivelé comme un passage sous terrain.

Les avantages :

- Une réserve de capacité importante que la croissance du trafic ne soit pas résorbée avant assez long délai.
- un gain de temps et de carburant pour les conducteurs.
- la fluidité du trafic.
- un bon niveau de sécurité.
- durée de vie importante.
- bonne implantation pour le site.
- Possibilité d'ajouter un aménagement superficiel.

Les inconvénients :

- coût d'exploitation élevé par rapport à un aménagement superficiel.
- Dérangement des réseaux existants.
- Emprise importante.

XII .4. PRESENTATION DES OUVRAGES :**XII 4.1. Le pont :****Tracé en plan :**

Le tracé en plan est la ligne définissant la géométrie de l'axe de la voie portée, dessinée sur un plan de situation et repérée par les coordonnées de ces points caractéristiques.

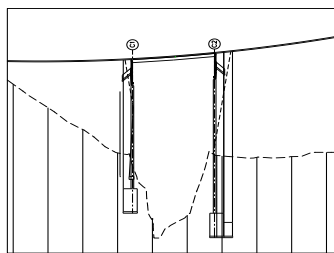
La structure géométrique de l'ouvrage est droite de longueur de **180m**.

Vu que l'axe de l'ouvrage forme un angle de **100 grades** avec l'axe des appuis, et situe dans un tracé linéaire de la route, donc sa structure géométrique sera alors **droit**.

Profil en long :

Le profil en long est la ligne située sur l'axe de l'ouvrage, définissant en élévation du tracé en plan, il doit être défini en tenant compte de nombreux paramètres liés aux contraintes fonctionnelles de l'obstacle franchit ou aux contraintes naturelles, Il présente une :

- Longueur de **180m**.
- Pente longitudinale de **1.2%**.



profile en long

Profil en travers :

Le profil en travers est l'ensemble des éléments qui définissent la géométrie et les équipements de la voie dans le sens transversal.

Les composantes du profil en travers de notre chaussée sont :

- Largeur roulable: **$L_r=2 \times 10m$** .
- Largeur de trottoir : **$l=0,625m$** .
- Nombre de voies de circulation : **2** voies de **3,5m**.
- Une bande d'arrêt d'urgence de **2m** à côté de la barrière latérale, et une bande dérasée de gauche de **1m** auprès de la barrière centrale.
- DBA **$I_d=0,6+0,4m$** .
- Dévers unique de **2,5%**.

XII .4.2. Le pont cadre (passage inferieure)

dans les cas de notre ouvrage est un passage inferieur a bi-cellule établit sur radier ce qui leur confère une très bonne portance même sur un sol de qualité médiocre les culées ainsi que les murs de tête en retour soutiennent les remblais il peuvent faire l'objet d'une recherche architectural particulière visant convenablement l'ouvrage dans le paysage .

Signalisation

XIII.1. INTRODUCTION :

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers. Bien signaler c'est bien communiquer, assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière.

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XIII.2. SIGNALISATION HORIZONTALE :

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages. Le marquage des chaussées joue un rôle essentiel dans la sécurité routière, il est obligatoire sur autoroute.

Le rôle essentiel de la signalisation horizontale est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière. Un autre rôle est de compléter la signalisation verticale.

Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques.

XIII.2.1. Caractéristiques générales des marques :

i. Couleur des marques de chaussée :

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée est le blanc et le jaune. , dont le jaune est pour T4 et de la délimitation du TPC, et le blanc pour d'autres marquages.

Les caractéristiques des peintures ou matériaux utilisés, notamment la durabilité et le rétro-réfléchissement.

ii. Largeur des lignes :

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité U
Les valeurs de U sont :

U = 7,5 cm Sur l’Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et D’entrée/sortie sur aires.

U = 6 cm Sur les bretelles de sortie de l’Autoroute après les péages, sur les bretelles D’entrée de l’Autoroute avant les péages et sur les RN,

U = 5 cm sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

La valeur de U doit être homogène sur tout un itinéraire.

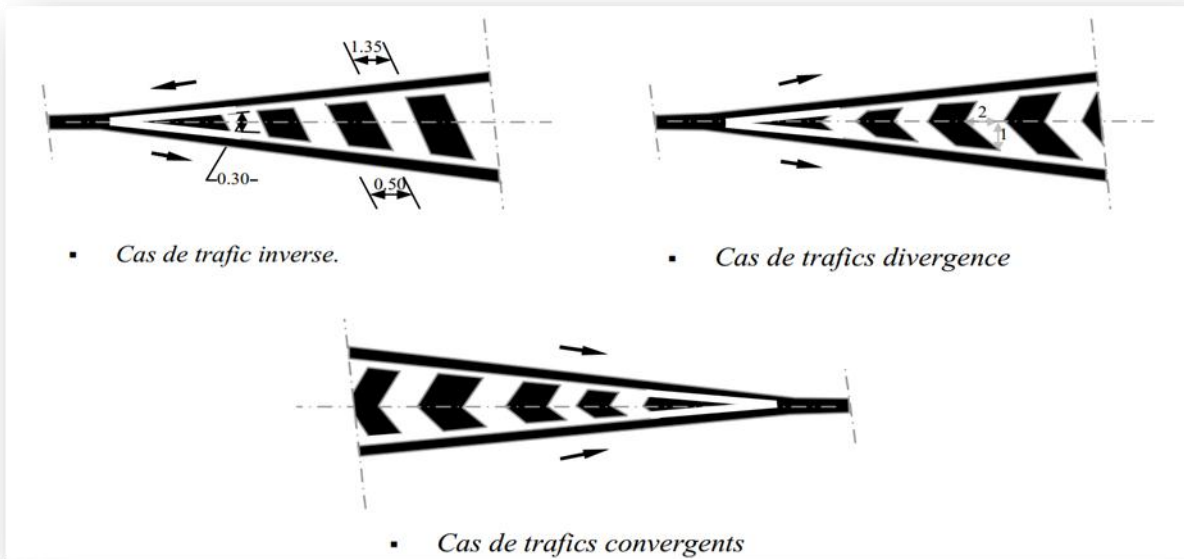
iii. Lignes longitudinales :

Pour notre projet la route est de type "autoroute".

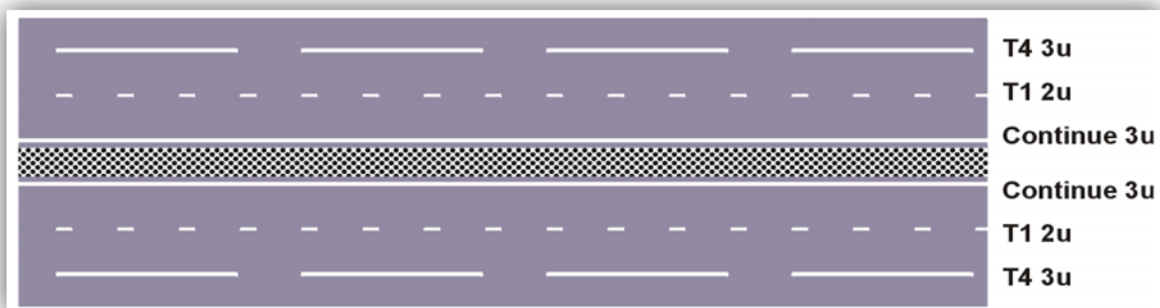
Donc la valeur de U est 7.5 cm.

modulation	désignation des marques	largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U
T'2	Ligne “ CÉDEZ-LE-PASSAGE ”	50 cm

Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées



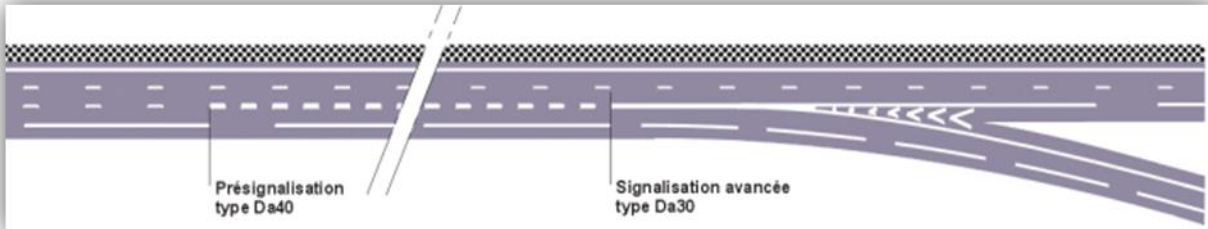
Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'îlot)



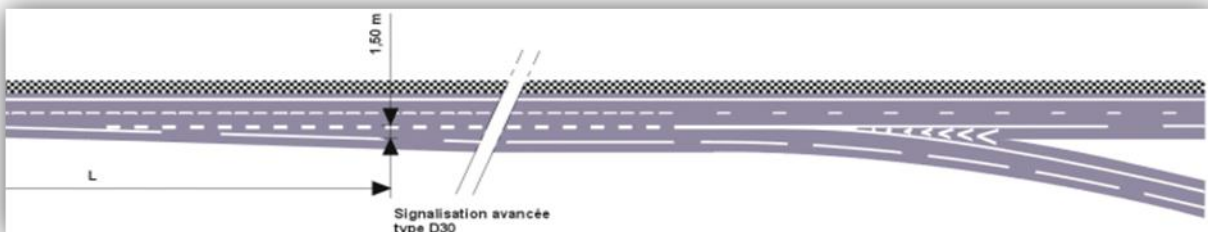
Les lignes de délimitation de voies dans le tracé

a. Voies d'insertion, de décélération

La ligne séparant la voie d'insertion de la chaussée principale est du type T2 de largeur 5u.

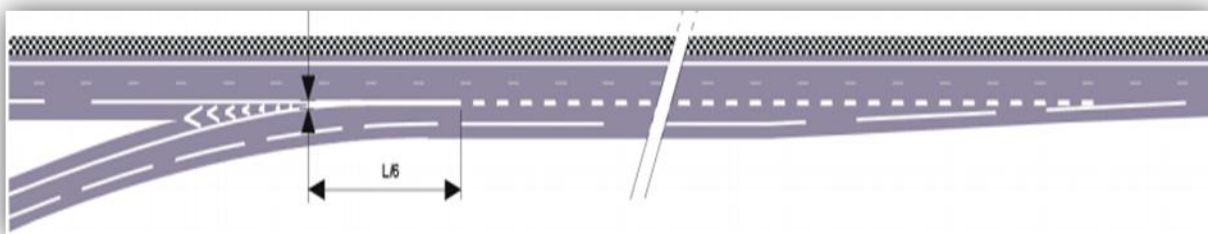


Avec affectation de voies

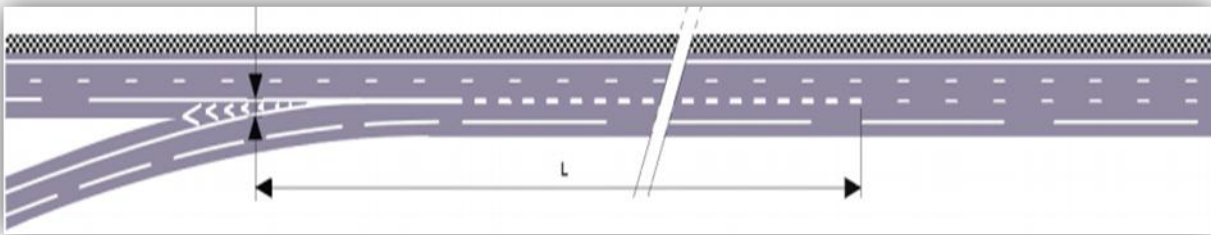


Sans affectation de voies

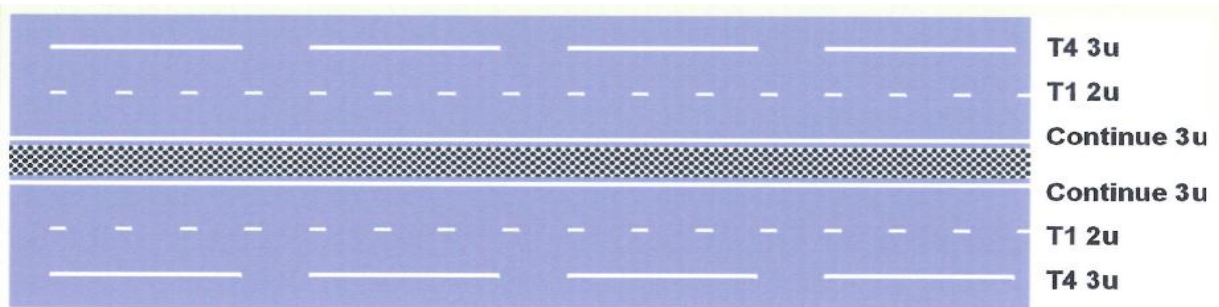
b. Voies d'accélération



Même nombre de voies



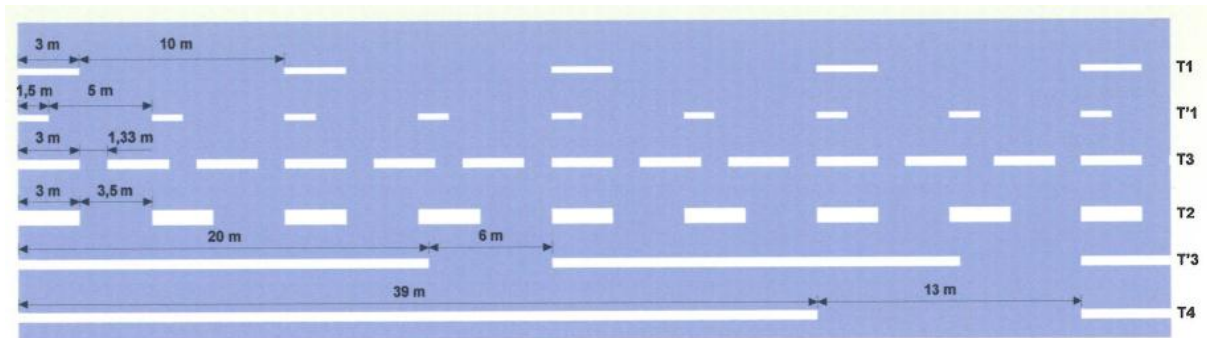
Nombre de voies inferieur



iv. Caractéristiques des lignes discontinues :

Typedema rquage	Type de modulation	Longueur du trait(m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
rive	T2	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune
transversal	T'2	0.5	0.5	1	Blanc
délimitation du TPC	LC				Jaune

Les caractéristiques des lignes discontinues



v. Lignes transversales :

- Ligne “STOP”, largeur de 50 cm.
- Ligne “Cédez le Passage”, largeur de T’2.

vi. Les flèches :

- Flèches de rabattement;
- Flèches de sélection unidirectionnelle;
- Flèches de sélection bidirectionnelle.

vii. Autres marques :

- Marquage d’îlots séparateurs avec hachures;
- Marquage spécial pour stationnement ou aires d’arrêt d’appel d’urgence.

