République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليـــم العالـي و البحـــث العلمـــي

**Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code : ……..……

# Projet de Fin d'Études

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

## Thème

**Etude de l'évitement de la ville d'El Eulma sur 5 km avec étude des deux carrefours**

**Encadré par :**

**Mr. DERRADJI Ayache**

**Présenté par :**

**HADJI Abdelbasset**
**ZIANI Sohaib**

**Promotion 2012**

**Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.**


بسم الله الرحمن الرحيم

# *Remerciements*

***Toute notre parfaite gratitude, grâce et remerciement sont à Allah le plus puissant, clément et Miséricordieux qui nous a donné la force, le courage et la volonté d'élaborer ce travail.***

***C'est avec une profonde reconnaissance et une considération particulière que nous remercions notre promoteur Mr DERRADJI Ayache pour nous avoir encadré et notamment sa disponibilité de tous les instants ainsi que ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.***

***Nos remerciements s'adressent également :***

***A tous nos enseignants durant toutes les étapes de notre parcours scolaire, et exceptionnellement aux enseignants de l'E.N.S.T.P qui nous ont enrichi nos connaissances et notre savoir pendant les cinq ans de formation.***

***Nous n'oublierons pas les membres du jury qui nous font l'honneur de présider***
***et d'examiner ce modeste travail.***

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

***HADJI Abdelbasset.***

***ZIANI Soheyb.***

# الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على اشرف المرسلين محمد بن عبد الله خاتم الأنبياء والمرسلين أما بعد

اهدي **هذا العمل المتواضع..**

إلى التي تعبت وربت وسهرت الليالي إلى أغلى شيء في الوجود

إلى أحب شخص في هده الدنيا بعد الله ورسوله.

إلى أمي الحبيبة.

**التي فرحت دوما لنجاحي وسعادتي. أسأل** الله أن يطيل عمرها لكي أرد جزءا من خيرها

**إلى الذي جعل مني رجلا إلى الذي أفنى عمره من أجل راحتي ودراستي**

**إلى أبي الغالي.**

**إلى كل الإخوة الأعزاء**(مريم وخولة وبلال ورميصة وسلمان ورفيدة)

إلى كل الأهل والأقارب وإلى كل من ارتبط إسمي بهم

**كما لا أنسى** كل الاصدقاء الدي عرفتهم **طول مشواري الدراسي**

والى رفيق الدرب **حاجي عبد البلسط**- وأسال الله أن يوفقه و يجزيه أحسن جزاء

**كما لأنسى أن لشكر من أمدني بيد المساعدة الأستاذ** دراجي العياشي

وإلى كل طلبة المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية واخص بالذكر دفعة السنة الخامسة-2011/2012

أخوكم زياني صهيب

# *DEDICACES*

***Tout d'abord je tien à remercié le dieu puissant.***
***Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère.***
***Ainsi que mon père.***
***Qui ont su être à mes cotés dans les moments difficile sans lesquels je n'aurai pas abouti à ce stade d'étude, ainsi que chaque instant de bonheur qu'ils m'ont procuré, fasse dieu que je puisse les honorés.***

***A la mémoire de mon cher frère KHALED (رحمه الله )qui me soutient depuis tout le temps***
***A mes chers frères Youssef , Makhlouf***
***A mes sœurs Hafida ,Mounira ,Leila que je les aime beaucoup et son enfants Hamouda, Alaa***
***A ma famille et à la famille DJEBLAHI***
***A Mon ami et binôme ZIANI Sohaib qui était mon frère durant tout le cycle d'étude***
***A tous qui mon aidés de loin ou de prés pour la réalisation de ce mémoire.***
***A tous mes amis d'enfance et du Long parcours scolaire et Universitaire***
***A Tous ceux qui m'aiment et que j'aime***

***HADJI Abdelbasset***

# SOMMAIRE


**INTRODUCTION**

**CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET**

**I.1.** Introduction 02
**I.2.** Présentation de la ville. 02
**I.3.** Descriptions générales de la nouvelle trace. 03
**I.4.** Objectifs principaux de l'étude. 03

**CHAPITRE II : PHASE APS**

**II.1.**Introduction. 04
**II.2.**Localisation du fuseau retenu. 04
**II.3.**Description du couloir. 05

**CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC**

**III.1.**Introduction. 09
**III.2.**Analyse du trafic. 09
**III.3.**Différents type de trafics. 10
**III.4.**Calcul de la capacité. 10
**III.5.**Application au projet. 13

**CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN**

**IV.1.**Introduction. 16
**IV.2.**Règles à respecter dans le tracé en plan. 16
**IV.3.**Les éléments du tracé en plan. 17
**IV.4.**Combinaison des éléments de tracé en plan. 22
**IV.5.**La vitesse de référence 23
**IV.6.**Paramètres fondamentaux. 23
**IV.7.**Calcul d'axe. 24

**CHAPITRE V : PROFIL EN LONG**

**V.1.**Introduction 29
**V.2.**Règles à respecter dans le tracé du profil en long. 29
**V.3.**Coordination du tracé en plan et profil en long. 30
**V.4.**Déclivités. 30
**V.5.**Raccordements en profil en long. 31
**V.6.**Détermination pratiques du profil en long. 32
**V.7.**Choix des éléments géométriques. 35
**V.8.**Exemple de calcul de profil en long. 35

**CHAPITRE VI : PROFIL EN TRAVERS**

**VI.1.** Introduction 38
**VI.2.**Les éléments du profil en travers. 38
**VI.3.**Classification du profil en travers . 39
**VI.4.**Application au projet. 40

**CHAPITR VII : CUBATURE**

**VII.1.**Introduction. 41
**VII.1.**Définition. 41
**VII.1.**Méthode de calcul des cubatures. 41
**VII.1.**Calcul des cubatures de terrassement. 43

## CHAPITRE VIII : ETUDE GEOTECHNIQUE

**VIII.1.**Introduction. 44
**VIII.2.**Réglementation algérienne en géotechnique 44
**VIII.3.**Les différents essais en laboratoire 44
**VIII.4.**Les essais d'indentification 45
**VIII.5.**Condition d'utilisation des sols en remblais 46
**VIII.6.**Les moyens de reconnaissance 46

## CHAPITRE IX : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

**IX.1.** Introduction. 47
**IX.2**. Principe de la constitution des chaussées. 47
**IX.3.** Les différents types des chaussées. 48
**IX.4.** Méthodes de dimensionnement. 49
**IX.5.** Application au projet. 52
**IX.6.** Conclusion. 59

## CHAPITR X : ETUDES DES CARREFOURS

**X.1.** Introduction. 60
**X.2.** Données essentielles pour l'aménagement d'un carrefour. 60
**X.3.** Choix de l'aménagement. 60
**X.4.** Les types de carrefours. 61
**X.5.** Choix de l'aménagement du carrefour. 61
**X.6.**Application au projet. 63

## CHAPITRE XI : ASSAINISSEMENT

**XI.1.** Introduction. 68
**XI.2.** Objectif de l'assainissement. 68
**XI.3.** Assainissement de la chaussée. 69
**XI.4.** Définition des termes hydraulique. 70
**XI.5.** Dimensionnement de Réseau d'assainissement à projeter. 70
**XI.6.** Calcul hydraulique. 72
**XI.7.**Application au projet. 74

## CHAPITRE XII : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

### XII.1 Signalisation

**XII.1.1.** Introduction. 82
**XII.1.2.** Objectifs de signalisation routière 82
**XII.1.3.** Les type de signalisation. 82
**XII.1.4.** Les critères de conception de la signalisation. 83
**XII.1.5.** Application au projet. 84

### XII.2 Eclairage.

**XII.2.1.** Introduction. 87
**XII.2.2.** Paramètres de l'implantation des luminaires. 87
**XII.2.3.** Application au projet. 88

## CHAPITRE XIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

**XIII.1.** Introduction 89
**XIII.2.**Aspect de l'environnement a préservé lors de la conception d'une infrastructure 89
**XIII.3.** Conclusion 91

## DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

## CONCLUSION

## BIBLIOGRAPHIE

## ANNEXES

# INTRODUCTION GENERALE

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

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

Compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.

S'intégrer au monde du travail.

Connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics.

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

C'est dans ce cadre que la direction des travaux publics de Sétif nous a proposé un projet de fin d'étude qui consiste en :

L'Etude de l'évitement de la ville d'El Eulma sur 5 km. Avec conception et étude de (02) carrefours giratoire

Le projet consiste à éviter la ville d'El Eulma, située sur l'axe (RN5) et (RN77A) (BATNA-JIJEL). .

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

Les avantages directs : qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, …)

Les avantages indirects : qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

Notre étude consiste à faire les deux phases suivantes:

Phase d'avant-projet sommaire (APS).

Phase d'avant-projet détaillé (APD).

## I.1.Introduction :

L'aménagement d'un réseau routier ne peut s'effectuer sans faire au préalable des prévisions du trafic afin de déterminer les besoins en déplacement et d'identifier les axes susceptible d'être saturés à un horizon donné. Pour notre évitement de la ville EL Eulma Le projet prend origine de la RN77A, et se poursuit vers le sud-est qui coïncide avec la RN 5 (Alger - Constantine). Dans le cadre de la convention intervenue entre la wilaya de Sétif présentée par la direction des travaux publics (DTP).

## I.2.Presentation de la ville :

La ville El Eulma (anciennement Saint-Arnaud) est une commune de la wilaya de Sétif. Elle est la deuxième agglomération de la wilaya de Sétif par sa superficie et son nombre d'habitants.

Elle est Située dans l'Est Algérien , dans les hauts plateaux Sétifiens , sur la route nationale N°5 (Alger- Constantine), la ville se trouve à 27 km de Sétif à l'ouest et à 100 km de Constantine à l'est ,et sur la route nationale RN77 (Batna- Jijel ).

El Eulma représente le second pôle économique de la wilaya. Jadis, la région d'El Eulma était essentiellement agricole (blé, ovins, bovins, etc.).

Elle est connue dans les milieux agricoles par l'excellente qualité de son blé et par le plus grand et important souk de bétail dans l'est du pays. Aujourd'hui, la ville, en gardant toutefois son cachet agricole, se tourne vers des activités des secteurs secondaires et tertiaires.

Dans son paysage industriel, on note notamment la fabrication de compteurs de toute sorte, de fil de fer, de baguettes de soudure, etc. De par son activité commerciale fleurissante, El Eulma est devenue incontournable, son marché a acquis une grande réputation à l'intérieur et à l'extérieur du pays.



## I.3. Descriptions générales de le nouveau trace :

L'étude traité est d'un tracé neuf qui est implanté dans un relief peut accidenter, Le projet en étude prend origine de la RN77A, après il dirige vers le sud-ouest on franchir plusieurs formations géologique différentes, le plus important c'est au niveau de oued (SAREGUE), jusqu'à son raccordement avec la deuxième partie de la RN 5 (Alger-Constantine).




## I.4. Objectifs principaux de l'étude :

Le but essentiel de notre projet et de créer une liaison assurant le transfert d'une grande partie de trafic de la RN 5 qui relie la ville de Sétif vers Constantine en évitant l'agglomération de EL Eulma, le projet aussi assure :

- Décongestionner les zones urbaines.
- La fluidité de trafic.
- le confort et la sécurité des usagers.

## II.1.Introduction:

La phase APS, c'est l'étape qui vient directement après la phase préliminaire dans le cas où cette dernière est prévue. Elle consiste à étudier plus profondément les variantes retenues dans l'étude antérieure ou bien quand celle-ci n'est pas prévue, de procéder à l'étude à partir de plan d'état majeure, de carte topographique et aussi géologique, permettant ainsi de mieux cerner les aléas, les contraintes et les avantages liés à la situation sociaux-géographique de chaque variante.

On devra faire une étude multicritère pour le choix de la variante à retenir, celle-ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivant :

- Les contraintes remarquées sur le site.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement.

Finalement après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer la phase APD.

## II.2.Localisation du fuseau retenu :

En fonction des enjeux économique et le développement de la ville, les possibilités d'entrevoir des couloirs possibles sont limitées.

Donc, le positionnement de cette ville par rapport au réseau routier, (notre projet entre RN5 et RN77A vers Jijel), nous oblige à avoir recours au choix d'un seul couloir (voir schéma figure N°1).




figure-1-schéma représentant le fuseau retenu.

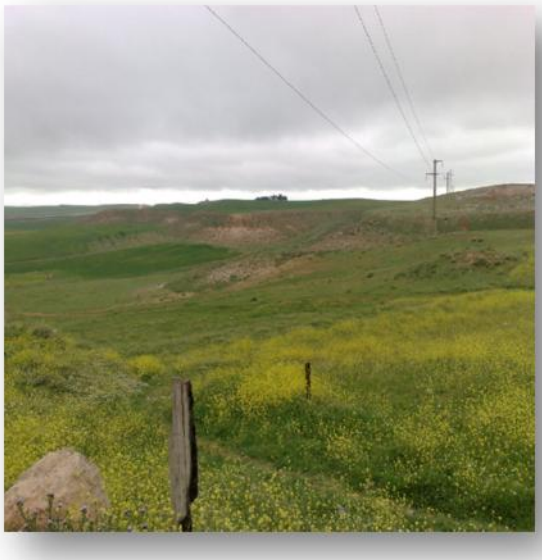
## II.3.Description du couloir:

Le couloir choisi passe du côté nord de la ville à une largeur variant entre 400 m et 1000 m, limité de part et d'autre par une zone agricole dans sa partie nord, il franchit successivement les obstacles suivants :

-Oued (Dalot) -Zone agricole -Zone urbaine -Cimetière d'EL EULMA



**-Oued (Dalot)**



**- Zone agricole**



**- Cimetière de *EL EULMA***



**-Zone urbaine**

## II.3.1. Les contraintes de la zone d'étude :

- **Environnement géographique:**

Le relief est généralement plat à peu vallonner, il est fortement coupé par un réseau hydrographique important (Oued) ce qui nécessite en phase de réalisation un système d'assainissement.

- **Environnement humain et urbain :**

La ville d'EL EULMA constitue un secteur qui connait un développement de l'habitat dont des pôles urbains seront réalisés au nord de cette ville (donc approximante de notre couloir).

- **Agriculture :**

En générale la zone concernée par le projet, est une zone agricole, entaillée par un réseau hydrographique.

## II.3.2. Présentation des variantes :

Dans cette phase, on va étudier deux (02) variantes afin de trouver la meilleure solution adoptée pour la réalisation de notre projet (voir schéma figure N°2).




figure-2-schéma représentant les (02) variantes.

