

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

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

Thème

**ETUDE APS ET APD D'UN RACCORDEMENT DE
L'AUTOROUTE EST OUEST ET LA VILE
D'ELKARIMIA SUR 8.1km AVEC CONCEPTION
DE TROIS GIRATOIRES.**

Encadré par :

Mr.MEZIENI MED.

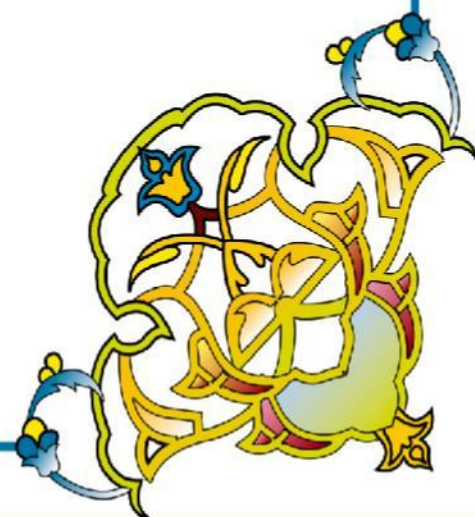
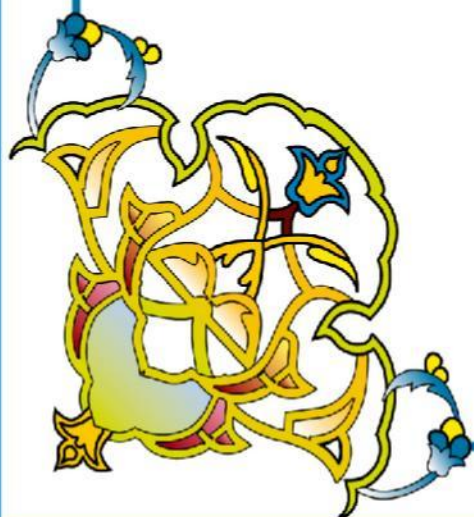
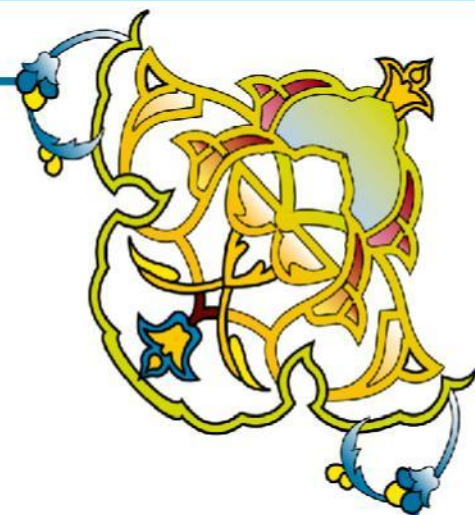
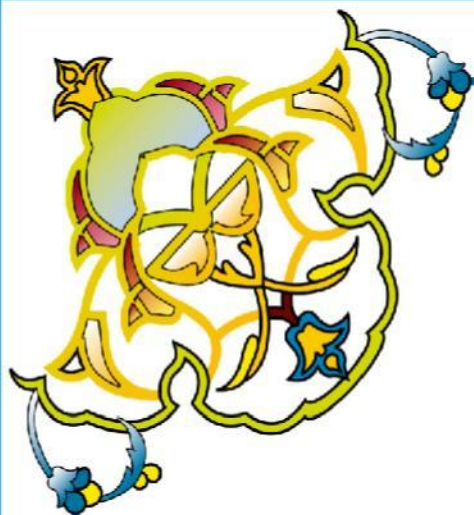
Présenté par :

**KHALFI SALHEDDINE.
LAZERGUI AHMED.**

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics-Garidi- Kouba

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





REMERCEMENT

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

Nous remercions nos très cher parents pour leurs soutiens et leurs patiences.

Nous exprimons toute notre gratitude à Mr MEZAINI Med pour son encadrement exceptionnel à sa confiance, à son soutien incessant et à son encouragement permanent. L'aboutissement de ce travail doit beaucoup à sa confiance, à son soutien incessant et à son encouragement permanents
Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants de l'ENSTP pour toutes les informations qu'ils nous ont prodigué durant les cinq ans de notre formation.

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

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

SALAH @ AHMED

DEDICACE

Au nom d'ALLAH, Le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment ma mère, mon père qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, celle qui a fait preuve de ces plus copieux desseins pour me permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux conseils, donc je devais incessamment être de grande compétence et motivation. Cependant. Je prie ALLAH le Miséricordieux qu'il te portera récompense, car la mienne ne sera guère complète, Et te protège et te garde en bonne santé.

A mon père qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie.

A mon binôme et confrère : Ahmed.

A Ma sœur : Hajer

A Mes chers frères : Med, Chamseddine, Mohcen et Lamine

A Toute la famille KHALFI et ZADI.

A Ma cousine : zahra.

A Mes amis : S-Farouk, S-Said, F-Mokhtar, S-Yacine, S-Ibrahim, S-Med, S-Hocine...

A Mes confrères : H-Hocine, Z-Adel, H-Achraf, Z-Abbes, G-Abdelfattah, Z-Oussama, S-Med, L-Walid, J-Ahmed, H-Benouda, B-Ahmed, Z-M Hichem, M-Abderrahmen, L-Zohir, A-Boubaker, B-Youcef, B-Zino, KH-Zaki, Z-taha, M-Chrif, K-Abdelhak, .. et Toutes la promotion 2012.

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

... Et a tous ceux qui portent l'Algérie dans leurs cœurs et veulent la construire.

Enfin, à tous ceux qui me reconnaîtront.

Salah

الإهداء

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

والصلاة والسلام على اشرف المرسلين محمد بن عبد الله خاتم الأنبياء والمرسلين أما بعد
اهدي هذا العمل المتواضع..

إلى الذي جعل مني رجلا إلى الذي أفنى عمره من أجل راحتي ودراستي
إلى أبي الغالي رحمه الله وأسكنه فساح جنانه.
إلى التي تعبت وربت وسهرت الليالي إلى أغلى شيء في الوجود
إلى أمي الحبيبة.

التي فرحت دوما لنجاحي وسعادتي. أسأل الله أن يطيل عمرها لكي أurd جزءا من خيرها
إلى كل الإخوة الأعزاء (محمد-لطيفة-لخضر-صورية-كريمة-حفيضة-ابراهيم-رفيق)
إلى عبد الرحمان-نبيل-عبد اللطيف
إلى صبرينة و سعاد

إلى رفيق(رؤوف)-رانيا-خليل-الاء-اسراء-محمد رفيق
إلى قدور-عساس-علي- عمتي مليكة و ابنائها-دليلة و عيشوشة
إلى كل الأهل والأقارب وإلى كل من ارتبط إسمي بهم

كما لا أنسى أصدقائي: زكري هشام /قسول حقو /مرواني شريف/حديبي اشرف/
بن غالية زكرياء/مسناتي زكي/محفوظ/عباس/بوشردود احمد/فيلاي جمال
بن بلقاسم موسى/رباج خالد/اسماعيل/بن جدو محمد/مولفي امين/مدني.....
والى رفيق الدرب – **خالفي صلاح الدين**- وأسأل الله أن يوفقه و يجزيه أحسن جزاء
كما لأنسى أن اشكر من أمدي بـ يد المساعدة"مزاني محمد "

وإلى كل طلبة المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية واخص بالذكر دفعة السنة الخامسة-2012

أخوكم أحمد

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.
- Carrefour giratoire (**B40**).

SOMMAIRE

INTRODUCTION :

<u>1. Présentation de la wilaya :</u>	1
<u>2. Caractéristiques de la wilaya:</u>	3

PRESENTATION DU PROJET

<u>1. Présentation du projet :</u>	5
<u>2. OBJECTIF DE PROJET :</u>	5

CHAPITRE I : ETUDE APS

<u>I.1. INTRODUCTION :</u>	9
<u>I.2. Choix d'une variante :</u>	11

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

<u>II.1-INTRODUCTION :</u>	13
<u>II.2-L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :</u>	13
<u>II.3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :</u>	15
<u>II.4- CALCUL DE LA CAPACITÉ :</u>	16
<u>II.5- APPLICATION AU PROJET:</u>	18

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

<u>III.1- DÉFINITION:</u>	22
<u>III. 2- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN :</u>	22
<u>III. 3- LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :</u>	22
<u>III.4- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :</u>	28
<u>III.5- COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :</u>	29

<u>III. 6- NOTION DE DEVERS :</u>	31
<u>III. 7 – LA VITESSE DE RÉFÉRENCE (DE BASE) :</u>	32
<u>III. 8 – PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :</u>	33
<u>III. 9- CALCUL D'AXE</u>	34

CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG

<u>IV. 1- DÉFINITION :</u>	39
<u>IV. 2- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG :</u>	39
<u>IV.3-LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :</u>	40
<u>IV. 4- COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG :</u>	40
<u>IV.5 - DÉCLIVITÉS :</u>	40
<u>IV.6 - RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :</u>	42
<u>IV. 7 -CARACTÉRISTIQUES DES RAYONS EN LONG :</u>	44
<u>IV.8- DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :</u>	44

CHAPITRE V : PROFILS EN TRAVERS

<u>V.1. Définition :</u>	48
<u>V.2. Les éléments du profil en travers :</u>	48
<u>V.3. Classification du profil en travers :</u>	50
<u>V.4. Application au projet :</u>	50

CHAPITRE VI : CUBATURES

<u>VI.1- INTRODUCTION:</u>	52
<u>VI.2- DEFINITION :</u>	52
<u>VI.3- Méthode de calcul des cubatures :</u>	52
<u>VI.4-Application :</u>	54
<u>VI.4- Calcul des cubatures de terrassement :</u>	55

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE

<u>VII.1-INTRODUCTION :</u>	56
<u>VII.2-LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :</u>	56
<u>VII. 3 - CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :</u>	64

CHAPITRE VIII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

<u>VIII.1. INTRODUCTION :</u>	66
<u>VIII.2. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :</u>	66
<u>VIII.3. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT :</u>	68
<u>VIII.4. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :</u>	69
<u>VIII.5. APPLICATION AU PROJET :</u>	71
<u>VIII.6.Conclusion :</u>	77

CHAPITRE IX : CARREFOURS

<u>IX. 1. INTRODUCTION :</u>	78
<u>IX.2- LES DIFFÉRENTS TYPES DE CARREFOUR :</u>	78
<u>IX. 3. DONNÉES UTILES À L'AMÉNAGEMENT D'UN CARREFOUR:</u>	80
<u>IX. 4- PRINCIPES FONDAMENTAUX DE CONCEPTION</u>	80
<u>IX.5- TYPE D'AMENAGEMENT DES CARREFOURS GIRATOIRES</u>	81
<u>IX. 6- APLICATION AU PROJET</u>	84

CHAPITRE X : ASSAINISSEMENT

<u>X. 1- INTRODUCTION:</u>	87
<u>X. 2 -DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES:</u>	87
<u>X.3-NATURE ET ROLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT ROUTIER :</u>	88
<u>X.4 - DONNEES PLUVIOMETRIQUES:</u>	88
<u>X.5-DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'EVACUATIONS :</u>	88

<u>X.6-APPLICATION AU PROJET :</u>	92
---	-----------

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

<u>XI.1.1 – INTRODUCTION</u>	96
<u>XI.1.2 - L’OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE :</u>	96
<u>XI.1.3 - CATÉGORIES DE SIGNALISATION :</u>	96
<u>XI.1.4 - RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :</u>	96
<u>XI.1.5 - TYPES DE SIGNALISATION :</u>	97
<u>XI.1.6- CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MARQUES :</u>	101
<u>XI.1.7-APPLICATION AU PROJET :</u>	101
<u>XI.2.1-INTRODUCTION :</u>	104
<u>XI.2.2- ÉCLAIRAGE D’UN POINT SINGULIER :</u>	104
<u>XI.2.3- PARAMÈTRE DE L’IMPLANTATION DES LUMINAIRES :</u>	105
<u>XI.2.4-APPLICATION AU PROJET :</u>	105

CHAPITRE XII : OUVRAGES D’ARTS

<u>XII .1- Introduction :</u>	106
<u>XII.2-Présentation de l’ouvrage :</u>	106
<u>XII.3-SOLUTIONS PROPOSEES :</u>	108

CHAPITRE XIII : IMPACT SUR L’ENVIRONNEMENT

<u>XIII.1- ETUDES D’ENVIRONNEMENT D’UN PROJET ROUTIER :</u>	109
--	------------

CHAPITRE XIV : DEVIS CONTITATIF ET ESTIMATIF	114
---	------------

CONCLUSION GÉNÉRALE	116
----------------------------	------------

INTRODUCTION :

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations.

La route romaine dont les traces sont encore apparentes à ce jour, témoigne de l'avancée industrielle de l'empire et de la place privilégiée accordée aux réseaux de communication.

La route n'est pas la seule infrastructure de transport, on trouve aussi d'autres moyens comme le chemin de fer, les voies aériennes et les voies maritimes, mais le transport routier est dominant, et même si les technologies de l'information se développent, les déplacements routiers liés tant à la vie quotidienne qu'au tourisme sont des réalités incontournables pour encore de nombreuses années.

La route joue un rôle moteur dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

Notre projet : Etude en APS et APD du raccordement entre l'autoroute Est Ouest et la ville d'EL KARIMIA (CHLEF) sur 8 .1 km avec conception de 3 carrefours.

1. Présentation de la wilaya :

Située dans la région nord-ouest de l'Algérie, la Wilaya de CHLEF s'étend sur une superficie de 4.791 Km². Avec une population avoisinant d'un million d'habitant soit une densité de 194 hab/km², elle montre un grand intérêt à la fois géographique, historique, économique et social.

A mi-chemin entre deux grands pôles économiques, à savoir Alger et Oran, la plaine du CHLEF, d'une surface agricole utile de près de 13.000 ha, fait de la wilaya une région à vocation agricole, orientée principalement vers la céréaliculture, l'arboriculture et le maraîchage. La wilaya possède un potentiel en ressources en sol et sous-sol non négligeable nécessitant une mise en valeur et une exploitation rationnelle.

Il y a lieu de noter que la Wilaya de CHLEF est une région touristique. En plus de sa bande côtière qui s'étale sur plus de 120 Kms soit 10% de l'ensemble de la côte Algérienne (1200 km), sa richesse touristique se justifie d'avantage compte tenu de l'existence d'un relief diversifié et la présence des forêts qui s'étendent sur des milliers d'hectares.

Dans le domaine du commerce, la wilaya est un carrefour de transit et d'échange commercial assurant la jointure Est-ouest et Nord-sud.

A noter enfin, que la wilaya compte également un important potentiel infrastructurel (port en activité, aéroport).



2. Caractéristiques de la wilaya:

2.1) Délimitations géographiques :

La Wilaya de CHLEF est limitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée,
- Au sud, par la Wilaya de Tissemsilt ,
- A l'est, par les Wilayas de Aïn Defla et Tipaza,
- A l'ouest, par les Wilayas de Mostaganem et Relizane.

Superficie: 4.791 Km².

Population: 988.359 habitants .

Densité de la population: 243 habKM².

Population active: 471.567 soit 47,64% de la population totale.

Population occupée: 272.883 soit 57% de la population active.

Taux de chaumage: 13.47%.

2.2) Relief:

Ce dernier est constitué par quatre (04) régions naturelles s'orientant parallèlement au littoral.

- Au nord : les hautes collines des monts du Dahra et du Zaccar,
- Au sud : celles de l'Ouarsenis,
- Au centre : les plaines,
- Enfin, la région côtière s'étend, elle, sur environ 120 Km.

2.3) Climat:

La ville est caractérisée par un climat de type méditerranéen, sub-humide dans la partie nord, et de type continental au sud, froid en hiver et chaud en été. La température moyenne est de 38° en été et 06° en hiver.

2.4) Le réseau routier:

Est de 2649 KM composé de :

- Route Nationale: 304 KM.
- Chemins de Wilaya: 560 KM.
- Chemins Communaux: 1875,8 KM.

PRESENTATION DU PROJET

1. Présentation du projet :

Notre projet concerne un tracé neuf d'un raccordement entre l'autoroute Est Ouest et les environs d'EL KARIMIA dans la wilaya de CHLEF jusqu'à le s'inscrit parfaitement dans cette stratégie de développement et de densification du réseau autoroutier d'Algérie.

Cette section à étudier sur une longueur de **8.1 km** et trafic journalier moyen important estimé à l'ordre **10000 v /j**.