XIII.3. SIGNALISATION VERTICALE :

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- Signalisation de danger, de prescription et d’indication.
- Signalisation de direction.

viii. XIII.3.1. Signalisation de danger, de prescription et d’indication :

La signalisation de danger, de prescription et d’indication est utilisée pour réglementer, en conditions de sécurité, la circulation autant sur la section de type autoroutier, que sur le réseau routier existant.

– Les éléments à signaler aux usagers sont principalement :

- ➔ La vitesse légale de circulation.
- ➔ Le régime de priorité.
- ➔ Les dangers rencontrés (ex : à la sortie de la section autoroutière).
- ➔ Le péage.
- ➔ Les utilités disponibles (aires de services, réseau d'appel d'urgence, etc.).

La signalisation est conforme aux normes européennes.

- Le dimensionnement des panneaux concorde avec le type de route, comme suit :
 - ➔ Dimension grande gamme pour les voies rapides de l'autoroute.
 - ➔ Dimension normale pour les entrées et les sorties de l'autoroute, ainsi que pour les bretelles d'accès aux gares de péage aux routes nationales.

À part les panneaux et les panonceaux, utilisés pour la signalisation verticale, la signalisation de danger est réalisée avec des balises.

Les types de balises sont les suivantes :

- ➔ balise de virage;
- ➔ balise de limite de chaussée;
- ➔ balise de musoir, balise pour les gares de péages, etc.

Les panneaux ainsi que les panonceaux et les balises sont couverts d'une couche rétro réfléchissante (de classe II ou supérieure).

- ➔ Taille des panneaux sur autoroute : Très Grande Gamme (TGG)
- ➔ Sur entrées et sortie : Grande Gamme (GG)
- ➔ Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale (GN)

Tableau 10.3 Les dimensions détaillées des panneaux

Dimensions	Côté du triangle (mm)	Diamètre du rond (mm)	Double de l'apothème de l'octogone (mm)	Côté du carré (mm)
TGG	1500	1250	1200	1050
GG	1250	1050	1000	900
GN	1000	850	800	700

La signalisation de danger :



Intersection et régime de priorité :



La signalisation de prescription :

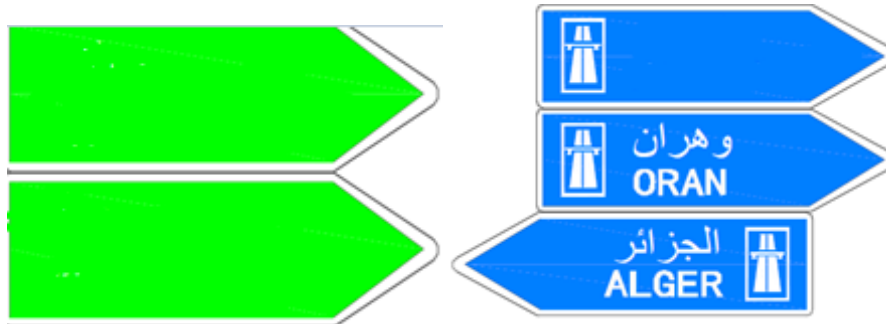


XIII.3.2. Signalisation de direction :

La signalisation de direction tient compte des destinations importantes pour le tronçon à l'étude. Généralement on retrouve trois types de destination à indiquer sur les panneaux de direction, comme suit :

- La capitale, Alger dans la direction EST, et la ville de Tlemcen (ou la limite de l'autoroute) dans la direction OUEST;
- Les villes importantes qui se situent sur l'axe de l'autoroute (sans avoir nécessairement un lien direct autoroutier) : il s'agit d'Oran, Mostaganem et Mascara;
- Les premières villes ou villages en lien direct, via l'échangeur : Mohammadia.
- Le texte figurant sur les panneaux doit être en écriture double, avec des caractères arabeet latin,(arabe en premier, latin en deuxième).
- La hauteur des lignes de caractère est similaire pour les deux écritures.

- Les panneaux sont installés en latéral (confirmation de direction) et sur portiques (signalisation pour les sorties d'autoroute).
- Tous les panneaux de signalisation de direction sont couverts d'une couche rétro réfléchissante.



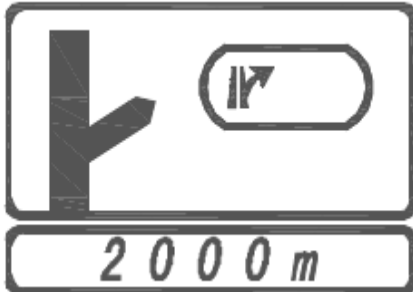
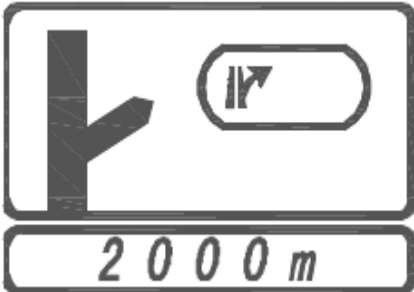
XIII.3.3. Signalisation de l'échangeur :


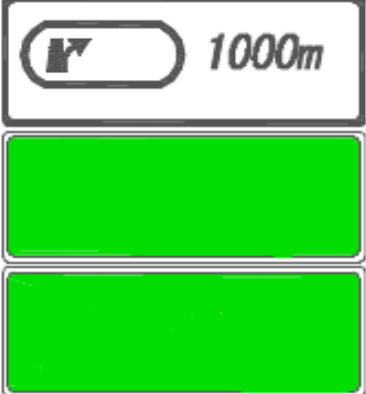
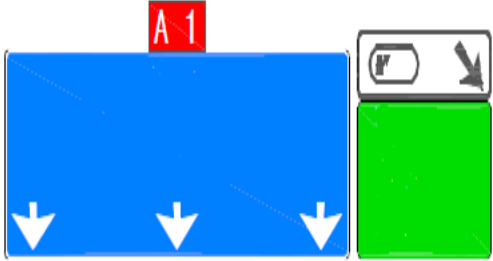
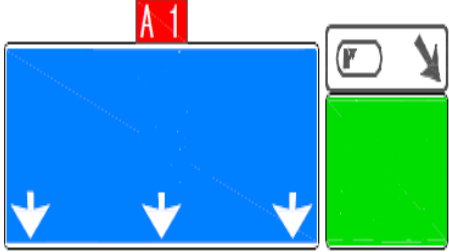
	Distance d'implantation	But
V (km/h)		120
Avertissement D(a)50	2000 m	pour attirer l'attention des usagers
Pré signalisation D(a)40	1000 m	pour marquer le début de la manœuvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite
Signalisation	au point S= 1.50 m	pour marquer la fin de la

avancée D30		manœuvre de sortie sur la chaussée émettrice.
-------------	--	---

Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie

Signalisation des bretelles de sorties (diffuseurs) :

	A droite	A gauche
Avertissement D50		

<p>Pré-signalisation D40</p>		
<p>Signalisation avancée D30</p>		

Eclairage

XIII.4. 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.

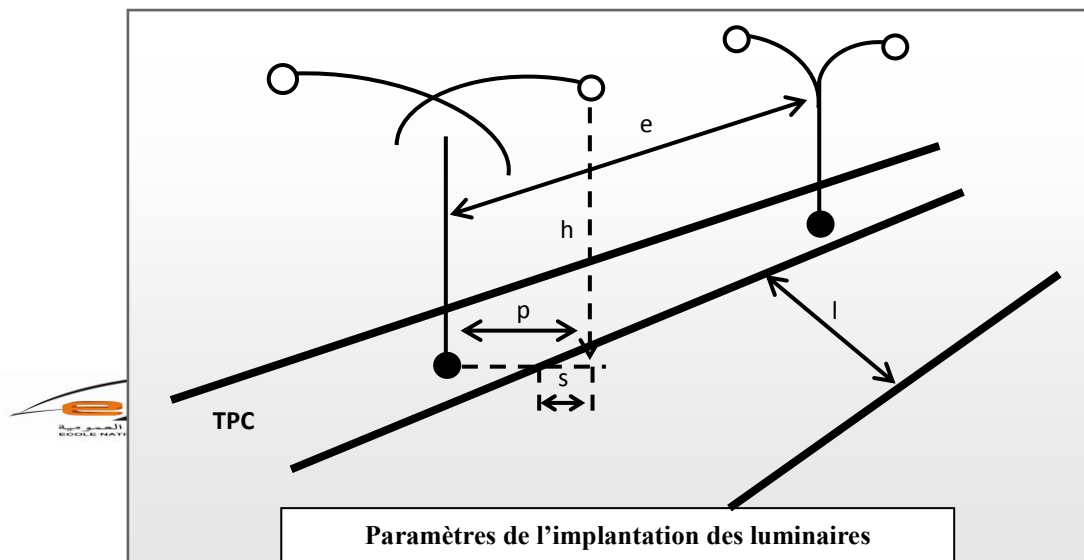
XIII.5. CATEGORIES D'ECLAIRAGE :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

XIII.6. CATEGORIES D'ECLAIRAGE :

- 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.



XIII.7. APPLICATION AU PROJET :

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

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

Eclairage carrefour

Pour les carrefours dont les îlots centraux sont importants, on place en retrait de leurs courbures des foyers A, dans l'alignement de foyers B sur la bordure extérieure.

NOTA :

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

XIV.1.INTRODUCTION

Le facteur environnement prend de plus en plus d'ampleur dans la réalisation d'ouvrages de génie-civil. Les études d'environnement sont de plus en plus strictes, et les normes de plus en plus exigeantes.

La construction routière a sur l'environnement des effets positifs et des conséquences négatives ; en se limitant sur les effets négatifs, les aménagements et la circulation peuvent être la cause d'impacts importants sur l'environnement, occasionnant des conséquences dommageables sur l'homme, la faune et la flore, les beautés de la nature, les paysages et le patrimoine culturel.

XIV.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les éléments analysés concernent le domaine de l'environnement et sont répertoriés du point de vue zones de sensibilités des différents milieux en prévision des impacts, engendrés par le projet lors de la phase réalisation et la phase exploitation et pouvant constituer une contrainte pour le projet.

Ils portent sur une analyse des caractéristiques du milieu physique, naturel, socio-économique, des paysages et patrimoines existants.

- Une analyse des zones de sensibilité relatives en particulier à :

* **L'eau** : débits des cours d'eau, qualité physico - chimique des eaux souterraines et superficielles.

* **La faune et la flore** : inventaire des espèces existantes, habitats et mouvements de la faune, Identification des espèces rares et menacées.

* **Les paysages** : valeur esthétique, inventaire des sites et monuments de valeur nationale et internationale.

* **Le climat** : pluviométrie, température, sécheresse, vent, verglas, neige, brouillard.

* **La géologie du tracé**

* **L'hydrogéologie** : description du réseau hydrographique, description de la nappe Phréatique.

* **Air et bruit** : état actuel de la pollution de l'air et niveau actuel du bruit et vibration.

* **L'activité socio-économique** : population, occupation des sols, agriculture, industrie, transport, tourisme.

* **Patrimoine culturel et archéologique**

XIV.3. CARACTERISTIQUES DE LA WILAYA DE BILDA

Blida, chef lieu de Wilaya, est située à 50 km au Sud-Ouest d'Alger, sur la bordure Sud de la plaine de la Mitidja à 22 km de la mer. Elle est en situation de contact entre la montagne et la plaine. Le cône de déjection de l'Oued Sidi El Kébir la place à une altitude de 270 m. Le territoire de la commune s'étend sur

une superficie de 7.208 ha.

Le site vierge présente quatre parties distinctes : Les deux premières présentent le piémont tout entier qui est délimité du côté Sud par la montagne, elles sont réunies au niveau de la vallée de Sidi El Kébir. La partie Ouest est délimitée par l'Oued Sidi El Kébir du côté Nord, ce dernier est alimenté par nombreux ravins.

Le piémont délimite du côté Nord, une troisième partie, en lui donnant une forme en éventail, elle présente une dénivellation de 3% du Sud au Nord. Cette partie est délimitée par la plaine de la Mitidja. La dernière partie est la plaine avec de grandes étendues favorables à l'agriculture.

Ce site stratégique du point de vue économique (plaine de la Mitidja), est aussi un nœud routier très important reliant l'Est à l'Ouest et le Nord au Sud. Il a vu le passage de différentes civilisations depuis l'antiquité.