- **Comparaison entre les variantes :**

| Variante | Avantages | Inconvénients |
|---|---|---|
| **1ère VAR** | - La plus par de tracé ne traverse pas des zones agricoles | - augmentation du coût<br>- Déplacement des poteaux de haute tentions existants.<br>- Passage à proximité des nouveaux pôles urbains.<br>- sens de l'extension. |
| **2ème VAR** | - Pas de contrainte topographique forte (coût diminué)<br>- compatible avec les routes et pistes existantes (gain de terrassements).<br>- Tracé éloigné des habitations.<br>- pas de nuisance. | - Traverse des zones agricoles |

Tableau -1- La comparaison entre les deux variantes

- **Conclusion :**

L'analyse comparative des deux (02) variantes, nous a permis adopter la variante N°2 qui présente les critères techniques et économiques les plus avantageuses (voir le schéma que représenté la variante retenu)

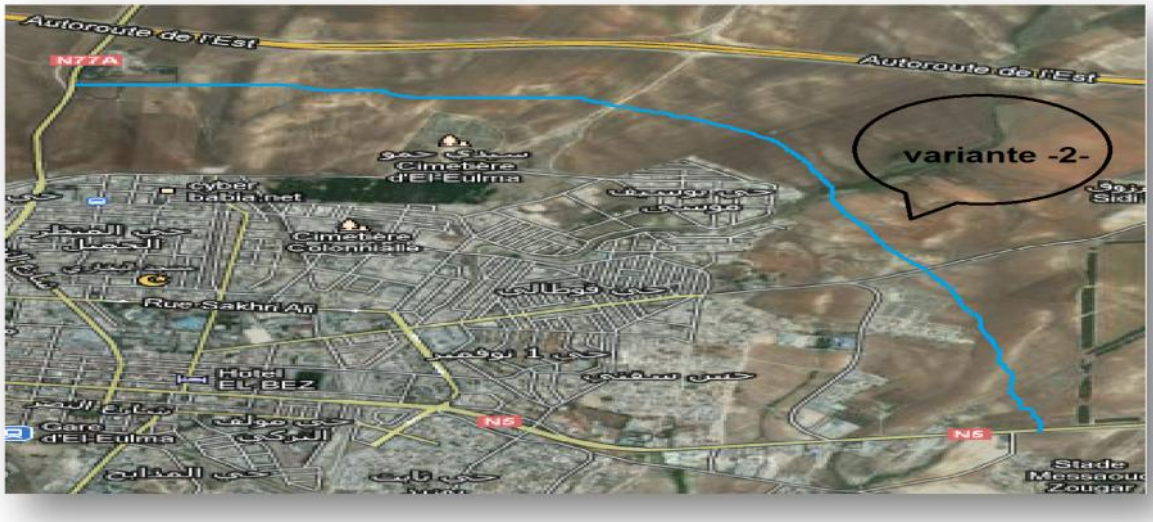



Figure -3- Schéma qui représente les variantes retenues.

## II.3.3. Principales caractéristique de la variante retenue :

La conception du projet à partir de la variante retenue est basée sur les concepts suivants :

- Choix d'un tracé tendant à s'éloigner au maximum des habitations.
- Pas de dispositions particulières contre le bruit routier.
- Absence d'impact dommageable notable l'avifaune sauvage.
- Impact minimum sur les grands paysages.

- **Caractéristiques géométriques globale :**

  - **Tracé en plan :**

Les caractéristiques géométriques adoptées visent à assurer des conditions de confort Et de sécurité relativement homogènes et adaptées à la catégorie 1 et à la vitesse de base de 80 km/h dans un environnement E2.

En fonction de la vitesse de référence définie ci-dessus les caractéristiques du tracé en plan se déclinent comme suit :

| Vitesse de référence | 80 Km/h |
|---|---|
| Normes | B40 |
| Rayon minimum absolu (RHm) | 250 |
| Rayon minimum normal (RHn) | 450 |
| Rayon au devers minimum (RHd) | 1000 |
| Rayon non déversé (RHnd) | 1400 |

- **Profil en long :**

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leurs pentes et de raccordements paraboliques caractérisés par leurs rayons.

Les rayons en angles saillants interviennent sur la visibilité et le confort (accélération verticale), de ce fait c'est toujours la première condition qui est déterminante. Les rayons en angle rentrant sont eux fixés principalement par des conditions de confort.

En fonction de la vitesse de référence définie, les caractéristiques de profil en long se déclinent comme suit :

| Déclivité maximum | 6% |
|---|---|
| Déclivité minimum au devers nul | 0.5 % |
| Raccordement en angle saillant (min absolu) | 4500 |
| Raccordement en angle saillant (min normal) | 10000 |
| Raccordement en angle rentrant (min absolu) | 2400 |
| Raccordement en angle rentrant (min normal) | 3000 |

## III.1. Introduction :

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

## III.2. Analyse du trafic :

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

Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

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

### III.2.1.Les comptages :

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

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

- **Les comptages automatiques :**

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne 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 ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

- **Les comptages manuels:**

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

## III.2.2. La Connaissance des flux (les enquêtes):

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

## III.3.Differents type de trafics:

On distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal :**

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

- **Trafic induit :**

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

- **Trafic dévié :**

C'est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuer 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 a l'abaissement des couts de production et de vente due une facilitée apportée par le nouvel aménagement routier.

- **Trafic total :**

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

## III.4. Calcul de la capacité :

- **Définition de la capacité :**

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

## III.4.1. Calcul du (TJMA) horizon :

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

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

- **$TJMA_h$** : le trafic à l'année horizon.
- **$TJMA_o$** : le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

## III.4.2 .Calcul des trafics effectifs:

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

**Type de route et de l'environnement :**

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les **PL** en (**U.V.P**). Le trafic effectif donné par la relation :

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

- **$T_{eff}$** : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- **Z** : pourcentage de poids lourds (%).
- **P**: coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

Le tableau si dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P »pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristique de notre route.

| Environnement | $E_1$ | $E_2$ | $E_3$ |
|---|---|---|---|
| **Route à bonne caractéristique** | 2-3 | **4-6** | 8-16 |
| **Route étroite** | 3-6 | 6-12 | 16-24 |

Coefficient d'équivalence.

## III.4.3. Débit de pointe horaire normale:

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

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

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

## III.4.4. Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K_1.K_2.C_{th}$$

- **$K_1$ :** coefficient lié à l'environnement.
- **$K_2$ :** coefficient de réduction de capacité.
- **$C_{th}$ :** capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable. Avec :

| Environnement | $E_1$ | $E_2$ | $E_3$ |
|---|---|---|---|
| **$K_1$** | 0,75 | **0,85** | O, 9 à 0, 95 |

Valeurs de $K_1$

| | catégorie | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Environnement** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **$E_1$** | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| **$E_2$** | **0,99** | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 |
| **$E_3$** | 0,91 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,98 |

Valeurs de $K_2$

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

Valeurs de capacité théorique.

## III.4.5. Calcul du nombre des voies:

### Cas D'une Chaussée Bidirectionnelle :

On compare **Q** à $Q_{adm}$ et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \leq Q$

### Cas D'une Chaussée unidirectionnelle :

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

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

Avec :

- **S :** coefficient de dissymétrie en général égale à **2/3**
- $Q_{adm}$ **:** débit admissible par voie

## III.5. Application au projet :

Connaissant le débit actuel et son développement dans l'avenir, on déterminera la largeur de la chaussée pour qu'elle puisse écouler dans les conditions acceptables des fortes circulations prévisibles.
Pour effectuer ces calculs qui nous donnerons le nombre des voies à adopter pour ce tronçon, nous exploiterons les résultats obtenus à partir des comptages effectués par le service concerné du CTTP en 2010 et ceci par application des formules citées ci-dessus.

**Données :**

Année de comptage : **2010**
Année de mise en service : **2013**
Année horizon : **2033**
Taux de croissance : **τ=4%**
Pourcentage en poids lourds : **z=25%**
Trafic journalier : **TJMA2010 =8000 véh/j**

### III.5.1. Détermination de nombre des voies :

#### Trafic de l'année mise en service :

L'année de mise en service (2013).

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

- **$TJMA_h$** : le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2013).
- **$TJMA_o$** : le trafic à l'année de référence (origine 2010).

$TJMA_{2013} = 8000.(1+0,04)^3 = 8999$ (v /j).

**$TJMA_{2013} = 8999$ (v /j)**

#### Trafic à l'année horizon (2030):

Trafic a l'année (2033) pour une durée de vie de 20 ans.
$TJMA_{2033} = 8999 (1+0,04)^{20} = 19718$ (v /j).

Donc : **$TJMA_{2033} = 19718$(v /j).**

**$TJMA_{2033} = 19718$(v /j)**

### Trafic effectif de l'année mise en service :

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

- **P**: coefficient d'équivalence pour le poids lourds. Pour une route route à bonne caractéristique et un environnement $E_2$, on a **P=6.**
- **Z** : pourcentage de poids lourds est égale à 25(%).

$$T_{eff2013} = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_{2013}$$

$T_{eff\ 2013}$= [(1 – 0, 25) + 6 .0, 25]. 8999= 20248(uvp /j).

$T_{eff2013}$ =20248 (uvp /j)

### Trafic effectif à l'année horizon:

$$T_{eff2033} = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_{2033}$$

$T_{eff\ 2033}$= [(1 – 0, 25) + 6 .0, 25]. 19717= 44366(uvp /j).

$T_{eff2033}$ =44366 (uvp /j).

### Débit de pointe horaire de l'année mise en service:

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

Avec : **(1 /n) :** coefficient de pointe horaire pris est égale a 0 ,12.

$Q= (0.12) .T_{eff2013}$

Q= 0,12 × 20248 = 2430 (uvp/h)

**Q= 2430 (uvp/h)**

### Débit de pointe horaire à l'année horizon:

$Q= (0.12) .T_{eff2033}$

Q= 0,12 × 44366 = 5324 (uvp/h)

**Q= 5324 (uvp/h).**

### Débit horaire admissible:

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{adm} = K_1.K_2. C_{th}$$

- **$K_1$ :** coefficient correcteur pris égal à 0,85 pour $E_2$.
- **$K_2$ :** coefficient correcteur pris égal à 0,99 pour environnement ($E_2$) et catégorie ($C_2$).
- **$C_{th}$ :** capacité effective par voie.

D'après B40 on adopte pour l'évitement un profil à 2 chaussées séparées.

On prend $C_{th}$=1800 (uvp/h).

$Q_{adm}$ = 0.85 x 0, 99 x 1800= 1 515 (uvp/h).

$Q_{adm}$= 1 515 (uvp/h)

**Nombre des voies :**

On a : $n = S.\ Q/Q_{adm}$

Avec : s=2/3

$n = (2 / 3) \times (5324 /1515) = 2{,}34 \approx 2.$

Donc: **n= 2 voies /sens**

**n= 2 voies /sens**

- **Résultats de calcul :**

| $TJMA_{2010}$ (v /j) | $TJMA_{2013}$ (v /j) | $T_{eff\ 2013}$ (uvp/h) | $T_{eff\ 2033}$ (uvp/h) | $Q_{2013}$ (uvp/h) | $Q_{2033}$ (uvp/h) | $Q_{adm}$ (uvp/h) | N° des Voies Par sens |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **8 000** | 8999 | 20248 | 44366 | 2430 | 5324 | 1 515 | 2 |

## III .5.2. Calcul de l'année de saturation :

L'année de saturation correspond à $Q_{eff}=Q_{saturation}$

Avec :

$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$ , $Q_{adm} = 1515$ uvp/*h*

$Q_{saturation}=6060$ uvp /h

D'autre part : $Q_{eff}= 0.12 \times T_{eff}$

$T_{eff}= [( 1-Z ) +PZ ] \times TJMA_h$ , $TJMA_h= ( 1 + \tau )^n \times TJMA_{2010}$

$\Rightarrow Q_{eff} = 0.12 \times [(1-Z ) +PZ ] \times (1+ \tau )^n \times TJMA_{2010}$

$= 0.12 \times [(1- 0.25) +6\times0.25] \times (1+\tau)^n \times 8999$

$= 0.12 \times 2.25\times 8999\times (1+\tau)\ n$

$= 2430\times (1+\tau)\ n$

Alors :

$2430 \times (1+ \tau )^n = 6060$

$(1+ \tau)^n = 6060/ 2430 = 2.493$

$n = \ln 2.493/ \ln 1.04$

**n =23 ans**

**D'où notre route sera saturée 23 ans après la mise en service donc l'année de saturation.**

## IV.1. Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné.
Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.
Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

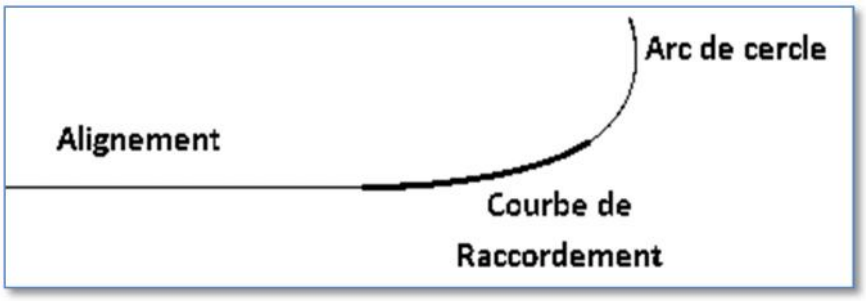
## IV.2. Règles à respecter dans le trace en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes :

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à RHnd (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela
- pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

## IV.3. Les éléments du trace en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :




### IV.3.1. Les alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement Lmin qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

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

La longueur maximale Lmax est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$L_{min}=5\ V$

$L_{max}=60\ V$

**Avec V en (m/s).**

### IV.3.2. Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

**Stabilité en courbe :**

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire de cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules.

## Rayon horizontal minimal absolu :

$$R_{Hmin\,absolu} = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})}$$

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

## Rayon minimal normal :

$$R_{HN} = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})}$$

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant Vr de 20 km/h de roulés en sécurité.

## Rayon au dévers minimal :

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

Dévers associé dmin = 2.5%.

$$R_{Hd} = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{max}}$$

## Rayon minimal non déversé :

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

$$R_{Hnd} = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035}$$

**Pour les catégories 1-2**

$$R_{Hnd} = \frac{V_r^2}{127(f' - d_{min})}$$

**Pour les catégories 3-4-5**

**Avec : f'= 0.07 cat 3**

**f'= 0.075 cat 4-5**

## Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon ≥ à RHN.
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en 1/R arrondi à 0,5% prés.
  - Si RHm < R < RHN :

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

  - Si RHN < R< RHd :

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

    - Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal dmin.
    - Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucun perturbation sur le plan de drainage.
    - Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.

## Sur largeur :

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

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

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

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

## IV.3.3. Les raccordements progressifs « CLOTHOÏDE » :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croit linéairement de R=∞ jusqu'à R=constant), pour assurer :

- La stabilité transversale de véhicule.
- Le confort des passagers.
- La transition de la chaussée
- Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Il y a beaucoup des courbes de raccordement Pour assurer ce confort. Mais la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

### Expression de la clothoïde :

La courbure est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L(ou longueur de la clothoïde).