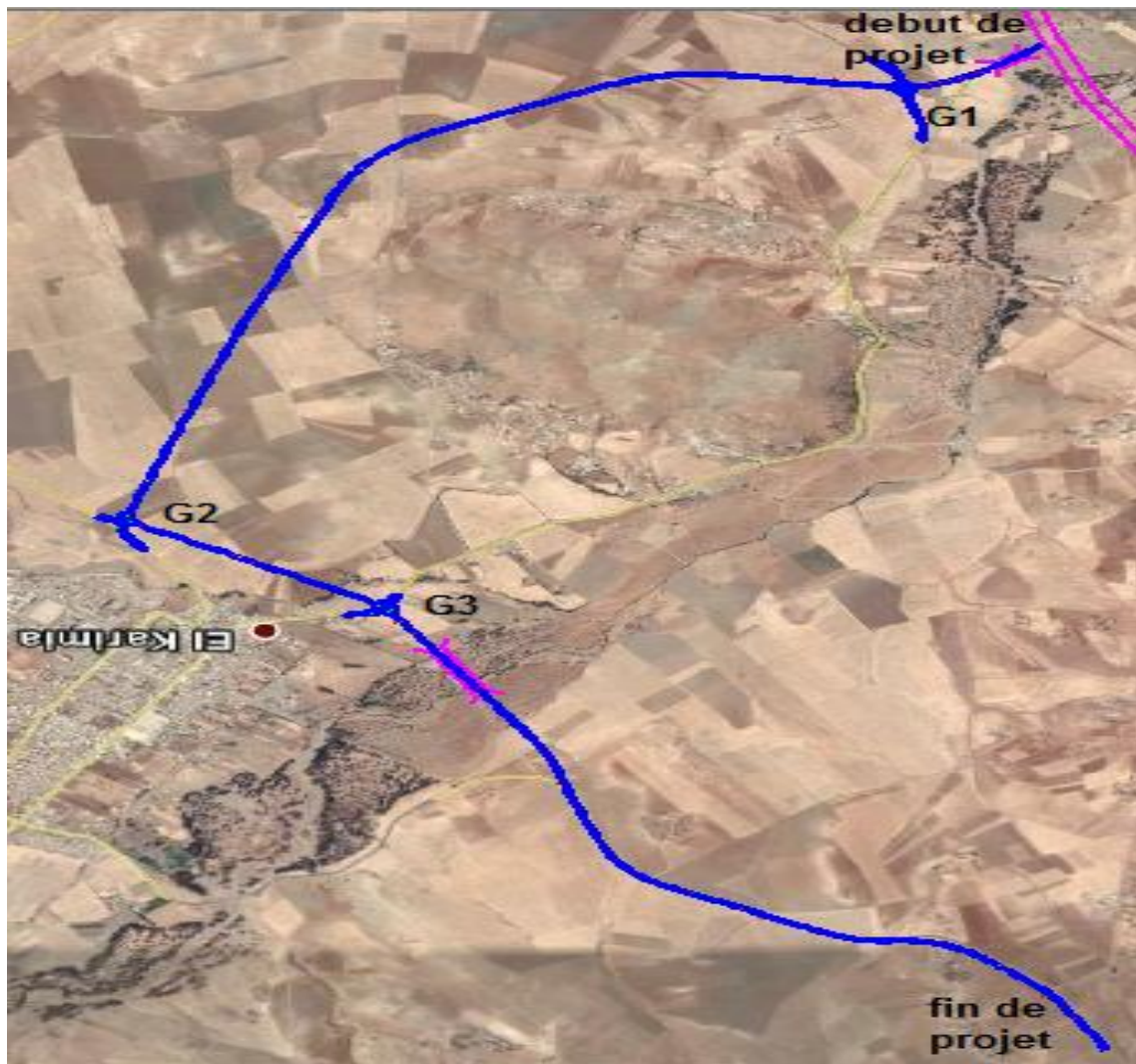
- Le pourcentage du poids lourds est 25%.
- L itinéraire du projet se situe dans un relief plat, et se caractérise par des moyennes sinuosités (E_1), et des moyennes déclivités. Il est classé en catégorie (C_2) et la vitesse de base du projet est estimée à **80 Km/h**.

2- OBJECTIF DE PROJET :

L'objectif principal de ce projet (raccorder l'autoroute Est Ouest et les environs d'EL KARIMIA) et assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser les voyageurs sur ce tronçon ou le trafic est en croissance permanente.

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

- Justification du projet.
- Proposition des variantes en fonction des perspectives d'aménagement et de réalisation.
- Choix des variantes qui répondent aux critères suivants :
 - Économie.
 - Sécurité .
 - Environnement.
- Présentation de l'étude d'A.P.D de la variante retenue :



Tracé du projet



Début de projet



Fin de projet



Oued Foda



Oued Harchoun



Les zones agricoles

ETUDE APS

I.1-INTRODUCTION:

Un projet routier est généralement entrepris dans le but d'améliorer le bien être économique et social des usagers desservis. Une route élargie ou une chaussée rénovée peuvent réduire le temps de trajet et les coûts d'exploitation des véhicules.

L'amélioration d'accès aux marchés, aux lieux de travail, aux services économiques et éducatifs, ainsi qu'une réduction des coûts de transport des marchandises et des passagers sont des avantages parmi tant d'autres qu'un projet de route peut viser.

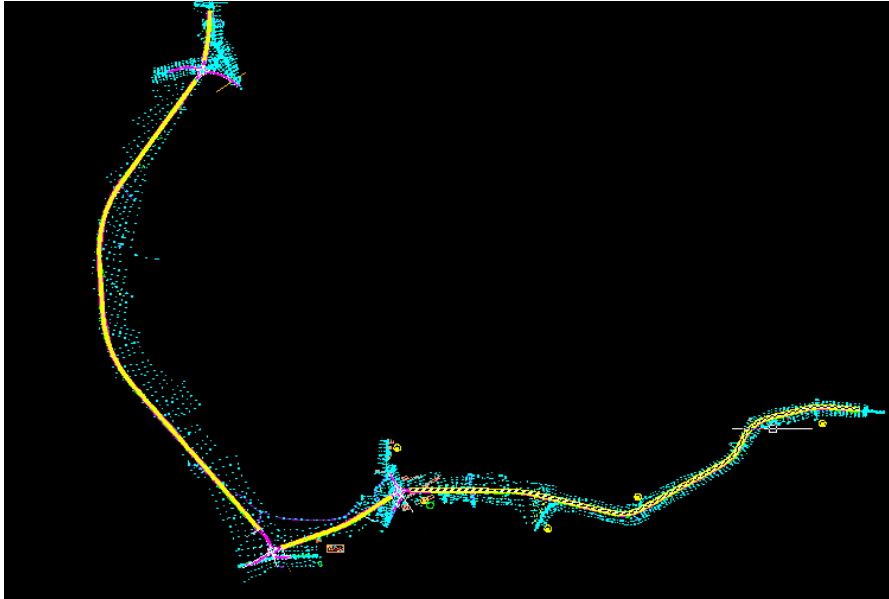
Afin de bien réaliser l'étude du projet routier plusieurs tâches sont à accomplir, les plus essentielles sont:

- La conception.
- L'élaboration du tracé.
- Les levés topographiques.
- L'étude géotechnique.
- L'étude des ouvrages d'art.
- L'étude hydraulique.
- L'évaluation environnementale.
- L'évaluation économique.

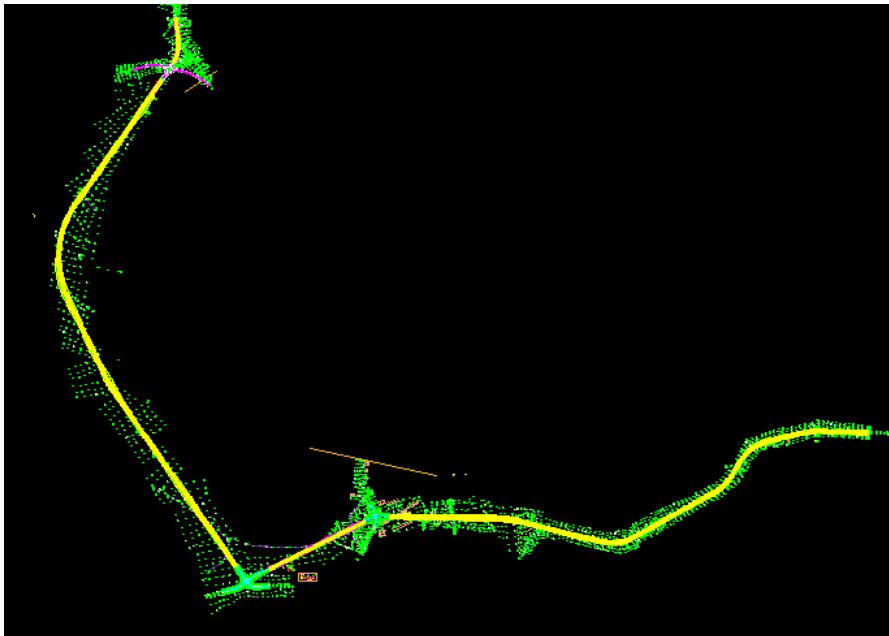
Nous avons vu lors de l'étude préliminaire les tâches de chaque intervenant dans l'étude du projet routier. Cette étude est ensuite passée à l'avant projet sommaire.

Pendant l'Avant Projet Sommaire (*APS*) ; il faut tenir compte des détails nécessaires pour aboutir à un travail plus précis que lors de l'étude préliminaire. Les différents intervenants approfondiront les calculs et procéderont à la collecte des données sur site.

Le choix sera porté sur la meilleure des variantes du point de vue technique et économique. Ces variantes ont été comparées suivant des procédures et critères déterminés.



VARIANTE 1



VARIANTE 2

	<i>Variante 1</i>	<i>Variante 2</i>
<i>Longueur(m)</i>	<i>8127</i>	<i>8050</i>
<i>Déclivité max(%)</i>	<i>5.94</i>	<i>5.9</i>
<i>Nombre de virage</i>	<i>9</i>	<i>8</i>
<i>Volume de remblai (m³)</i>	<i>209338.2</i>	<i>468217.17</i>
<i>Volume de déblai (m³)</i>	<i>104552.75</i>	<i>102035.92</i>
<i>Nombre ouvrage d'art</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>Coût total de réalisation (DA)</i>	<i>1387104449</i>	<i>1611357989</i>

Tableau comparatif

I.2-CHOIX DE VARIANTES :

Cette étude de comparaison peut être comme c'est indiqué au préalable, qu'à la fin de cette étude d'avant projet sommaire, on devra retenir une variante pour la faire passer à l'étude d'avant projet détaillé

Une telle comparaison, se basera essentiellement sur les coûts de la construction de chaque tracé.

Mais en plus du tableau comparatif et récapitulatif des (02) variantes, on souhaite donner un aperçu sur l'aspect géométrique, et la présentation de chacune d'elles.

Notre étude a montré que la première variante coûtera moins cher que la deuxième variante.

Le facteur le plus pesant est la sécurité des usagers, ainsi que le volume des déblais qui est très important, les délais des travaux de terrassement influenceront obligatoirement sur les délais globaux d'exécution.

Un paramètre très important qui devrait être pris en considération dans l'étude, c'est le coût d'entretien et d'exploitation de la route. Il devrait nous renseigner d'avantage sur ce que coûtera la route après vingt ans d'exploitation.

En conclusion, notre choix se porte sur la première variante, elle fera l'objet d'une étude qui prend en considération tous les détails. Cette étude sera plus précise en avant projet détaillé APD. Celui-ci permettra d'élaborer les documents d'appel d'offre DAO.

ETUDE DE TRAFIC

II.1-INTRODUCTION :

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

L'étude du trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose sur une partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

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

II.2-L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

II.2.1-La Mesure Des Trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

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

a) - Les Comptages :

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

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

1. Les comptages manuels :

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

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (TJMA).

2. Les comptages automatiques :

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

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

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

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

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

b) - les Enquêtes Origine Destination :

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

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

1. les Enquêtes 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 sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

- **Les avantages de la méthode** : sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.

- **Les inconvénients de la méthode :** c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

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 ou au moins une (de l'ordre de quatre chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

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

3. interview des conducteurs :

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

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

4. Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage :

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

II.3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :

II.3.1-traffic normal :

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

II.3.2-traffic dévié :

C'est le trafic 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 différents moyens d'atteindre la même destination.

II.3.3-traffic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

II.3.4-traffic total :

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

II.4- CALCUL DE LA CAPACITÉ :**II.4.1 - Définition De La Capacité :**

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

La capacité dépend :

- Des conditions du trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre)
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies)

II.4.2 - Projection Future Du Trafic :

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

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

Avec : **TJMA_h** : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

II.4.3 - Calcul Du Trafic Effectif :

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

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

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

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

Z : pourcentage de poids lourd.

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

Routes	E_1	E_2	E_3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

Tableau II.1: coefficient d'équivalence

II.4.4 - Débit De Pointe Horaire Normal :

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

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

Avec : Q : débit de pointe horaire

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

T_{eff} : trafic effectif

II.4.5 - Débit Horaire Admissible :

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

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

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau II.2 : Valeur de K_1

<i>Environnement</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>E₁</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>
<i>E₂</i>	<i>0.99</i>	<i>0.99</i>	<i>0.99</i>	<i>0.98</i>	<i>0.98</i>
<i>E₃</i>	<i>0.91</i>	<i>0.95</i>	<i>0.97</i>	<i>0.96</i>	<i>0.96</i>

Tableau II.3 : valeur de K2

	<i>Capacité théorique (uvp/h)</i>
<i>Route à 2 voies de 3.5m</i>	<i>1500 à 2000</i>
<i>Route à 3 voies de 3.5</i>	<i>2400 à 3200</i>
<i>Route à chaussée séparée</i>	<i>1500 à 1800</i>

Tableau II.4 : valeur de la capacité théorique

II.4.6 - Détermination Nombre Des Voies :

- *Cas d'une chaussée bidirectionnelle* : on compare Q à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q .
- *Cas d'une chaussée unidirectionnelle* : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S.Q/Q_{adm}$.

Avec : Q_{adm} : débit admissible par voie

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

II.5- APPLICATION AU PROJET:

II.5.1 - Les données de trafic:

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par DTP de CHLEF nous avons :

- Le trafic à l'année 2010 $TJMA_{2010} = 10000v/j$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80km/h$
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 25\%$
- L'année de mise en service sera en **2013**
- La durée de vie estimée de **20** ans

II.5.2 - Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2013)

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

Avec : $TJMA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2013)

$TJMA_o$: trafic à l'année zéro (origine 2010) .

Donc : $TJMA_{2013} = 11249 \text{ v/j.}$

Trafic à l'année (2033) pour une durée de vie de 20 Ans

$$TJMA_{2033} = 11249 \times (1 + 0,04)^{20} = 24648 \text{ v/j.}$$

Donc : $TJMA_{2033} = 24648 \text{ v/j.}$

II.5.3 - Calcul du trafic effectif :

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

Avec:

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

Pour une route à plus deux voies et un environnement E_1 on a $P=2$

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

$$T_{eff} = 24648 \times [(1 - 0.25) + 2 \times 0.25] = 30810 \text{ uvp/j.}$$

Donc : $T_{eff} = 30810 \text{ uvp/j}$

II.5.4 - Débit de pointe horaire normale :

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

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

$$Q = 0.12 \times 30810 = 3697 \text{ uvp/h}$$

Donc : $Q = 3697 \text{ uvp/h}$

II.5.5 - Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

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

Avec :

K_1 : coefficient correcteur pris égal à **0.75** pour E_1

K_2 : coefficient correcteur pris égal à **1** pour environnement (E_1) et catégorie (C_2)

C_{th} : capacité théorique

$C_{th} = 1800$ (d'après le **B40** pour E_1 , C_2 et pour une chaussée séparée à **2 voies** .

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

Donc :

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

II.5.6 - Le nombre des voies :

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

Avec : $S = 2/3$

$$N = (2/3) \times (3697/1350) = 1.83 \approx 2$$

Donc :

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

II.5.7 - Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies:

$$T_{eff} (2013) = [(1 - 0.25) + 2 \times 0.25] \times 11249$$

$$T_{eff} (2012) = 14061 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2013} = 0,12 \times 14061 = 1687 \text{ uvp/h.}$$

Donc :

$$Q_{2013} = 1687 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times 1350 = 5400 \text{ uvp/h.}$$

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

$$n = \frac{\ln(\frac{5400}{1687})}{\ln(1 + 0.04)} = 29.66 \approx 30 \text{ ans}$$

Donc :

$$n = 30 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée **30ans** après la mise en service donc l'année de saturation est :

Année : 2043

$TJMA_{2013} (v/j)$	$TJMA_{2033} (v/j)$	$T_{eff2033} (uvp/j)$	$Q_{2033}(uvp/h)$	N
11249	24647	30810	3697	2

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

TRACE EN PLAN

III.1- DÉFINITION:

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontale, Il est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer de bonne sécurité et de confort.

III. 2- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Appliquer les normes du **B40** si possible.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- Il est recommandé que les alignements représentent 60% au plus de la longueur totale du trajet.
- En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10m.

III. 3- LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi 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.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

III.3.1- Les Alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

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

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie:
- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de:

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

Règles concernant la longueur des alignements :

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 **cinq (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

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

V_B : vitesse de base en *km/h*

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

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

III.3.2-Arcs De Cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

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

III.3.2.1-Stabilité En Courbe :

- Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente .
- L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

a)- Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal :

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

f_t : coefficient de frottement transversal

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

b)- Rayon minimal normal (RHN) :

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

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

c)- Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1 - 2

$d_{min} = 3\%$ en catégorie 3 - 4

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

d)- *Rayon minimal non déversé (RHnd):*

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

Cat. 1 - 2



$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.0035}$$

Pour notre projet (raccordement entre Est Ouest et le Sud d'EL KARIMIA) situé dans un environnement (E_1), et classé en catégorie (C_2) avec une vitesse de base de **80km/h**, donc à partir du règlement **B40** on peut avoir le tableau suivant:

<i>Paramètres</i>	<i>Symboles</i>	<i>valeurs</i>
<i>Vitesse (km/h)</i>	V	80
<i>Rayon horizontal minimal (m)</i>	RHm (7%)	250
<i>Rayon horizontal normal (m)</i>	RHN (5%)	450
<i>Rayon horizontal déversé (m)</i>	RHd (2.5%)	1000
<i>Rayon horizontal non déversé (m)</i>	RHnd (-2.5%)	1400

Tableau III. 1: rayons du tracé en plan

e)- *Surlargeur:*

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

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

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

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

R : rayon de l'axe de la route.