XIV.4. CADRE LEGAL ET INSTITUTIONNEL

En matière d'environnement un dispositif légal et réglementaire a été progressivement mis en place en fonction des problèmes rencontrés et visant la protection des milieux contre les différents polluants.

a - Législation et réglementation en matière d'environnement

Environnement en général

- La loi 83 -03 du 05 février 1983, relative à la protection de l'environnement.
- Le décret exécutif 93-184, réglementant les émissions de fumées, gaz, poussières, odeurs et particules solides.
- Le décret 93-163, portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles.
- Le décret 93-161, réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel.
- Le décret 90- 78 du 27 février 1990, relatif aux études d'impacts sur l'environnement.
- Le décret exécutif 93-184 du 26 juillet 1993, réglementant l'émission de bruit.
- La loi 83-17 du 16 juillet 1983, portant code des eaux.
- La loi 91-11 du 27 avril 1991, définissant les règles relatives à l'expropriation publique.

Pollution

- Ordonnances n° 74-55, portant sur la ratification de la convention de Bruxelles pour l'indemnisation des dommages dus à la pollution des hydrocarbures.
- Ordonnances n°76-79, relatives au code de la santé publique.
- Loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, portant sur le code des eaux.
- Décret 84-378 du 15 décembre 1984, relatif aux conditions de nettoyage

d'enlèvement et de traitement de déchets solides urbains.

- Décret 87-182 du 18 août 1987, relatif aux huiles à base de polychlorobiphényles (PCB) aux équipements électriques qui en contiennent et aux matériaux contaminés par ce produit.
- Décret n° 93-68 du 1 mars 1993, relatif aux modalités d'application de la taxe sur les activités polluante pour l'environnement.
- Décret n° 90-79 du 27 février 1990, portant sur la réglementation du transport de matières dangereuses.
- Loi 90-17, relative à la protection de la santé.
- Décret exécutif n° 93-74 du 06 mars 1993, portant sur la réglementation générale des exploitations de substances minérales.
- Décret n° 93-160 du 10 juillet 1993, réglementation les rejets d'effluents liquides industriels.
- Décret exécutif n°93-161, réglementant le diversement des huiles et lubrifiant dans le milieu naturel.
- Décret n°93-162 du 10 juillet 1993, portant sur l'institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles.
- Décret exécutif n° 93-74 du 06 mars 1993, portant sur la réglementation générale des exploitations de substances minérales.

Milieu naturel

- Décret n°82-440 du 11 décembre 1982, portant ratification de la convention Algérienne sur la conservation de la nature et des ressources naturelles, particulièrement l'habitat de la sauvagine (petite faune sauvage) Signée à Alger le 15 Septembre 1968.
- Décret n° 83-509 du 20 août 1983, et le décret du 17 Janvier 1993, donnant la liste des espèces protégées.
- Décret n° 85-112 du 17 mai 1985, portant adhésion de l'Algérie à la convention Internationale pour la protection des végétaux (faite à Rome le 06 Décembre 1951 et révisé par la résolution 14-79 de la conférence de la FAO du 14 au 29 Novembre 1997).
- Décret n° 87-143 du 16 juin 1987, fixant les règles et modalité de classement des Parcs Nationaux et des réserves naturelles.
- Loi n° 87 du 01 août 1987, relative à la protection phytosanitaire.
- Décret n exécutif n°93-285 du 23 novembre 1993, fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées.
- Décret n° 93-285 du 23 novembre 1993, fixant la liste des espèces végétales protégées.
- Décret de juillet 2005, réglementant les conditions d'extraction des matériaux dans les lits d'oueds.

Forêt

- Loi n°84-12, relative au régime général des forêts.

- Loi n°91-20 du 02 décembre 1991, modifiant et complétant la loi 84-12.
- Décret exécutif n° 89-170 du 05 septembre, portant sur l'approbation des dispositions administratives générales et les clauses techniques d'élaboration des cahiers des charges relatifs à l'exploitation des forêts et à la vente des coupes et produits de coupes.
- Instruction présidentielle n°005 du 14 août 1995.
- Ordonnance n° 75-43 du 17 juin, portant sur le code postural.
- Décret n°75-166 du 31 décembre, portant sur les limites des zones steppiques.

Habitat

- Loi n°91-11 du 27 avril 1991, fixant les règles d'expropriation pour cause d'utilité publique.
- Circulaire interministérielle n° 57, relative à l'expropriation pour cause d'utilité publique pour les grands projets du secteur de l'équipement.
- Loi n° 90-30 du 1er décembre 1990, définissant la composition du domaine nationale ainsi que les règles de sa constitution, de sa gestion et le contrôle de son utilisation.
- Décret exécutif n° 93-186 déterminant les modalités d'application de la loi n° 91-11 fixant les règles relatives à l'expropriation pour causes d'utilité publique.

Acoustique

- Décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 réglementant l'émission des bruits
- A ce jour, ce texte n'est pas entièrement adapté à l'aspect spécifique du bruit des infrastructures routières. Cependant, on pourra y faire référence pour :
- la définition des périodes de jour et de nuit.
- le seuil admissible de ce jour (à titre indicatif).

Agriculture

- Loi 91-27 avril 1991 portant sur les règles d'expropriation.
- Circulaire interministérielle n°57, relative à l'expropriation pour les grands projets du secteur de l'équipement.
- Loi n°90-25, portant sur l'orientation foncière.
- Loi n°90-30, relative à la loi domaniale.
- Instruction présidentielle n° 005 du 14 août 1995.
- Ordonnance n°95-26 du 25 septembre 1995, modifiant et complétant la loi 90-25 portant sur de nouvelles orientations foncières.

Patrimoine archéologique

- Ordonnances 66-52 du 26 mars 1996, relative aux zones et aux sites historique.
- Ordonnance n° 67-281 du 20 décembre 1967, relative aux fouilles et à la protection des sites et monuments historiques et naturels.
- Ordonnance n°73-38 du 25 août 1973, portant ratification de la convention de l'UNESCO sur la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel.
- Arrêté du 17 mai 1980, relatif aux autorisations de recherches archéologiques.
- Décret n° 81-135 du 27 juin 1981, portant modification de l'ordonnance n°66-281

relative a la protection des sites et monuments historiques et naturels.

- Loi n°98-04 du 15 juin 1998, relative à la protection du patrimoine culturel.

b - Cadre institutionnel

Les administrations et organismes chargés de l'environnement sont :

- Le Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.
- L'agence nationale des forêts (ANF).
- L'agence nationale de conservation de la nature (ANN).
- Les services de l'inspection de l'environnement au niveau de la wilaya.

XIV.5. ENVIRONNEMENT GENERAL DU PROJET

Le projet se développe dans un environnement peu vallonné Les sites traversés sont caractérisés par la présence de nombreuses sources et oued ainsi que des exploitations agricoles Un aperçu général de l'environnement vise à passer en revue l'état initial des différents milieux dans la zone d'étude du projet. Il porte sur l'analyse des différents milieux de l'environnement et leur degré de sensibilité identifié par rapport notamment à leurs richesses naturelles, leurs potentialités agricoles et forestières, la préservation de ressources hydrauliques et des espaces, paysagers et susceptibles d'être affectés par le projet.

Le Tracé se situe dans trois communes de la wilaya de Blida, à savoir Chiffa, Mouzaya, El Affroun. En plus des limites administratives des communes traversées d'autres paramètres ont été pris en compte tels que les limites physiques et naturelles englobant les principaux massifs, les principaux cours d'eau et affluents et leur bassin versant, les ouvrages hydrauliques, les zones forestières, les réseaux d'infrastructures de transport (CW- CC), les zones d'habitation et de peuplement existantes, toutes les zones sensibles (habitat naturel de la faune et de la flore, les zones d'aménagement futur).

XIV.6. DELIMITATION DE LA ZONE D'IMPACTS DU PROJET

Les limites spatiales d'influence du projet tiennent compte de l'influence du projet pendant les deux phases de construction et d'exploitation.

La bande de territoire ainsi délimitée est située tout au long du projet et sur une largeur de 30 m pour la phase exploitation.

Nous prendrons en compte les gîtes à matériaux qui seront exploités pour la construction du projet et leurs environs ainsi que les cheminements prévus.

A. CONTRAINTES

Les grandes sensibilités ont été identifiées en tenant compte des impacts potentiels sur chaque milieu et présentées en termes de contraintes

qu'elles induisent au projet. Les sensibilités environnementales caractéristiques du site traversé portent sur :

i. Contraintes du Milieu Physique

Une hydrogéologie qui est contraignante avec la présence de divers oueds dont les écoulements sont orientés vers l'exutoire de l'oued Bou roumi situé au niveau de l'entre du pole universitaire.

- Une Sismicité importante caractérise la zone d'étude du fait de sa proximité par rapport à la vallée de chleliff (zone d'instabilité max).

ii. Contraintes du Milieu Naturel

En matière de couvert végétal on note la présence d'un boisement constitué de pins et de chêne liège aux abords de certaines sections du projet. Le tapis végétal est à travers toutes la Wilaya dans un état dégradé ; cette dégradation est due aux coupes illicites, au défrichement étouffement et au surpâturage. Le reste du tracé est dominée par les herbacées ; les ligneux bas.

iii. Contraintes du Milieu Patrimonial et Paysager

En termes de paysages, le site est réputé d'une grande valeur esthétique.

La sensibilité des paysages réside notamment dans les effets de coupures ou de rupture des perspectives ; et nécessitera un traitement paysager, en particulier sur le choix des espèces similaires aux espèces locales (continuité aux abords de l'ouvrage et son environnement) et la végétalisation des talus et parties visibles des ouvrages d'art en fonction de la pente, forme, couleur et végétation afin de donner la forme la plus naturelle possible aux déblais et promouvoir les plans visuels ; et ainsi établir une liaison entre le déblai routier et le paysage traversé.

Ce traitement a pour but d'intégrer les différentes perceptions du paysage, il n'est pas seulement animé par un souci esthétique mais il joue un rôle décisif pour la sécurité de la route : Les plantations judicieuses préserveront non seulement les ouvrages contre les intempéries, mais aussi les usagers contre certaines gênes (éblouissement).

De même, que le choix des plantations à fixer sur les talus de la route, porte sur des végétaux ayant des affinités avec ceux qui préexistaient sur le site avant que la route n'y soit construite.

Enfin le but d'un tel aménagement paysager est de lutter contre l'érosion, le respect du voisinage végétal, tout en assurant l'harmonie entre la route et le paysage traversé.

XIV.7. IMPACTS DU PROJET

L'ensemble des impacts du projet pris en compte correspond aux effets inéluctables produits par le projet sur l'environnement en prenant les précautions préventives au niveau de la conception du Projet. Le choix du tracé lors

de l'analyse comparative en phase APS a permis de réduire l'ampleur des impacts précisément à propos de :

- La traversée de zones habitées susceptibles de déplacement et d'expropriation.
- La limitation des terrassements et l'évitement des zones instables pour l'implantation des viaducs et ouvrages pour les grands remblais.
- La limitation de la hauteur des remblais pour éviter les effets de coupures sur les paysages.

D'autres part des précautions ont été prises dans le cadre de la conception du projet en phase APD pour limiter certains impacts en particulier sur :

- L'évitement des zones habitées autant que possible dans le respect des normes géométriques.
- Une balance déblai – remblai visant une limitation des emprunts.
- Le rétablissement des passages pour les riverains ainsi que pour la faune par des P.I. et P.S .

A - Impacts en Phase de Construction

Nous analysons les impacts en phase travaux à partir de différentes opérations de chantier qui sont présentées ci après :

Les différentes opérations sont présentées ci après :

- Installations de chantier.
- Expropriations, compensations et relogements.
- Ouvertures et aménagement des pistes d'accès.
- Protections et déviations des réseaux.
- Ouverture de carrières d'emprunt et de dépôts.
- Terrassements des emprises.
- Dégagements des emprises et démolitions diverses.
- Exécution des déblais et remblais, fouilles, excavations.
- Ouvrages d'assainissement de décharge.
- Exécution des fondations et structures d'ouvrages.

La plupart de ces impacts ont un caractère temporaire lié à la durée des travaux et nécessitent souvent des mesures de précautions à fixer à l'entreprise.

Certains impacts, durables persistent delà de la phase travaux.

B - Impacts en Phase Exploitation

En phase d'exploitation de l'autoroute les impacts générés sont liés à la circulation automobile et concernent :

- Pollution de l'air.
- Pollution des eaux.
- Nuisances sonores.

Devis Quantitatif Et Estimatif

designation	unite	prix unitaire(en DA)	quantité	montant
1) Acuisition de terrain	M2	1000	248205.32	248205320
total(1)=		248205320		
2) L'installation de chantier et repliement	F	3% du total (3+4+5)		
Total(2)=	9055608.6			
3) préparation de terrain				
Débroussaillage d'arbre	m2	250	14000	3500000
Déplacement des poteaux électriques	Unité	300000	6	1800000
Total(3)=		5300000		
4) Terrassement				
Décapage de terre végétale épaisseurs de 40 a 60 cm	M2	80	34122	2729760
Remblais d'empunt	M3	600	136946	82167600
Déblais excédentaires en terrain meuble mis en dépôt	M3	240	76189	18285360
Total(4)=	103182720			103182720
5) chaussée				
Mise en place d'une couche de forme	M3	1000	0	0
Couche de fondation en GNT	M3	1500	66425	99637500
Couche de base en grave bitume	T	4200	12005	50421000
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	100000	93	9300000
Couche d'accrochage dosée 200à 300g/m2	T	78800	19	1497200
Couche de roulement en béton bitumineux	T	4800	6774	32515200
Total(5)=	193370900			193370900
6) Ouvrage d'art	M2	450000	10600	4770000000
Total(6)=	4770000000			
7) Ouvrage d'art courant et assainissement	F	10% du total (3+4+5)		30185362
Total(7)=	30185362			
8) Impact sur l'environnement	F	1% du total (3+4+5)		
Total(8)=	3018536.2			9055608.6
9) Déviation des réseaux	F	3% du total		

Devis Quantitatif Et Estimatif

		(3+4+5)		
Total(9)=	9055608.6			
10) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F	5% du total (3+4+5)		15092681
Total(10)=	15092681			
11) Contrôle (bureau d'etude et laboratoire)	F	2% du total (3+4+5)		6037072.4
Total(11)=	6037072.4			
TOTAL GENERAL=	5392503809			

Le devis estimatif du projet est : cinq milliard trois cent quatre-vingt-douze mille cinq cent trois huit cent neuf Dinars Algériens

CONCLUSION GENERAL :

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application les Connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation.