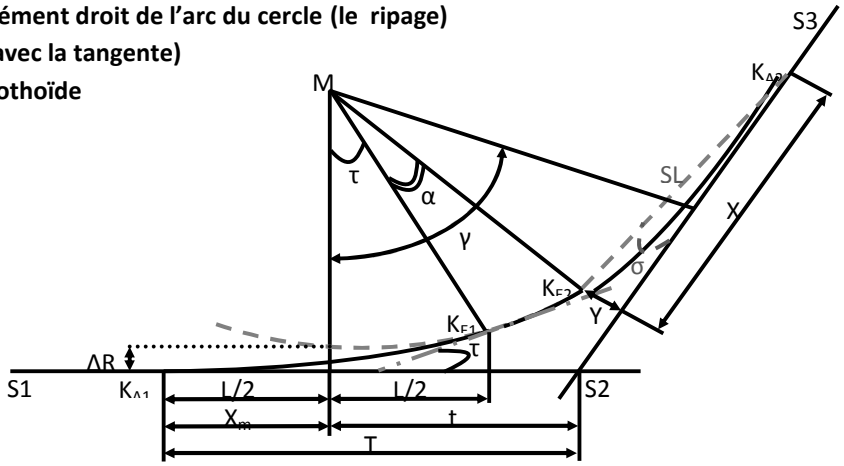
$$K = C.L \;\; ; \;\; K = \frac{1}{R} \;\; L.R = \frac{1}{C}$$

On pose : $\frac{1}{C} = A^2 \quad \Rightarrow$ $\frac{K}{A^2} = \frac{C.L}{L.R}$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

### Les éléments de la clothoïde :

**ΔR: Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)**
**α : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)**
**L : longueur de la branche de la clothoïde**
**Xm : Abscisse du centre du cercle**
**$K_E$ : Extrémité de la clothoïde**
**A : Paramètre de la clothoïde**
**$K_A$ : Origine de la clothoïde**
**τ : Angle des tangentes**
**SL : Corde ($K_A$ – $K_E$)**
**M : Centre de cercle**
**X : Abscisse de $K_E$**
**Y : Origine de $K_E$**



## Les conditions de raccordement :

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

- **Condition optique :**

C'est une condition qui 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.

$\tau \geq 3°$ soit $\tau \geq 1/18$ rad.

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

$R/3 \leq A \leq R$

Pour $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1m$ (éventuellement 0.5m) d'ou $L = (24.R.\Delta R)1/2$

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

Pour $R > 5000m \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L = 7{,}75\ (R)1/2$

- **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule. La variation de l'accélération transversale est : $\left(\frac{V^2}{R} - g.\Delta d\right)$ Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg = g/0.2V_B$

Avec une gravitation g = 9.8m/s on opte :

ne g ~ ).8m/s on

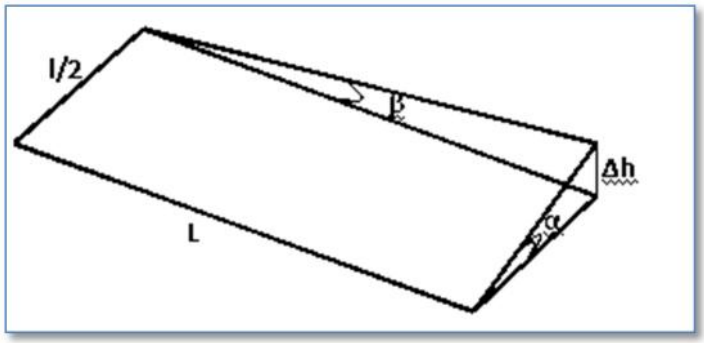
$$L \geq \frac{V_B^2}{18}\left(\frac{V_B^2}{127.R} - \Delta d\right)$$

**$V_B$** : vitesse de base (Km/h).

**R** : le rayon (m).

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

- **Condition de gauchissement :**



La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer.

Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte.

$$\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$$

Nous avons :

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

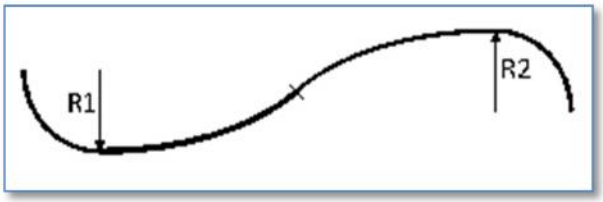
**l** : largeur de chaussée

## IV.4.Combinaison des éléments de trace en plan :

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

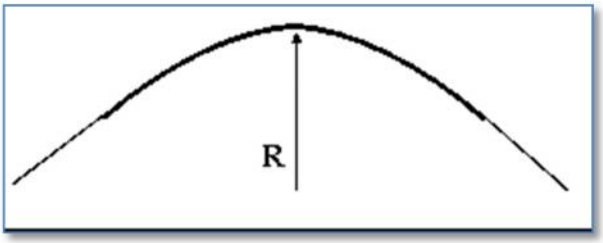
### IV.4.1. Courbe en S :

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



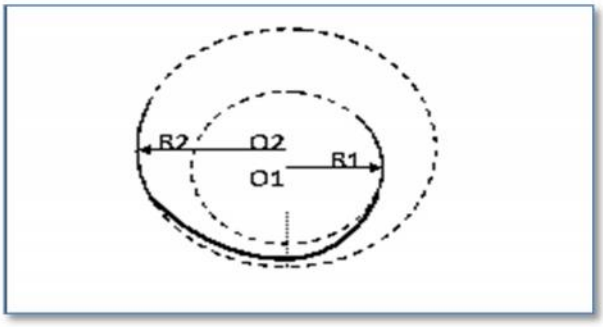

### IV.4.2. Courbe à sommet :

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



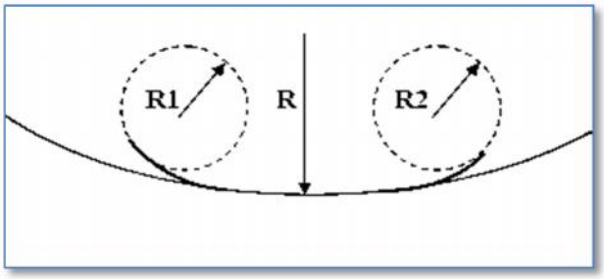

### IV.4.3. Courbe en Ovale:

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



### IV.4.4. Courbe en C :

Une courbe constituée 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.




## IV.5. La vitesse de référence (de base) :

La vitesse de référence (VB) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'usager (traverser d'une ville, modification du relief, etc...).

- **Choix de la vitesse de référence :**

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

- **Vitesse de projet:**

La vitesse de projet Vp 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.

## IV.6. Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C1, dans un environnement E2, avec une vitesse de base VB = 80 km/h.

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes B40.

| Paramètres | Symboles | Valeurs | Unités |
|---|---|---|---|
| **Vitesse** | $V_B$ | 80 | km/h |
| **Longueur minimale** | Lmin | 111 | m |
| **Longueur maximale** | Lmax | 1333 | m |
| **Devers minimal** | dmin | 2.5 | % |
| **Devers maximal** | dmax | 7 | % |
| **Temps de perception réaction** | t1 | 2 | S |
| **Frottement longitudinal** | $f_L$ | 0.39 | |
| **Frottement transversal** | $f_t$ | 0.13 | |
| **Distance de freinage** | d0 | 65 | m |
| **Distance d'arrêt** | d1 | 109 | m |
| **Distance de visibilité de dépassement minimale** | dm | 320 | m |
| **Distance de visibilité de dépassement normale** | dN | 480 | m |
| **RHm** | RHm | 250 (7) | m (%) |
| **RHN** | RHN | 450 (5) | m (%) |
| **RHd** | RHd | 1000 (2.5) | m (%) |
| **RHnd** | RHnd | 1400 (-2.5) | m (%) |

Tableau -1- paramètres du tracé en plan.

## IV.7.Calcul d'axe :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel 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 manuel des raccordements :**
  - **Courbe avec Clothoïde :**

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe. La liaison que l'on a choisie se situe au début de notre projet (Liaison1)

**Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit:**

| VB =80 km/h | x(m) | Y(m) | R1(m) |
|---|---|---|---|
| **S1 (P1)** | 742060,1100 | 4006259,5867 | 800 |
| **S2 (P2)** | 743013,1084 | 4006210,5343 | |
| **S3 (P3)** | 743971,9487 | 4005837,9501 | |

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

R≤1500m □ $\sqrt{24 \times R \times \Delta R}$

On prendre $\Delta R = 1m$

Donc $L \geq \sqrt{24 \times 800 \times 1} = 138,56m$

- **Condition de (confort dynamique+ gauchissement) :**

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

**RHN ≤ R ≤ RHd**

$\Delta d = d - (-2,5)$ , $d = d_{min} + (\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$ ⇒ d= 3,01%

$$L \geq \frac{5}{36}.(3,01\% - (-2,5\%)).80$$

$$L \geq 61,22m$$

L = max (138,56, 61,22). Donc on prend : L =140m

- **Calcul du paramètre A :**

On sait que : A2 = L, R

$A = \sqrt{L.R} = 334{,}66$

Donc on prend : $A = 335$

La condition $R/3 \leq Amin \leq R$ elle est vérifiée, $(266.66 \leq Amin \leq 800)$

- **Calcul de ΔR :**

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{140^2}{24 \times 800} \quad \Rightarrow \quad \Delta R = 1{,}02m$$

- **Calcul des Gisements :**

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

$$G_{S1}^{S2} = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right) \Rightarrow G_{S1}^{S2} = \text{arctg}\left(\frac{|743013{,}1084 - 742060{,}1100|}{|4006210{,}5343 - 4006259{,}5867|}\right)$$

$$G_{S1}^{S2} = 103{,}27gr$$

$$G_{S2}^{S3} = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right) \Rightarrow G_{S2}^{S3} = \text{arctg}\left(\frac{|743971{,}9487 - 743013{,}1084|}{|4005837{,}9501 - 4006210{,}5343|}\right)$$

$$G_{S2}^{S3} = 123{,}59gr$$

- **Calcul de l'angle γ :**

$$\gamma = \left|G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}\right| = 20{,}321gr$$

- **Calcul de l'angle τ :**

$$\tau = \frac{140}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{140}{2.800} \times \frac{200}{\pi} = 5{,}58\ gr$$

- **Vérification de non chevauchement :**

$\tau = 5{,}58gr$

$\gamma/2 = 20{,}321/2 = 10{,}16gr$ D'où : $\tau < \gamma/2$ ⇒ **pas de chevauchement**

- **Calcul des distances :**

$$\overline{2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(952{,}9984)^2 + (-49{,}0524)^2} = 954{,}26\text{m}$$

$$\overline{3} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(958{,}8404)^2 + (-372{,}5842)^2} = 1028{,}68\text{m}$$

- **Calcule de l'abscisse du centre du cercle :**

$$Xm = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = 70\text{m}$$

- **Abscisse de KE :**

$$x = L\left(1 - \frac{L}{40.R^2}\right) = 139.999\text{m}.$$

- **Origine de KE :**

$$y = \frac{L^2}{6.R} = 4{,}08\text{m}$$

- **Calcule de la tangente :**

$T = Xm + (R + \Delta R)\, tg\left(\frac{\gamma}{2}\right)$ , On a: $L/R = 0.175$

À partir des tables des clothoïdes ligne N°349, on tire les valeurs suivantes :

$\Delta R/R = 0{,}0012812 \Rightarrow \Delta R = 1{,}02$

$Xm/R = 0{,}0875 \Rightarrow Xm = 70$

$X/R = 0{,}174998 \Rightarrow X = 139{,}999$

$Y/R = 0.0051 \Rightarrow Y = 4{,}08$

Donc : $T = 70 + (800+1{,}02) \cdot tg(10{,}16) = 198{,}93\text{m}.$

- **Calcul des Coordonnées SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(139{,}999)^2 + (4{,}08)^2} = 140{,}058\text{m}.$$

- **Calcul de σ :**

$$\sigma = \text{arctg}\left(\frac{y}{x}\right) = \text{arctg}\left(\frac{4.08}{139{,}999}\right) = 1{,}854\text{ gr}.$$

- **Calcul de l'arc :**

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 20.321 - 11{,}16 = 9{,}161\text{gr}.$$

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{R.\pi.\alpha}{200} = \frac{800\times\pi\times9{,}161}{200} = 115{,}062\text{m}.$$

- **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + (\overline{S_1S_2} - T)\sin\left(G_{S1}^{S2}\right) = 742814{,}308\text{m}. \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + (\overline{S_1S_2} - T)\cos\left(G_{S1}^{S2}\right) = 4006220{,}767\text{m}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T\sin\left(G_{S2}^{S3}\right) = 743198{,}656\text{m}. \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T\cos\left(G_{S2}^{S3}\right) = 4006138{,}434\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + SL\sin\left(G_{S1}^{S2} - \sigma\right) = 742954{,}085\text{m}. \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL\cos\left(G_{S1}^{S2} - \sigma\right) = 4006209{,}469\text{m}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - SL\sin\left(G_{S2}^{S3} + \sigma\right) = 743066{,}515\text{m}. \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL\cos\left(G_{S2}^{S3} + \sigma\right) = 4006185{,}385\text{m}. \end{cases}$$

**Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe**

## V.1. Introduction :

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

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

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

## V.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte sauf dans des cas exceptionnels lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

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

## V.3. Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il faut signaler toute fois et dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan. On devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.

Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

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

## V.4. Déclivités :

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

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

### V.4.1. Déclivité minimum :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conversation et à la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieur à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

### V.4.2. Déclivité maximum :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

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

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à (imax =6%) dans le franchissement de la côtière **Nota : Selon** le B-40 on a :

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

Tableau -1- Variation de la pente maximale en fonction de la vitesse de base

## V.5. Raccordements en profil en long :

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

Et on distingue deux types de raccordements :

### V.5.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

- **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « g /40(cat 1-2) et g / 30(cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$v^2 /R$ v < g /40 avec g = 10 m /$s^2$ et v = V/3.6.