III.3.3-Les Courbes De Raccordement :

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

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

III.3.3.1-Rôle Et Nécessité Des Courbes De Raccordement :

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

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

III.3.3.2-Types De Courbe De Raccordement :

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

- Parabole cubique
- Lemniscate
- Clothoïde

a)-Parabole cubique :

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

b) Lemniscate :

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

c) Clothoïde :

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

La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

c).1-Expression mathématique de la Clothoïde:

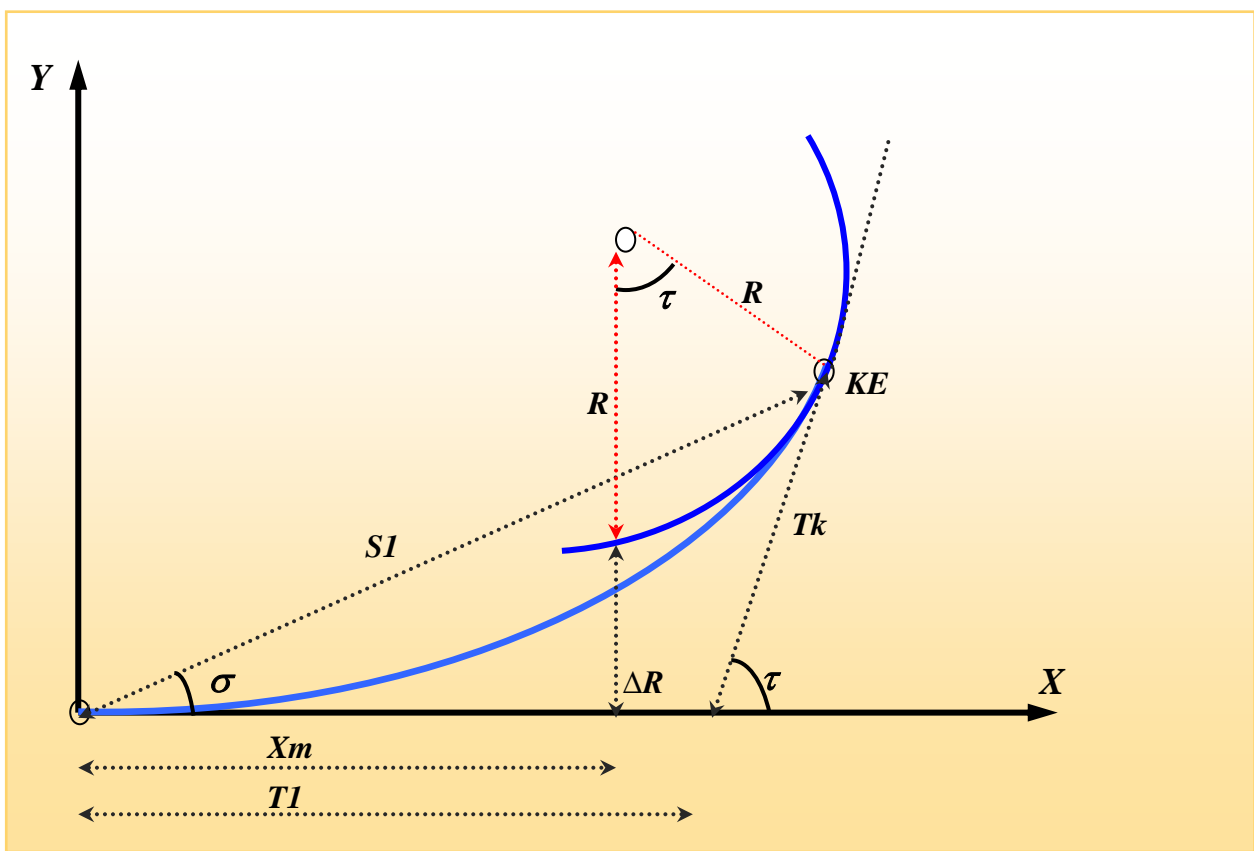
Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

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

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

$$L.R = A^2$$

c).2-Eléments de la Clothoïde :



R : rayon du cercle.

L : longueur de la branche de Clothoïde.

A : paramètre de la Clothoïde.

KA : origine de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

ΔR : ripage.

τ : angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue

σ : angle polaire.

SL : corde **KE –KA**.

M : centre du cercle d'abscisse **Xm**.

Xm : abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**.

Ym : ordonnée du centre du cercle **M** a partir de **KA**.

X : abscisse de **KE**

Y : ordonnée de **KE**

III.4- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

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

a)-Condition de confort optique :

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

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

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

$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rads} \rightarrow L > R/9$ soit $A > R/3$

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

Règle générale (B40) :

- $R \leq 1500m$ $\Delta R = 1m$

$$L = \sqrt{24R\Delta R}$$

- $1500 < R \leq 5000m$

$$L \geq R/9$$

- $R > 5000m$ $\Delta R = 2.5 m$

$$L = 7.75 \sqrt{R}$$

b)- Condition de confort dynamique :

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

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

V_B : vitesse de base (km/h)

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

c)- Condition de gauchissement :

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

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

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

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

Cette variation est limitée à 2%.

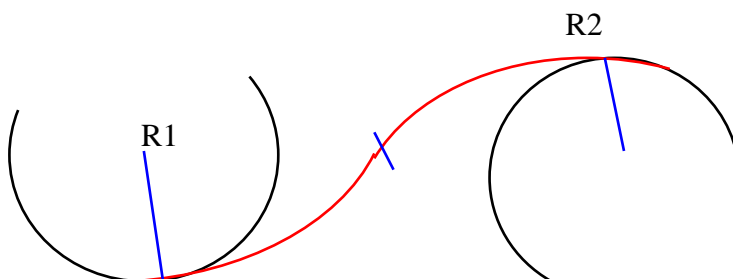
$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_B}{36}$$

III.5- COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

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

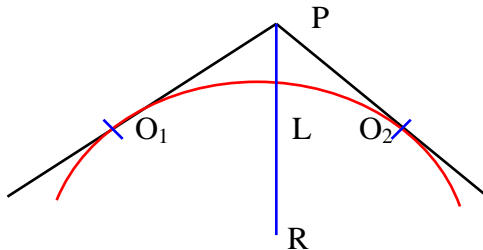
a)- Courbe en S :

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

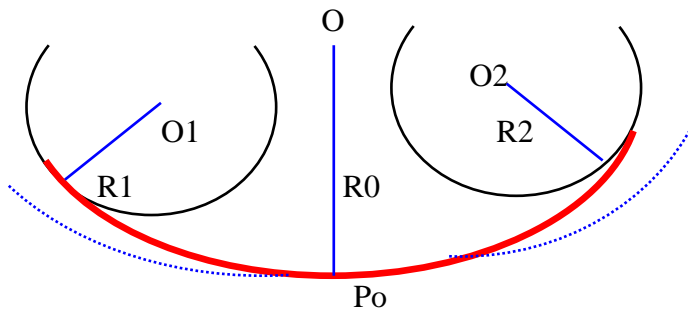


b)- Courbe à sommet :

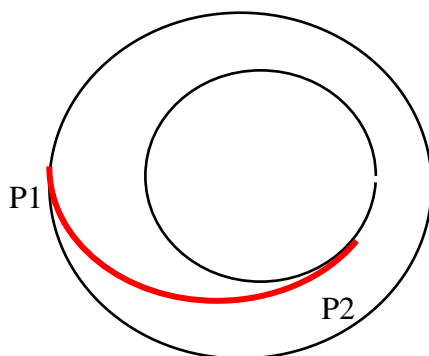
Une courbe constituée de deux arcs de **Clothoïde**, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

**c)- Courbe en C :**

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

**d)- Courbe en Ove:**

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



III. 6- NOTION DE DEVERS :

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

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

a)-Devers en alignement :

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

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

b)-Devers en courbe :

En courbe permet de :

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

c)-Rayon de courbure :

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

d)-Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq RHnd$ le devers est égal à **2.5%** et pour les courbes de rayon $R < RHnd$ un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en « $1/R$ ».

$$RHm < R < RHn \text{ on a: } \frac{d(R) - d(RHm)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}} = \frac{d(RHm) - d(RHn)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}}$$

$$RHn < R < RHd \text{ on a: } \frac{d(R) - d(RHd)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d(RHn) - d(RHd)}{\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd}}$$

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

Raccordement de devers :

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

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des **Clothoïdes** :

- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance **Dmin**.

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

Appelée longueur de gauchissement.

- Pour les courbes en **S**, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le devers peut unique peut être conservé.

III. 7 - LA VITESSE DE RÉFÉRENCE (DE BASE) :

La vitesse de référence (**Vr**) 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 (traversée d'une ville, modification du relief, etc.....).

a) - 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.

b) -Vitesse de projet:

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

On entend par conditions normales:

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace;
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible;

- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

III.8 – PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement **E1** et une catégorie **C2**, avec une vitesse de base de **80km/h**, on définit les paramètres suivants :

<i>Paramètres</i>	<i>Symboles</i>	<i>Valeurs</i>
<i>Vitesse (km/h)</i>	V	80
<i>Longueur minimale (m)</i>	L_{min}	111.11
<i>Longueur maximale (m)</i>	L_{max}	1333.33
<i>Devers minimal (%)</i>	D_{min}	2.5
<i>Devers maximal (%)</i>	D_{max}	7
<i>Temps de perception réaction (s)</i>	t₁	2
<i>Frottement longitudinal</i>	f_L	0.39
<i>Frottement transversal</i>	f_t	0.13
<i>Distance de freinage (m)</i>	d₀	65
<i>Distance d'arrêt (m)</i>	d₁	109
<i>Distance de visibilité de dépassement minimale (m)</i>	d_m	320
<i>Distance de visibilité de dépassement normale (m)</i>	d_n	480
<i>Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m) RHm (m) (d'associe %)</i>	dmd	200
<i>RHN (m) (d'associe %)</i>	RHm	250(7)
<i>RHd (m) (d'associe %)</i>	RHN	450(5)
<i>RHnd (m) (d'associe %)</i>	RHd	1000(2.5)
	RHnd	1400(-2.5)

Tableau III.2: Paramètres fondamentaux

III. 9- CALCUL D'AXE

Dans un calcul d'axe, la grande partie est celle de la courbe de clothoïde (**fig1**), cet élément géométrique particulier qui se définit par des formules mathématiques approchées.

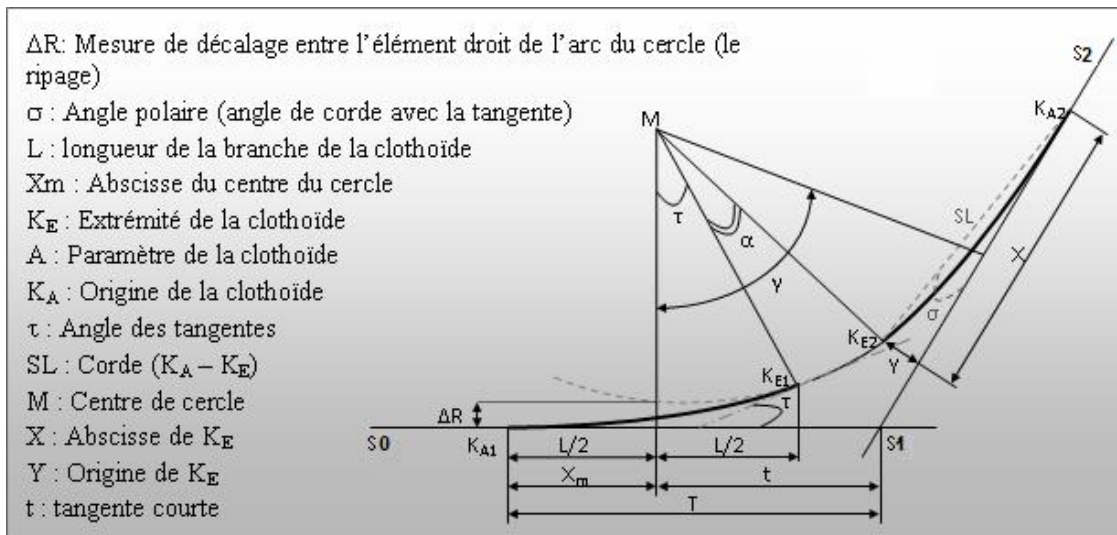


Figure -1- l'élément de la clothoïde

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

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

- Calcul de gisements
- Calcul de l'angle γ entre alignements
- Calcul de la tangente **T**
- Calcul de la corde **SL**
- Calcul de l'angle polaire σ
- Vérification de non chevauchement
- Calcul de l'arc de cercle
- Calcul des coordonnées des points singuliers
- Calcul de kilométrage des points particuliers

III.9.1- Exemple De Calcul D'axe Manuellement :

$V_B=80\text{Km/h}$	$X (m)$	$Y (m)$	$R (m)$
$S0$	100345.4464	195930.2826	800
$S1$	100790.8715	196083.3464	
$S2$	101092.1587	196278.0829	

III.9.1.1- Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :

a)-Calcul du paramètre A :

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

b)-Détermination de L :

b.1)-Condition de confort optique :

$$\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R \quad \text{D'où } 266.67 \leq A_{\min} \leq 800$$

$$R = 800\text{m} < 1500\text{m} \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \Delta R = 1$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 800 \times 1} = 138.56\text{m} \quad \text{Donc } L \geq 138.56\text{m} \quad (1)$$

b.2)- Condition de confort dynamique et de gauchissement :

$$L \geq \frac{5}{36} \Delta d V_B \quad \text{avec : } \Delta d = d + 2.5$$

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

$$d = 3.01\%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 3.01 + 2.5 = 5.51\%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \times 5.51 \times 80 = 61.24\text{m} \quad \text{Donc } L \geq 61.24\text{m} \quad (2)$$

De (1) et (2) on aura:

$$L \geq 138.56\text{m}$$

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 332.9$$

On prend: $A=335\text{ m}$ $L = A^2/R$ donc $L = 140.28\text{m}$

Calcul de ΔR $\Delta R = L^2 / 24R = 140.28^2 / (24 \times 800) = 1.025\text{m}$

$$\Delta R = 1.025\text{m}$$

c)-Calcul des Gisements :

$$S_0 S_1 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S1} - X_{S0}| = 445.4251m \\ |\Delta Y| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = 153.0638m \end{array} \right.$$

$$S_1 S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X_1| = |X_{S2} - X_{S1}| = 301.2872 m \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 194.7365m \end{array} \right.$$

D'où:

$$G_{s0}^{s1} = \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 78.93 \text{ grades} \quad \text{Donc : } G_{s0}^{s1} = 78.93 \text{ grades}$$

$$G_{s1}^{s2} = \arctg \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 63.47 \text{ grades} \quad \text{Donc : } G_{s1}^{s2} = 63.47 \text{ grades}$$

d)-Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s1}^{s2} - G_{s0}^{s1}| = 15.46 \text{ grades} \quad \text{Donc : } \gamma = 15.46 \text{ grades}$$

e)-Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{140.28}{2 \times 800} \times \frac{200}{\pi} \quad \text{Donc : } \tau = 5.58 \text{ grades}$$

f)-Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 5.58 \text{ grades}$$

$$\gamma / 2 = 15.46 / 2 = 7.73 \text{ grades} \quad \text{D'où : } \tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

g)-Calcul des distances:

$$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2} = \sqrt{445.4251^2 + 153.0638^2} = 470.99 m$$

$$\overline{S_2 S_1} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{301.2872^2 + 194.7365^2} = 358.7426 m$$

h)-Caractéristiques de la courbe de raccordement:

Abscisse de cercle

$$X_m = L/2$$

$$X_m = 70.14m$$

Origine de cercle

$$y = L^2/6R$$

$$= 4.0997m$$

Abscisse de KE

$$X = L(1 - \frac{L}{40R}) = 140.17m$$

La tangente

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg}(\gamma/2)$$

$$T = 167.88m$$

donc :

$$T = 163.156m$$

i)-Calcul des Coordonnées SL :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{140.17^2 + 4.0997^2} = 140.2812m$$

donc :

$$S_L = 140.2812m$$

j)-Calcul de σ :

$$\sigma = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X} = \operatorname{arctg} \frac{4.0997}{140.17} = 1.86 \text{ grades}$$

donc :

$$\sigma = 1.86 \text{ grades}$$

k)-Calcul de l'arc:

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2\tau)]}{200}$$

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot 800(15.46 - 2 \times 5.58)]}{200} = 53.6970m$$

donc:

$$K_{E1} K_{E2} = 53.6970m$$

l)-Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + \overline{TX} \sin(300 - G_{S0}^{S1}) \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + \overline{TX} \cos(300 - G_{S0}^{S1}) \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 100632.1065m \\ Y_{KA1} = 196028.7814m \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \cos (300 - G_{S0}^{S1} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \sin (300 - G_{S0}^{S1} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 100766.0505 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 196070.4686 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \times \cos(300 - G_{S1}^{S2}) \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T \times \sin(300 - G_{S1}^{S2}) \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 100931.8635 \text{ m} \\ Y_{KA2} = 196174.4779 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \cos (300 - G_{S1}^{S2} - \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \sin (300 - G_{S1}^{S2} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 100811.8741 \text{ m} \\ Y_{KE2} = 196101.805 \text{ m} \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

PROFIL EN LONG

IV. 1- DÉFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

IV. 2- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG :

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur:

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

IV.3-LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

IV. 4- COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

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

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- D'envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:
- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

IV.5- DÉCLIVITÉS :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

IV.5.1- Déclivité Minimum :

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

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

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

IV.5.2- Déclivité Maximum :

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

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

Donc, La déclivité maximale dépend de :

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

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

Selon les B40

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

IV.6 - RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

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

IV.6.1 - Raccords Convexes (Angle Saillant) :

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

a)- Condition de confort :

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

Limitation de l'accélération verticale :

$g/40$ pour cat.1-2

$$V_r^2/R_v < g/40$$

Pour $g=10m/s$

$$R_{v \min} = \begin{cases} 0,3 V_r^2 \text{ pour cat } 1 - 2 \\ 0,23 V_r^2 \text{ pour cat } 3 - 4 - 5 \end{cases}$$

Dans notre cas $R_{v \min} = 0.3 V_r^2$

Avec : R_v : rayon vertical (m)

V_r : vitesse référence (Km/h).

b)- Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccords des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

D_1 : distance d'arrêt (m)

h_0 : hauteur de l'œil (m)

h_1 : hauteur de l'obstacle (m)

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

$h_0 = 1.1$ m, $h_1 = 0.15$ m

On trouve :

$$R_v = 0.24 d_1^2$$

IV.6.2 - Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

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

Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec : R_v' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt.

Condition esthétique :

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

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

Avec : d : changement des devers.