Cette étude d'APD nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.

Elle a été l'occasion pour nous de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet du travaux public .

Il ressort de ce travail que la réalisation d'un projet routier n' est pas une chose aise. C'est par une documentation très ample qu'on doit s'orienter dans une réflexion tout en faisant appel a des connaissances théoriques.

Encore une fois, ce modeste travail nous a pousse a mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels Piste+ , AUTO CAD, vue leur traitement rapide et précision de leur résultats.

De toute façon, il nous a immerge dans le milieu professionnelle dans lequel nous serons appellees a édifier notre pays et de contribuer a son développement.

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 : anciennes mémoires de Fin d'étude.
- Aménagement des carrefours (SETRA).
- Aménagement des échangeurs (ICTTAL).
- Cours de l'ENTPE (tome 01, tome 02).
- Site internet : www.SETRA.com.

AXE EN PLAN

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0.000	29925.148	49470.507
DROI	GIS = 300.032g	300.303			
			300.303	29624.845	49470.660
ARC	XC= 29625.763 YC= 51270.659 R = -1800.000	264.927			
			565.231	29360.883	49490.255
DROI	GIS = 309.402g	852.760			
			1417.990	28517.407	49615.743
ARC	XC= 28723.424 YC= 51000.502 R = -1400.000	367.999			
			1785.989	28164.668	49716.839
DROI	GIS = 326.136g	105.950			
			1891.939	28067.522	49759.124
CLOT	A = 179.444 Rf= 350.000	92.000			
			1983.939	27981.707	49792.088
ARC	XC= 27885.278 YC= 49455.634 R = 350.000	6.123			
			1990.062	27975.805	49793.724
CLOT	Rd= 350.000 A = 179.444	92.000			
			2082.062	27885.264	49809.639
DROI	GIS = 308.288g	102.273			
			2184.335	27783.857	49822.917
CLOT	A = 179.444 Rf= 350.000	92.000			
			2276.335	27692.270	49830.849
ARC	XC= 27692.702 YC= 49480.849 R = 350.000	48.266			
			2324.601	27644.161	49827.467
CLOT	Rd= 350.000 A = 179.444	92.000			
			2416.601	27554.586	49806.799
DROI	GIS = 282.775g	8.699			
			2425.300	27546.203	49804.474
ARC	XC= 27172.017				

	YC= 51153.542 R = -1400.000	519.088			
			2944.388	27031.954	49760.566
DROI	GIS = 306.380g	922.438			
			3866.827	26114.144	49852.851
ARC	XC= 25934.063 YC= 48061.882 R = 1800.000	202.019			
			4068.846	25912.427	49861.752
DROI	GIS = 299.235g	641.164			
			4710.010	25271.309	49854.045
ARC	XC= 25292.946 YC= 48054.175 R = 1800.000	204.962			
			4914.971	25066.945	49839.931
DROI	GIS = 291.986g	154.898			
			5069.869	24913.273	49820.483
ARC	XC= 24737.495 YC= 51209.404 R = -1400.000	105.858			
			5175.727	24807.851	49811.173
DROI	GIS = 296.799g	178.837			
			5354.564	24629.240	49802.185
ARC	XC= 24699.596 YC= 48403.954 R = 1400.000	72.642			
			5427.206	24556.817	49796.655
DROI	GIS = 293.496g	168.742			
			5595.948	24388.955	49779.446
ARC	XC= 24246.176 YC= 51172.146 R = -1400.000	178.378			
			5774.326	24210.829	49772.592
DROI	GIS = 301.607g	430.777			
			6205.103	23780.190	49783.468

LONGUEUR DE L'AXE 6205.103

VOLUMES TERRASSEMENT

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE	PURGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME

1	0.000	56.8	195.6	63.7	0.0
2	20.000	500.0	0.0	112.5	0.0
3	40.000	440.0	0.0	112.0	0.0
4	60.000	358.6	0.0	110.6	0.0
5	80.000	271.0	0.2	108.8	0.0
6	100.000	230.9	0.9	107.8	0.0
7	120.000	223.7	1.7	107.5	0.0
8	140.000	300.5	0.0	108.7	0.0
9	160.000	380.0	0.0	109.9	0.0
10	180.000	287.4	0.0	108.4	0.0
11	200.000	205.6	2.4	106.8	0.0
12	220.000	140.1	10.4	105.9	0.0
13	240.000	77.4	27.2	104.8	0.0
14	260.000	32.3	67.6	115.5	0.0
15	280.000	80.1	51.3	115.0	0.0
16	300.000	148.5	18.4	105.4	0.0
17	320.000	140.8	11.7	105.5	0.0
18	340.000	70.2	23.6	103.3	0.0
19	360.000	78.4	27.8	103.7	0.0
20	380.000	207.6	1.7	107.2	0.0
21	400.000	342.7	0.0	110.0	0.0
22	420.000	365.7	0.0	110.7	0.0
23	440.000	391.2	0.0	111.4	0.0
24	460.000	380.8	0.0	111.0	0.0
25	480.000	449.8	0.0	112.3	0.0
26	500.000	570.6	0.0	114.8	0.0
27	520.000	692.0	0.0	117.9	0.0
28	540.000	801.6	0.0	120.0	0.0
29	560.000	768.0	0.0	119.2	0.0
30	580.000	650.2	0.0	116.5	0.0
31	600.000	558.2	0.0	115.0	0.0
32	620.000	437.4	0.0	112.5	0.0
33	640.000	296.6	0.0	109.0	0.0

34	660.000	218.9	0.0	107.5	0.0
35	680.000	143.3	6.2	105.6	0.0
36	700.000	148.9	5.8	105.8	0.0
37	720.000	243.2	0.0	108.0	0.0
38	740.000	462.1	0.0	80.0	0.0
39	747.631	555.8	0.0	62.0	0.0
40	760.000	786.0	0.0	63.0	0.0
41	768.119	400.3	0.0	58.8	0.0
42	780.000	535.2	0.0	92.3	0.0
43	800.000	89.2	19.4	104.4	0.0
44	820.000	0.2	192.4	115.3	0.0
45	840.000	4.3	422.6	125.8	0.0
46	860.000	0.4	575.4	128.6	0.0
47	880.000	0.3	543.1	125.2	0.0
48	900.000	0.4	568.6	129.3	0.0
49	920.000	0.4	760.1	132.6	0.0
50	940.000	0.4	587.7	128.8	0.0
51	960.000	0.4	589.1	128.9	0.0
52	980.000	0.4	630.1	129.5	0.0
53	1000.000	0.4	712.3	131.0	0.0
54	1020.000	0.4	737.5	131.4	0.0
55	1040.000	0.4	688.3	131.1	0.0
56	1060.000	0.4	719.7	132.1	0.0
57	1080.000	0.4	750.6	131.7	0.0
58	1100.000	0.4	689.6	129.9	0.0
59	1120.000	0.4	629.3	129.2	0.0
60	1140.000	0.8	612.7	131.0	0.0
61	1160.000	0.4	476.9	126.7	0.0
62	1180.000	0.8	470.8	126.9	0.0
63	1200.000	0.6	357.3	124.2	0.0
64	1220.000	0.3	250.3	116.0	0.0
65	1240.000	0.9	373.4	67.7	0.0
66	1240.310	0.2	394.0	67.2	0.0
67	1260.000	0.0	6221.0	156.7	0.0
68	1280.000	0.2	401.6	68.8	0.0
69	1280.364	0.2	388.1	67.6	0.0
70	1300.000	0.4	676.9	127.0	0.0
71	1320.000	0.3	728.6	127.7	0.0
72	1340.000	0.4	457.1	126.5	0.0
73	1360.000	0.3	340.9	123.2	0.0
74	1380.000	3.6	229.5	121.8	0.0
75	1400.000	0.2	170.7	111.5	0.0
76	1420.000	0.7	140.9	111.5	0.0

77	1440.000	2.9	95.4	111.3	0.0
78	1460.000	1.3	58.8	101.0	0.0
79	1480.000	28.6	14.0	103.0	0.0
80	1500.000	104.9	1.3	104.9	0.0
81	1520.000	192.3	0.0	106.8	0.0
82	1540.000	161.9	0.4	106.2	0.0
83	1560.000	104.0	12.3	104.5	0.0
84	1580.000	92.4	9.2	104.8	0.0
85	1600.000	87.7	5.6	104.8	0.0
86	1620.000	84.9	0.6	105.3	0.0
87	1640.000	259.2	0.0	108.7	0.0
88	1660.000	464.7	0.0	111.8	0.0
89	1680.000	418.9	0.0	81.7	0.0
90	1687.287	318.4	0.0	46.4	0.0
91	1695.673	412.0	0.0	40.0	0.0
92	1700.000	718.6	0.0	76.7	0.0
93	1720.000	548.1	0.0	113.2	0.0
94	1740.000	9.5	81.9	114.0	0.0
95	1760.000	80.4	168.9	119.6	0.0
96	1780.000	83.8	181.6	119.3	0.0
97	1800.000	0.6	366.5	124.6	0.0
98	1820.000	0.4	421.1	125.6	0.0
99	1840.000	0.4	546.0	127.9	0.0
100	1860.000	0.4	626.8	129.5	0.0
101	1880.000	0.4	786.1	132.2	0.0
102	1900.000				
103	1920.000				
104	1940.000				
105	1960.000				
106	1980.000				
107	2000.000				
108	2020.000				
109	2040.000				
110	2060.000				
111	2080.000				
112	2100.000	0.4	1820.4	149.1	0.0
113	2120.000	0.2	1452.5	88.3	0.0
114	2122.563	0.1	1396.1	78.9	0.0
115	2140.000	0.0	2797.8	108.9	0.0
116	2149.914	0.1	1124.9	76.2	0.0
117	2160.000	0.3	1323.6	111.0	0.0
118	2180.000	0.4	1410.8	141.3	0.0
119	2200.000				

120	2220.000				
121	2240.000				
122	2260.000				
123	2280.000	0.4	872.2	131.6	0.0
124	2300.000	3.4	648.7	117.7	0.0
125	2320.000	2.1	714.7	129.8	0.0
126	2340.000				
127	2360.000				
128	2380.000				
129	2400.000				
130	2420.000	0.5	843.9	137.2	0.0
131	2440.000	0.6	393.7	130.1	0.0
132	2460.000	21.8	116.5	123.7	0.0
133	2480.000	71.9	29.8	102.6	0.0
134	2500.000	62.1	30.4	103.1	0.0
135	2520.000	23.5	75.8	114.1	0.0
136	2540.000	99.9	77.6	117.8	0.0
137	2560.000	38.5	100.4	101.8	0.0
138	2580.000	0.2	330.2	113.5	0.0
139	2600.000	0.2	289.1	114.9	0.0
140	2620.000	0.2	183.7	114.8	0.0
141	2640.000	0.6	120.4	114.5	0.0
142	2660.000	21.0	59.2	113.3	0.0
143	2680.000	134.8	6.8	105.2	0.0
144	2700.000	230.4	0.4	107.6	0.0
145	2720.000	238.0	0.3	108.2	0.0
146	2740.000	248.6	0.0	108.6	0.0
147	2760.000	273.7	0.0	109.3	0.0
148	2780.000	273.4	0.0	108.7	0.0
149	2800.000	304.9	0.0	110.0	0.0
150	2820.000	297.1	0.0	109.8	0.0
151	2840.000	415.5	0.0	112.1	0.0
152	2860.000	426.0	0.0	111.7	0.0
153	2880.000	389.0	0.0	111.0	0.0
154	2900.000	302.4	0.0	109.3	0.0
155	2920.000	208.3	40.0	116.6	0.0
156	2940.000	123.7	0.3	105.9	0.0
157	2960.000	125.1	0.2	59.9	0.0
158	2962.876	20.2	157.6	57.4	0.0
159	2980.000	0.0	3647.8	132.2	0.0
160	2997.178	0.0	274.3	56.1	0.0
161	3000.000	0.1	170.4	64.7	0.0
162	3020.000	61.5	48.8	108.8	0.0