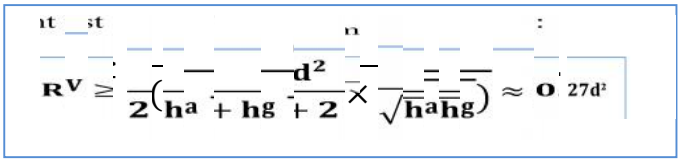
D'où : $R_V = 0,3\ V^2$

- **Condition de visibilité :**

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :



**d** : distance de visibilité nécessaire (m)
**ha** : hauteur de l'œil au-dessus de la chaussée = 1.10 m
**hg**: hauteur de l'obstacle =1.20 m

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de bas Vr=80Km/h et pour la catégorie 1 on à :

| Rayon | symbole | Valeur (m) |
|---|---|---|
| **Min-absolu** | Rvm | 4500 |
| **Min- normal** | RvN | 10000 |
| **Dépassement** | Rvd | 11000 |

## V.5.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

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

Pour une vitesse Vr = 80 Km/h et catégorie 1 on a le tableau suivant :

| Rayon | Symbole | Valeur (m) |
|---|---|---|
| **Min-absolu** | R'vm | 2400 |
| **Min -normal** | R'vn | 3000 |

## V.6. Détermination pratique du profil en long :

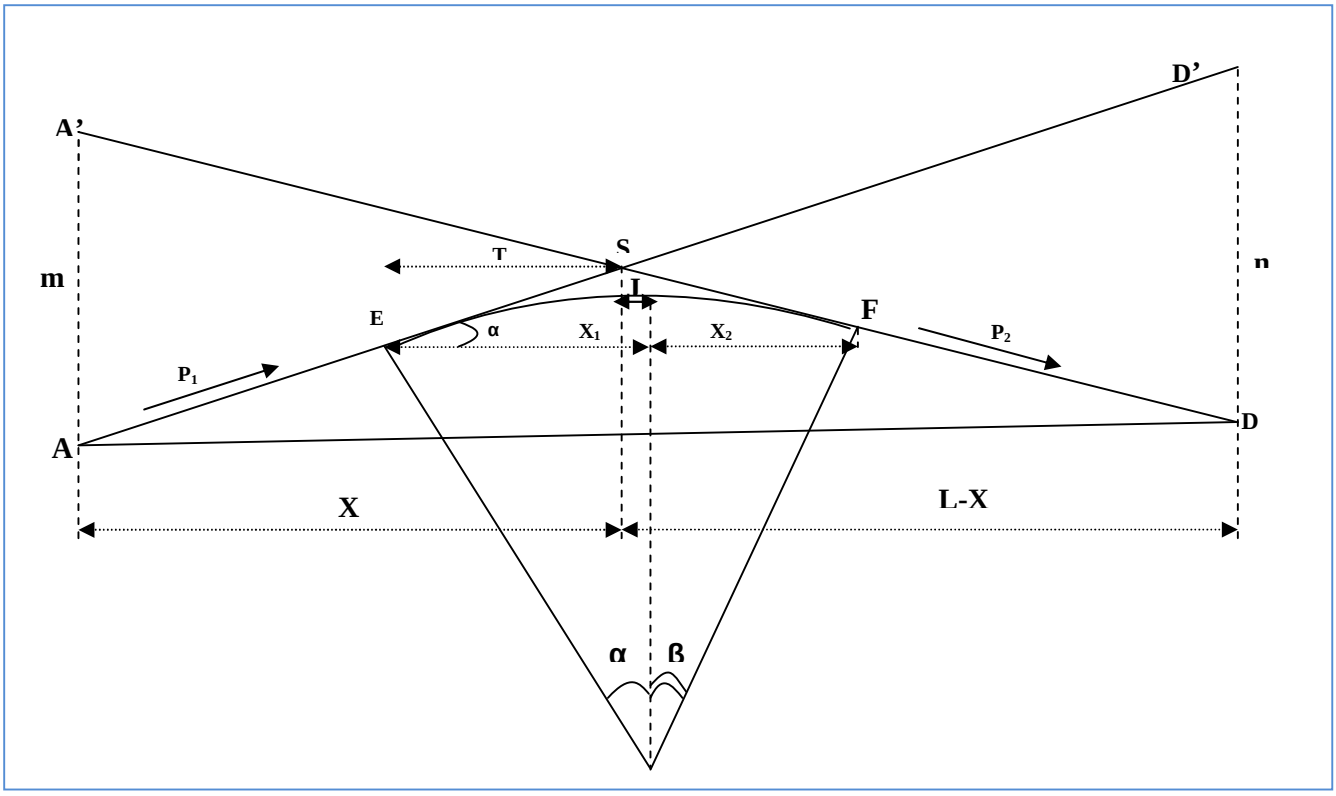
Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$X^2 + Y^2 - 2\,RY = 0.$

À l'équation de la parabole $X^2 - 2\,RY = 0 \rightarrow Y = X^2 / 2\,R$

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

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




## V.6.1) Détermination de la position du point de rencontre (s) :

$$ZA' = ZA + L.P2 \quad , \quad m = ZA' - ZA$$

$$ZD' = ZD + L.P1 \quad , \quad n = ZD' - ZD$$

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

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

**S** $\begin{cases} X_S = x + x_A \\ Z_S = P1.x + z_A \end{cases}$

## V.6.2. Calcul de la tangente :

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

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

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

E
- $X_E = x_S - T$
- $ZE = Z_S - T.P1$

F
- $X_F = x_S + T$
- $ZF = Z_S + T.P2$

## V.6.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

## V.6.4. Calcul de la flèche :

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

## V.6.5. Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

M
- $H_M = \frac{X^2}{2R}$
- $Z_M = Z_E + X.P_1 - \frac{X^2}{2R}$

## V.6.6) Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :

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

J
- $X_J = X_E + R.P_1$
- $Z_J = Z_E + X_1.P_1 - \frac{X_1^2}{2R}$

Avec : $X_1 = R.P_1$

$X_2 = R.P_2$

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

## V.7. Choix des éléments géométriques :

D'après tous qui est précède les éléments utilisés dans notre projet sont comme suite :

- **Les rayons verticaux:**

| **Rv concaves (m)** | **5000** | **5000** | **4800** | **4800** |
|---|---|---|---|---|
| **Rv convexes (m)** | 5000 | 5000 | 4800 | 5000 |

- **La déclivité (max et min):**

Imax = 4.9% < Imax(B40).

Imin= 0.85% ≥ Imin(B40).

## V.8. Exemple de calcul de profil en long :

### V.8.1. Cas d'un Raccordements convexes :

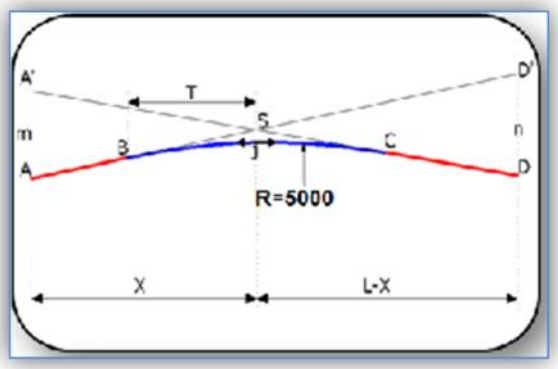
- **Raccordement N°3 :**

R=5000 m

A: { SA= 418,83 m
ZA= 4,108 m

S: { SS =1360, 68 m
ZS=21,895 m

D: { SD =2297, 70 m
ZD =3,891 m




- **Calcul des pentes :**

i1 = | (ZS – ZA)/ (SS – SA) | = | (21,895 – 4,108)/ (1360,68 – 418,83 ) | = 1.89%.
i2 = | (ZS – ZD)/ (SS – SD) | = | (21,895 –3,891)/ (1360,68 –2297,70 ) | = 1.92%

- **Calcul des tangentes :**

T= ( | i1 | + | i2 | ) ×R/2 = ( | 1,89% | + | -1,92% | ) × 5000/2= 95,25m.

- **Calcul des flèches :**

$H= T^2/2R = (95,25)^2/ (2\times5000) =0,907m.$

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**
- Calcul des coordonnées du point B:

$$\begin{cases} SB=Ss-T=1360,68 -95,25= 1265,43 \text{ m.} \\ ZB=Zs-T\times|i1\%|=21,895 – (95,25\times|1,89 \%|)=20,09 \text{ m.} \end{cases}$$

- Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} SC=Ss+T = 1360,68 + 95,25= 1455,93 \text{ m} \\ ZC=Zs-T\times|i2\%|=21,895 – (95,25\times|-1,92 \%|)=20,06 \text{ m} \end{cases}$$

- **Calcul de la longueur de la courbe :**

$L=2\times T=2\times95,25= 190,5$ m.

## V.8.2. Cas d'un Raccordements concave :

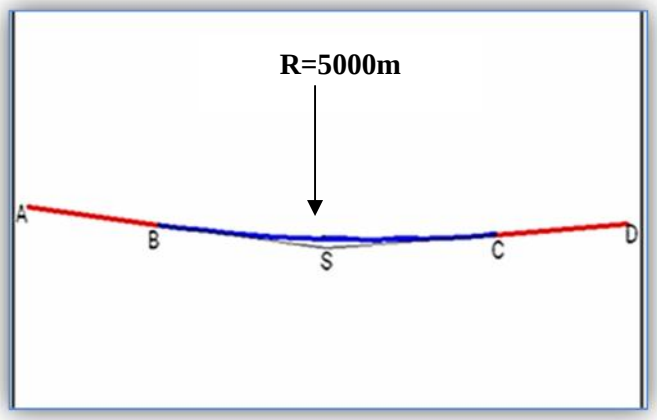
- **Raccordement N°04 :**

R= 5000 m

A : SA =1360,68 m
ZA=21,895 m

S: SS =2297,70 m
ZS=3,891 m

D: SD =2875,43m
ZD = 32,223m




- **Calcul des pentes :**

$i1 = \left| (ZS – ZA)/ (SS – SA) \right| = \left| (3,891 –21,895)/ (2297,70 –1360,68) \right| =1,92 \%.$
$i2 = \left| (ZS – ZD)/ (SS – SD) \right| = \left| (3,891 –32,223)/ (2297,70 – 2875,43) \right| =4,9 \%.$

- **Calcul des tangentes :**

$T= (\left| i1 \right| + \left| i2 \right|) \times R/2 = (\left| -1,92\% \right| + \left| 4,9 \% \right|) \times 5000/2 = 170,5$ m.

- **Calcul des flèches :**

$H= T^2/2R= (170,5)^2 / (2\times5000)= 2,9m.$

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**
- Calcul des coordonnées du point B :

$$\begin{cases} SB=Ss-T= 2297,70 - 170,5 =2127,2 \text{ m} \\ ZB=Zs+T\times|i1\%|=3,891 +(170,5 \times|-1,92 \%|)=7,16 \text{ m} \end{cases}$$

- Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} SC=Ss+T= 2297,70 +170,5 = 2468,2\text{m} \\ ZC=Zs+T\times|i2\%|=3,891 +(170,5\times|4,9 \%|)=12,245\text{m} \end{cases}$$

- **Calcul de la longueur de la courbe :**

$L=2\times T=2\times 170,5 =341$ m.

**Les résultats de calcul sont joints en annexe**

## VI.1.Introduction :

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.…).

## VI.2. Les éléments du profil en travers :

**La chaussée:**

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

**La largeur roulable:**

Elle comprend les sur largeurs de la chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt.

**Plateforme:**

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terrepleins et les bandes d'arrêts.

**L'assiette:**

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

**L'emprise:**

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires, etc.…) limitée par le domaine public.

**Les accotements:**

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent Généralement les éléments suivants :

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

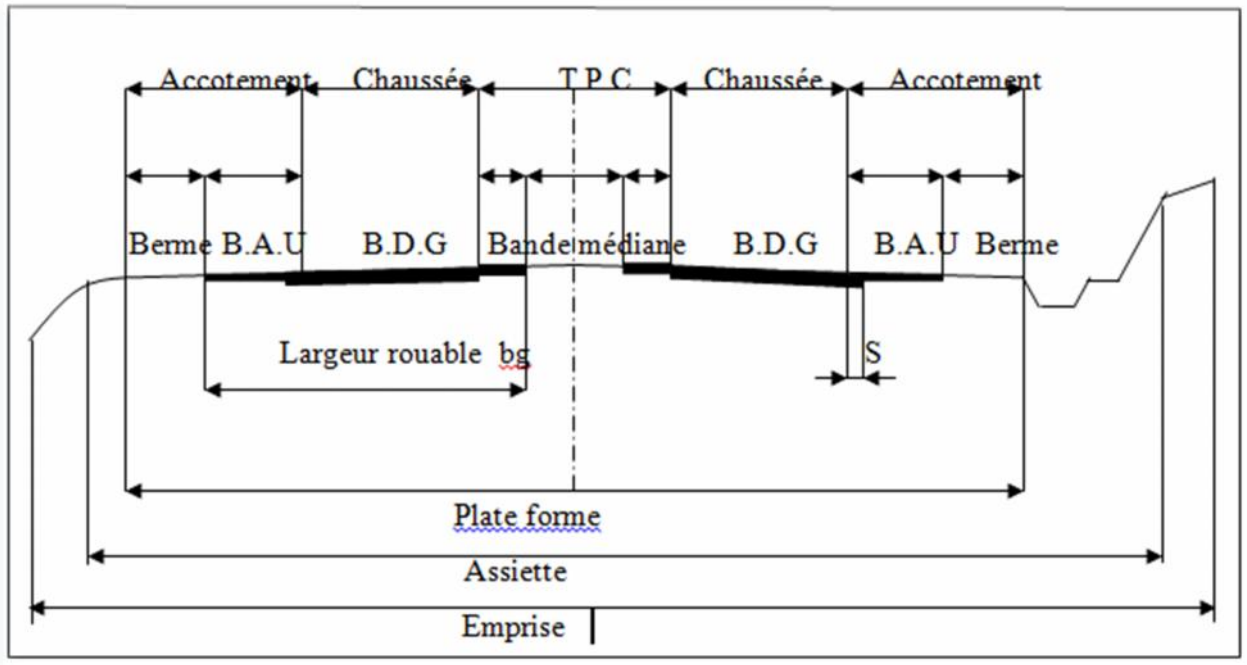
**Le terre-plein central:**

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

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

**Le fossé :**

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




Le profil en travers type.

## VI.3.Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

## VI.3.1. Le profil en travers type :

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

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

## VI.3.2. Le profil en travers courant :

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

## VI.4. Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera composé d'une route de 2× (2×3,5) voies.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : 2× (3,5m × 2) = 14,00 (m).
- Accotement :
  - Bande d'arrêt : 1,8 m× 2 = 3,6 (m).
  - Berme : 0,8m×2=1,6(m)
- Terre plain centrale (TPC) = 2(m).