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

IV. 7 -CARACTÉRISTIQUES DES RAYONS EN LONG :

Pour le cas de raccordement de autoroute est-ouest et sud el karimia, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants (*selon le B40*) :

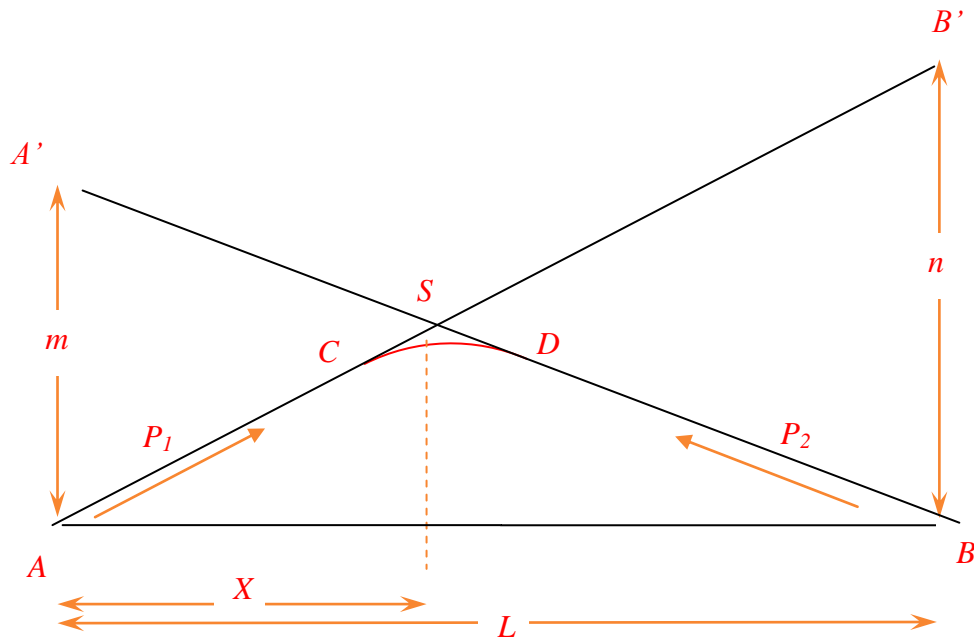
<i>Catégorie</i>		<i>C₂</i>
<i>environnement</i>		<i>E₁</i>
<i>Vitesses de base (Km/h)</i>		<i>80</i>
<i>Rayon en angle saillant RV</i>	<i>Route unidirectionnelle : (2x2 voies)</i>	
	<i>R_{Vm1} (minimal absolu) en m</i>	<i>2500</i>
	<i>R_{Vn1} (minimal normal) en m</i>	<i>6000</i>
<i>Rayon en angle rentrant RV</i>	<i>Route unidirectionnelle : (2x2 voies)</i>	
	<i>R'_{Vm1} (minimal absolu) en m</i>	<i>2400</i>
	<i>R'_{Vn1} (minimal normal) en m</i>	<i>3000</i>
<i>Déclivité maximale</i>	<i>I_{max}(%)</i>	<i>6</i>

Tableau IV-1**IV.8- DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :**

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points **A, B, S**.
- Donnée le rayon **R**.

Cas d'un rayon convexe :



$$A \begin{cases} X_A = 119066.855m \\ Z_A = 199292.3687 m \end{cases} \quad B \begin{cases} X_B = 120127.5926m \\ Z_B = 199307.8355 m \end{cases}$$

$$S \begin{cases} X_S = 119601.8856 m \\ Z_S = 199317.0055 m \end{cases}$$

R = 8000 m

Note : l'échelle suivant l'axe de x égale a 1/500

L'échelle suivant l'axe de z égale a 1/200

a)- Calcul des pentes :

$$P_1 = \Delta Z / \Delta X \quad P_1 = \frac{(199317.0055 - 199292.3687) * 200}{(119601.8856 - 119066.855) * 500} = 0.0184 \quad P_1 = \mathbf{1.84\%}$$

$$P_2 = \Delta Z / \Delta X \quad P_2 = \frac{(199307.8355 - 199317.0055) * 200}{(120127.5926 - 119601.8856) * 500} = -0.007 \quad P_2 = \mathbf{-0.7\%}$$

b)- Calcul de la tangente :

- $T = (8000/2) \times (0.0184 + 0.007) = \mathbf{101.6 m}$

c)- Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$\bullet C \begin{cases} X_C = 119601.8856 - \frac{101.6 \times 1000}{500} = 119398.6856 \text{ m} \\ Z_C = 199317.0055 - 101.6 * \frac{1000}{200} * 0.0184 = \mathbf{199307.6583 \text{ m}} \end{cases}$$

$$\bullet D \begin{cases} X_D = 119601.8856 + \frac{101.6 \times 1000}{500} = \mathbf{119805.0856.7578 \text{ m}} \\ Z_D = 199317.0055 - 101.6 * \frac{1000}{200} * 0.007 = \mathbf{199313.4495 \text{ m}} \end{cases}$$

d)- Calcul de la longueur de raccordement:

$$L = 2 \times T = 2 \times 101.6 = 203.2 \text{ m}$$

e)- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):

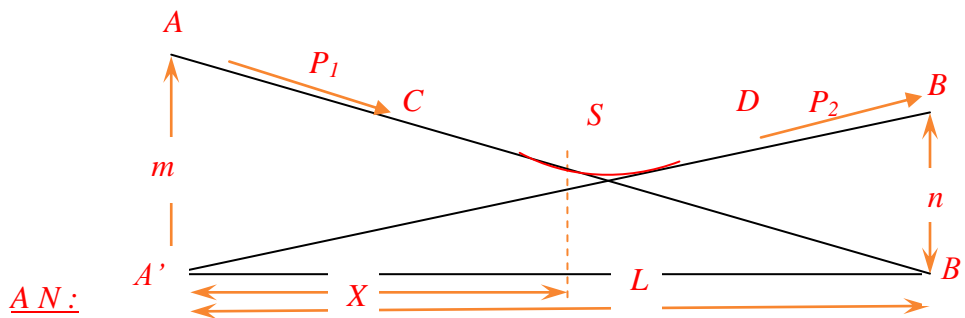
$$\begin{cases} X_{J/C} = R \times P_1 \\ Z_{J/C} = X_{J/C} \times P_1 - \frac{(X_{J/C})^2}{2 \times R} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{J/C} = 8000 * 0.0184 = 147.2 \text{ m} \\ Z_{J/C} = 147.2 * 0.0184 - \frac{(147.2)^2}{2 * 8000} = 1.3542 \text{ m} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = X_C + X_{J/C} = 119398.6856 + 147.2 * \frac{1000}{500} = 119693.0856 \text{ m} \\ Z_J = Z_C + Z_{J/C} = \mathbf{199307.6583} + 1.3542 * \frac{1000}{200} = 199314.4293 \text{ m} \end{cases}$$

Cas d'un rayon concave :

- R=3000



$$A \begin{cases} X_A = 119647.6666 \text{ m} \\ Z_A = 200378.5131 \text{ m} \end{cases} \quad B \begin{cases} X_B = 120436.8977 \text{ m} \\ Z_B = 200307.7178 \text{ m} \end{cases} \quad S \begin{cases} X_S = 120236.0088 \text{ m} \\ Z_S = 200301.7311 \text{ m} \end{cases}$$

a)- Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z}{\Delta X} = \frac{(200301.7311 - 200378.5131) * 200}{(120236.0088 - 119647.6666) * 500} = -0.05219 \quad P_1 = -5.22\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z}{\Delta X} = \frac{(200307.7178 - 200301.7311) * 200}{(120436.8977 - 120236.0088) * 500} = 0.0119 \quad P_2 = 1.19\%$$

b)- Calcul de la tangente :

- $T = (3000/2) * (0.0119 + 0.0522) = 96.15m$

c)- Calcul des coordonnées des points de tangentes :

- C $\begin{cases} X_C = 120236.0088 - 96.15 * 1000/500 = 120043.7088m \\ Z_C = 200301.7311 + 96.15 * \frac{1000}{200} * 0.0522 = 200326.8262m \end{cases}$
- D $\begin{cases} X_D = 120236.0088 + 96.15 * 1000/500 = 120428.3088m \\ Z_D = 200301.7311 + 96.15 * \frac{1000}{200} * 0.0119 = 200307.4520m \end{cases}$

d)- Calcul de la longueur de raccordement:

$$L = 2 * T = 2 * 96.15 = 192.3m$$

e)- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):

$$\begin{cases} X_{J/C} = R * P_1 \\ Z_{J/C} = X_{J/C} * P_1 - \frac{(X_{J/C})^2}{2 * R} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{J/C} = 3000 * 0.0522 = 156.6m \\ Z_{J/C} = 156.6 * 0.0522 - \frac{(156.6)^2}{2 * 3000} = 4.086m \end{cases}$$

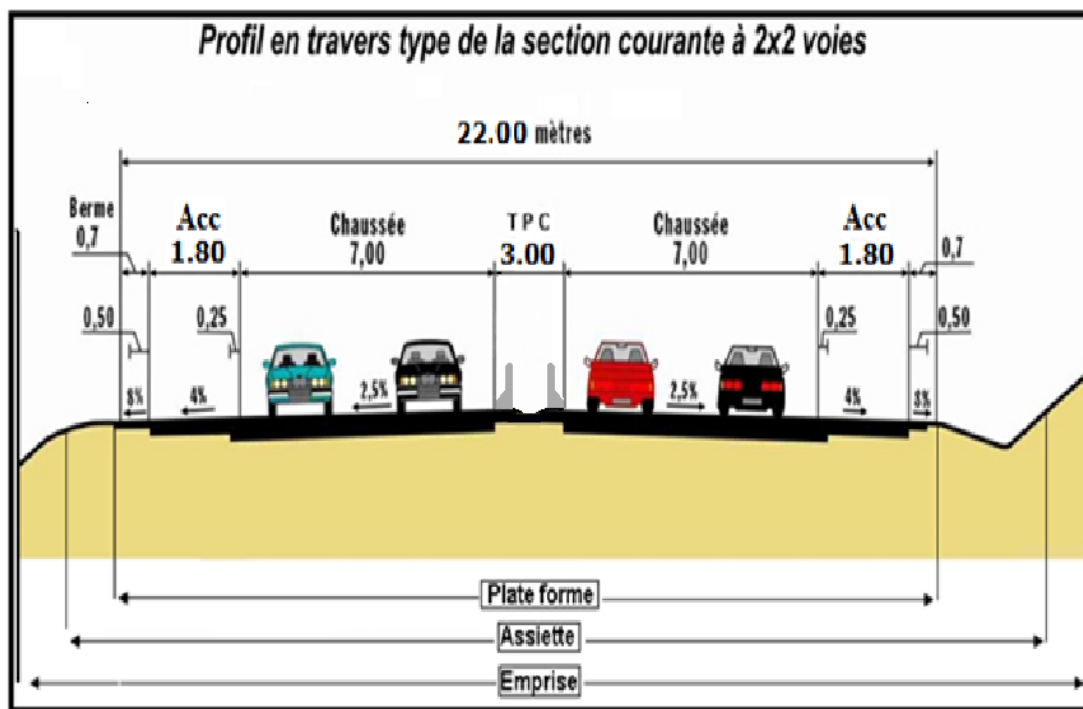
$$J \begin{cases} X_J = X_C + X_{J/C} = 120043.7088 + 156.6 * \frac{1000}{500} = 120356.9088m \\ Z_J = Z_C - Z_{J/C} = 200326.8262 - 4.086 * \frac{1000}{200} = 200306.3962m \end{cases}$$

PROFILS EN TRAVERS

V.1. Définition :

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...).

V.2. Les éléments du profil en travers :



- **L'emprise** : partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.
- **L'assiette** : surface du terrain réellement occupée par la route.
- **Plate-forme** : surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.
- **Chaussée** : surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.
- **Accotements** : zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée.

L'accotement est constitué de la berme et de la bande d'arrêt d'urgence.

- ✓ **Bande d'arrêt d'urgence** : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- ✓ **La berme** : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- **Terre- plein central (T.P.C)** : Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- **Couche de surface ou de roulement** : La couche de surface constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné permet d'encaisser les efforts et le cisaillement provoqués par la circulation et d'assurer l'imperméabilisation de la chaussée.
Cette couche peut être simple c'est à dire réalisée en une seule couche d'un matériau, ou multiple, c'est à dire réalisée en plusieurs de matériaux différents.

Dans ce dernier cas, on appelle couche de roulement celle qui est en contact direct avec les roues ; les autres couches sont appelées couches de liaison.

- **Couche de base**: La couche de base a pour objet de résister aux efforts verticaux et de répartir sur le terrain les pressions qui en résultent .elle est constituée d'un matériau non traité de bonnes caractéristiques mécaniques.
- **Couche de fondation** : La couche de fondation forme avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base .mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité (le tuf).
- **Sous couche** : Lorsque le corps de chaussée doit être préservé contre certains effets, on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire appelée sous couche (anti-contaminant pour empêcher les remontées d'argile, drainante pour assurer le drainage de la fondation, ou anticapillaire pour couper les remontées capillaires).
- **Couche de forme** : La couche de forme est la surface de terrain préparée sur laquelle est édifiée la chaussée. Dans certains cas, on peut avoir intérêt à remplacer sur certaine épaisseur le sol naturel par un meilleur sol, sélectionné à cet effet on constitue ainsi une couche de forme qui améliore la portance du support en permettant entre autre la circulation des engins de chantier.
- **Les trottoirs** : dans les agglomérations les accotements sont spécialement aménagés pour la circulation des piétons, ils prennent le nom de trottoir.
- **Banquettes** : lorsque le bord de l'accotement d'une route en remblai est plus de 1,00m au dessus du sol naturel, on réduit les risques d'accident en établissant une levée de terre appelée banquette .de nos jours les banquettes sont remplacées par des glissières de sécurité.
- **Descentes de l'eau** : Elles permettent l'évacuation des eaux de ruissellement le long des talus de remblai ou de déblai.

V.3. Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

V.3.a) Le profil en travers type :

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

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

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

V.3.b) Le profil en travers courant :

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

V.4. Application au projet :

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

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune : $(2 \times 3.5) \times 2 = 14.00\text{m}$.
 - un terre-plein central de 3 m : 3.00m.
 - accotement de 1.80m : $2 \times 1.8 = 3.60\text{m}$.
- une berme de 0.70m pour chaque côté. : $2 \times 0.70 = 1.40 \text{ m}$.

CUBATURES

VI.1- INTRODUCTION:

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

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

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.

Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

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

VI.2- DEFINITION :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes 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 :

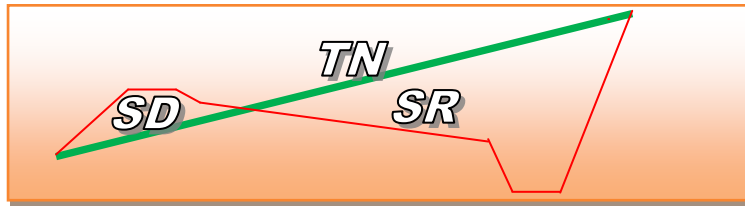
- les profils en long.
- les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

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

VI.3- Méthode de calcul des cubatures :

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plate-forme de voie (une fois tous les 10 m et à chaque point de changement de déclivité de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel)

Nous considérons sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe)



Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers

3-1. Formule de Mr SARRAUS :

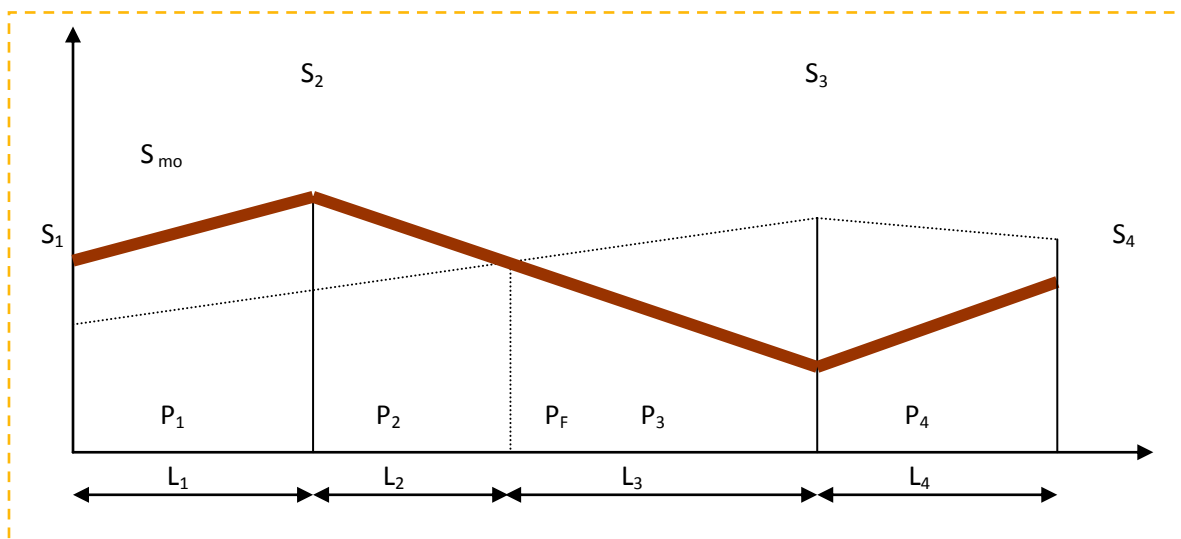
On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde.