163	3040.000	26.6	88.3	113.5	0.0
164	3060.000	45.4	76.7	114.1	0.0
165	3080.000	155.8	7.0	105.9	0.0
166	3100.000	231.5	0.2	107.7	0.0
167	3120.000	355.5	0.0	110.5	0.0
168	3140.000	331.4	0.0	110.0	0.0
169	3160.000	522.0	0.0	113.6	0.0
170	3180.000	304.2	0.0	110.2	0.0
171	3200.000	425.0	0.0	113.9	0.0
172	3220.000	482.4	0.0	113.0	0.0
173	3240.000	406.7	0.0	111.6	0.0
174	3260.000	439.9	0.0	112.3	0.0
175	3280.000	397.7	0.0	111.3	0.0
176	3300.000	326.0	0.0	109.7	0.0
177	3320.000	293.0	0.2	109.1	0.0
178	3340.000	290.0	1.7	108.8	0.0
179	3360.000	277.1	3.4	108.5	0.0
180	3380.000	324.4	1.3	109.8	0.0
181	3400.000	447.5	0.0	112.4	0.0
182	3420.000	435.3	5.1	66.9	0.0
183	3421.791	410.2	6.7	61.3	0.0
184	3440.000	611.8	0.0	81.6	0.0
185	3452.289	496.9	0.0	59.0	0.0
186	3460.000	166.1	0.5	73.5	0.0
187	3480.000	203.8	37.3	117.4	0.0
188	3500.000	333.8	0.0	109.8	0.0
189	3520.000	405.0	0.0	112.0	0.0
190	3540.000	394.7	0.0	111.7	0.0
191	3560.000	671.5	0.0	116.5	0.0
192	3580.000	883.5	0.0	120.4	0.0
193	3600.000	782.6	0.0	119.2	0.0
194	3620.000	749.8	0.0	118.6	0.0
195	3640.000	746.9	0.0	118.6	0.0
196	3660.000	610.4	0.0	115.9	0.0
197	3680.000	605.2	0.0	115.5	0.0
198	3700.000	607.5	0.0	115.6	0.0
199	3720.000	688.6	0.0	117.1	0.0
200	3740.000	1272.5	0.0	84.9	0.0
201	3745.879	1335.8	0.0	64.7	0.0
202	3760.000	2115.5	0.0	87.0	0.0
203	3769.083	1938.1	0.0	76.0	0.0
204	3780.000	2702.1	0.0	115.5	0.0
205	3800.000	2761.4	0.0	145.2	0.0

206	3820.000	1775.6	0.0	134.0	0.0
207	3840.000	1204.7	0.0	125.1	0.0
208	3860.000	422.9	0.4	110.4	0.0
209	3880.000	20.1	126.9	116.2	0.0
210	3900.000	0.6	535.7	128.3	0.0
211	3920.000	0.4	815.5	133.0	0.0
212	3940.000	0.4	843.9	133.4	0.0
213	3960.000	0.4	756.6	131.6	0.0
214	3980.000	0.4	921.1	135.3	0.0
215	4000.000	0.4	1009.7	136.6	0.0
216	4020.000	0.4	937.8	135.5	0.0
217	4040.000	0.4	909.5	135.6	0.0
218	4060.000	0.4	793.7	132.6	0.0
219	4080.000	0.4	716.2	131.2	0.0
220	4100.000	0.4	564.6	128.8	0.0
221	4120.000	0.2	406.9	116.4	0.0
222	4140.000	0.2	383.0	116.4	0.0
223	4160.000	0.1	555.6	123.2	0.0
224	4180.000	0.6	580.3	128.3	0.0
225	4200.000	0.3	667.1	129.6	0.0
226	4220.000	0.4	661.7	130.3	0.0
227	4240.000	0.4	585.5	129.2	0.0
228	4260.000	0.4	494.7	126.5	0.0
229	4280.000	4.0	319.9	123.0	0.0
230	4300.000	11.9	27.1	102.0	0.0
231	4320.000	940.4	0.0	125.8	0.0
232	4340.000	1581.3	0.0	130.4	0.0
233	4360.000	1829.5	0.0	134.9	0.0
234	4380.000	1883.9	0.0	141.8	0.0
235	4400.000	2080.2	0.0	143.2	0.0
236	4420.000	2031.3	0.0	143.2	0.0
237	4440.000	1522.9	0.0	133.0	0.0
238	4460.000	911.6	0.0	120.8	0.0
239	4480.000	486.6	0.0	113.6	0.0
240	4500.000	276.3	0.0	108.5	0.0
241	4520.000	132.3	1.4	107.3	0.0
242	4540.000	118.4	12.3	105.1	0.0
243	4560.000	1.0	81.8	102.7	0.0
244	4580.000	0.1	63.7	103.7	0.0
245	4600.000	52.6	37.3	103.2	0.0
246	4620.000	1.7	104.6	111.1	0.0
247	4640.000	0.5	148.6	110.6	0.0
248	4660.000	0.0	198.1	111.4	0.0

249	4680.000	0.0	296.7	111.8	0.0
250	4700.000	0.0	303.9	112.5	0.0
251	4720.000	0.0	317.1	113.6	0.0
252	4740.000	0.2	356.7	114.3	0.0
253	4760.000	0.2	279.8	114.3	0.0
254	4780.000	0.3	313.7	114.3	0.0
255	4800.000	0.2	286.0	113.1	0.0
256	4820.000	4.3	303.9	122.9	0.0
257	4840.000	3.7	255.1	121.9	0.0
258	4860.000	0.0	127.4	100.5	0.0
259	4880.000	516.0	0.0	112.9	0.0
260	4900.000	1707.5	0.0	136.7	0.0
261	4920.000	3074.6	0.0	156.4	0.0
262	4940.000	3619.6	0.0	159.2	0.0
263	4960.000	3549.7	0.0	159.2	0.0
264	4980.000	3890.6	0.0	159.2	0.0
265	5000.000	3723.1	0.0	159.2	0.0
266	5020.000	3538.7	0.0	158.8	0.0
267	5040.000	3407.6	0.0	157.4	0.0
268	5060.000	3509.7	0.0	155.6	0.0
269	5080.000	3128.3	0.0	152.5	0.0
270	5100.000	2348.7	0.0	145.6	0.0
271	5120.000	1838.6	0.0	137.8	0.0
272	5140.000	1302.0	0.0	129.7	0.0
273	5160.000	893.0	0.0	122.6	0.0
274	5180.000	145.7	23.3	64.7	0.0
275	5181.691	41.2	117.5	55.5	0.0
276	5200.000	0.0	4300.1	149.5	0.0
277	5220.000	0.1	1061.5	97.3	0.0
278	5228.723	220.9	0.0	56.9	0.0
279	5240.000	1376.7	0.0	100.6	0.0
280	5260.000	1334.6	0.0	123.7	0.0
281	5280.000	847.8	110.5	137.1	0.0
282	5300.000	594.8	259.2	138.3	0.0
283	5320.000	826.0	0.0	117.2	0.0
284	5340.000	647.0	0.0	116.7	0.0
285	5360.000	526.2	0.0	115.3	0.0
286	5380.000	388.9	0.0	112.3	0.0
287	5400.000	274.8	0.0	109.4	0.0
288	5420.000	328.9	12.4	110.2	0.0
289	5440.000	379.3	6.9	108.7	0.0
290	5460.000	103.9	12.7	102.5	0.0
291	5480.000	0.2	154.7	112.5	0.0

292	5500.000	0.2	269.4	113.1	0.0
293	5520.000	41.8	90.4	115.3	0.0
294	5540.000	212.7	42.1	117.3	0.0
295	5560.000	358.3	0.8	109.3	0.0
296	5580.000	457.8	0.0	111.8	0.0
297	5600.000	431.0	0.0	112.2	0.0
298	5620.000	651.6	0.0	116.1	0.0
299	5640.000	824.2	0.0	119.1	0.0
300	5660.000	1025.2	0.0	122.7	0.0
301	5680.000	1180.5	0.0	124.9	0.0
302	5700.000	1312.2	0.0	128.3	0.0
303	5720.000	1531.9	0.0	132.9	0.0
304	5740.000	1556.8	0.0	133.1	0.0
305	5760.000	1783.5	0.0	136.9	0.0
306	5780.000	2011.9	0.0	140.5	0.0
307	5800.000	2158.7	0.0	143.4	0.0
308	5820.000	2320.6	0.0	145.7	0.0
309	5840.000	2546.2	0.0	148.2	0.0
310	5860.000				
311	5880.000				
312	5900.000				
313	5920.000				
314	5940.000				
315	5960.000				
316	5980.000				
317	6000.000				
318	6020.000				
319	6040.000				
320	6060.000	0.4	1247.1	140.6	0.0
321	6080.000	0.4	1090.1	138.0	0.0
322	6100.000	0.4	925.0	135.0	0.0
323	6120.000	0.4	738.1	131.8	0.0
324	6140.000	0.4	551.7	129.2	0.0
325	6160.000	0.2	433.8	117.4	0.0
326	6180.000	0.1	318.6	116.7	0.0
327	6200.000	0.9	152.3	77.9	0.0
328	6205.103	0.1	46.1	16.1	0.0
		136946	76189	34122	0

PROFIL EN LONG

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	133.442
DROI	PENTE= -1.166 %	35.136		
			35.136	133.032
PARA	S= 163.3432 Z= 132.2850 R = 11000.00	202.723		
			237.859	132.537
DROI	PENTE= 0.677 %	73.429		
			311.288	133.035
PARA	S= 446.7722 Z= 133.4937 R = -20000.00	242.958		
			554.246	133.205
DROI	PENTE= -0.537 %	942.842		
			1497.088	128.138
PARA	S= 1416.4824 Z= 128.3550 R = -15000.00	204.254		
			1701.342	125.650
DROI	PENTE= -1.899 %	299.460		
			2000.802	119.963
PARA	S= 2209.6988 Z= 117.9796 R = 11000.00	118.397		
			2119.198	118.352
DROI	PENTE= -0.823 %	44.775		
			2163.973	117.984
PARA	S= 2254.4738 Z= 117.6113 R = 11000.00	152.053		
			2316.027	117.784
DROI	PENTE= 0.560 %	171.204		
			2487.230	118.742
PARA	S= 2599.1446 Z= 119.0546 R = -20000.00	395.985		
			2883.215	117.037
DROI	PENTE= -1.420 %	1010.681		
			3893.896	102.682
PARA	S= 4177.9666 Z= 100.6646 R = 20000.00	147.881		
			4041.777	101.128
DROI	PENTE= -0.681 %	667.495		

			4709.272	96.583
PARA	S= 4634.3671 Z= 96.8380 R = -11000.00	206.438		
			4915.709	93.240
DROI	PENTE= -2.558 %	369.010		
			5284.719	83.802
PARA	S= 5438.1787 Z= 81.8396 R = 6000.00	225.328		
			5510.048	82.270
DROI	PENTE= 1.198 %	695.055		
			6205.103	90.596

LONGUEUR DE L'AXE 6205.103

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	133.442	133.442	29925.148	49470.507	0.032g	2.50	-2.50
2	20.000	131.640	133.208	29905.148	49470.517	0.032g	2.50	-2.50
3	40.000	131.520	132.977	29885.148	49470.527	0.032g	2.50	-2.50
4	60.000	131.473	132.770	29865.148	49470.537	0.032g	2.50	-2.50
5	80.000	131.468	132.601	29845.148	49470.547	0.032g	2.50	-2.50
6	100.000	131.402	132.467	29825.148	49470.558	0.032g	2.50	-2.50
7	120.000	131.301	132.370	29805.148	49470.568	0.032g	2.50	-2.50
8	140.000	131.076	132.310	29785.148	49470.578	0.032g	2.50	-2.50
9	160.000	130.892	132.286	29765.148	49470.588	0.032g	2.50	-2.50
10	180.000	131.108	132.298	29745.148	49470.598	0.032g	2.50	-2.50
11	200.000	131.323	132.346	29725.148	49470.608	0.032g	2.50	-2.50
12	220.000	131.551	132.431	29705.149	49470.619	0.032g	2.50	-2.50
13	240.000	131.833	132.552	29685.149	49470.629	0.032g	2.50	-2.50
14	260.000	132.108	132.687	29665.149	49470.639	0.032g	2.50	-2.50
15	280.000	132.114	132.823	29645.149	49470.649	0.032g	2.50	-2.50
16	300.000	132.084	132.958	29625.149	49470.659	0.032g	2.50	-2.50
17	320.000	132.214	133.092	29605.149	49470.777	0.729g	2.50	-2.50
18	340.000	132.481	133.209	29585.152	49471.118	1.436g	2.50	-2.50
19	360.000	132.582	133.305	29565.160	49471.680	2.144g	2.50	-2.50
20	380.000	132.358	133.382	29545.175	49472.464	2.851g	2.50	-2.50
21	400.000	132.158	133.439	29525.201	49473.471	3.558g	2.50	-2.50
22	420.000	132.153	133.476	29505.239	49474.699	4.266g	2.50	-2.50
23	440.000	132.148	133.492	29485.291	49476.149	4.973g	2.50	-2.50
24	460.000	132.150	133.489	29465.362	49477.820	5.681g	2.50	-2.50
25	480.000	132.002	133.466	29445.451	49479.713	6.388g	2.50	-2.50
26	500.000	131.752	133.423	29425.564	49481.827	7.095g	2.50	-2.50
27	520.000	131.532	133.360	29405.700	49484.162	7.803g	2.50	-2.50
28	540.000	131.260	133.276	29385.864	49486.717	8.510g	2.50	-2.50
29	560.000	131.203	133.174	29366.058	49489.493	9.217g	2.50	-2.50
30	580.000	131.289	133.066	29346.275	49492.429	9.402g	2.50	-2.50
31	600.000	131.332	132.959	29326.492	49495.372	9.402g	2.50	-2.50
32	620.000	131.426	132.852	29306.710	49498.315	9.402g	2.50	-2.50
33	640.000	131.546	132.744	29286.928	49501.258	9.402g	2.50	-2.50
34	660.000	131.584	132.637	29267.146	49504.201	9.402g	2.50	-2.50
35	680.000	131.626	132.529	29247.363	49507.144	9.402g	2.50	-2.50