**La largeur de la plate-forme de l'évitement est de 21,2 m.**

## VII.1. Introduction :

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

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

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

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

## VII.2. Définition :

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

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

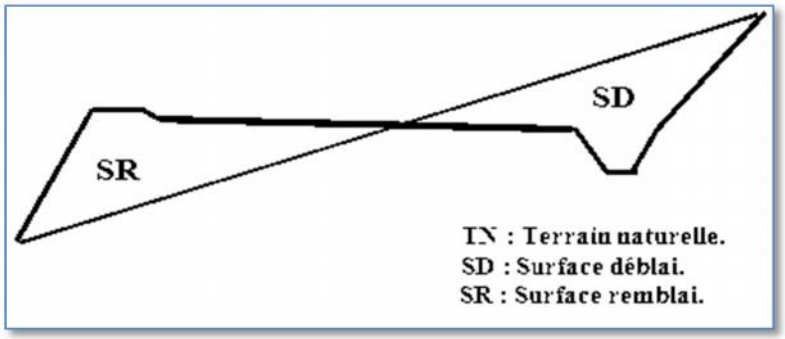
## VII.3. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

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

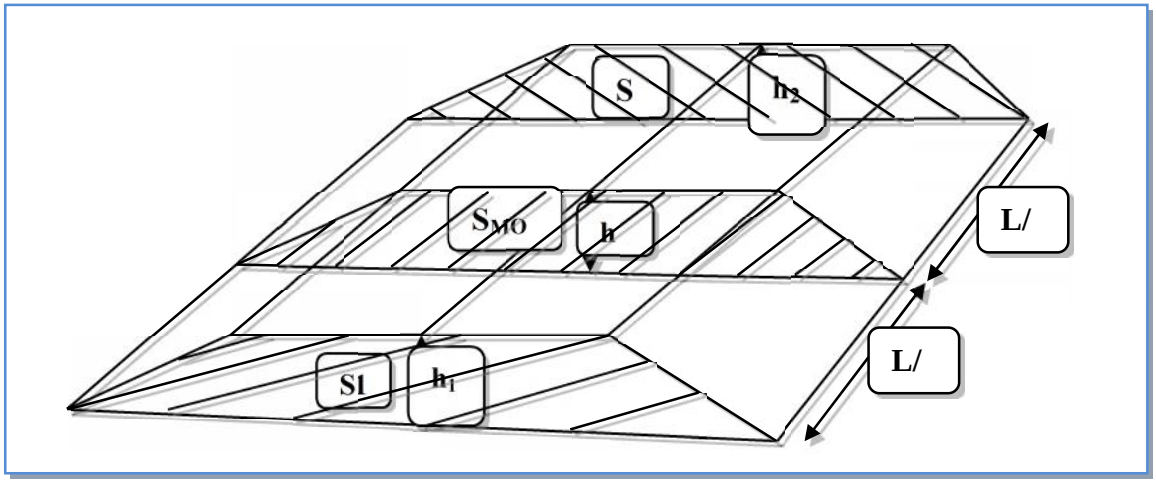
On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

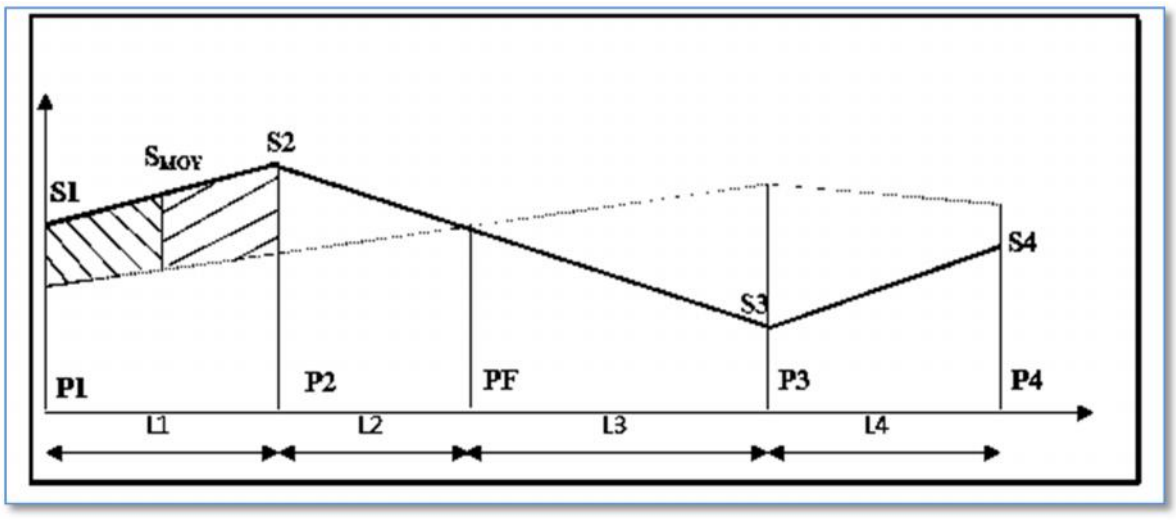


**Formule de Mr SARRAUS :**

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

$$V = \frac{L}{6}(S1 + S2 + 4 \times S_{MOY})$$




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

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY et $\frac{(S1+S2)}{2}$.

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

Donc les volumes seront :

$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$ Entre P1 et P2

$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$ Entre P2 et PF

$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$ Entre PF et P3

$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$ Entre P3 et P4

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

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

## VII.4. Calcul des cubatures de terrassement :

La méthode choisie pour le calcul est celle de **GULDEN** et elle a été effectué à l'aide du logiciel **piste 5**.

**Voir L'Annexe**

## VIII.1. Introduction:

La reconnaissance de sol utilisant différents équipements et instrumentation sur terrain ou au laboratoire est un moyen pour le géotechnicien, afin de mieux connaître les sols et surtout le massif de sol étudié appelé à supporter dans des bonnes conditions le projet.

La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment **:**

les remblais, les fondations de chaussée, la construction des diverses couches de la chaussée.

La géotechnique routière a pour objectif :

- De définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de Chaussée.
- Établir le projet de terrassement.
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de chaussée.

## VIII.2. Réglementation algérienne en géotechnique :

La géotechnique couvre un grand champ qui va de la reconnaissance des sols

Au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en

Laboratoire ou en place (in situ).

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sol couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des Études géotechnique, par exemple :

- les essais en place (essais pressiométrique, pénétromètre statique adynamique….etc.)
- les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification

## VIII.3. Les différents essais en laboratoire :

Les essais faits en laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'atterberg.
- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angles.
- Assai Micro Deval.

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

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

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

## VIII.4. Les essais d'indentification :

- **Analyse granulométrique :**

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

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique, cette analyse se fait en

générale par un tamisage.

- **Equivalent du sable:**

Le but de l'essai de l'équivalent est de déterminer la qualité d' impureté (ou pour déterminer le pourcentage d'impureté dans un échantillon) soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

- **Limites d'atterberg:**

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

WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état

Liquide ; les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité.

IP = WL – WP, est donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

- **Essai Proctor:**

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

- **Essai C.B.R :**

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

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les

Échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifier) avec 3 énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant 4 jours.

- **Essai Los Angeles:**

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

- **Essai Micro Deval:**

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

## VIII.5.Condition d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm
- Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- Matériaux gélifs.

On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactes sur la surface pour laquelle

seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront étalés par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant leurs compactages. 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.

## VIII.6. Les Moyens De Reconnaissance :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont Essentiellement :

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

**NOTA**: A défaut de ne pas avoir eu le rapport géotechnique nous n'avons pas pu traiter la partie géotechnique à l'application de notre projet.

## IX.1.Introduction:

On entend par dimensionnement des chaussées l'épaisseur à donner à un corps chaussée, Elle doit être suffisante pour qu'elle ait une durée convenable, et non Surabondante pour éviter les dépenses superflues.

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une Bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges D'exploitation.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans les conditions de confort et de sécurité voulue. Si le corps de chaussée se repose sur un sous-sol présentant une portance insuffisante. On est donc amène à apporter sur le sol naturel une épaisseur quelque fois importante de matériaux choisis dont la qualité va croitre au fur et à mesure qu'on se rapproche de la surface de la chaussée car les matériaux seront soumis à pression fort au fur et à mesure qu'il se rapproche de la surface de roulement.

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée retenue, sont fixes en fonction des paramètres fondamentaux qui sont :

- L'environnement de la route.
- Le trafic.
- La nature du sol support.
- Les matériaux choisis.
- La durée de vie de la chaussée.

## IX.2. Principe de la constitution des chausses :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, surement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts cisaillements.

## IX.3. Les différents types des chaussées :

Il existe trois types de chaussée:

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

- **Les chaussées souples :**

Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :

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

### Couche de surface :

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

-D'imperméabiliser la surface de chaussée.

-D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit)

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

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

### Couche de base:

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

Elle a pour rôle essentiel de prendre les efforts verticaux et de répartir les contraintes normales qui en résultent sur la couche de fondation sans se déformer ni se dégrader.

La couche de base est constituée avec beaucoup de soin elle doit porter de meilleurs matériaux car les contraintes sont plus élevées vers la surface qu'au fond. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

### Couche de fondation:

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

### Couche de forme:

La couche de forme est constituée généralement des matériaux disponibles sur le chantier ou localement, elle sera constituée généralement des matériaux sableux ou graveleux Propres. Elle a pour rôle d'améliorer et d'uniformiser certains sols fins non traitée possédant des caractéristiques géotechniques médiocres Actuellement, on tient compte d'améliorer la portance du sol support à long terme, par la couche de forme. L'épaisseur de la couche de forme est en générale entre 40 et 70 cm.

- **les chaussées semi-rigides.**
- **les chaussées rigides.**

## IX .4. Méthodes de dimensionnement:

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuient sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches. Notre corps de chaussée sera dimensionné avec les deux méthodes suivantes :

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

**Trafic :**

Un comptage est effectué en **2010**, pour estimer le trafic à l'horizon, on fait une projection jusqu'a l'an **2033**, tout en sachant que la durée de vie de notre projet estimer à **20** ans, et sa mise en service est prévue pour l'année **2013**.

La valeur du trafic est donnée dans le tableau suivant:

| TJMA (v/j) | % PL |
|---|---|
| **8000** | 25 |

### IX.4.1. method C.B.R (California – Bearing – Ratio):

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

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

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

.

- ICBR : indice CBR

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

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

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

- N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- Log : logarithme décimal.
- e : Epaisseur équivalent.

**Notion de l'épaisseur équivalente:**

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

$$E_{eq} = \sum_{i}^{t} e_i \left( \text{à la somme des équ} \right)$$

réel) $\times a_i$

e1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
e2 : épaisseur réelle de la couche de base.
e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.
a1, a1, a1: sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e1, e2, e3.

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

| Matériaux utilises | Coefficient d'équivalence 'a' |
|---|---|
| **Béton bitumineux ou enrobe dense** | 2.00 |
| **Grave ciment – grave laitier** | 1.50 |
| **Sable ciment** | 1.00 à 1.20 |
| **Grave concasse ou gravier** | 1.00 |
| **Tuf** | 0.7 à 0.8 |
| **Grave roulée – grave sableuse T.V.O** | 0.75 |
| **Sable** | 0.50 |
| **Grave bitume** | 1.60 à 1.70 |

Les coefficients d'équivalence.

Remarque :
Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe **e1** et **e2** et on calcul **e3**, généralement les épaisseurs adoptées sont :

| | | | |
|---|---|---|---|
| **BB : 5-8cm** | **GB : 10-20cm** | **GC : 15-30cm** | **TVO: 30cm et plus** |

## IX.4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

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

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

## IX.4.3. Méthode du catalogue des structures des chaussées neuves (B60-B61) :

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

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

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

**Détermination de la classe du trafic :**

Le trafic est caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieur à 50 (Km) par jour la voie la plus chargée.

| Classe de trafic | Trafic poids lourds cumule sur 20 ans |
|---|---|
| **T1** | T < 7.3×105 |
| **T2** | 3.7 ×105 < T < 2 × 106 |
| **T3** | 2 ×106< T < 7.3 × 106 |
| **T4** | 7.3 × 106 < T < 4 × 107 |
| **T5** | T > 4 × 107 |

Classement du trafic suivant le catalogue

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

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

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

**n** : durée de vie (n = 20 ans).

**T** : taux de croissance du trafic.

**Détermination de la classe du sol :**

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

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

Classe de sols

## IX.5. Application au projet :

### IX.5.1. Méthode C.B.R :

- **Données de l'étude :**

- Année de comptage : **2010**
- TJMA2010=**8000 v/j**
- Mise en service **: 2013**
- Durée de vie : **20 ans**
- Taux d'accroissement : τ = **4 %**
- Pourcentage de poids lourds : Z = **25 %**
- ICBR=**7%** (imbibé a 4 jours).

Dans ce cas, on a un sol de faible portance S3, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans les conditions acceptables. Alors l'utilisation d'une couche de forme (tuf) d'épaisseur 40cm permet un sur classement De portance du sol qui sera d'une classe S2 de CBR=11.

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

- **P** : Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 (t)).
- **Log** : Logarithme décimal.
- **e** : Épaisseur équivalent.

On a :

**Z** = % PL = 25% ; $\mathbf{I_{CBR}}$ =7 ; **P** = 6.5 (t).

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

$N\ Pl_{2013}$ = % PL ×0.9×$TJMA_{2013}$

⇒ N = 0.25 ×0.9× 5000

**N Pl 2013 = 1225 (Pl/j).**

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

$N\ PL_{2033}$= 1225 (1 +0,04)20= 2685 (v /j/sens).

Donc :

$$e = \frac{100 + 50.\log\left(\frac{2685}{10}\right)}{(\sqrt{6.5}) \times \left[\frac{75}{(11+5)}\right]} = 6.75\ (cm).$$

**e = 37 (cm).**

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

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

**Calcule l'épaisseur e3 :**

**e1 = 6 cm** en béton bitumineux (BB) ⇒ a1 = 2.0.

**e2 = 10 cm** en grave bitume (GB) ⇒ a2 = 1,5.

**e3** = **15 cm** épaisseur en grave non traité (GNT) ⇒ a3 = 1,0.

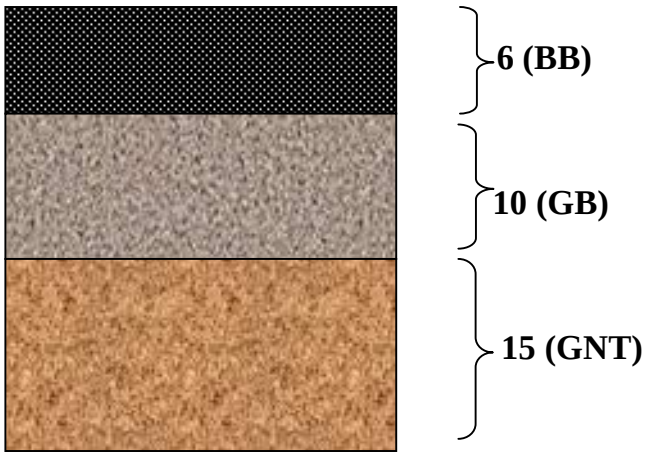
E eq = 6 × 2 + 10 ×1,5 + 1,0 × e3 = 42 (cm).

Donc **:** **e3 = 15 (cm).**

Donc la structure proposée :

**6 (BB) + 10 (GB) +15 (GNT) = 31 cm**

Comme indique la figure suivante :




Corps de chaussée méthode CBR.

## IX.5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

- **Détermination du type de réseau:**

On a: TJMA=8000 >1500 v/j ⇒ Donc le réseau principal est de niveau 1 **(RP1).**

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

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

- **Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1:**
  - la Zone climatique : Zone II
  - Durée de vie : 20 ans.
  - Taux de d'accroissement: 4 (%).
  - TJMA2013 = 8999 (véh/j).

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

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

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

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

Classe de trafic

- **Détermination de la portance de sol support de chaussée:**

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal les différentes catégories sont données par le tableau indique les classes de sols:
CBR = 7 .D'après le catalogue, l'ordre de portance de sol est de: S3.