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



P_f : profil fictif surface nulle

S_1 et S_2 : surface des deux profils en travers P_1 et P_2



L_i : distance entre ces deux profils

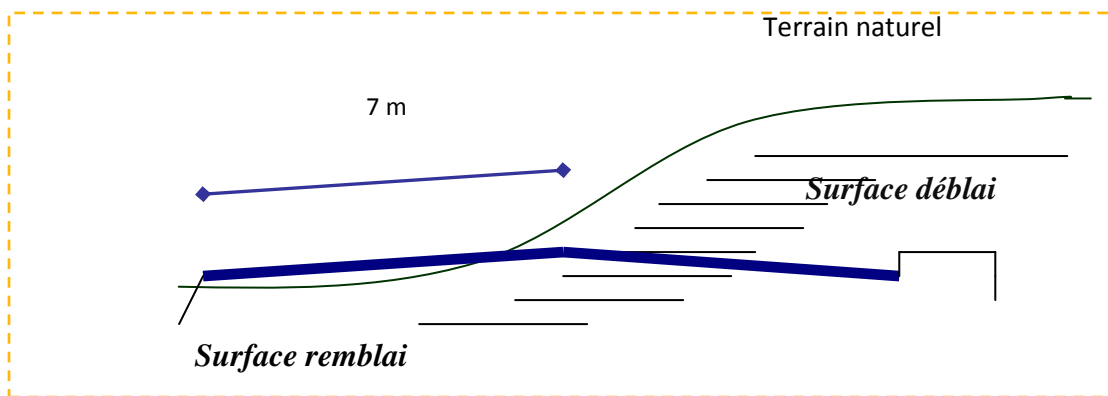
S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P_1 et P_2)

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

$$V_1 = L_1 / 6(S_1 + S_2)$$

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

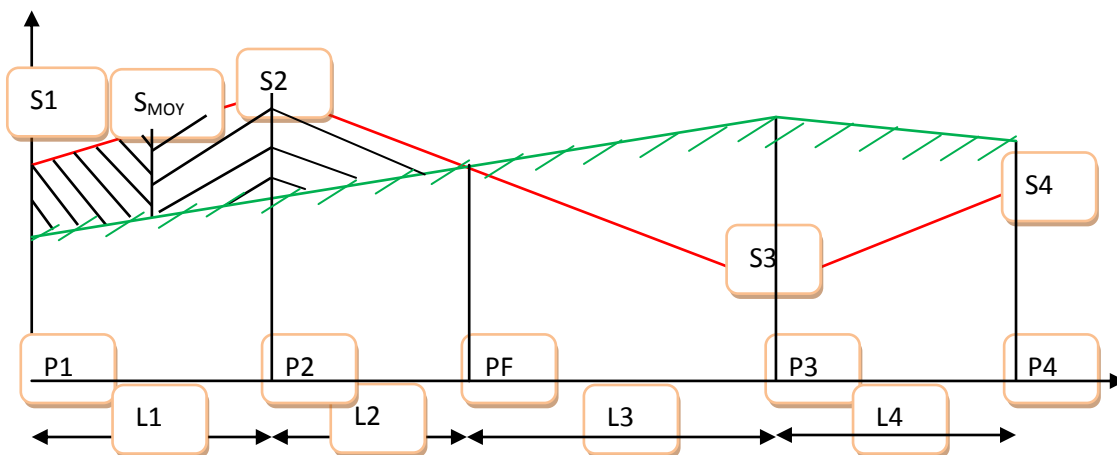
$$V = L_1 (S_1 + S_2) / 2 + L_2 S_2 / 2 + L_3 S_3 / 3 + L_4 (S_3 + S_4) / 2$$



Coupe transversale d'une chaussée.

VI.4-Application :

La figure ci-dessous représente le profil en long d'un tracé donné.



PF: profil fictif, surface nulle.

Si: surface du profil en travers Pi.

Li : distance entre ces deux profils.

S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Le volume compris entre les deux profils en travers P₁ et P₂ de section S₁, S₂ sera égal à :

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour un calcul plus simple on a considéré que : $S_{\text{moy}} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

$$\text{D'où : } V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre p1 et p2 : } V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre p2 et pf : } V_2 = L_2 \cdot \frac{(S_2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre pf et p3 : } V_3 = L_3 \cdot \frac{(0 + S_3)}{2}$$

$$\text{Le volume total V : } V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \cdot S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) \cdot 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \cdot S_4$$

VI.5- Calcul des cubatures de terrassement :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel covadis9.1

4.1. Résultats des calculs des cubatures :

Pour le calcul automatique des cubatures par covadis9.1, les résultats sont en annexes.

Volume de déblai=104552.75m³

Volume de remblai=209338.2m³

Voir (Annexe)

ETUDE GEOTECHNIQUE

VII.1-INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

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

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés; Ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

VII.2-LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

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

VII.2.1-L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

VII.2.2-Les visite sur site et les essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « in-situ » permettant :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

VII.2.2.1-La reconnaissance « in-situ » :

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance

« in-situ » en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis.

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

a)-Les forages :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire.

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés :

Manuellement : ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m.

Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et ou remaniés.

A la tarière : la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié.

La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement.

A la sondeuse : on peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.

Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire.

b)- Les méthodes géophysique :

La prospection sismique : le principe consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes primaires ou ondes P (les plus rapides) et à en déduire la nature du sol traversé.

Quelques valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol

<i>Nature du sol</i>	<i>Vitesse Vp (m/s)</i>
<i>Argiles et limons</i>	<i>400-1500</i>
<i>Sables et gravies</i>	<i>300-1200</i>
<i>Roches altérés</i>	<i>800-2500</i>
<i>Roches massives</i>	<i>200-6000</i>

Ces méthodes permettent de déterminer de façon approximative l'épaisseur des différentes couches et leur nature, elles ne s'appliquent pas dans le cas de fortes teneurs en eau.

La prospection électrique :

Cette méthode est basée sur la mesure de la résistance électrique d'un volume de sol entre deux électrodes placées en surface, elle permet de connaître les différentes couches de sols et leurs épaisseurs, et en général de contrôler l'homogénéité des terrains.

La méthode est bien adaptée pour les sols à fortes teneurs en eau.

c)-Les essais de pénétration :

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trousse coupante à son extrémité et de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétromètres sont utilisés :

- Pénétromètre dynamique.
- Le standard pénétromètre test ou SPT.
- Pénétromètre statique.

VII. 2.3 - Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Les essais d'identification.
- Les essais mécaniques.

Les essais d'identification:

- Teneur en eaux et masse volumique.
- Analyse granulométrique.
- Limites d'Atterberg.
- Equivalent de sable.
- Essai au bleu de méthylène (ou à la tache).

Les essais mécaniques :

- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Assai Micro Deval.

VII.2.3.1 - Les essais d'identification :

a)-Masse volumique et teneur en eau:

Teneur en eau : exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit $\omega = W_w/W_s$

Masse volumique : (γ) est la masse d'un volume unité de sol : $\gamma = W/V$.

On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$

Principe de l'essai: on utilise le principe de la poussée d'Archimède .En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

But de l'essai: le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

Domaine d'utilisation: cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

b) -Analyses granulométriques :

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.

Principe d'essai : l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoires reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes

But de l'essai : c'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

Domaine d'utilisation: la granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

c)-Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (Wp) : caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité.

Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

Limite de liquidité (WL) : caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

$$W_L = \omega (N/25)^{0.121}$$

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups

N: nombre de coups

L'indice de plasticité (I_p), $I_p = W_L - W_p$

Principe de l'essai : la détermination de W_L et W_P nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

But de l'essai : cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

Domaine d'application : l'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme)

d)-Equivalent de sable :

Lorsque les sols contiennent très peu des particules fines, les limites D'ATTERBERG ne sont pas mesurables, pour décaler la présence en quantité plus ou moins importante de limon et d'argile, on réalise un essai appelé « équivalent de sable ».

Principe de l'essai : l'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm ; il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).

But de l'essai : cet essai permet de mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. Et surtout utilisé par les matériaux routiers et les sables à béton. Car il permet de séparer les sables et graviers des particules fines comme les limons et argiles.

Cet essai très intéressant révèle au laboratoire et sur chantier grâce à sa simplicité, sa rusticité, son faible coût et sa rapidité.

Domaine d'application : cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants :

- classification des sols.
- Etude des sables et sols fins peu plastique.
- Choix et contrôle des sols utilisables en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sablés à béton.

- Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.

e)-Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) :

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 100gramme de sol s'appelle « Valeur Au Bleu » du sol et est notée VBs, la VBs reflète globalement :

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol (0/d) avec $d \leq 10\text{mm}$ et à ajouter à cette suspension des doses successives de 5 ml d'une solution de bleu de méthylène jusqu'à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, l'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

La valeur VBs est alors calculée à l'aide de la relation :

$VBs = VBs (0/d) \times C (0/d) / 100C (0/d)$ étant le pourcentage de la fraction 0/d du sol étudié.

VII.2.3.2-Les Essais Mécaniques :

a) - Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y a aussi l'énergie normale.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposé en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compactée avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage.

Les grains passants par le tamis de **5 mm** sont compactés dans le moule Proctor.

But de l'essai : l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau

c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

Domaine d'utilisation: cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

b) - Essai C.B.R (California Bearing Ratio): On réalise en général trois essais :

« CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ».

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

Principe de l'essai : on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, 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.

Les passants sur le tamis inférieur à **20 mm** dans le moule CBR.

But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

Domaine d'utilisation: cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

c)- Essai Los Angeles :

L'essai *LA* est un essai très fiable est de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à **1,6 mm** produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine Los Angeles.

But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par choc et la résistance obtenue par frottement des granulats.

Domaine d'application: l'essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de roulement)

d)- Essai Micro Deval :

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide).

On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à **1.6 mm**

(Tamis de **1.6 mm**) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.

But de l'essai : l'essai Micro-Deval humide permet de mesurer la résistance à l'usure des matériaux dans des conditions bien définies. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

Domaine d'application: choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

VII. 3 - CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension $> 80\text{mm}$.
- Matériaux plastique $I_p > 20\%$ 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 30cm 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 à notre projet.

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VIII.1. INTRODUCTION :

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

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

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

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

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

VIII.2. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :

VIII.2.1. Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

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

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

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

- D'imperméabiliser la surface de chaussée
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence)
- D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bon uni)

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

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

Couche de base :

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

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

Couche de fondation :

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

Couche de forme :

À court terme, la couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plate-forme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

À long terme, elle doit permettre d'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante, de maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvant être estimée avec une précision suffisante au stade du dimensionnement de la structure de chaussée et d'améliorer la portance de la plate-forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme - structure de chaussée.

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

VIII.2.2. Chaussée semi -rigide :

On distingue :

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...).

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

VIII.2.3. Chaussée rigide :

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

VIII.3. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT :

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

VIII.3.1. Trafic :

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

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

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

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

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

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

N: Trafic cumulé.

A: Facteur d'agressivité globale du trafic.

C: Facteur de cumul.

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

τ : Taux de croissance du trafic.

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

VIII.3.2. Environnement :

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

VIII.3.3. Le sol support:

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

Les plates-formes sont définies à partir :

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

VIII.4. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

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

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

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

VIII.4.1. Méthode de C.B.R :

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

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

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

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

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

\log : Logarithme décimal.

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

L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_q = \sum e_{réelle} \times a_i$$

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

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

<i>Matériaux utilisés</i>	<i>Coefficient d'équivalence « a_i »</i>
<i>Béton bitumineux ou enrobe dense</i>	<i>2.00</i>
<i>Grave ciment – grave laitier</i>	<i>1.50</i>
<i>Sable ciment</i>	<i>1.00 à 1.20</i>
<i>Grave concasse ou gravier</i>	<i>1.00</i>
<i>Tuf</i>	<i>0.7 à 0.8</i>
<i>Grave roulée – grave sableuse T.V.O</i>	<i>0.75</i>
<i>Sable</i>	<i>0.50</i>
<i>Grave bitume</i>	<i>1.60 à 1.70</i>

Les valeurs des coefficients d'équivalence (Tableau 8)

VIII.4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

VIII.5. APPLICATION AU PROJET :

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

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

VIII.5. 1. Méthode CBR :

- Trafic de la mise en service : $TJMA_{2013} = 11249 V/J$
- Le trafic à l'année horizon c'est à dire à la 20^{ème} année d'exploitation avec : $n=20$ et $\tau=4\%$
 $TJMA_{2033} = 24647 V/J$
- Le pourcentage de poids lourds étant 25%, ce qui donne un trafic (N) de poids lourds (PL) de :

$$N = \left(\frac{24647 \times 0.25}{2} \right) \times 0,9$$

$$N_{2033} = 2773 PL/J/sens$$
- P: Charge par roue $P = 6.5 t$ (essieu 13 t).

On ajoute une autre couche s'appelle couche de forme (sous sol)

Donc notre nouveau CBR est égale à 10

(La couche de forme est de 40 cm d'épaisseur)

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5}) \times \left(75 + 50 \cdot \log \frac{3892}{10} \right)}{10 + 5}$$

$$e = 40.17 \text{ cm}$$

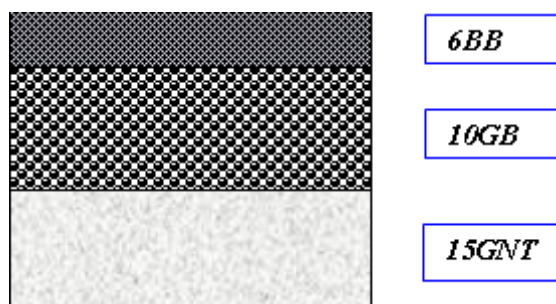
$$e \approx 41 \text{ cm}$$

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

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

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

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



VIII.5. 2. Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTPP »:

- $TJMA=11249 > 1500$ v/j alors en a on réseaux principal « RP1 ».
- Le projet est à CHLEF alors la zone climatique «II».
- Durée de vie 20 ans.
- Taux de croisement $\tau=4\%$.
- $CBR = 5$ (sous sol)

Détermination de la classe de trafic TPL_i :

$$TPL = \left(11249 \times \frac{0.3}{2} \right) = 1406 \text{ PL/J/sens.}$$

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

Classe de trafic (Tableau 9)

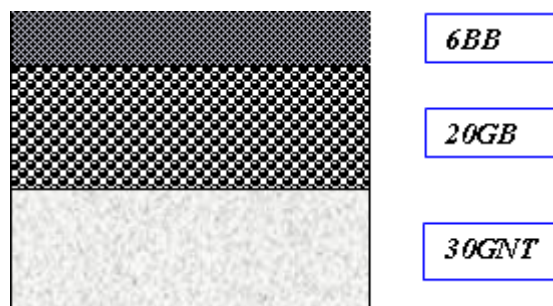
Détermination Classe de sol support :

Selon le tableau suivant (Tableau 10) $CBR = 10 \Rightarrow S_3$

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

Classe du sol (Tableau 10)

D'après la fiche structure fascicule N03 on choisit : **6 BB 20 GB 30 GNT**



Vérification la structure suivante : 6BB + 20GB + 30GNT

Selon les 3 fascicules de catalogue on a :

- Importance du projet routier : Réseau Principal de Niveau 1(**RP1**).
- Durée de vie : $n = 20$ ans.
- Année de mise en service : **2013**
- Trafic : $TPLi = 1406 \text{ PL/J/sens}$
- Taux de croissance : $\tau = 4 \%$.
- Coefficient d'agressivité PL : $A = 0,6$.
- Risque de calcul : $r = 10\%$.(Tableau : 5; fascicule : 2)
- La zone climatique: **II**. (Tableau : 7 ; fascicule : 2)
- $\Theta_{eq} = 20^\circ \text{C}$ (Tableau : 8 ; fascicule : 2)
- Sol support : CBR= 10%.Classe : S2.
- $ESOL = 5 \times CBR = 5 \times 10 = 50 \text{ Mpa}$.
- Coefficient de poisson = **0,35**.
- Condition aux interfaces : Toutes les couches sont collées.
- Coefficient de calage : $kC = 1,3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Dispersion sur la loi de fatigue : $SN = 0,45$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Dispersion sur les épaisseurs (en cm) : $Sh = 3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Pente de la fatigue : $b = -0,146$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Coefficient $c = 0,02$
- Fractile de la loi normale : $t = -1,282$ (Tableau : 16 ; fascicule : 2)
- Module complexe du matériau bitumineux à 10°C : $E (10^\circ \text{C}) = 12500 \text{ Mpa}$
(Tableau : 13fascicule : 2)
- Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente :
 $E (\Theta_{eq} = 20^\circ \text{C})$ $GB = 7000 \text{ Mpa}$. $BB = 4000 \text{ Mpa}$ (Tableau : 13; fascicule : 2)

Déformation limite : $\Theta (10^\circ \text{C}, 25\text{HZ}) = 100 \cdot 10^{-6} \text{ Mpa}$. (Tableau : 13 ; fascicule : 2)

Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :

$$TCEi = TPLi \times ((1 + \tau)^n - 1) \times 365 \times A / \tau = 1406 \times (1.04^{20} - 1) \times 365 \times 0.6 / 0.04 = 9,16 \cdot 10^6$$

$$TCEi = 9,16 \cdot 10^6$$

Modélisation de la structure de chaussée :

$$E_{\text{sol}} = 25 \text{ Mpa}, \gamma = 0,35$$

Eforme (sur deux couche)

$$E_{\text{forme } 1} = 2 \times E_{\text{sol}} = 50 \text{ Mpa}, \gamma = 0,25$$

$$E_{\text{forme } 2} = 2 \times E_{\text{forme}} = 100 \text{ Mpa}, \gamma = 0,25$$

$$E_{\text{fondation}} = 500 \text{ Mpa}, \gamma = 0,25$$

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

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

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

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

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \cdot 10^{-3} \times (9,16 \times 10^6)^{-0,235} = 508 \cdot 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 508 \cdot 10^{-6}$$

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

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

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

$$k_{ne} = (TCE_i / 10^6)^b = (9,16 \times 10^6 / 10^6)^{-0,146} = 0,724$$

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

$$k_r : \text{facteur lié au risque et dispersions } k_r = 10^{-tb\delta} = 10^{-(0,609 \times 0,146 \times 1,282)} = 0,769$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(c \times \frac{s_h}{b}\right)^2} = \sqrt{0,45^2 + \left(\frac{0,02 \times 3}{0,146}\right)^2} = 0,609$$

$$\epsilon_{t,ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0,724 \times 1,33 \times 1,3 \times 0,769 = 96 \cdot 10^{-6}$$

$$\epsilon_{t,ad} = 96 \cdot 10^{-6}$$

Déformations calculées Déformations admissibles :

$$\epsilon_{z \text{ Sol support}} = 508 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{t \text{ à la base de GB}} = 96 \times 10^{-6}$$

	<i>Déformations calculée</i>	<i>Déformations admissibles</i>
$\epsilon_{z \text{ Sol support}}$	285×10^{-6}	508×10^{-6}
$\epsilon_{t \text{ à la base de GB}}$	71×10^{-6}	96×10^{-6}

Tableau de comparaison

VIII.6. Conclusion :

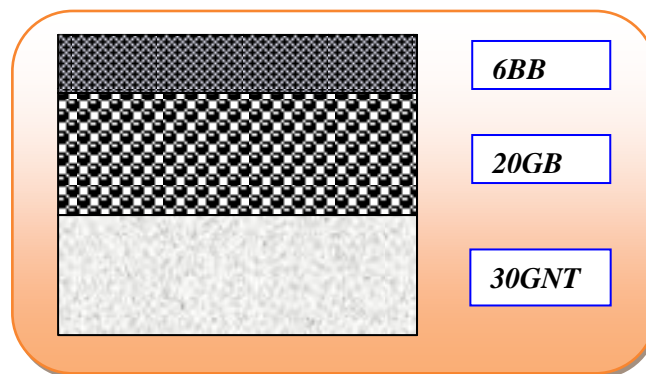
D'après les tableaux ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes.