36	700.000	131.511	132.422	29227.581	49510.087	9.402g	2.50	-2.50
37	720.000	131.213	132.314	29207.799	49513.030	9.402g	2.50	-2.50
38	740.000	130.320	132.207	29188.017	49515.973	9.402g	2.50	-2.50
39	747.631	130.084	132.166	29180.468	49517.096	9.402g	2.50	-2.50
40	760.000	128.980	132.099	29168.234	49518.917	9.402g	2.50	-2.50
41	768.119	130.021	132.056	29160.203	49520.111	9.402g	2.50	-2.50
42	780.000	130.130	131.992	29148.452	49521.860	9.402g	2.50	-2.50
43	800.000	131.145	131.884	29128.670	49524.803	9.402g	2.50	-2.50
44	820.000	131.449	131.777	29108.887	49527.746	9.402g	2.50	-2.50
45	840.000	131.732	131.669	29089.105	49530.689	9.402g	2.50	-2.50
46	860.000	131.880	131.562	29069.323	49533.632	9.402g	2.50	-2.50
47	880.000	131.797	131.454	29049.541	49536.575	9.402g	2.50	-2.50
48	900.000	131.630	131.347	29029.758	49539.518	9.402g	2.50	-2.50
49	920.000	131.805	131.240	29009.976	49542.461	9.402g	2.50	-2.50
50	940.000	131.471	131.132	28990.194	49545.404	9.402g	2.50	-2.50
51	960.000	131.362	131.025	28970.412	49548.348	9.402g	2.50	-2.50
52	980.000	131.323	130.917	28950.629	49551.291	9.402g	2.50	-2.50
53	1000.000	131.337	130.810	28930.847	49554.234	9.402g	2.50	-2.50
54	1020.000	131.269	130.702	28911.065	49557.177	9.402g	2.50	-2.50
55	1040.000	131.066	130.595	28891.283	49560.120	9.402g	2.50	-2.50
56	1060.000	131.011	130.487	28871.500	49563.063	9.402g	2.50	-2.50
57	1080.000	130.964	130.380	28851.718	49566.006	9.402g	2.50	-2.50
58	1100.000	130.804	130.272	28831.936	49568.949	9.402g	2.50	-2.50
59	1120.000	130.580	130.165	28812.153	49571.892	9.402g	2.50	-2.50
60	1140.000	130.437	130.057	28792.371	49574.835	9.402g	2.50	-2.50
61	1160.000	130.109	129.950	28772.589	49577.779	9.402g	2.50	-2.50
62	1180.000	130.015	129.842	28752.807	49580.722	9.402g	2.50	-2.50
63	1200.000	129.718	129.735	28733.024	49583.665	9.402g	2.50	-2.50
64	1220.000	129.303	129.627	28713.242	49586.608	9.402g	2.50	-2.50
65	1240.000	129.988	129.520	28693.460	49589.551	9.402g	2.50	-2.50
66	1240.310	130.003	129.518	28693.153	49589.597	9.402g	2.50	-2.50
67	1260.000	138.162	129.412	28673.678	49592.494	9.402g	2.50	-2.50
68	1280.000	129.878	129.305	28653.895	49595.437	9.402g	2.50	-2.50
69	1280.364	129.697	129.303	28653.536	49595.491	9.402g	2.50	-2.50
70	1300.000	129.844	129.197	28634.113	49598.380	9.402g	2.50	-2.50
71	1320.000	129.844	129.090	28614.331	49601.323	9.402g	2.50	-2.50
72	1340.000	129.101	128.982	28594.549	49604.266	9.402g	2.50	-2.50
73	1360.000	128.826	128.875	28574.766	49607.210	9.402g	2.50	-2.50
74	1380.000	128.526	128.768	28554.984	49610.153	9.402g	2.50	-2.50
75	1400.000	128.329	128.660	28535.202	49613.096	9.402g	2.50	-2.50
76	1420.000	128.168	128.553	28515.420	49616.040	9.494g	2.50	-2.50
77	1440.000	127.973	128.445	28495.664	49619.153	10.403g	2.50	-2.50
78	1460.000	127.817	128.338	28475.954	49622.548	11.313g	2.50	-2.50

79	1480.000	127.554	128.230	28456.295	49626.223	12.222g	2.50	-2.50
80	1500.000	127.277	128.122	28436.690	49630.180	13.132g	2.50	-2.50
81	1520.000	126.980	127.998	28417.144	49634.415	14.041g	2.50	-2.50
82	1540.000	126.896	127.846	28397.660	49638.930	14.950g	2.50	-2.50
83	1560.000	126.852	127.668	28378.243	49643.723	15.860g	2.50	-2.50
84	1580.000	126.681	127.464	28358.897	49648.792	16.769g	2.50	-2.50
85	1600.000	126.454	127.232	28339.624	49654.137	17.679g	2.50	-2.50
86	1620.000	126.230	126.974	28320.430	49659.757	18.588g	2.50	-2.50
87	1640.000	125.479	126.690	28301.319	49665.651	19.498g	2.50	-2.50
88	1660.000	124.736	126.378	28282.293	49671.817	20.407g	2.50	-2.50
89	1680.000	124.331	126.040	28263.357	49678.254	21.317g	2.50	-2.50
90	1687.287	124.215	125.910	28256.481	49680.667	21.648g	2.50	-2.50
91	1695.673	122.897	125.757	28248.584	49683.488	22.029g	2.50	-2.50
92	1700.000	123.004	125.675	28244.516	49684.962	22.226g	2.50	-2.50
93	1720.000	123.623	125.296	28225.772	49691.937	23.136g	2.50	-2.50
94	1740.000	124.336	124.916	28207.130	49699.180	24.045g	2.50	-2.50
95	1760.000	124.208	124.536	28188.593	49706.688	24.954g	2.50	-2.50
96	1780.000	123.698	124.156	28170.165	49714.460	25.864g	2.50	-2.50
97	1800.000	123.765	123.776	28151.822	49722.431	26.136g	2.50	-2.50
98	1820.000	123.475	123.397	28133.483	49730.413	26.136g	2.50	-2.50
99	1840.000	123.295	123.017	28115.145	49738.395	26.136g	2.50	-2.50
100	1860.000	123.041	122.637	28096.807	49746.377	26.136g	2.50	-2.50
101	1880.000	122.905	122.257	28078.469	49754.360	26.136g	2.50	-2.50
102	1900.000	122.882	121.878	28060.130	49762.339	26.072g	2.50	-1.80
103	1920.000	122.707	121.498	28041.748	49770.219	25.358g	2.50	-0.06
104	1940.000	122.329	121.118	28023.232	49777.777	23.853g	2.50	1.68
105	1960.000	121.950	120.738	28004.498	49784.779	21.557g	3.42	3.42
106	1980.000	121.648	120.358	27985.487	49790.982	18.470g	5.16	5.16
107	2000.000	121.401	119.978	27966.172	49796.163	14.946g	4.64	4.64
108	2020.000	121.139	119.615	27946.619	49800.358	12.096g	2.90	2.90
109	2040.000	120.848	119.289	27926.917	49803.796	10.037g	2.50	1.16
110	2060.000	120.590	118.998	27907.133	49806.719	8.770g	2.50	-0.58
111	2080.000	120.500	118.744	27887.309	49809.371	8.293g	2.50	-2.32
112	2100.000	120.804	118.527	27867.478	49811.968	8.288g	2.50	-2.50
113	2120.000	121.616	118.345	27847.648	49814.564	8.288g	2.50	-2.50
114	2122.563	121.719	118.324	27845.107	49814.897	8.288g	2.50	-2.50
115	2140.000	123.510	118.181	27827.817	49817.161	8.288g	2.50	-2.50
116	2149.914	120.801	118.099	27817.987	49818.448	8.288g	2.50	-2.50
117	2160.000	120.118	118.016	27807.986	49819.757	8.288g	2.50	-2.50
118	2180.000	119.602	117.863	27788.156	49822.354	8.288g	2.50	-2.50
119	2200.000	119.304	117.746	27768.322	49824.931	8.046g	2.50	-1.14
120	2220.000	119.163	117.665	27748.465	49827.314	7.031g	2.50	0.60
121	2240.000	119.034	117.621	27728.560	49829.257	5.225g	2.50	2.34

122	2260.000	118.762	117.613	27708.601	49830.510	2.629g	4.08	4.08
123	2280.000	118.592	117.641	27688.606	49830.825	399.255g	5.50	5.50
124	2300.000	118.504	117.705	27668.625	49830.020	395.617g	5.50	5.50
125	2320.000	118.501	117.806	27648.722	49828.075	391.979g	5.50	5.50
126	2340.000	118.484	117.918	27628.960	49825.015	388.576g	4.16	4.16
127	2360.000	119.404	118.030	27609.365	49821.019	385.942g	2.50	2.42
128	2380.000	120.356	118.142	27589.921	49816.336	384.100g	2.50	0.68
129	2400.000	119.687	118.253	27570.589	49811.213	383.048g	2.50	-1.06
130	2420.000	118.987	118.365	27551.310	49805.890	382.775g	2.50	-2.50
131	2440.000	118.207	118.477	27532.018	49800.619	383.444g	2.50	-2.50
132	2460.000	117.960	118.589	27512.654	49795.615	384.353g	2.50	-2.50
133	2480.000	117.984	118.701	27493.221	49790.887	385.263g	2.50	-2.50
134	2500.000	118.115	118.809	27473.722	49786.438	386.172g	2.50	-2.50
135	2520.000	118.340	118.898	27454.162	49782.267	387.082g	2.50	-2.50
136	2540.000	118.465	118.967	27434.544	49778.377	387.991g	2.50	-2.50
137	2560.000	118.113	119.016	27414.873	49774.767	388.901g	2.50	-2.50
138	2580.000	118.985	119.045	27395.152	49771.438	389.810g	2.50	-2.50
139	2600.000	118.920	119.055	27375.386	49768.392	390.719g	2.50	-2.50
140	2620.000	118.716	119.044	27355.578	49765.628	391.629g	2.50	-2.50
141	2640.000	118.584	119.013	27335.732	49763.147	392.538g	2.50	-2.50
142	2660.000	118.399	118.962	27315.854	49760.950	393.448g	2.50	-2.50
143	2680.000	118.001	118.891	27295.945	49759.038	394.357g	2.50	-2.50
144	2700.000	117.729	118.800	27276.012	49757.410	395.267g	2.50	-2.50
145	2720.000	117.622	118.689	27256.057	49756.067	396.176g	2.50	-2.50
146	2740.000	117.468	118.559	27236.085	49755.009	397.086g	2.50	-2.50
147	2760.000	117.290	118.408	27216.101	49754.236	397.995g	2.50	-2.50
148	2780.000	117.104	118.237	27196.107	49753.749	398.905g	2.50	-2.50
149	2800.000	116.887	118.046	27176.108	49753.548	399.814g	2.50	-2.50
150	2820.000	116.676	117.835	27156.108	49753.632	0.723g	2.50	-2.50
151	2840.000	116.211	117.604	27136.112	49754.003	1.633g	2.50	-2.50
152	2860.000	115.930	117.354	27116.123	49754.658	2.542g	2.50	-2.50
153	2880.000	115.724	117.083	27096.145	49755.599	3.452g	2.50	-2.50
154	2900.000	115.611	116.799	27076.183	49756.826	4.361g	2.50	-2.50
155	2920.000	115.439	116.515	27056.240	49758.337	5.271g	2.50	-2.50
156	2940.000	115.369	116.231	27036.321	49760.134	6.180g	2.50	-2.50
157	2960.000	114.843	115.947	27016.421	49762.128	6.380g	2.50	-2.50
158	2962.876	116.055	115.906	27013.559	49762.416	6.380g	2.50	-2.50
159	2980.000	121.363	115.662	26996.521	49764.129	6.380g	2.50	-2.50
160	2997.178	115.462	115.419	26979.429	49765.847	6.380g	2.50	-2.50
161	3000.000	115.272	115.378	26976.622	49766.130	6.380g	2.50	-2.50
162	3020.000	114.392	115.094	26956.722	49768.131	6.380g	2.50	-2.50
163	3040.000	114.264	114.810	26936.822	49770.131	6.380g	2.50	-2.50
164	3060.000	113.929	114.526	26916.923	49772.132	6.380g	2.50	-2.50