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

- **Amélioration de la portance du sol support:**

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

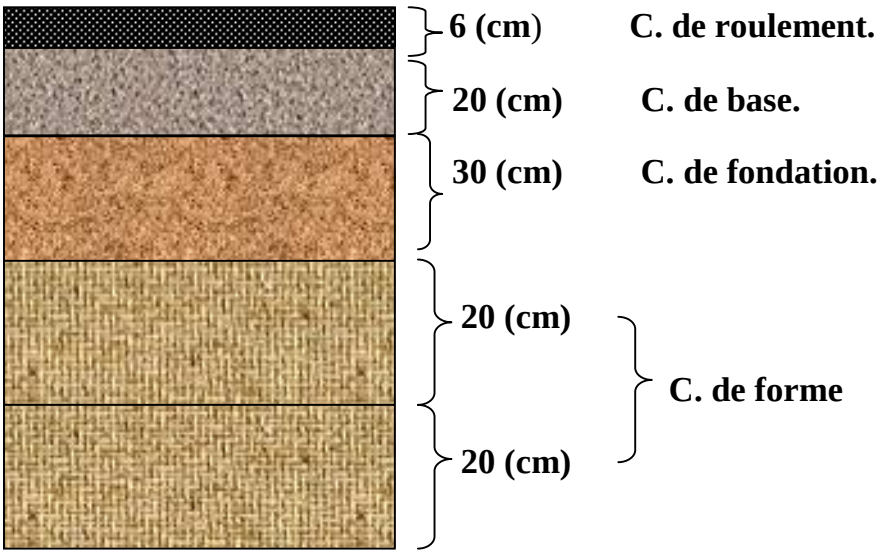
| Classe de portance de sol terrassé (si) | Matériau de couche de Forme | Epaisseur de matériau de couche de forme | Classe de portance de sol-support visée (s j) |
|---|---|---|---|
| < **S4** | Matériaux non traités | 50 cm (en 2 couches) | S3 |
| **S4** | Matériaux non traités | 35cm | S3 |
| **S4**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

Amélioration de la portance du sol support :

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

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

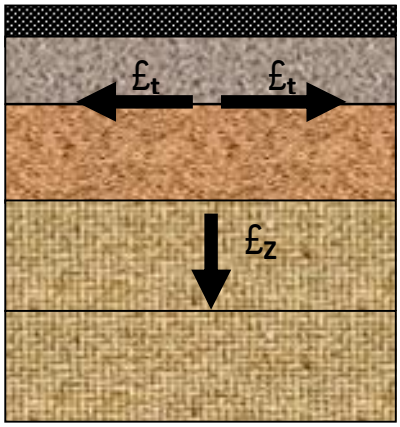
Structure proposée : **6 BB + 20 GB + 30 GNT+ 40 TUF= 96 (cm).**




Corps de chaussée méthode catalogue.

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

Il faudra vérifier que $\varepsilon_t$ et $\varepsilon_z$ calculées à l'aide d'alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculée c'est-à-dire respectivement a $\varepsilon_t$. adm et $\varepsilon_z$. adm.




$$\varepsilon_z < \varepsilon_{z.adm} \text{ et } \varepsilon_t < \varepsilon_{t.adm}$$

Avec :
A : coefficient d'agressivité.

- **Calcul de trafic cumule des poids lourds (TCi) :**

TCi = TPLi × 365× ((1 + ²) $^n$- 1) / ².

TC $_{2033}$= 1013 × 365 × ((1+0, 04)$^{20}$-1) / (0,04) = 1,101 × $10^7$ (PL/j/sens).

| Niveau de réseau principal (RPi) | Type de matériaux et structures | Valeurs de A |
|---|---|---|
| **RP1** | Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC | **0.6** |
| | Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GB/GC, GB/TUF, GB/GC | 1 |

- **Calcul de trafic cumule équivalant :**

TCEi = TCi × A

TCE 2033= 1,101 × $10^7$× 0, 6 = 0.66 × $10^7$ (PL/j/sens).

- **Calcul de sollicitations admissibles :**

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

$$\varepsilon_{Z.adm} = 22 \text{ ò } 10^{-3} \text{ ò } (TCEi)^{-0.235}$$

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

Chois des températures équivalentes

| Matériaux | E (30°C, 10Hz) | E (25°C, 10Hz) | E (20°C, 10Hz) | E (10°C, 10Hz) | £6 (10°C, 10Hz) | -1/b | SN | Sh | ¬ | KC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **GB** | 3500 | 5500 | 7000 | 12500 | 100 | 6.84 | 0.45 | 3 | 0.35 | 1.3 |

Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

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

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

$$\delta = \sqrt{\left[ S_N^2 + \left(\frac{C}{b} \times S_h\right)^2 \right]}$$

$$\delta = \sqrt{\left[ 0.4^2 + \left(\frac{0.02}{0.146}\right)^2 \times 3^2 \right]} = \hat{G}$$

**¢ = 0.609**

## Application:

- **Déformations admissibles verticales :**

$\varepsilon z.ad = 22 \times 10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$

$\varepsilon z.adm = 22 \times 10^{-3} \times (0.66 \times 10^7)^{-0.23} \Rightarrow$ **£z.adm = 5.493 ò 10- 4.**

- **Déformations admissibles de traction :**

**$\varepsilon_{t.adm} = \varepsilon_6$ (10°C, 25Hz) x Kne x Kθ x kr x $K_C$**

**Kne** = $(TCEi/10^6)^b$. **Kθ** = $\sqrt{\left(\frac{E(10°C)}{E(\theta eq)}\right)}$ . **kr** = $10^{-tb\delta}$ **$K_C$=1.3**

$\varepsilon_{t.adm} = 10^{-4} \times \left(\frac{0.66 \times 107}{10^6}\right)^{-0.146} \times \sqrt{\left(\frac{12500}{7000}\right)} \times 10^{-(1.282 \times 0{,}609 \times 0{,}146)} \times 1.3 \Rightarrow$ **$\varepsilon_{t.adm} = 1.014 \times 10^{-4}$**

- **Vérifications avec ALIZE III :**

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

Caractéristiques des couches.

- **Résultats de calcul par ALIZE III :**

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

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

| D | 53.09MM/100 | R*D | |
|---|---|---|---|
| R | 914.43M | 48550.97M*MM/100 | |

MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

- **Résultats de la simulation :**

| | Déformations calculées | Déformations admissibles |
|---|---|---|
| **£z sol support** | **231 ò $10^{-6}$** | **549,3 ò $10^{-6}$** |
| **£t à la base de GB** | **80,2 ò $10^{-6}$** | **101,4 ò$10^{-6}$** |

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

**£t = 80,2 ò $10^{-6}$ < £t.adm** et **£z = 231 ò $10^{-6}$ < £z.adm**

- **Résumé :**

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

| méthode | |
|---|---|
| **CBR** | **C.T.T.P** |
| **6 (BB) + 10 (GB) +15 (GNT) + 40(TUF)** | **6 (BB) + 20 (GB) +30 (GNT) +40(TUF)** |

Récapitulatifs des résultats.

## IX.6. Conclusion :

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

## X.1. Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection de 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.

## X.2. Données essentielles pour l'aménagement d'un carrefour :

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

- Les valeurs de débit de circulation sur les différentes branches, l'intensité des mouvements tournant et leur évolution prévisible dans le futur.
- Les types et les causes des accidents constatés dans les cas de l'aménagement d'un carrefour existant (point accident gènes).
- Des caractéristiques de sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Respect de l'homogénéité du tracé.
- De la surface neutralisée par l'aménagement.

## X.3. Choix de l'aménagement :

Le choix du type d'aménagement se fait en fonction de multiples critères :

- L'environnement et la topographie du terrain d'implantation.
- L'intensité et la nature du trafic d'échange dans les différents sens de parcours.
- Objectif de fonctionnement privilégié pour un type d'usager.
- Objectif de la capacité choisie.
- Objectif de sécurité.

## X.4. Les types de carrefours :

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

### X.4.1. 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.

### X.4.2. 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°).

### X.4.3. Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

### X.4.4. 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 rondpoint.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

## X.5. Principes généraux d'aménagements d'un carrefour :

- Les cisaillements doivent ce produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

### X.5.1. La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.
En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

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

### X.5.2. Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

- Le point de conflit.
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

### X.5.3. Données de base :

- La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide (V0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.

### X.5.4. Les îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras 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 et la limite de la chaussée: 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.

### X.5.5. Ilot 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 à1m.

## X.6. Application au projet :

### X.6.1.Choix de type de l'aménagement:

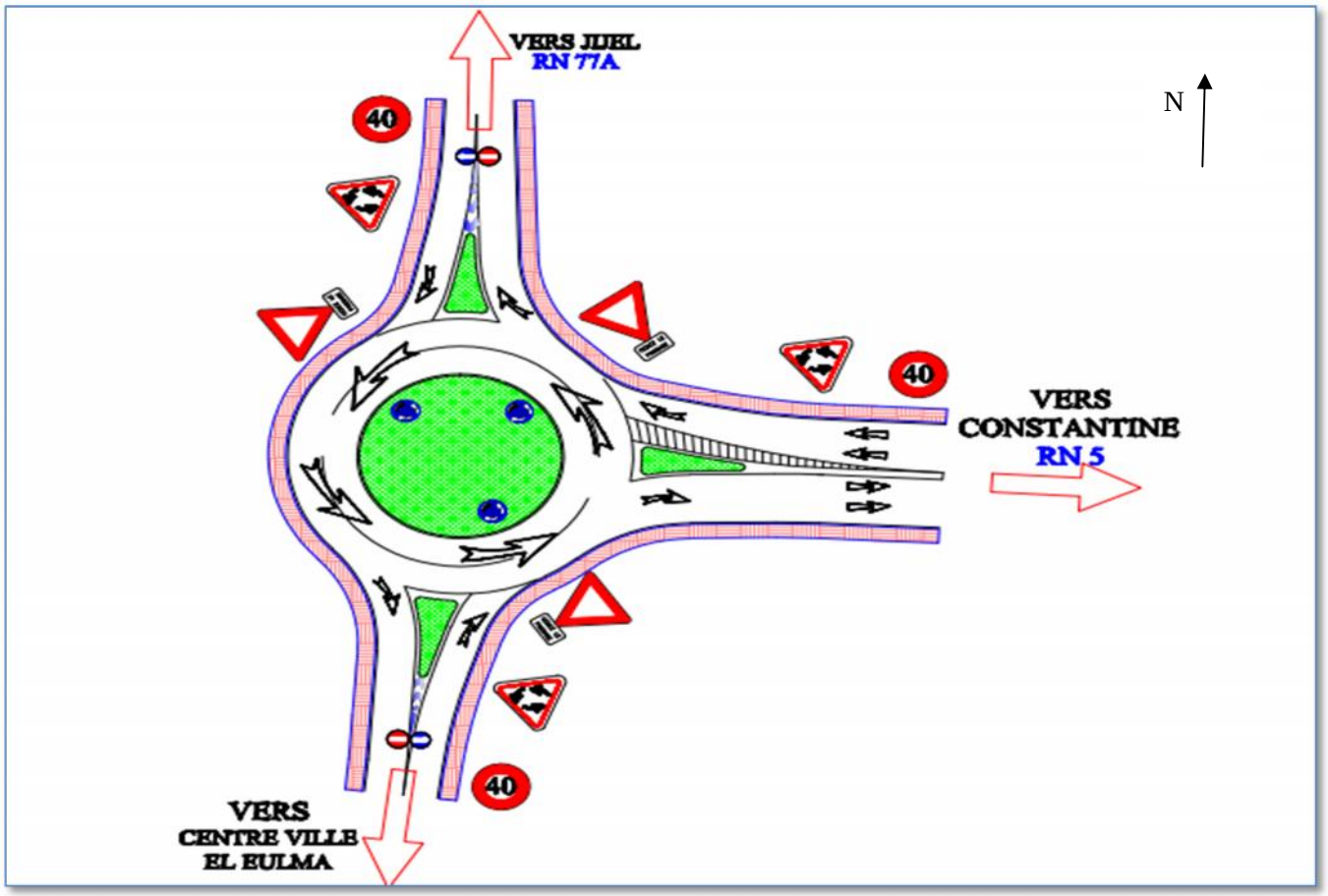
D'après les données du trafic de chaque bronche et L'environnement et la topographie du terrain d'implantation de chaque carrefour, notre choix de type d'aménagement est réparti comme suit :

- **début de projet** :

Giratoire au PK 0+00 intersection de l'évitement avec RN 77A

On a Choisit un Carrefour giratoire pour les raison suivantes :

- L'avantage de sécurité plus que carrefours en « T » ou « Y »
- Stockage de véhicule a l'intérieure de lui.
- Diminuer la vitesse.
- Fluidité importante



## X.6.2.Diagrammes de visibilité :

**D'après le B40 :**

a = 2.5 (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt).

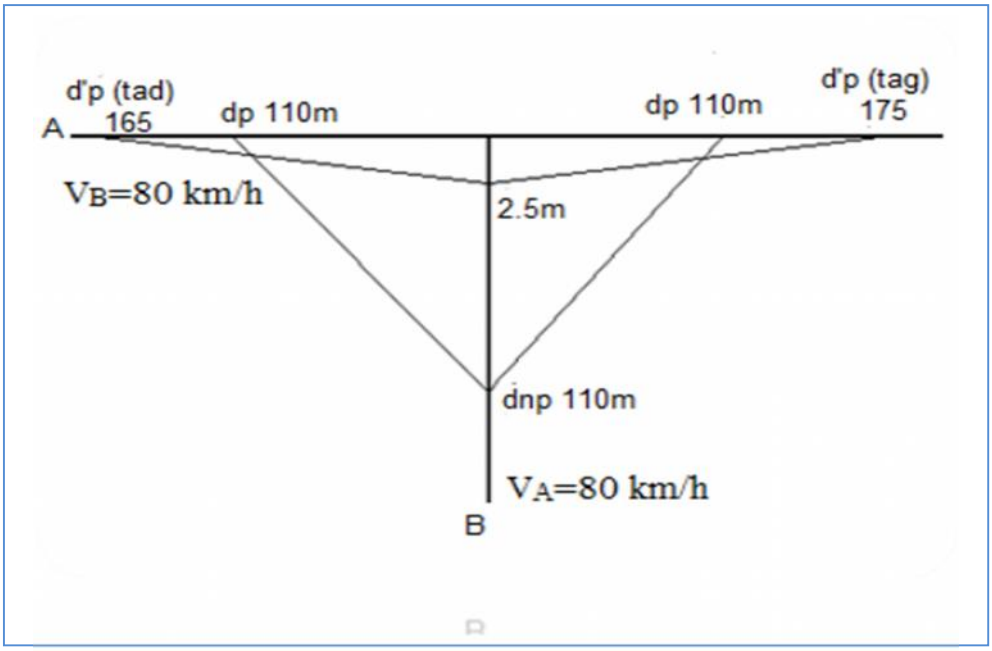
On a les deux itinéraires

- **Itinéraires A** :

VA=80 km/h.
d'p (VP) = 130m.
d'p (PL) = 175m.
d'p (TAG) = 175m.
d'p (TAD) = 165m.
dp =110m.

- **Itinéraires B** :

VB=80 km/h.
dnp=110m.



- **L'aménagement des entrées et des sorties :**

La détermination de la vitesse à laquelle les véhicules entrent et sortent du carrefour giratoire, la largeur des entrées doit en conséquence être considérée comme un facteur déterminant quant à la capacité et à la sécurité du carrefour giratoire.

La largeur de l'entrée, établie à partir des manœuvres de virage simulées, aura une influence déterminante sur sa capacité.

En milieu urbain, le rayon de sortie devrait être inférieur à 15 m, de manière à éviter que la vitesse de sortie n'excède 40 km/h. En milieu rural, le rayon de sortie peut être supérieur à 15 m, à condition qu'il n'y ait pas de piétons.