La méthode CBR c'est une méthode empirique ne prend pas en considération le comportement physique et mécanique de chaussée.

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

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

Donc après les calculs et la vérification des déformations par ALLIZE III on prendra la structure qui donnée par la méthode de catalogue algérien.



Corps de chaussée

CARREFOURS

IX.1. INTRODUCTION :

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau.

Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

IX.2- LES DIFFÉRENTS TYPES DE CARREFOUR :

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

IX.2.1- Carrefour à trois branches (en T): c'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

IX.2.2 - Carrefour à trois branches (en Y): c'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°)

IX.2.3 -Carrefour à quatre branches (en croix) : c'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi)

IX.2.4 - Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

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

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.



Carrefour en croix



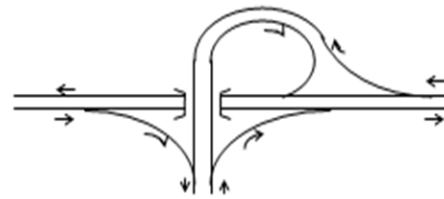
Carrefour en Y



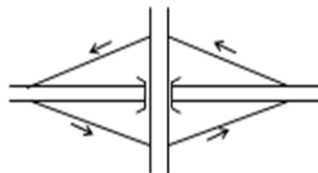
Carrefour en T



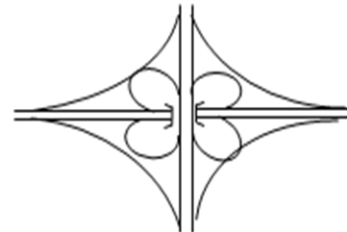
Carrefour giratoire



Echangeur en trompettes



Echangeur en losange



Echangeur en trèfle complet

Différents types des carrefours.

IX. 3. DONNÉES UTILES À L'AMÉNAGEMENT D'UN CARREFOUR:

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

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

IX. 4- PRINCIPES FONDAMENTAUX DE CONCEPTION :

La conception des carrefours doit prendre en compte dans les différentes étapes de sa démarche, qu'il s'agisse de la conception générale ou de la conception géométrique, les principes fondamentaux suivants :

- Le respect de la **compatibilité avec le type de route, et les comportements** que ce type induit.
- **L'intégration et** homogénéité des aménagements, contribution au rythme et au sectionnement de l'axe.
- **La lisibilité** de l'aménagement, en favorisant une reconnaissance facile, rapide et non ambiguë du fonctionnement du carrefour abordé.
- **L'optimisation des conditions de sécurité** pour tous les flux de trafic, y compris pour les courants très secondaires.
- Le respect d'un **niveau élevé de fluidité des flux prioritaires**.
- **La prise en compte des usagers particuliers** (piétons, cyclistes, transports en commun, poids lourd).
- **La visibilité** : Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possible, à cet effet il est préconiser d'atteindre des vitesses d'approche à vide

En cas la visibilité insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est d'imposer une réduction de vitesse ou de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlots séparateurs ou débouché les voies non prioritaires).

IX.5- TYPE D'AMENAGEMENT DES CARREFOURS GIRATOIRES :

Les giratoires sont généralement moins coûteux que les intersections à niveau mais ils requièrent une grande surface de terrain et un îlot central de grandes dimensions, en plus, ils se prêtent mal à la circulation des piétons dont il faut prévoir des traversés appropriés.

La priorité dans les giratoires est généralement à gauche (priorité au giratoire).

Les avantages et les inconvénients du carrefour giratoire :

Les avantages :

- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace,
- Modération de la vitesse,
- Amélioration de la sécurité,
- Accroissement de la capacité,
- Diminution des nuisances,
- Faciliter d'insertion d'un grand nombre des branches, Economie de régulation et d'exploitation,
- Permet d'autre par des demi-tours.

Les inconvénients :

- Empiètement d'emprise important,
- Entretien de l'îlot central et éventuellement les îlots séparateurs.
- Traversée difficile des piétons,
- Absence de régulation du trafic, par le non-respect par les usagers de la route du régime de priorité.

Principaux critères de choix:

- ***La sécurité :***

C'est un critère prioritaire sur une route principale, le giratoire présente toujours un meilleur niveau de sécurité qu'un carrefour plan ordinaire : le nombre et la gravité des accidents sont en générale beaucoup plus faibles.

Il faut cependant noter que le réaménagement d'un carrefour plan ordinaire (voie de tourne à gauche, îlot sur la route secondaire, par exemple) peut permettre d'améliorer très sensiblement le niveau de sécurité (parfois à coût modéré).

- **Le Coût :**

Les coûts des carrefours plans sont très variables selon les contraintes locales, la réutilisation plus ou moins importante de la chaussée existante (dans le cas de réaménagement), leur niveau d'équipement, la réalisation de voies rabattement, etc.

Certains éléments de l'aménagement (éclairage, aménagements paysagers, choix des matériaux ...) peuvent majorer très sensiblement le coût du projet. En outre, il convient de tenir compte des coûts de fonctionnement (l'entretien, éventuellement la consommation électrique due à l'éclairage).

- **Le temps perdu :**

Ce critère est également important sur les axes où circule un trafic de longue ou moyenne distance (rarement prédominant mais que l'on peut décider d privilégier). Il faut aussi tenir compte du trafic d'intérêt local sur les axes d'importance secondaire.

Le temps perdu comprend, en substance, deux composantes dont la part respective varie en fonction des niveaux de trafic en présence :

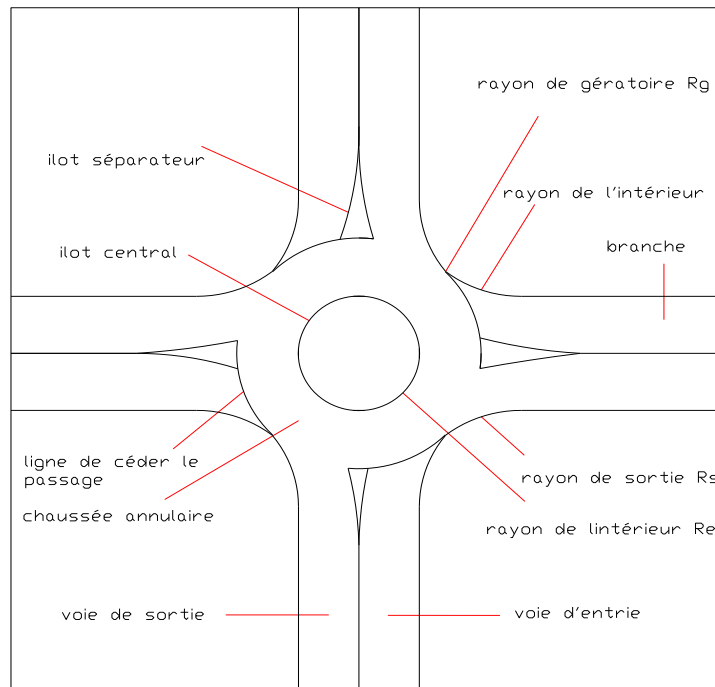
Le retard lié au trafic : dit retard de congestion, il est dû au non priorité et aux intersections entre les véhicules. Il peut être assimilé au temps d 'attente en file et en tête de file.

Le retard géométrique : C'est le retard subi par un véhicule en franchissant l'aménagement, en l'absence de toute gêne due au trafic. En effet un carrefour impose à certains flux des ralentissements

Pour un giratoire, le temps d'attente sont en générale négligeable en rase compagne.

Données De Base :

- La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide (V_0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.



D'après le **B40** :

En catégorie 2 et environnement 1, $V_0 = 80\text{km/h}$ et $V_B = 80\text{km/h}$. (4 voies).

$a = 2.5\text{m}$ (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt)

$$(d'p \text{ (VP)} = 175\text{m. } d'p \text{ (PL)} = 220\text{m.} - d'p \text{ (t.à.g)} = 185\text{m.} - d'p \text{ (t.à.d)} = 165\text{m.})$$

Les îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les voies de circulation.

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 : **1m**.
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : **1m**.
- Rayon en tête d'îlot séparateur : **0.5 m à 1m**.
- Longueur de l'îlot : **15 m à 30 m**.

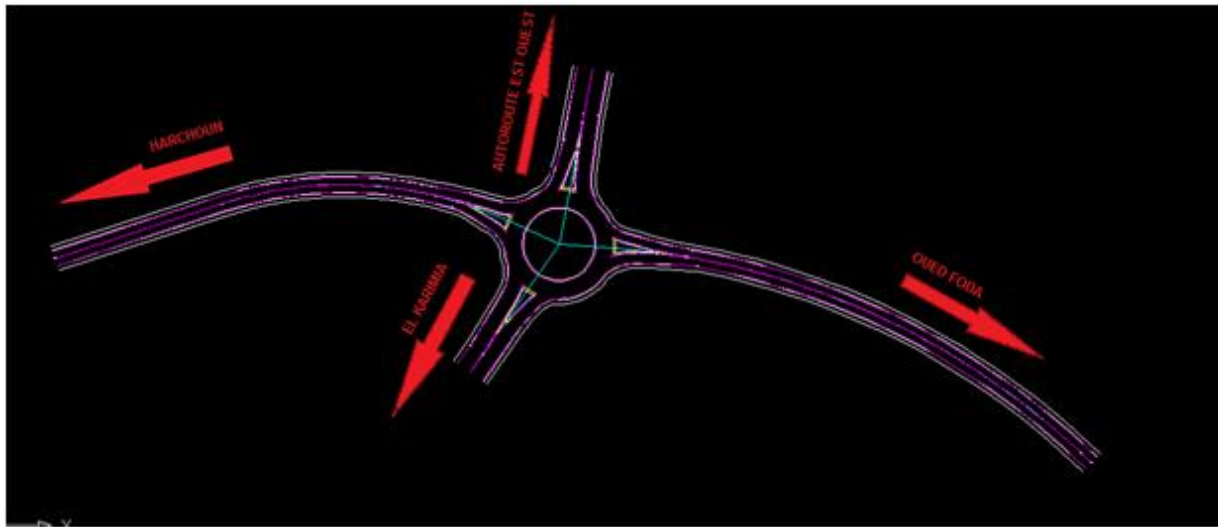
Îlot Directionnel :

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**

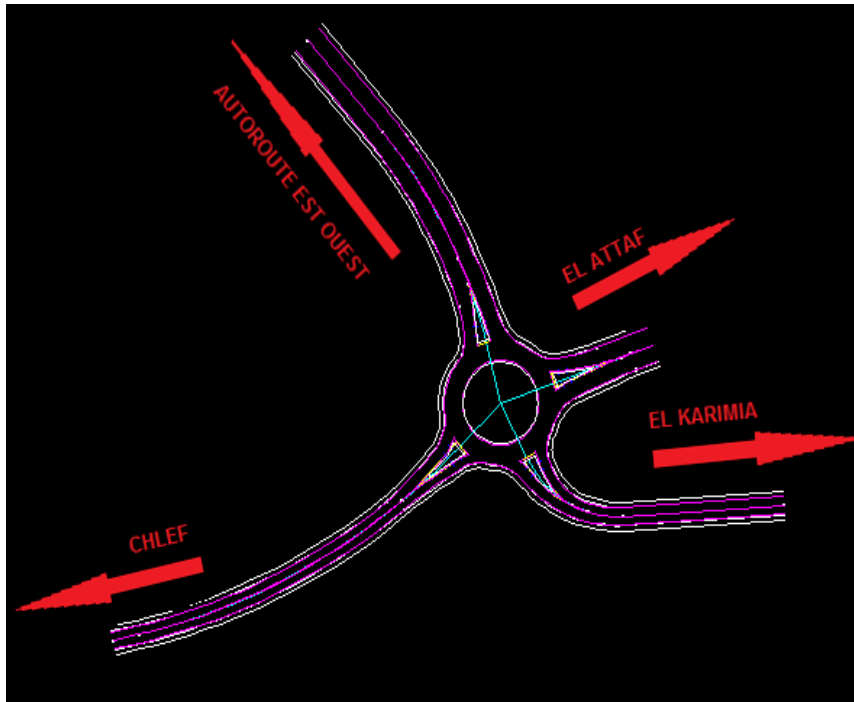
IX. 6- APLICATION AU PROJET :**Objectif :**

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

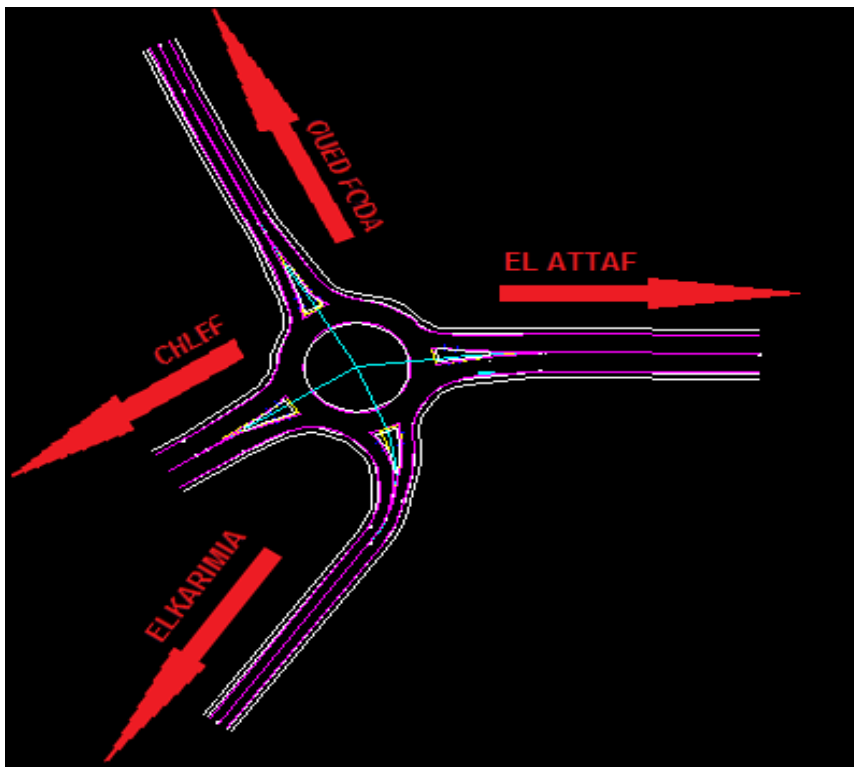
Pour notre cas on adopte pour l'itinéraire trois carrefours giratoire, qui sont aménagés comme suit:



Carrefour N° 01: Carrefour plan au PK 5+916m



Carrefour N° 02: Carrefour plan au PK 9+812m.



Carrefour N° 03: Carrefour plan au PK 10+777m.

Paramètre fondamentaux :

Pour les trois carrefours on a :

- *Le rayon de giratoire $R_g = 7m$*
- *Le rayon de sortie $R_s = 20 m$*
- *Le rayon de l'entrée $R_e = 15 m$*
- *Chaussée annulaire $L_a = 8 m$*

Route principale :

Voie d'entrée $L_e = 5 m$

Voie de sortie $L_s = 7 m$

Route secondaire :

Voie d'entrée $L_e = 4 m$

Voie de sortie $L_s = 5 m$

Pour les caractéristiques des carrefours voir l'annexe (COVADIS 9.1)

ASSAINISSEMENT

IX. 1- INTRODUCTION:

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

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

IX. 2 -DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES:

IX.2. 1 - Nécessité Du 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. 2. 2 - 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 suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

IX.3-NATURE ET ROLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT ROUTIER :

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés.

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

IX.4 - DONNEES PLUVIOMETRIQUES:

Les données pluviométriques nécessaires pour les calculs sont :

- Coefficient de variation $C_v=0,40$
- Exposant climatique $b=0,29$
- Hauteur de pluie journalière moyenne $P_j=0.41\text{mm}$

IX.5-DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'EVACUATIONS :

Le dimensionnement de différents types d'ouvrages d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le début de saturation de chaque type d'ouvrage.

IX.5.1-Estimation de débit d'apport Q_a :

$$Q_a = K. C. I_t.A$$

selon la méthode rationnelle

- K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s). $K = 0.2778$.
- I_t : 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).

a) Détermination de l'intensité de la pluie I_t :

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^\beta \quad \text{avec : } \beta = b - 1$$

- I : Intensité de la pluie (mm/h).
- t_c : temps de concentration (h).

b) L'intensité horaire I :

$$I = \frac{P_j}{24}$$

- P(t) : Hauteur de la pluie de durée t_c (mm).