165	3080.000	113.323	114.242	26897.023	49774.133	6.380g	2.50	-2.50
166	3100.000	112.883	113.958	26877.123	49776.134	6.380g	2.50	-2.50
167	3120.000	112.372	113.674	26857.224	49778.135	6.380g	2.50	-2.50
168	3140.000	112.138	113.390	26837.324	49780.136	6.380g	2.50	-2.50
169	3160.000	111.500	113.106	26817.424	49782.137	6.380g	2.50	-2.50
170	3180.000	111.644	112.822	26797.525	49784.138	6.380g	2.50	-2.50
171	3200.000	111.226	112.538	26777.625	49786.139	6.380g	2.50	-2.50
172	3220.000	110.743	112.254	26757.725	49788.139	6.380g	2.50	-2.50
173	3240.000	110.594	111.970	26737.826	49790.140	6.380g	2.50	-2.50
174	3260.000	110.249	111.686	26717.926	49792.141	6.380g	2.50	-2.50
175	3280.000	110.032	111.401	26698.026	49794.142	6.380g	2.50	-2.50
176	3300.000	109.864	111.117	26678.127	49796.143	6.380g	2.50	-2.50
177	3320.000	109.654	110.833	26658.227	49798.144	6.380g	2.50	-2.50
178	3340.000	109.365	110.549	26638.327	49800.145	6.380g	2.50	-2.50
179	3360.000	109.114	110.265	26618.428	49802.146	6.380g	2.50	-2.50
180	3380.000	108.756	109.981	26598.528	49804.147	6.380g	2.50	-2.50
181	3400.000	108.255	109.697	26578.628	49806.148	6.380g	2.50	-2.50
182	3420.000	107.900	109.413	26558.729	49808.148	6.380g	2.50	-2.50
183	3421.791	108.045	109.387	26556.947	49808.328	6.380g	2.50	-2.50
184	3440.000	107.197	109.129	26538.829	49810.149	6.380g	2.50	-2.50
185	3452.289	107.266	108.954	26526.601	49811.379	6.380g	2.50	-2.50
186	3460.000	108.678	108.845	26518.929	49812.150	6.380g	2.50	-2.50
187	3480.000	107.583	108.561	26499.030	49814.151	6.380g	2.50	-2.50
188	3500.000	107.019	108.277	26479.130	49816.152	6.380g	2.50	-2.50
189	3520.000	106.659	107.993	26459.230	49818.153	6.380g	2.50	-2.50
190	3540.000	106.359	107.709	26439.331	49820.154	6.380g	2.50	-2.50
191	3560.000	105.557	107.424	26419.431	49822.155	6.380g	2.50	-2.50
192	3580.000	104.940	107.140	26399.531	49824.156	6.380g	2.50	-2.50
193	3600.000	104.843	106.856	26379.632	49826.157	6.380g	2.50	-2.50
194	3620.000	104.620	106.572	26359.732	49828.157	6.380g	2.50	-2.50
195	3640.000	104.343	106.288	26339.832	49830.158	6.380g	2.50	-2.50
196	3660.000	104.278	106.004	26319.933	49832.159	6.380g	2.50	-2.50
197	3680.000	103.992	105.720	26300.033	49834.160	6.380g	2.50	-2.50
198	3700.000	103.700	105.436	26280.133	49836.161	6.380g	2.50	-2.50
199	3720.000	103.278	105.152	26260.234	49838.162	6.380g	2.50	-2.50
200	3740.000	102.121	104.868	26240.334	49840.163	6.380g	2.50	-2.50
201	3745.879	98.272	104.784	26234.485	49840.751	6.380g	2.50	-2.50
202	3760.000	98.109	104.584	26220.435	49842.164	6.380g	2.50	-2.50
203	3769.083	97.833	104.455	26211.397	49843.072	6.380g	2.50	-2.50
204	3780.000	98.317	104.300	26200.535	49844.165	6.380g	2.50	-2.50
205	3800.000	98.847	104.016	26180.635	49846.166	6.380g	2.50	-2.50
206	3820.000	100.280	103.731	26160.736	49848.166	6.380g	2.50	-2.50
207	3840.000	100.658	103.448	26140.836	49850.167	6.380g	2.50	-2.50

208	3860.000	101.654	103.163	26120.936	49852.168	6.380g	2.50	-2.50
209	3880.000	102.376	102.879	26101.032	49854.121	5.914g	2.50	-2.50
210	3900.000	102.815	102.596	26081.108	49855.866	5.206g	2.50	-2.50
211	3920.000	103.020	102.328	26061.166	49857.389	4.499g	2.50	-2.50
212	3940.000	102.817	102.080	26041.209	49858.690	3.792g	2.50	-2.50
213	3960.000	102.478	101.852	26021.238	49859.770	3.084g	2.50	-2.50
214	3980.000	102.473	101.644	26001.257	49860.627	2.377g	2.50	-2.50
215	4000.000	102.430	101.456	25981.267	49861.263	1.670g	2.50	-2.50
216	4020.000	102.148	101.288	25961.271	49861.676	0.962g	2.50	-2.50
217	4040.000	101.917	101.140	25941.272	49861.868	0.255g	2.50	-2.50
218	4060.000	101.661	101.004	25921.272	49861.837	399.548g	2.50	-2.50
219	4080.000	101.407	100.868	25901.274	49861.618	399.235g	2.50	-2.50
220	4100.000	101.015	100.732	25881.275	49861.377	399.235g	2.50	-2.50
221	4120.000	100.641	100.596	25861.276	49861.137	399.235g	2.50	-2.50
222	4140.000	100.463	100.459	25841.278	49860.897	399.235g	2.50	-2.50
223	4160.000	100.591	100.323	25821.279	49860.656	399.235g	2.50	-2.50
224	4180.000	100.543	100.187	25801.281	49860.416	399.235g	2.50	-2.50
225	4200.000	100.508	100.051	25781.282	49860.175	399.235g	2.50	-2.50
226	4220.000	100.336	99.915	25761.284	49859.935	399.235g	2.50	-2.50
227	4240.000	100.090	99.778	25741.285	49859.695	399.235g	2.50	-2.50
228	4260.000	99.837	99.642	25721.287	49859.454	399.235g	2.50	-2.50
229	4280.000	99.446	99.506	25701.288	49859.214	399.235g	2.50	-2.50
230	4300.000	98.767	99.370	25681.289	49858.973	399.235g	2.50	-2.50
231	4320.000	97.241	99.234	25661.291	49858.733	399.235g	2.50	-2.50
232	4340.000	95.603	99.098	25641.292	49858.493	399.235g	2.50	-2.50
233	4360.000	95.275	98.961	25621.294	49858.252	399.235g	2.50	-2.50
234	4380.000	95.024	98.825	25601.295	49858.012	399.235g	2.50	-2.50
235	4400.000	94.635	98.689	25581.297	49857.771	399.235g	2.50	-2.50
236	4420.000	94.699	98.553	25561.298	49857.531	399.235g	2.50	-2.50
237	4440.000	95.191	98.416	25541.300	49857.291	399.235g	2.50	-2.50
238	4460.000	96.032	98.280	25521.301	49857.050	399.235g	2.50	-2.50
239	4480.000	96.619	98.144	25501.302	49856.810	399.235g	2.50	-2.50
240	4500.000	96.831	98.008	25481.304	49856.569	399.235g	2.50	-2.50
241	4520.000	97.031	97.872	25461.305	49856.329	399.235g	2.50	-2.50
242	4540.000	96.857	97.736	25441.307	49856.089	399.235g	2.50	-2.50
243	4560.000	97.175	97.599	25421.308	49855.848	399.235g	2.50	-2.50
244	4580.000	96.987	97.463	25401.310	49855.608	399.235g	2.50	-2.50
245	4600.000	96.668	97.327	25381.311	49855.367	399.235g	2.50	-2.50
246	4620.000	96.750	97.191	25361.313	49855.127	399.235g	2.50	-2.50
247	4640.000	96.677	97.055	25341.314	49854.887	399.235g	2.50	-2.50
248	4660.000	96.643	96.919	25321.315	49854.646	399.235g	2.50	-2.50
249	4680.000	96.697	96.782	25301.317	49854.406	399.235g	2.50	-2.50
250	4700.000	96.538	96.646	25281.318	49854.165	399.235g	2.50	-2.50

251	4720.000	96.431	96.505	25261.320	49853.897	398.881g	2.50	-2.50
252	4740.000	96.295	96.331	25241.326	49853.435	398.174g	2.50	-2.50
253	4760.000	95.981	96.120	25221.337	49852.750	397.467g	2.50	-2.50
254	4780.000	95.782	95.874	25201.358	49851.844	396.759g	2.50	-2.50
255	4800.000	95.470	95.591	25181.390	49850.715	396.052g	2.50	-2.50
256	4820.000	95.170	95.272	25161.436	49849.365	395.345g	2.50	-2.50
257	4840.000	94.717	94.916	25141.498	49847.793	394.637g	2.50	-2.50
258	4860.000	94.206	94.524	25121.578	49845.999	393.930g	2.50	-2.50
259	4880.000	92.474	94.095	25101.680	49843.985	393.223g	2.50	-2.50
260	4900.000	90.192	93.631	25081.806	49841.749	392.515g	2.50	-2.50
261	4920.000	87.832	93.130	25061.956	49839.300	391.986g	2.50	-2.50
262	4940.000	86.509	92.619	25042.115	49836.789	391.986g	2.50	-2.50
263	4960.000	86.121	92.107	25022.273	49834.277	391.986g	2.50	-2.50
264	4980.000	84.867	91.596	25002.431	49831.766	391.986g	2.50	-2.50
265	5000.000	84.905	91.084	24982.589	49829.255	391.986g	2.50	-2.50
266	5020.000	84.667	90.573	24962.748	49826.744	391.986g	2.50	-2.50
267	5040.000	84.402	90.061	24942.906	49824.233	391.986g	2.50	-2.50
268	5060.000	83.739	89.550	24923.064	49821.722	391.986g	2.50	-2.50
269	5080.000	83.625	89.038	24903.218	49819.247	392.446g	2.50	-2.50
270	5100.000	84.340	88.527	24883.342	49817.022	393.356g	2.50	-2.50
271	5120.000	84.406	88.015	24863.437	49815.080	394.265g	2.50	-2.50
272	5140.000	84.714	87.504	24843.506	49813.423	395.175g	2.50	-2.50
273	5160.000	84.877	86.992	24823.553	49812.051	396.084g	2.50	-2.50
274	5180.000	86.251	86.480	24803.583	49810.958	396.799g	2.50	-2.50
275	5181.691	86.817	86.437	24801.894	49810.873	396.799g	2.50	-2.50
276	5200.000	91.955	85.969	24783.609	49809.953	396.799g	2.50	-2.50
277	5220.000	87.298	85.457	24763.634	49808.948	396.799g	2.50	-2.50
278	5228.723	83.840	85.234	24754.922	49808.510	396.799g	2.50	-2.50
279	5240.000	80.929	84.946	24743.659	49807.943	396.799g	2.50	-2.50
280	5260.000	81.434	84.434	24723.684	49806.938	396.799g	2.50	-2.50
281	5280.000	82.018	83.923	24703.710	49805.933	396.799g	2.50	-2.50
282	5300.000	82.143	83.431	24683.735	49804.928	396.799g	2.50	-2.50
283	5320.000	80.876	83.003	24663.760	49803.922	396.799g	2.50	-2.50
284	5340.000	80.840	82.643	24643.785	49802.917	396.799g	2.50	-2.50
285	5360.000	80.913	82.349	24623.811	49801.902	396.552g	2.50	2.50
286	5380.000	80.917	82.122	24603.849	49800.677	395.643g	2.50	2.50
287	5400.000	80.938	81.961	24583.906	49799.166	394.733g	2.50	2.50
288	5420.000	80.834	81.867	24563.987	49797.371	393.824g	2.50	2.50
289	5440.000	80.431	81.840	24544.090	49795.350	393.496g	2.50	-2.50
290	5460.000	80.969	81.879	24524.194	49793.310	393.496g	2.50	-2.50
291	5480.000	81.515	81.985	24504.298	49791.271	393.496g	2.50	-2.50
292	5500.000	82.004	82.158	24484.402	49789.231	393.496g	2.50	-2.50
293	5520.000	81.777	82.389	24464.507	49787.191	393.496g	2.50	-2.50

294	5540.000	81.557	82.629	24444.611	49785.151	393.496g	2.50	-2.50
295	5560.000	81.519	82.868	24424.715	49783.112	393.496g	2.50	-2.50
296	5580.000	81.622	83.108	24404.820	49781.072	393.496g	2.50	-2.50
297	5600.000	81.928	83.348	24384.923	49779.038	393.680g	2.50	-2.50
298	5620.000	81.783	83.587	24365.008	49777.198	394.590g	2.50	-2.50
299	5640.000	81.725	83.827	24345.069	49775.643	395.499g	2.50	-2.50
300	5660.000	81.622	84.066	24325.109	49774.373	396.409g	2.50	-2.50
301	5680.000	81.555	84.306	24305.134	49773.388	397.318g	2.50	-2.50
302	5700.000	81.678	84.545	24285.146	49772.688	398.228g	2.50	-2.50
303	5720.000	81.614	84.785	24265.151	49772.275	399.137g	2.50	-2.50
304	5740.000	81.799	85.024	24245.151	49772.146	0.047g	2.50	-2.50
305	5760.000	81.713	85.264	24225.152	49772.304	0.956g	2.50	-2.50
306	5780.000	81.588	85.504	24205.157	49772.735	1.607g	2.50	-2.50
307	5800.000	81.671	85.743	24185.163	49773.240	1.607g	2.50	-2.50
308	5820.000	81.694	85.983	24165.170	49773.745	1.607g	2.50	-2.50
309	5840.000	81.579	86.222	24145.176	49774.250	1.607g	2.50	-2.50
310	5860.000	81.458	86.462	24125.182	49774.755	1.607g	2.50	-2.50
311	5880.000	81.421	86.701	24105.189	49775.260	1.607g	2.50	-2.50
312	5900.000	81.610	86.941	24085.195	49775.765	1.607g	2.50	-2.50
313	5920.000	82.232	87.180	24065.202	49776.270	1.607g	2.50	-2.50
314	5940.000	85.640	87.420	24045.208	49776.775	1.607g	2.50	-2.50
315	5960.000	88.886	87.660	24025.214	49777.280	1.607g	2.50	-2.50
316	5980.000	88.776	87.899	24005.221	49777.785	1.607g	2.50	-2.50
317	6000.000	88.865	88.139	23985.227	49778.290	1.607g	2.50	-2.50
318	6020.000	89.604	88.378	23965.233	49778.795	1.607g	2.50	-2.50
319	6040.000	89.998	88.618	23945.240	49779.300	1.607g	2.50	-2.50
320	6060.000	90.186	88.857	23925.246	49779.805	1.607g	2.50	-2.50
321	6080.000	90.196	89.097	23905.253	49780.310	1.607g	2.50	-2.50
322	6100.000	90.193	89.337	23885.259	49780.815	1.607g	2.50	-2.50
323	6120.000	90.146	89.576	23865.265	49781.320	1.607g	2.50	-2.50
324	6140.000	90.061	89.816	23845.272	49781.825	1.607g	2.50	-2.50
325	6160.000	90.158	90.055	23825.278	49782.330	1.607g	2.50	-2.50
326	6180.000	90.212	90.295	23805.284	49782.835	1.607g	2.50	-2.50
327	6200.000	90.325	90.534	23785.291	49783.340	1.607g	2.50	-2.50
328	6205.103	90.595	90.595	23780.190	49783.468	1.607g	2.50	-2.50