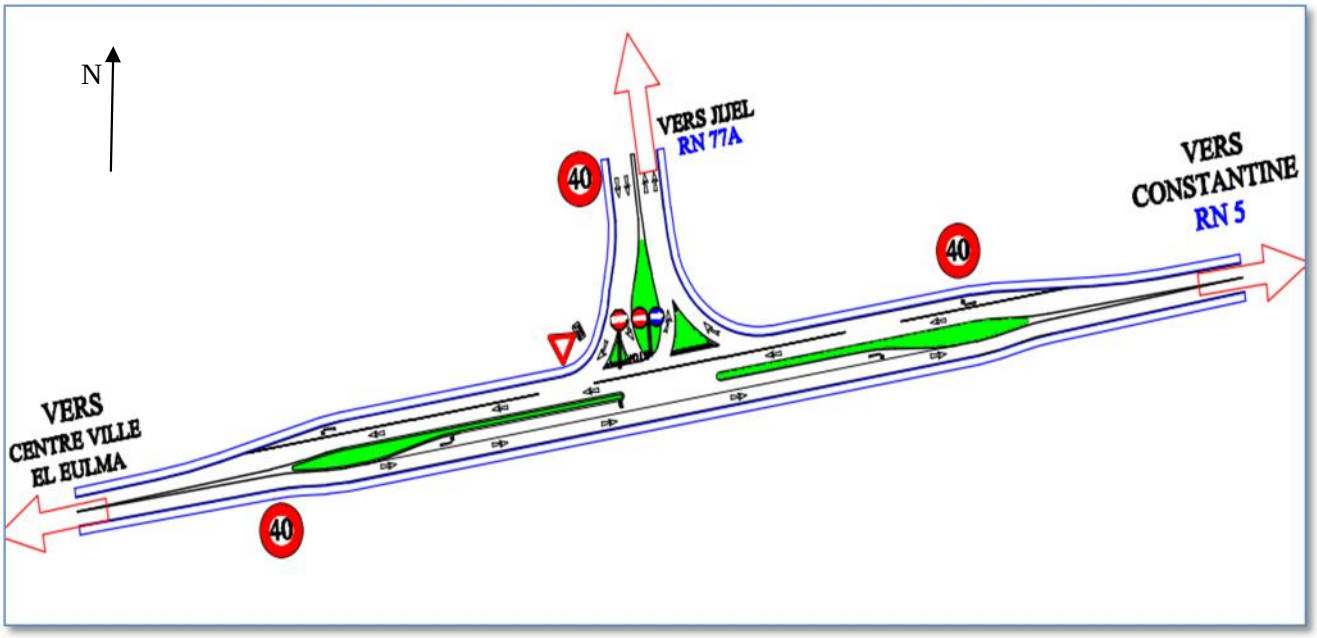
| Géométrie de l'anneau | | |
|---|---|---|
| Coordonnées du centre | X | 742057,1110m |
| | Y | 4006259,7411 m |
| Rayon extérieur | 20,000 m | |
| Rayon intérieur | 12,000 m | |
| Largeur d'anneau | 8.000 m | |
| surligneur franchissable | 0.000 m | |
| Distance marquage extérieur | 0.2500 m | |
| Distance marquage intérieur | 0.2500 m | |

| Géométrie de la branche 'Branche (1) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Point de référence | X | 742057,1110m | Angle | 99.7684gr |
| | Y | 4006259.7411m | | |
| Triangle de construction | | | Ilot central | |
| Hauteur | 20.000 m | | Rayon de raccord | 0.400 m |
| Base | 5.000 m | | Distance de l'anneau | 1.000 m |
| Déport | 0.450 m | | Distance de marquage | 0.2500 m |
| Caractéristiques des voies | | | Entrée | Sortie |
| Rayon de raccord sur anneau | | | 15.000 m | 20,00 m |
| Largeur voie sur anneau | | | 4.000 m | 7.000 m |
| Largeur voie courante | | | 7 m | 7 m |
| Rayon de raccord sur voie courante | | | 80.000 m | 80.000 m |
| Terre-plein | | | 0.500 m | 0.500 m |
| Distance départ passage piéton | | | 0 m | 0 m |
| Largeur passage piéton | | | 0 m | 0 m |

| Géométrie de la branche 'Branche (2) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Point de référence | X | 742057,1110m | Angle | 2.3793gr |
| | Y | 3976675.260 m | | |
| Triangle de construction | | | Ilot central | |
| Hauteur | | 20.000 m | Rayon de raccord | 0.400 m |
| Base | | 7.500 m | Distance de l'anneau | 1.000 m |
| Déport | | 0.450 m | Distance de marquage | 0.2500 m |
| Caractéristiques des voies | | | Entrée | Sortie |
| Rayon de raccord sur anneau | | | 15.000 m | 22.000 m |
| Largeur voie sur anneau | | | 4.000 m | 4.500 m |
| Largeur voie courante | | | 3.500 m | 3.500 m |
| Rayon de raccord sur voie courante | | | 80.000 m | 80.000 m |
| Terre-plein | | | 0.000 m | 0.000 m |
| Distance départ passage piéton | | | 0.000 m | 0.000 m |
| Largeur passage piéton | | | 0.000 m | 0.000 m |

| Géométrie de la branche 'Branche (3) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Point de référence | X | 742057,1110m | Angle | 208.0992gr |
| | Y | 3976675.260 m | | |
| Triangle de construction | | | Ilot central | |
| Hauteur | | 20.000 m | Rayon de raccord | 0.400 m |
| Base | | 5.000 m | Distance de l'anneau | 1.000 m |
| Déport | | 0.450 m | Distance de marquage | 0.2500 m |
| Caractéristiques des voies | | | | Sortie |
| Rayon de raccord sur anneau | | | 15.000 m | 20.000 m |
| Largeur voie sur anneau | | | 4.000 m | 4.500 m |
| Largeur voie courante | | | 3.500 m | 3.500 m |
| Rayon de raccord sur voie courante | | | 80.000 m | 80.000 m |
| Terre-plein | | | 0.000 m | 0.000 m |
| Distance départ passage piéton | | | 0.000 m | 0.000 m |
| Largeur passage piéton | | | 0.000 m | 0.000 m |

- **fin de projet :**




Carrefour à trois branches (en T) au PK 4+380 intersections évitement avec RN 5

- **L'aménagement des entrées et des sorties**

- La voie d'insertion : L=110m, R=14m
- La voie décélération: L=110 m, R=28m
- Rayon tourne à droite : Entré : 14m

  Sortie : 28m

- Rayon tourne à gauche : entré et sortie 16m
- Largeur de couloire entré 4m sortie 4.5m.
- Voie d'insertion 3m.
- Voie de stockage 3m.
- voie décélération 3m

## XI .1.Introduction:

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.,) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation, Les types de dégradation provoquée par les eau× sont engendrés *comme* suit :

- **Pour les chaussées :**

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées)
- Dés enrobage
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important)
- Décollement des bords (affouillement des flancs)

- **Pour les talus :**

- Glissement
- Erosion
- Affouillements du pied de talus

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface, Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

## XI.2. Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning)
- Le maintien de bonne condition de viabilité
- Réduction du coût d'entretien
- Eviter les problèmes d'érosions
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée, (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel)
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel)

## XI.3. Assainissement de la chaussée:

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc, dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations, Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux)
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot)

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût

- **Fossé de pied du talus de déblai :**

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale, ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

- **Fossé de crête de déblai :**

Ce type de fossé est toujours en béton, Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

- **Fossé de pied de talus de remblai :**

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement),ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

- **Drain :**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute, Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre, Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

- **Descentes d'eau :**

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau, Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%, Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

## XI.4. Définition des termes hydraulique :

- **Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux, C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

- **Collecteur principal (canalisation) :**

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

- **Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage, Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.
Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

- **Sacs :**

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

- **Fossés de crêtes :**

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

- **Décente d'eau :**

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

- **Les regards :**

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

## XI .5.Dimensionnement de Réseau d'assainissement à projeter :

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

$$Qa = Qs$$

Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (L/s).
Qs : débit d'écoulement au point de saturation (L/s).
Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle :

$$Qa = K.C.I.A$$

Avec :

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

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

C : coefficient de ruissellement.

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

## XI.5.1.Détermination de l'intensité :

Pour la détermination de l'intensité on utiliser la courbe « Intensité-Durée-fréquence »,qui donne l'intensité en fonction de la période de retour et la durée (temps de concentration).

- **La période de retour :**
  - Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
  - Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
  - Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.
- **Le tems de concentration :**

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

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

1) Lorsque : A < 5 km² :

$$t_c = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}}$$

2) Lorsque : 5km² ≤ A < 25 km² :

$$t_c = 0.108\frac{\sqrt[3]{A.P}}{\sqrt{P}}$$

*3)* Lorsque : 25 km² ≤ A < 200 km² :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

- Tc : Temps de concentration (heure).
- A : Superficie du bassin versant (km²).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

## XI.5.2.Coefficient de ruissellement :

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

| Type de chaussée | C | Valeurs prises |
|---|---|---|
| **Chaussée revêtement en enrobés** | 0,80 à 0,95 | 0,95 |
| **Accotement (sol légèrement perméable)** | 0,15 à 0,40 | 0,35 |
| **Talus** | 0,10 à 0,30 | 0,25 |
| **Terrain naturel** | 0,05 à 0,20 | 0,20 |

- **Calcul de débit de saturation :**

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

- $K_{st}$ : coefficient de **STRICKLER** qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage
  Paroi en terre : $K_{st}$ =30.
  Paroi en béton : $K_{st}$ =60.
- S : section mouillée.
- R : rayon hydraulique (m).
- J : la pente moyenne de l'ouvrage.

## XI.6.Calcule hydraulique :

- **DONNEES HYDRAULIQUES :**

Les nécessaires aux calculs sont :

Les précipitations moyennes de 24h : $p_j$=42,6

Le coefficient de variation de la région considérée :$c_v$ = 0,5

L'exposant climatique de la région :b =0,32

- **Calcul de précipitation :**

Le calcul de la précipitation $Pj\ (\%)$ est obtenu par la formule suivante :$c_v^2$

$$P_j(\%)=\frac{Pj}{\sqrt{cv2+1}} \times e^{u\sqrt{\ln(c_v^2+1)}}$$

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans

Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

- **Variable de gauss en fonction de la fréquence**

| Fréquence | Période de retour (ans) | Variable de GAUSS |
|---|---|---|
| **1** | 100 | 2,327 |
| **2** | 50 | 2 ,057 |
| **3** | 10 | 1,282 |

**Remarque** :

Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

Pour calcule la précipitation en a : $P_j$= 42,6 , $P_V$= 0,50

- **Pendant 10 ans**

u = 1,282

$P_j(10\%) = \frac{42,6}{\sqrt{0,52+1}} \times e^{1,282\sqrt{\ln(0,52+1)}}$

$P_j(10\%)$ = 69,53mm

- **Pendant 50 ans**

u = 2,057

$P_j(2\%) = \frac{42,6}{\sqrt{0,52+1}} \times e^{2,057\sqrt{\ln(0,52+1)}}$

$P_j(2\%)$ =100,02mm

- **Pendant 100 ans**

u = 2,327

$P_j(1\%) = \frac{42,6}{\sqrt{0,52+1}} \times e^{2,327\sqrt{\ln(0,52+1)}}$

$P_j(1\%)$ = 113,53

- **Calcul de l'intensité de l'averse :**

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$I_t = I\left(\frac{tc}{24}\right)^B$

Avec:

**I :** l'intensité de l'averse pour une durée de 1h

B= b– 1 = 0, 32 – 1 = −0, 68

$I = \frac{Pj(\%)}{24}$

$P_j(10\%) = 69,53 \Rightarrow I = \frac{69,53}{24} = 2,897$ mm/h

$P_j(2\%) = 100,02 \Rightarrow I = \frac{100,02}{24} = 4,167$ mm/h

$P_j(1\%) = 113,53 \Rightarrow I = \frac{113,53}{24} = 4,730$ mm/h

## XI .7.Application au projet

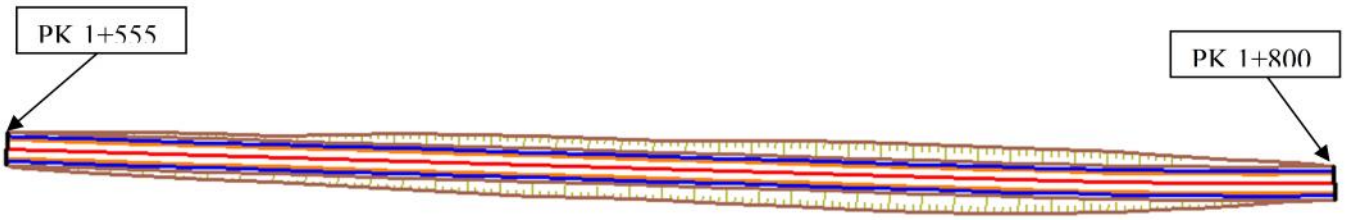
### XI.7.1.Assainissement des chaussées déversées :

En section déversée « le premier virage »nous avons un rayon de 800 m qui a un dévers unique vers le TPC, donc il sera prévu des collecteurs à fente sur la BDG de la chaussée extérieure pour recueillir les eaux et les évacuer hors plate-forme par des regards et des buses de traversée.