Temps de concentration t_c :

$$\checkmark t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} \quad \Rightarrow \text{Si } A < 5 \text{ km}^2, \text{ selon VENTURA.}$$

$$\checkmark t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}} \quad \Rightarrow \text{Si } 5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2, \text{ GIANDOTTI.}$$

$$\checkmark t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H}} \quad \Rightarrow \text{Si } 25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2: \text{ PASSINI}$$

Où :

- A : Superficie du bassin versant (km²).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

Pluie journalière maximale annuelle P_j :

- Pluie journalière maximale annuelle P_j est donné par la formule de GALTON

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

- P_{moy} : pluie moyenne journalier.
- C_v : coefficient de variation climatique.
- U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,282	2,05	2,372

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

c) Coefficient de ruissellement :

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

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement ou 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

IX.5.2-débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler :

$$Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

- S : section mouillée.
- K_{ST} : coefficient de STRICKLER
 - K_{ST} = 70 pour les dalots.
 - K_{ST} = 80 pour les buses.
- R_H: rayon hydraulique (m). R_H= S / P
- J : la pente moyenne de l'ouvrage.

IX.5.3-Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s . Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

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

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

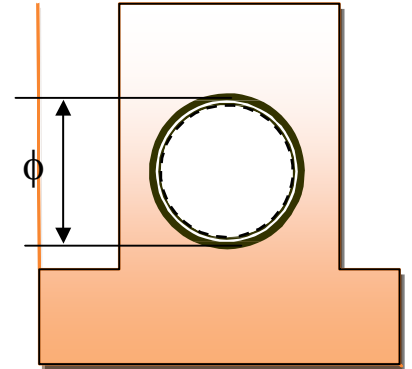
- S_m : section mouillée

$$S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

- R_h : rayon hydraulique
- $K_{st} = 80$ pour les buses en béton

$$R_h = \frac{R}{2}$$

- J : la pente de pose égale la pente de profil en travers.



$$Q_s = 80 \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot (J)^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \quad \text{donc :} \quad R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

- Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\phi = 2R$.

IX.5.5-Dimensionnement des fossés :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support. Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous

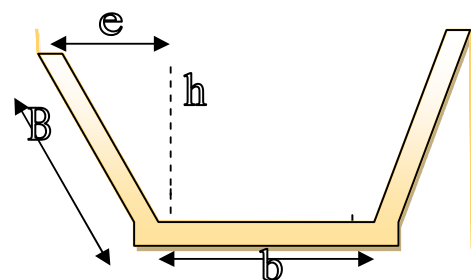
On fixe la base de la fosse à ($b = 40$ cm) et la pente du talus à ($1/n = 1/1 = 1$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h

Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = b \cdot h + 2 \cdot \frac{e \cdot h}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où : } e = n \cdot h$$

$$S_m = b \cdot h + n \cdot h^2 = h \cdot (b + n \cdot h)$$



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

Calcul du périmètre mouille :

$$P_m = b + 2B$$

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

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

Calcul le rayon hydraulique :

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

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

$$Q_a = Q_s \quad K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

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

IX.6-APPLICATION AU PROJET :

IX.6.1. Rappel des données pluviométriques :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- Pluie moyenne journalière maximale $P_j = 40$ mm
- Exposant climatique $b = 0,29$
- Coefficient de variation $C_v = 0,41$

IX.6.2. Calcul hydraulique :

a- Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j :

$$P_j (\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \cdot \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Pour une période de retour égale à 10 ans :

$$u = 1,282 \quad C_v = 0,41 \quad P_{j\text{moy}} = 40\text{mm.}$$

$$P_j(10\%) = \frac{40}{\sqrt{0.41^2+1}} \cdot e^{1,282 \cdot \sqrt{\ln(0.41^2+1)}} \Rightarrow P_j(10\%) = 61.39\text{mm}$$

b- L'intensité horaire I:

$$I = \frac{P_j(10\%)}{24} \text{ donc : } I(10\%) = \frac{61.39}{24} \Rightarrow I(10\%) = 2.56 \text{ mm/h}$$

c- 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.

$$A_c = 7 \times 370 \cdot 10^{-4} = 0.259 \text{ ha}$$

$$A_A = 1,8 \times 370 \cdot 10^{-4} = 0.0666 \text{ ha}$$

$$A_t = 4 \times 370 \cdot 10^{-4} = 0.148 \text{ ha}$$

d- Calcul des débits d'apport :

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

Le débit apporté par la chaussée :

$$C = 0,9 \quad P = 2,5 \%, \quad I(10\%) = 2.497 \text{ mm/h} \quad A = 0.259 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,259}{2,5}} \Rightarrow t_c = 0,041 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.56 \times \left(\frac{0,041}{24}\right)^{0,29-1} \Rightarrow I_t = 236.11 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{chaussée}} = 2,778 \times 0,9 \times 345.33 \times 0.259$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 152,89 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par l'accotement :

$$C = 0,4 \quad P = 4\% \quad I(10\%) = 2.56 \text{ mm/h} \quad A = 0,0666 \text{ ha}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,0666}{4}} \Rightarrow t_c = 0,0164 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.56 \times \left(\frac{0,0164}{24}\right)^{0,29-1} \Rightarrow I_t = 452.53 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 2,778 \times 0,4 \times 452.53 \times 0,0666$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 33,49 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par Le talus :

$$C = 0,3 \quad P = 66,67\% \quad I (10\%) = 2.56 \text{ mm/h} \quad A = 0,148 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,148}{66,67}} \Rightarrow t_c = 0,00598 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.56 \times \left(\frac{0,00598}{24}\right)^{0,29-1} \Rightarrow I_t = 926.26 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 926.26 \times 0,148$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 114,247 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = (Q_a)_{\text{chaussée}} + (Q_a)_{\text{accotement}} + (Q_a)_{\text{talus}} = 300,627 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

IX.6.3. Dimensionnement des fossés

A partir des résultats obtenus précédemment :

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

$$J = 0.66\% \quad b = 0.4 \text{ m} \quad K_{ST} = 70$$

$$0,301 = 70 \cdot h \cdot (0,4 + 0.015 \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (0,4 + 0.015 \cdot h)}{0,4 + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + 0.015^2}} \right]^{2/3} \cdot (0,0066)^{1/2}$$

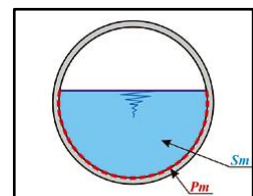
J'ai obtenue par calcul itératif : $h = 0,248$ donc je propose $h = 0,3 \text{ m}$

IX.6.4. Dimensionnement des buses :

On a fait le dimensionnement des buses au PK=10+612, où nous avons un petit oued (drain) qui a un débit calculé en deux bassins versants « $Q = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ »

Donc le débit de saturation devient la somme du : (débit de fossé ($0.301 \text{ m}^3/\text{s}$) + le débit de deux bassins ($1.2 \text{ m}^3/\text{s}$))

$$D'où : Q_T = 0.301 + 1.2 = 1.51 \text{ m}^3/\text{s.}$$



Pour dimensionner les buses on prend $Q_a = Q_s$

$$\text{Tel que : } Q_s = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

- Section et périmètre mouillés :

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

$$\begin{aligned} Hr &= 0,75 \varnothing && \text{si } \varnothing \leq 1\text{m} \quad , \varnothing : \text{diamètre de la buse.} \\ Hr &= 0,80 \varnothing && \text{si } \varnothing > 1\text{ m} \end{aligned}$$

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

$$P_m : \text{ le périmètre mouillé} = \frac{4}{3} \times \pi \times R \quad , R_h : \text{ rayon hydraulique} = \frac{3}{5} \times R$$

R : rayon de la buse.

Pour la pente hydraulique des buses « I », on met : I=1% c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

K_{ST} : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (aux buses préfabriquées).

Nous avons : $Q_a = 1.51\text{m}^3/\text{s}$.

$$Q_s = Q_a = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a = \left(\frac{4}{5} \times \pi \times R^2\right) \times K_{ST} \times \left(\frac{3}{5} \times R\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$R = \left[1.75 \frac{Q_a}{K_{ST} \cdot \pi \cdot I^{1/2}}\right]^{3/8} \Rightarrow \mathbf{R = 429 \text{ mm}}$$

Alors : on prend des buses de diamètre **900** ou **1000 mm**. Selon la disponibilité dans le marché

PK(km)	Les ouvrages buses utilisés
6+867	Passage busé en béton $\Phi = 800 \text{ mm}$
9+137	Passage busé en béton $\Phi = 800 \text{ mm}$
9+622	Passage busé en béton $\Phi = 1000 \text{ mm}$
10+612	Passage busé en béton $\Phi = 1000 \text{ mm}$
12+345	Passage busé en béton $\Phi = 1000\text{mm}$
13+295	Passage busé en béton $\Phi = 800\text{mm}$

SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

XI.1.1 - INTRODUCTION :

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

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale

XI.1.2 - L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE :

La signalisation routière a pour objet :

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

XI.1.3 - CATÉGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

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

XI.1.4 - RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.

- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

XL1.5 - TYPES DE SIGNALISATION :

X.1.5. 1 - Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a)- Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

b)- Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

c)- Signaux à simple indication :

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

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

d)- Signaux de position des dangers :

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

X.1.5.2- Signalisation Horizontale :

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

a)- Marquage longitudinal :

Lignes continue : les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

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

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leurs intervalles.
- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont le largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Modulation des lignes discontinues : elles sont basées sur une longueur parodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

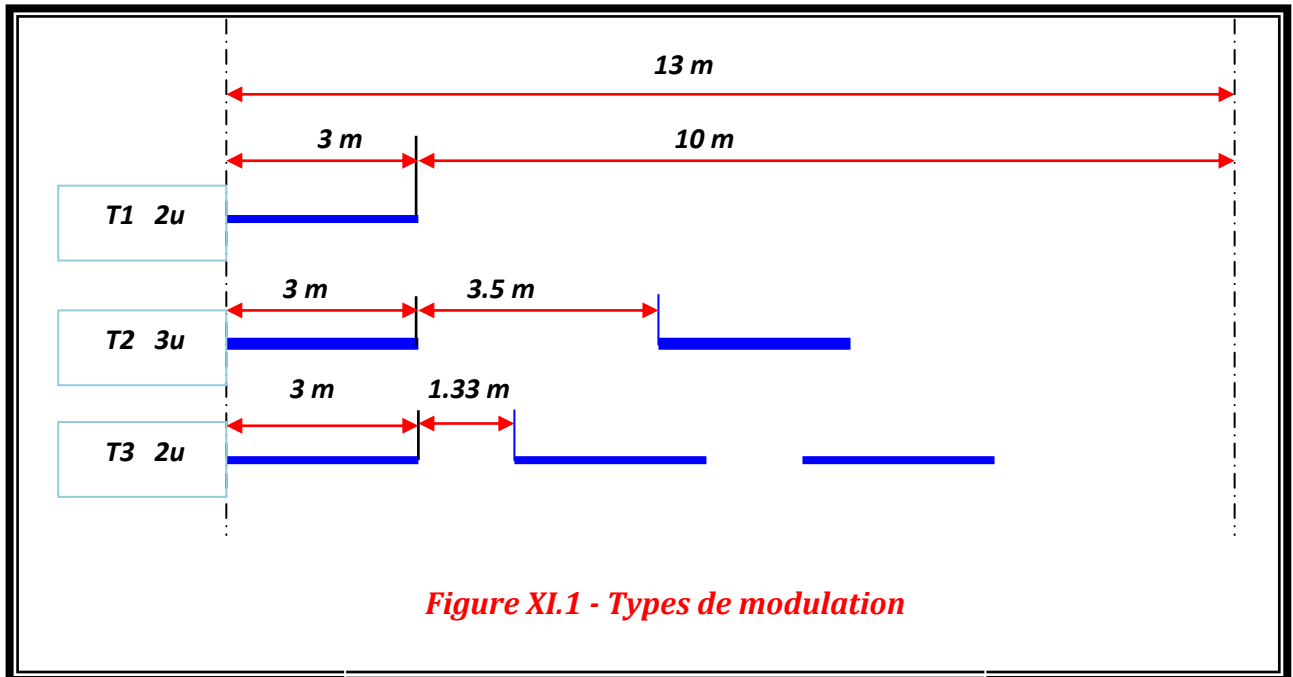


Figure XI.1 - Types de modulation

Tableau XI.1 - Caractéristiques des lignes discontinues

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
$\approx 1/3$	10	3	T_1
	5	1.5	T'_1
≈ 1	3.5	6	T_2
	0.5	0.5	T'_2
≈ 3	1.33	3	T_3
	6	20	T'_3

b)- Marquage transversal :

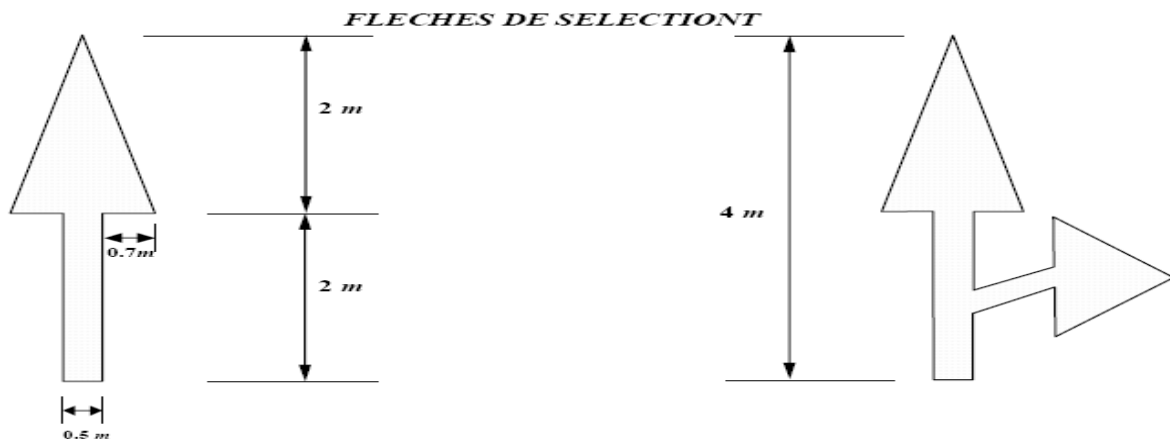
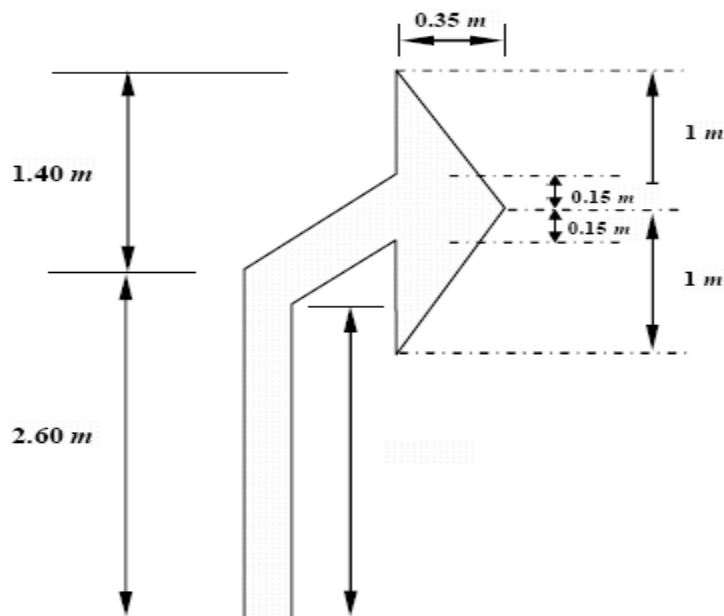
Lignes transversales continue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

Lignes transversales discontinue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient céder le passage aux intersections.

c)-Autre marquage :

Flèche de rabattement : une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

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



XI.1.6- CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MARQUES :

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

XI.1.7-APPLICATION AU PROJET :

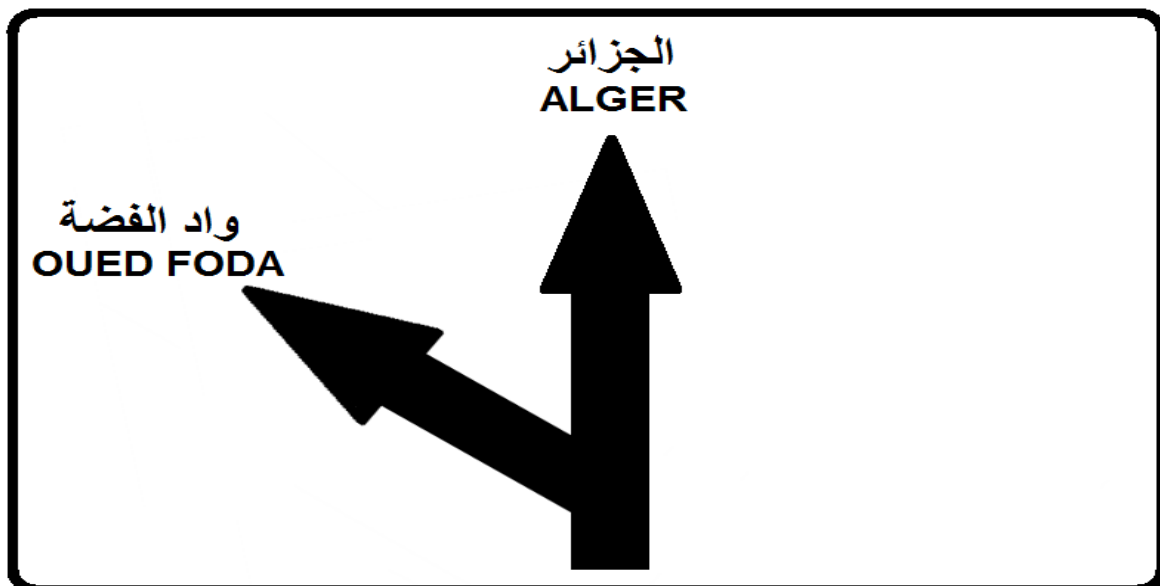
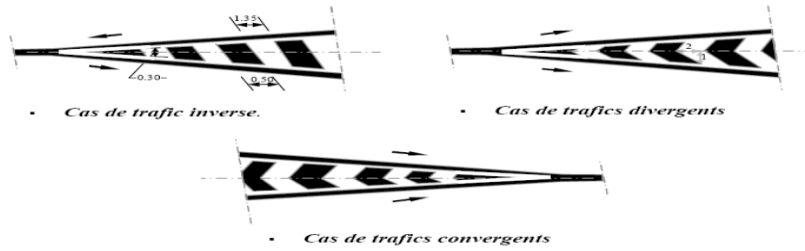
Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

- Pour les routes et voies urbaines : $U = 6\text{cm}$.
- Pour les bretelles et les voies d'accès : $U = 5\text{cm}$.