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	118.8	21.3	12.0	19.7	9.8
2	20.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
3	40.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
4	60.000	237.5	42.5	24.0	40.0	19.7
5	80.000	237.5	42.5	24.0	39.0	19.7
6	100.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
7	120.000	237.5	42.5	24.0	38.1	19.7
8	140.000	237.5	42.5	24.0	39.9	19.7
9	160.000	237.5	42.5	24.0	40.4	19.7
10	180.000	237.5	42.5	24.0	39.8	19.7
11	200.000	237.5	42.5	24.0	37.9	19.7
12	220.000	237.5	42.5	24.0	35.5	19.7
13	240.000	237.5	42.5	24.0	31.9	19.7
14	260.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
15	280.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
16	300.000	237.5	42.5	24.0	32.9	19.7
17	320.000	237.5	42.5	24.0	35.3	19.7
18	340.000	237.5	42.5	24.0	32.1	19.7
19	360.000	237.5	42.5	24.0	31.7	19.7
20	380.000	237.5	42.5	24.0	38.2	19.7
21	400.000	237.5	42.5	24.0	40.4	19.7
22	420.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
23	440.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
24	460.000	237.5	42.5	24.0	40.4	19.7
25	480.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
26	500.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
27	520.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
28	540.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
29	560.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
30	580.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
31	600.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
32	620.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
33	640.000	237.5	42.5	24.0	40.1	19.7
34	660.000	237.5	42.5	24.0	39.3	19.7

35	680.000	237.5	42.5	24.0	36.8	19.7
36	700.000	237.5	42.5	24.0	36.9	19.7
37	720.000	237.5	42.5	24.0	40.2	19.7
38	740.000	164.1	29.4	16.6	28.0	13.6
39	747.631	31.2	20.5	12.0	7.8	5.3
40	760.000	31.9	21.0	12.3	8.0	5.5
41	768.119	118.8	21.3	12.0	20.3	9.8
42	780.000	189.3	33.9	19.1	32.3	15.7
43	800.000	237.5	42.5	24.0	34.2	19.7
44	820.000	237.5	42.5	24.0	37.5	19.7
45	840.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
46	860.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
47	880.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
48	900.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
49	920.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
50	940.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
51	960.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
52	980.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
53	1000.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
54	1020.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
55	1040.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
56	1060.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
57	1080.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
58	1100.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
59	1120.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
60	1140.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
61	1160.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
62	1180.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
63	1200.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
64	1220.000	237.5	42.5	24.0	33.2	19.7
65	1240.000	120.6	21.6	12.2	19.5	10.0
66	1240.310	118.8	21.3	12.0	19.2	9.8
67	1260.000	235.7	42.2	23.8	38.2	19.5
68	1280.000	120.9	21.7	12.2	19.6	10.0
69	1280.364	118.8	21.3	12.0	19.2	9.8
70	1300.000	235.3	42.2	23.8	38.1	19.5
71	1320.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
72	1340.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
73	1360.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
74	1380.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
75	1400.000	237.5	42.5	24.0	32.2	19.7
76	1420.000	237.5	42.5	24.0	33.7	19.7
77	1440.000	237.5	42.5	24.0	35.0	19.7

78	1460.000	237.5	42.5	24.0	27.8	19.7
79	1480.000	237.5	42.5	24.0	35.0	19.7
80	1500.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
81	1520.000	237.5	42.5	24.0	39.8	19.7
82	1540.000	237.5	42.5	24.0	39.0	19.7
83	1560.000	237.5	42.5	24.0	35.4	19.7
84	1580.000	237.5	42.5	24.0	36.6	19.7
85	1600.000	237.5	42.5	24.0	37.5	19.7
86	1620.000	237.5	42.5	24.0	39.0	19.7
87	1640.000	237.5	42.5	24.0	40.4	19.7
88	1660.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
89	1680.000	162.0	29.0	16.4	27.6	13.4
90	1687.287	93.1	16.7	9.4	15.9	7.7
91	1695.673	75.5	13.5	7.6	12.9	6.2
92	1700.000	144.4	25.9	14.6	24.6	12.0
93	1720.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
94	1740.000	237.5	42.5	24.0	39.1	19.7
95	1760.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
96	1780.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
97	1800.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
98	1820.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
99	1840.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
100	1860.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
101	1880.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
102	1900.000					
103	1920.000					
104	1940.000					
105	1960.000					
106	1980.000					
107	2000.000					
108	2020.000					
109	2040.000					
110	2060.000					
111	2080.000					
112	2100.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
113	2120.000	134.0	24.0	13.5	21.7	11.1
114	2122.563	118.8	21.3	12.0	19.2	9.8
115	2140.000	162.4	29.1	16.4	26.3	13.4
116	2149.914	118.8	21.3	12.0	19.2	9.8
117	2160.000	178.6	32.0	18.1	28.9	14.8
118	2180.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
119	2200.000					
120	2220.000					

121	2240.000					
122	2260.000					
123	2280.000	237.3	42.6	24.0	35.7	20.0
124	2300.000	237.3	42.6	24.0	35.7	20.0
125	2320.000	237.3	42.6	24.0	35.7	20.0
126	2340.000					
127	2360.000					
128	2380.000					
129	2400.000					
130	2420.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
131	2440.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
132	2460.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
133	2480.000	237.5	42.5	24.0	30.8	19.7
134	2500.000	237.5	42.5	24.0	31.0	19.7
135	2520.000	237.5	42.5	24.0	39.2	19.7
136	2540.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
137	2560.000	237.5	42.5	24.0	31.2	19.7
138	2580.000	237.5	42.5	24.0	29.8	19.7
139	2600.000	237.5	42.5	24.0	33.8	19.7
140	2620.000	237.5	42.5	24.0	37.5	19.7
141	2640.000	237.5	42.5	24.0	38.6	19.7
142	2660.000	237.5	42.5	24.0	39.1	19.7
143	2680.000	237.5	42.5	24.0	36.4	19.7
144	2700.000	237.5	42.5	24.0	38.8	19.7
145	2720.000	237.5	42.5	24.0	39.0	19.7
146	2740.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
147	2760.000	237.5	42.5	24.0	40.2	19.7
148	2780.000	237.5	42.5	24.0	39.3	19.7
149	2800.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
150	2820.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
151	2840.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
152	2860.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
153	2880.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
154	2900.000	237.5	42.5	24.0	40.0	19.7
155	2920.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
156	2940.000	237.5	42.5	24.0	39.2	19.7
157	2960.000	135.8	24.3	13.7	21.8	11.2
158	2962.876	118.8	21.3	12.0	17.1	9.8
159	2980.000	203.7	36.5	20.6	33.0	16.9
160	2997.178	118.8	21.3	12.0	16.0	9.8
161	3000.000	135.5	24.3	13.7	20.7	11.2
162	3020.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
163	3040.000	237.5	42.5	24.0	39.4	19.7

164	3060.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
165	3080.000	237.5	42.5	24.0	36.5	19.7
166	3100.000	237.5	42.5	24.0	39.1	19.7
167	3120.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
168	3140.000	237.5	42.5	24.0	40.3	19.7
169	3160.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
170	3180.000	237.5	42.5	24.0	39.9	19.7
171	3200.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
172	3220.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
173	3240.000	237.5	42.5	24.0	39.8	19.7
174	3260.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
175	3280.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
176	3300.000	237.5	42.5	24.0	40.0	19.7
177	3320.000	237.5	42.5	24.0	39.0	19.7
178	3340.000	237.5	42.5	24.0	37.9	19.7
179	3360.000	237.5	42.5	24.0	37.2	19.7
180	3380.000	237.5	42.5	24.0	38.1	19.7
181	3400.000	237.5	42.5	24.0	39.8	19.7
182	3420.000	129.4	23.2	13.1	20.0	10.7
183	3421.791	118.8	21.3	12.0	17.5	9.8
184	3440.000	181.1	32.4	18.3	30.2	15.0
185	3452.289	31.2	20.5	12.0	7.8	5.3
186	3460.000	43.2	28.4	16.6	10.8	7.4
187	3480.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
188	3500.000	237.5	42.5	24.0	40.1	19.7
189	3520.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
190	3540.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
191	3560.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
192	3580.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
193	3600.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
194	3620.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
195	3640.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
196	3660.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
197	3680.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
198	3700.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
199	3720.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
200	3740.000	153.7	27.5	15.5	26.2	12.7
201	3745.879	118.8	21.3	12.0	20.3	9.8
202	3760.000	137.8	24.7	13.9	23.5	11.4
203	3769.083	31.2	20.5	12.0	7.7	5.3
204	3780.000	48.2	31.7	18.6	11.9	8.3
205	3800.000	237.5	42.5	24.0	39.4	19.7
206	3820.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7

207	3840.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
208	3860.000	237.5	42.5	24.0	38.6	19.7
209	3880.000	237.5	42.5	24.0	39.4	19.7
210	3900.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
211	3920.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
212	3940.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
213	3960.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
214	3980.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
215	4000.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
216	4020.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
217	4040.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
218	4060.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
219	4080.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
220	4100.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
221	4120.000	237.5	42.5	24.0	31.5	19.7
222	4140.000	237.5	42.5	24.0	32.6	19.7
223	4160.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
224	4180.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
225	4200.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
226	4220.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
227	4240.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
228	4260.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
229	4280.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
230	4300.000	237.5	42.5	24.0	31.8	19.7
231	4320.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
232	4340.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
233	4360.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
234	4380.000	237.5	42.5	24.0	39.0	19.7
235	4400.000	237.5	42.5	24.0	38.9	19.7
236	4420.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
237	4440.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
238	4460.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
239	4480.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
240	4500.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
241	4520.000	237.5	42.5	24.0	39.8	19.7
242	4540.000	237.5	42.5	24.0	37.4	19.7
243	4560.000	237.5	42.5	24.0	32.7	19.7
244	4580.000	237.5	42.5	24.0	36.6	19.7
245	4600.000	237.5	42.5	24.0	32.1	19.7
246	4620.000	237.5	42.5	24.0	38.4	19.7
247	4640.000	237.5	42.5	24.0	36.4	19.7
248	4660.000	237.5	42.5	24.0	34.9	19.7
249	4680.000	237.5	42.5	24.0	32.0	19.7

250	4700.000	237.5	42.5	24.0	31.4	19.7
251	4720.000	237.5	42.5	24.0	31.7	19.7
252	4740.000	237.5	42.5	24.0	31.6	19.7
253	4760.000	237.5	42.5	24.0	31.7	19.7
254	4780.000	237.5	42.5	24.0	31.0	19.7
255	4800.000	237.5	42.5	24.0	29.6	19.7
256	4820.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
257	4840.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
258	4860.000	237.5	42.5	24.0	26.8	19.7
259	4880.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
260	4900.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
261	4920.000	237.5	42.5	24.0	40.0	19.7
262	4940.000	237.5	42.5	24.0	38.6	19.7
263	4960.000	237.5	42.5	24.0	38.6	19.7
264	4980.000	237.5	42.5	24.0	38.8	19.7
265	5000.000	237.5	42.5	24.0	38.9	19.7
266	5020.000	237.5	42.5	24.0	39.3	19.7
267	5040.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
268	5060.000	237.5	42.5	24.0	39.2	19.7
269	5080.000	237.5	42.5	24.0	40.1	19.7
270	5100.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
271	5120.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
272	5140.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
273	5160.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
274	5180.000	128.8	23.1	13.0	22.0	10.7
275	5181.691	118.8	21.3	12.0	20.2	9.8
276	5200.000	227.5	40.7	23.0	36.8	18.8
277	5220.000	170.5	30.6	17.2	27.6	14.1
278	5228.723	118.8	21.3	12.0	20.3	9.8
279	5240.000	185.7	33.3	18.8	31.7	15.4
280	5260.000	237.5	42.5	24.0	39.2	19.7
281	5280.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
282	5300.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
283	5320.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
284	5340.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
285	5360.000	237.3	42.6	24.0	38.0	20.0
286	5380.000	237.3	42.6	24.0	38.0	20.0
287	5400.000	237.3	42.6	24.0	36.9	20.0
288	5420.000	237.3	42.6	24.0	31.3	20.0
289	5440.000	237.5	42.5	24.0	34.8	19.7
290	5460.000	237.5	42.5	24.0	32.2	19.7
291	5480.000	237.5	42.5	24.0	32.0	19.7
292	5500.000	237.5	42.5	24.0	32.6	19.7

293	5520.000	237.5	42.5	24.0	39.4	19.7
294	5540.000	237.5	42.5	24.0	39.5	19.7
295	5560.000	237.5	42.5	24.0	38.3	19.7
296	5580.000	237.5	42.5	24.0	40.4	19.7
297	5600.000	237.5	42.5	24.0	40.3	19.7
298	5620.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
299	5640.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
300	5660.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
301	5680.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
302	5700.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
303	5720.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
304	5740.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
305	5760.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
306	5780.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
307	5800.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
308	5820.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
309	5840.000	237.5	42.5	24.0	40.5	19.7
310	5860.000					
311	5880.000					
312	5900.000					
313	5920.000					
314	5940.000					
315	5960.000					
316	5980.000					
317	6000.000					
318	6020.000					
319	6040.000					
320	6060.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
321	6080.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
322	6100.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
323	6120.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
324	6140.000	237.5	42.5	24.0	38.5	19.7
325	6160.000	237.5	42.5	24.0	33.0	19.7
326	6180.000	237.5	42.5	24.0	37.9	19.7
327	6200.000	149.0	26.7	15.1	24.1	12.3
328	6205.103	30.3	5.4	3.1	4.9	2.5
		66425	12005	6774	10717	5520