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





Vitesses limitées



Sens Obligation



Signalisation d'un carrefour giratoire

ECLAIRAGE

XI.2.1-INTRODUCTION :

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

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

Il existe quatre classes d'éclairage public :

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

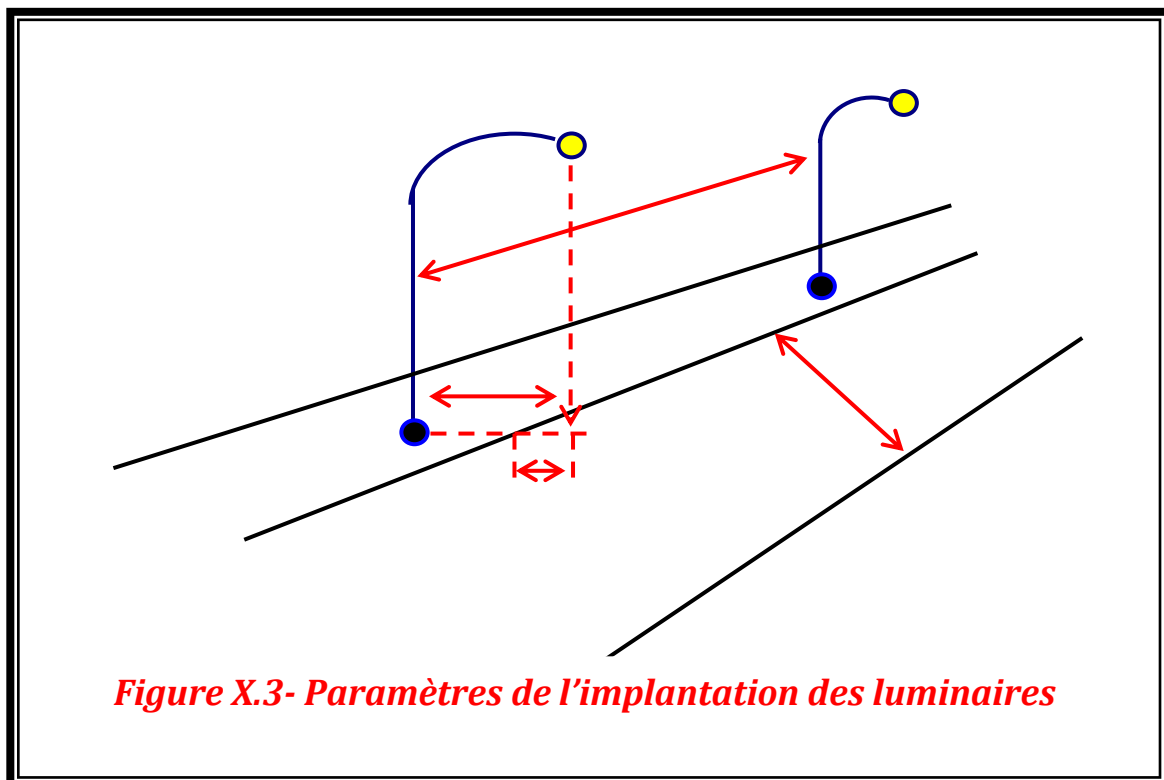
XI.2.2- ÉCLAIRAGE D'UN POINT SINGULIER :

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

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

XI.2.3- PARAMÈTRE DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

- L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée
- La 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.



XI.2.4-APPLICATION AU PROJET :

XI.2.4.1- Eclairage de la voie :

Pour l'éclairage de la voie , des lampadaires avec deux foyers porté chacun par un support éclairant, sont implantés dans le terre plein central au niveau des points singuliers notamment au niveau de l'échangeur projeté, de intersection des routes secondaires et tertiaires, au niveau des pistes ...etc.

OUVRAGES D'ARTS

XII.1- Introduction :

Un ouvrage d'art permet le franchissement d'un oued ou un site très accidenté il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur autoroute, voies ferrées pour le rétablissement des voies des communications.

Un ouvrage d'art est constitué d'un tablier reposant sur deux culées avec ou sans appuis intermédiaires (les piles).

XII.2- Présentation de l'ouvrage :

Notre ouvrages est composée par :

- 2 Ponts.

Situation en plan :

- **Pont N°01(pk 5+575) :** d'une portée de longueur de 30m repose sur deux culées.
- **Pont N°02(pk 11+235) :** d'une portée de longueur de 60m repose sur deux culées et un pile intermédiaire.

1. Choix du type de l'ouvrage :

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui imposent le type d'ouvrage (béton armé, béton précontrainte, mixte).

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- La nature du sol.
- Position possible des appuis.
- Le gabarit à respecter.

Afin de trouver la solution au type d'ouvrage le plus adéquat ; on procédera à une comparaison entre toutes les variantes d'ouvrage (variantes) qui peuvent être envisagées et cela en représentant toutes les caractéristiques des variantes.

Pour chaque type d'ouvrage énuméré, on portera sur le domaine d'utilisation, de l'ouverture de son tablier ainsi que son épaisseur.

Plusieurs solutions sont envisagées, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne répondent pas aux conditions imposées.

On a plusieurs propositions :

2. Les ponts à poutre en béton armé :

Pour ce type, le tablier est constitué de poutres longitudinales, de longueur pouvant aller jusqu'à 20m.

Dans notre cas :

- Pont N°1 :30m
- Pont N°2 :60m

Donc on ne peut pas construire avec ce type de pont ainsi que la complication des coffrages.

3. Les ponts en dalles en béton armé :

Le pont en dalle est préférable pour les portées allant de 15 à 20m, on ne peut pas opter pour cette méthode pour les raisons suivantes :

- Sa consommation plus de béton et d'acier.
- La portée limitée (20m).

4. Les ponts en dalle en béton précontraint :

Ce type n'est pas applicable dans notre cas parce qu'il est préférable d'utiliser ce type pour une longueur de travée de 15 à 23m environ qui est la portée économique.

Par rapport au pont à poutres, les ponts dalles à travées indépendantes ne sont à envisager que dans le cas des ouvertures modérées et lorsque un grand élanement est indispensable.

5. Les ponts à poutre en béton précontraint :

Les ponts à poutres en béton précontraint utilisés pour le franchissement des portées intermédiaires de l'ordre de 25m.

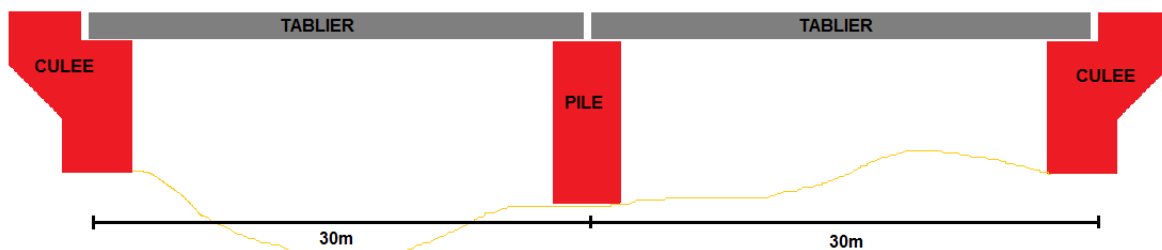
Leurs portées les plus économiques se situent entre 25 et 35m.

Avantages :

- Une meilleure utilisation de la matière puisqu'il n'y a pas de béton inutile.
- Les armatures à haute limite élastique utilisées en béton précontraint sont moins chères à force égale que les aciers de BA.
- La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudages.
- La possibilité de franchir de plus grandes portées qu'avec des ouvrages en béton armé.

XII.3- SOLUTIONS PROPOSEES :

Après avoir examiné toute les types d'ouvrages possibles nous avons choisis de prendre la variante qui est pont à poutre en béton précontraint, pour tous les avantages économique et la facilité de constructions et d'entretiens.



IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1- ETUDES D'ENVIRONNEMENT D'UN PROJET ROUTIER :

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

L'étude d'environnement est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes d'environnement d'un projet.

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

Le périmètre des zones d'influence pourra être défini en fonction des conditions aux limites (unité biogéographique, ou bassin versant pour le milieu terrestre). Il peut aussi dépendre des relations fonctionnelles entre milieu. Ainsi pour chaque périmètre seront définies les caractéristiques à l'origine, et les impacts du projet pour chaque solution envisagée.

L'étude d'environnement d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret N° 90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre : Une analyse détaillée du projet. Une analyse de l'état initial du site et de son environnement. Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Selon (ANONYME 1992) un impact sur l'environnement constitue toute altération de l'état initial d'un site due à la construction, la modification et l'exploitation d'une installation, dans quelque domaine que ce soit.

Réglementairement, la réalisation ou la modernisation d'une infrastructure dont le coût de projet est élevé doit faire l'objet d'une étude d'impact. Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore...), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

XIII.1.1- L'eau :

La loi sur l'eau a renforcé les obligations des maîtres d'ouvrage en matière de précaution et de protection de cette ressource dont on mesure de plus en plus la valeur.

En ce qui concerne les infrastructures routières, les eaux de ruissellement se chargent d'apports provenant des gaz d'échappement, de l'usure des chaussées et des pièces des véhicules (plaquettes de frein, pneumatiques par exemple).

Il est ainsi nécessaire de prévoir des dispositifs permettant de récupérer les eaux superficielles provenant d'une plate-forme routière. L'importance qui sera donnée à ce thème dépendra bien sur la sensibilité du milieu récepteur. Les équipements à mettre en oeuvre seront très limités lorsque les sols seront imperméables, en dehors du lieu d'exutoire. Au contraire, ils devront être sophistiqués pour des zones très perméables et situées au dessus d'une nappe d'eau souterraine. Il est ainsi d'en certains cas, nécessaire d'imperméabiliser totalement l'emprise de la route, y compris les accotements. Dans ce dernier cas il est même nécessaire de mettre en oeuvre des dispositifs empêchant le renversement des véhicules hors emprise (talus de terre par exemple).

Il est nécessaire de prendre en compte les contraintes d'exploitation de l'infrastructure. C'est la viabilité hivernale qui est la plus significative à ce stade. Les polluants sont dans le cas le plus général le chlorure de sodium, mais aussi le chlorure de calcium et le chlorure de magnésium. Ces derniers sont des fondants efficaces à des températures inférieures à -5°.

Autre donnée à prendre en compte, la pollution accidentelle. Elle est liée aux accidents. Les matières principalement incriminées dans ce cas sont les hydrocarbures. Ils ne sont pas miscibles dans l'eau, ils ont un pouvoir polluant très important. La protection contre ce genre de pollution est réalisée par des bassins séparateurs qui permettent d'isoler les hydrocarbures de l'eau, très souvent par des parois siphonides.

XIII.1.2- Faune, Et Flore :

L'impact sur les milieux naturels doit être apprécié sur l'ensemble d'un biotope ou d'une zone écologique dès lors que l'équilibre de la flore et de la faune est menacé. Les zones sensibles sont de plus en plus délimitées et protégées par des classements réglementant les usages et les équipements réalisables à leur abord. Il s'agit des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique, et des zones importantes pour la conservation des oiseaux.

Les zones humides, marais et berges, constituent des biotopes riches en flore et en faune, d'intérêt élevé et en régression. Ces zones sont biologiquement très riches. De plus elles contribuent à l'absorption du gaz carbonique contenu dans l'air, leur production végétale est le premier élément de la chaîne alimentaire des insectes et des oiseaux.

L'étude portera aussi sur les couloirs de migration des animaux. Cet aspect sera étudié tant en ce qui concerne les dispositifs à mettre en œuvre pour maintenir ces migrations qu'en terme de sécurité pour les usagers de la route.

XIII.1.3-L'air :

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement et la poussière. La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO₂ (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs.
- Utiliser d'autres modes de transport.
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- Utiliser d'autres sources d'énergie.
- Régler le trafic.
- Contrôler les véhicules et les vitesses.
- Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

XIII.1.4 – Le Bruit :

Le bruit essentiellement au niveau sonore, ce niveau à un moment donné est insuffisant pour rendre compte de la nuisance sonore à laquelle peuvent être soumis les riverains d'une infrastructure de transport.

Les études de bruit doivent désormais prendre en compte un certain nombre de paramètres qui ont une grande influence sur la transmission du bruit, en particulier les conditions météorologiques les plus favorables ont lieu la nuit avec l'inversion des températures et par vent portant.

Le bruit routier provient du bruit des moteurs et de roulement. Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules en circulation pour la vitesse des PL. Deux facteurs sont bien évidemment à l'origine de ce bruit: le revêtement routier et le pneumatique. Les progrès réalisés dans le domaine des enrobés ont permis de diminuer ce bruit: particulièrement pour les enrobés à faible granulométrie.

Les moyens pour lutter contre le bruit dans un projet routier peuvent prendre plusieurs formes:

- Réduction de la vitesse.
- Implantation de la voie par rapport aux zones bâties, et isolation des bâtiments.
- Construction des buttes de terre, des murs antibruit.
- Baisse du profil en long par rapport au terrain naturel.

XIII.1.5- La Destruction :

La destruction touche seulement les gens qui n'ont pas respecté le plan foncier établi par la commune ainsi que le plan directeur d'architecture et d'urbanisme (P.D.A.U), en plus la destruction de quelques clôtures d'établissement qui gênent le passage de la route.

XIII. 1.6 – La Sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- Réduire la vitesse au niveau des points singuliers.
- Des panneaux de signalisation seront implantés.

CONCLUSION :

Le but de notre étude est de minimiser l'impact négatif sur l'environnement de la zone, tout en privilégiant un contrôle continu sur cet impact durant les années à venir ou le flux des véhicules seront plus important donc plus polluant.

Par ailleurs il est préconisé la réalisation de dalots pour permettre la libre circulation des agriculteurs et des bestiaux des deux côtés de la route car une route fiable génère une activité socio-économique plus intense donc des effets plus importants sur la route.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX/UNITE (DA)	MONTANT
1) Acquisition de terrain	M2	27090	1000	27090000
			TOTAL 1:	27090000
2) Installation de chantier et repliement	F		3% du total (3+4+5)	12872645.75
			TOTAL 2:	12872645.75
3) Dégagement de l'emprise				
* Préparation de terrain y compris défrichage, arrachement des arbres, abatages d'arbres toutes tailles, dessouchage des racines et démolitions diverses enlèvement	M2	19096	250	4774000
			TOTAL 3:	4774000
4) Terrassement				
* Décapage de la terre végétale épaisseurs de 20 à 30cm	M2	27090	50	1354500
* Déblais en terrain meuble mis en remblais	M3	0	450	0
* Déblais excédentaires en terrain meuble mis en dépôt	M3	104553	300	31365825
* Remblais d'emprunt	M3	209338	600	125602920
			TOTAL 4:	158323245
5) Chaussée				
* Mise en place d'une couche de forme en TVO	M3	76407.8	1000	76407790
* Couche de fondation en GNT	M3	58929.3	1500	88393965
* Couche de base en grave bitume	T	11574.2	7100	82176981.36
* Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	79.6446	7800	621227.88
* Couche d'accrochage dosée 200 à 300g/m2	T	22.7556	5800	131982.48
* Couche de roulement en béton bitumineux	T	3043.17	6000	18259000
			TOTAL 5:	265990946.7
6) Ouvrages d'art	M2	1566	400000	626400000
			TOTAL 6:	626400000
7) Ouvrages d'art courant et assainissement	F		10% du total (3+4+5)	42908819.17
			TOTAL 7:	42908819.17
8) Impact sur l'environnement (aménagement des paysages et plantation)	F		1% du total (3+4+5)	4290881.917
			TOTAL 8:	4290881.917
9) Déviation des réseaux	F		3% du total (3+4+5)	12872645.75
			TOTAL 9:	12872645.75
10) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F		5% du total (3+4+5)	21454409.59

			TOTAL 10:	21454409.59
11) Contrôle (bureau d'études et laboratoire)	F		2% total (3+4+5)	8581763.834
12) TOTAL 3+4+5	429088191.7		TOTAL 11:	8581763.834
			COÛT TOTAL:	1185559358
			TVA 17%	201545090.8
			TOTAL EN DA TTC	1387104449

Le coût total du projet est : 1387104449 DA.

(Un milliard et trois cent quatre-vingt sept million et cent quatre mille et quatre cent quarante neuf dinars algériens).

CONCLUSION GÉNÉRALE

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

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

Le même principe a été appliqué au niveau local (les willayas), pour avoir un meilleur aménagement local qui servira par la suite à offrir des meilleures conditions d'échange de circulation entre les différentes localités du pays.

Dans notre projet nous avons introduit le long du tracé des courbes de raccordement en respectant les normes imposées par le B40 pour assurer la sécurité et le confort de l'utilisateur, d'autre part nous avons évité au maximum les contraintes existantes à savoir les réseaux divers, les arbres, les surfaces bâties... tout ceci en tenant compte de l'aspect économique du projet.

Cette étude nous a permis d'appliquer les connaissances théoriques acquises pour cerner les problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels COVADIS , AUTO CAD , et AUTOPISTE.