### XI.7.2.Dimensionnement des fossés :

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

- **1$^{er}$ cas :** alignement droit en remblai entre le PK 1+555 et le PK1+ 800 de longueur L= 245m :




1$^{er}$ cas : Alignement droit en remblai L=245m

**Calcul de la surface :**

Surface de la chaussée : $A_c = 7 \times 245 = 4375 m^2 = 0,4375\ 10^{-4}$ ha

Surface de bande d'arrêt : $A_{ba} = 1,8 \times 245 = 1125 m^2 = 0,1125\ 10^{-4}$ ha

Surface de la berme : $A_b = 0,8 \times 245 = 196\ m^2 = 0,0196$ ha

Surface du talus : $A_t = 957,97 m^2 = 0,0957$ ha

- **Calcul du débit d'apport (Qa):**

Débit de la chaussée :

$Q_{C=}K\ I\ C_c\ A_c$
$Q_{C=}2,\ 78\times0,\ 95\times38,\ 67\times0,\ 4375=44,68L/s$

Débit de l'accotement :

$Q_{ba}=K\ I\ C_{ba}\ A_{ba}$
$Q_{ba}=2,\ 78\times0,\ 35\times71,\ 98\times0,\ 1125=7,87L/s$

Débit de la berme :

$Q_b=K\ I\ C_b\ A_b$
$Q_b=2,78\times0,35\times166,59\times0,0196=3,17\ L/s$

Débit du talus :

$Q_{C=}K\ I\ C_t\ A_t$
$Q_t=2,\ 78\times0,\ 25\times384,\ 25\times0,\ 0957=25,\ 55\ L/s$

- **Résumer des calcules**

| | **Surface A(h)** | **$T_c$(h)** | **$I_t$(mm/h)** | **c** | **$Q_i$(L/S)** |
|---|---|---|---|---|---|
| **chaussée** | 0,4375 | 0,531 | 38,67 | 0,95 | 44,68 |
| **Bande d'arrêt** | 0,1125 | 0,213 | 71,98 | 0,35 | 7,87 |
| **Berme** | 0,0196 | 0,062 | 166,59 | 0,35 | 3,17 |
| **Talus** | 0,4709 | 0,018 | 384,25 | 0,25 | 25,55 |

D'où: $Q_a = Q_c+Q_{ba}+Q_t+Q_b =44,\ 68+7,87+25,55+3,17=81,27L/s$

- **Calcul du débit de saturation ($Q_S$):**

Le débit de saturation où le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning- Strickler sur un écoulement en régime uniforme

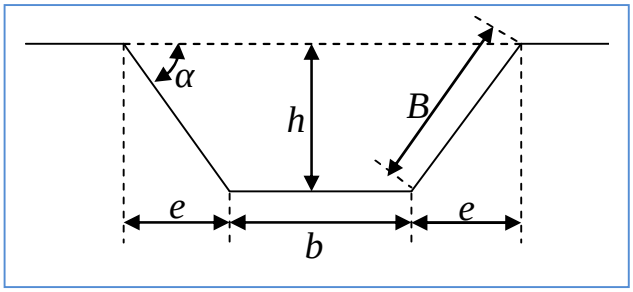
La forme transversale du fossé est trapézoïdale :

La section mouillée :

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

Avec : $tg\ \alpha=\frac{h}{\ }=\frac{1}{n}$ d'où : e= n,h

$Sm= bh+nh^2$



$\Rightarrow S_m = h(b+nh)$

Le périmètre mouillé :

$P_m = b + 2,B\ h^2+e^2$

Avec : $B=\sqrt{h2 + e2}$ $=h\sqrt{1 + n2}$

$Pm=b+2h\sqrt{1 + n2}$

Le Rayon hydraulique :

$R_h = \frac{Sm}{Pm}$

$R_h = \frac{h\ (b+nh)}{(b+2h\sqrt{1+ n2})}$

Donc :

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

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre n et on fait varier b et h, on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport : $Q_S \geq Q_a$

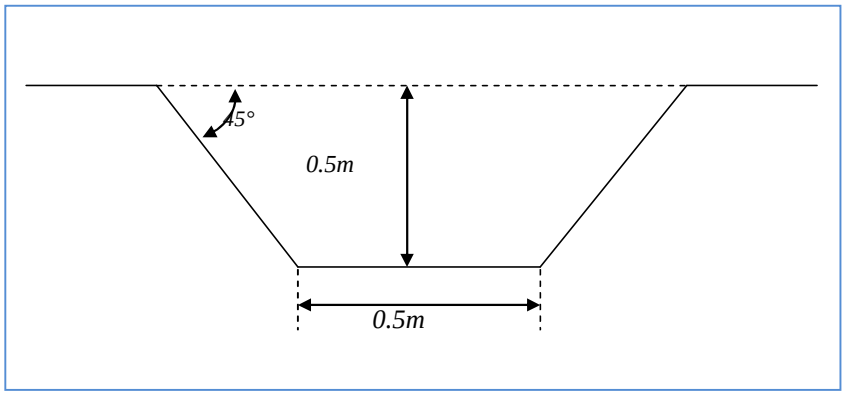
- **Conception 01** : b= 0,5m. h=0,4m. $K_{st}$=60. J=0,87%. n=1

  On trouve : $Q_S$=73,53L/s, Ce débit est inférieur à $Q_a$=81,27L/s

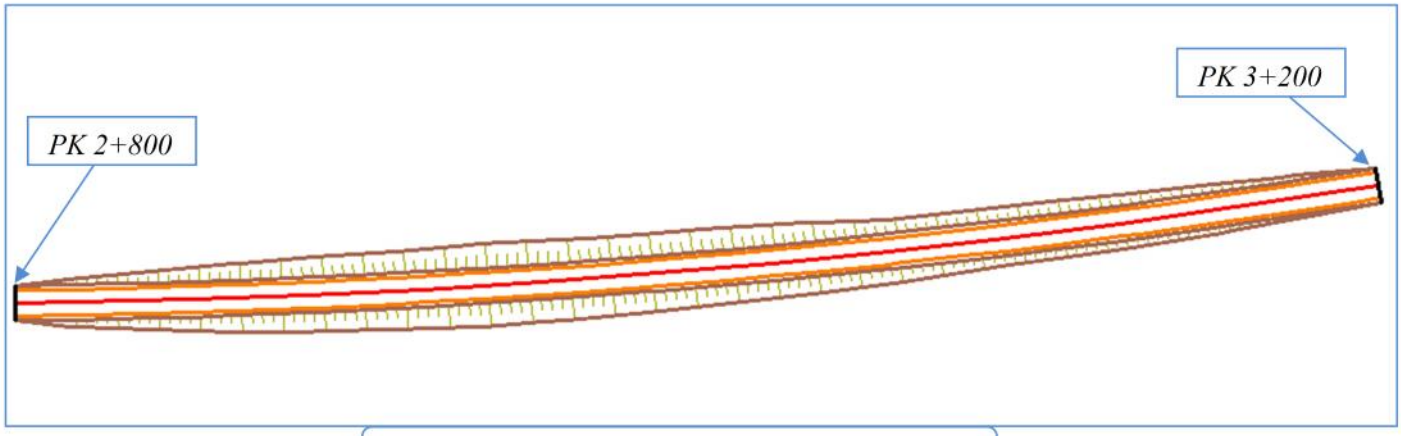
- **Conception 02** : b = 0,5m. h= 0,5m. $K_{st}$=60. J=0,87%. n=1

  On trouve : $Q_S$=114,34L/s, Ce débit est supérieur à $Q_a$=81,27 L/s

Donc cette conception est retenue :



- **2$^{eme}$ cas :** courbe en déblai entre le PK 2+800 et le PK 3+200 de longueur L= 400m :




*1$^{er}$ cas : courbe en déblai, L=400m*

- **Calcul de la surface :**

Surface de la chaussée : $A_c=7\times400=2800m^2=0,28ha$

Surface de bande d'arrêt : $A_{ba}=1,8\times400=720m^2=0,0720ha$

Surface de la berme : $A_b=0,8\times400=320\ m^2=0,032$

Surface du talus : $A_t= 2079m^2=0,2079\ ha$

- **Calcul du débit d'apport (Qa)**

Débit de la chaussée : $Q_c=2,78\times0,95\times38,67\times0,28=28,59\ L/s$

Débit de bande d'arrêt : $Q_{ba}=2,78\times0,35\times71,98\times0,072=5,042\ L/s$

Débit de la berme : $Q_b=2,78\times0,35\times139,7\times0,032=4,34\ L/s$

Débit du talus : $Q_t=2,78\times0,25\times301,89\times0,2079=60,89L/s$

D'où : $Q_a = Q_c+Q_{ba}+Q_t+ Q_b$

$Q_a =28,21+5,042+60,89+4,34=98,48L/s$

- **Calcul du débit de saturation (QS):**

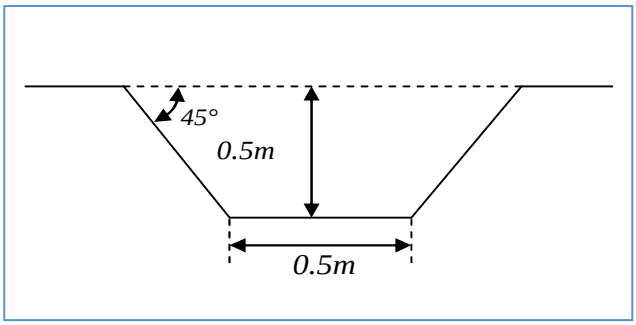
  - **Conception 01** : b=0,5m. h=0,4m. $K_{st}$=60. J=0,87%. n=1

    On trouve : $Q_S$=73,53L/s. Ce débit est inférieur à $Q_a$=98,48L/s

  - **Conception 02 :** b=0,5m. h=0,5m. $K_{st}$=60. J=0,87%. n=1

    On trouve : $Q_S$=114,34L/s. Ce débit est supérieur à $Q_a$= 98,48 L/s

Donc cette conception est retenue :




## XI.7.3.Dimensionnement des buses

- **Exemple de calcul :** PK 335 (ouvrage busé à projeter) :

- **Calcul de la surface du bassin versant :**

Surface de la chaussée : $A_c$=7×220=1540m$^2$=0,154ha

Surface de bande d'arrêt : $A_{ba}$=1,8×220=396m$^2$=0,0396ha

Surface de la berme : $A_b$=0,8×220=176 m$^2$=0,0176ha

Surface du bassin versant : $A_{bv}$= 181452,378m$^2$=18,145 h

- **Calcul du débit d'apport (Qa):**

Débit de la chaussée :

$\mathbf{Q_c}$= K I $C_c$ $A_c$
$\mathbf{Q_c}$=2, 78 ×0, 95×79, 34×0,154=32, 26 m3/s

Débit de bande d'arrêt :

$\mathbf{Q_{ba}}$=K I $C_{ba}A_{ba}$
$\mathbf{Q_{ba}}$=2, 78×0, 35×147, 95×0, 0396=5,7L/s

Débit de la berme :

$\mathbf{Q_b}$=K I $C_b$ $A_b$
$\mathbf{Q_b}$=2, 78×0, 35×171, 19×0, 0176=2,93L/s

Débit du bassin versant :

$\mathbf{Q_{bv}}$=K I $C_{bv}A_{bv}$
$\mathbf{Q_{bv}}$=2, 78×0, 2×34, 28×18,145=345,83L/s

- **Résumer des calcules**

| | Surface A(h) | $T_c$(h) | $I_t$(mm/h) | c | $Q_i$(L/S) |
|---|---|---|---|---|---|
| **chaussée** | 0,154 | 0,315 | 79,34 | 0,95 | 32,26 |
| **Bande d'arrêt** | 0,0396 | 0,126 | 147,95 | 0,35 | 5 ,7 |
| **Berme** | 0,0176 | 0,059 | 171,19 | 0,35 | 2,93 |
| **Bassin versant** | 18,145 | 1,082 | 34,28 | 0,20 | 345,83 |

D'où : $\mathbf{Q_a} = \mathbf{Q_c}+\mathbf{Q_{ba}}+ \mathbf{Q_b} +\mathbf{Q_{bv}}$=32, 26+5, 7+345, 83=386, 72

- **Calcul du diamètre de la buse Ø:**

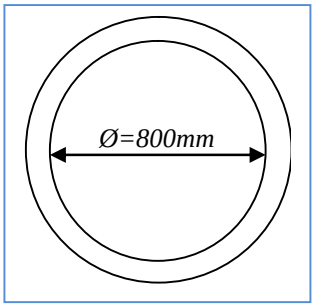
On a : $Q_a= Q_s$

Donc la formule de Manning - Strickler deviendra :

$$Q_a= Q_s= Kst\times (R/2)^{2/3}\times (\pi/2) \times R^2\times (I)^{1/2}$$

$$R= (Q_a\times 2\times 2^{1/2}/ \pi\times Kst\times I^{1/2})^{3/8}$$

A, N: $R= (0, 3867\times 2\times 2^{1/2}/3, 14\times 80\times (0,008)^{1/2})^{3/8}$
$R=322$



Pour des raisons de sécurités on prend R=400mm

Le débit est assuré pour un diamètre Ø=2R=800mm,

## XI.7.4.Dimensionnement des dalots :

- **Exemple de calcul :** PK 123 : ouvrage à projeter (dalot):

**Calcul de la surface :**

Surface de la chaussée : $\mathbf{A_c}$=7×320=2240m$^2$=0,2240h

Surface de bande d'arrêt : $\mathbf{A_{ac}}$=1,8×320=576m$^2$=0,0576

Surface de la berme : $\mathbf{A_b}$=0,8×320=256=0,0256ha

Surface du bassin versant : $\mathbf{A_{bv}}$= 179861m$^2$=17,9861ha

- **Calcul du débit d'apport (Qa):**

Débit de la chaussée : $\mathbf{Q_c}$=2,78×0,95×20,13×0,224=0,1190 L/s

Débit de bande d'arrêt : $\mathbf{Q_{ba}}$=2,78×0,35×130,33×0,0576=7,30 L/s

Débit de la berme : $\mathbf{Q_b}$=2,78×0,35×216,78×0,0256=5,39L/s

Débit du bassin versant : $Q_{bv}$=2,78×0,2×15,71×17,986=1,5713 L/s

- **Résumer des calcules**

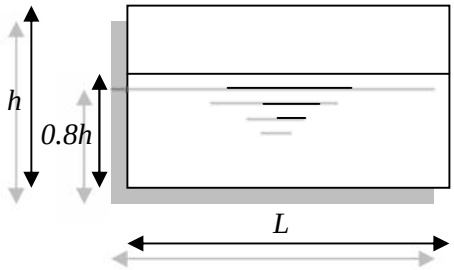
| | Surface A(h) | $T_c$(h) | $I_t$(mm/h) | c | $Q_i$(L/S) |
|---|---|---|---|---|---|
| **chaussée** | 0,224 | 0,38 | 20,13 | 0,95 | 11,90 |
| **Bande d'arrêt** | 0,0576 | 0,152 | 130,23 | 0,35 | 7,3 |
| **Berme** | 0,0256 | 0,071 | 216,78 | 0,35 | 5,39 |
| **Bassin versant** | 17,986 | 3,406 | 15,71 | 0,20 | 157,13 |

D'où :

$\mathbf{Q_a = Q_c+Q_{ba}+ Q_b +Q_{bv}}$=11, 90+7, 3+5, 39+157, 13=181,72L/s

$$Q^a = Q^s = K^{st} \cdot J^{1/2} \cdot S \cdot RH^{2/3}$$

- $K_{ST}$ : pour les dalots (béton armé) nous avons pris un coefficient de rugosité égal à 70.
- Périmètre mouillé : $P_m = 2\times0,8\times h+L$.
- Section mouillée : $S_m= 0,8\times h\times L$.
- Rayon hydraulique : $R_h = S_m/ P_m= (0,8hL)/ (1,6h+L)$.
- Pente longitudinale de l'ouvrage I=0,1%.




$$H = \frac{1}{0,8B}\left(\frac{Q}{K^{st} \cdot J^{1/2}}\right)^{3/5} (1,6H + B)^{2/5}$$

Et par calcule itérative on tire la valeur de H qui vérifie cette inégalité.

On fixe B=2m et on trouve : H=2,5m.

- **Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :**

| PK | DISIGNATION | DIMENTIONS |
|---|---|---|
| **0+490** | Buse | Ø=800mm |
| **0+700** | Buse | Ø=1000 mm |
| **2+440** | Dalot | 3× (L=2 m. h=2,5 m) |
| **4+240** | Buse | Ø=800 mm |

## XII.1.Signalisation :

### XII.1.1. Introduction :

La signalisation fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de Communication essentielle pour l'usager de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée de manière à aider l'usager de la route le long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent, et ce en évitant l'hésitation et la fausse manœuvre.

### XII.1.2. L'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

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

### XII.1.3. Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

- **Signalisation verticale :**

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

**Signalisation avancée :**

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

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

**Signalisation de position :**

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

**Signalisation de direction :**

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

- **Signalisation horizontale :**

Elle concerne uniquement les marquages sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation.

- **Type de signalisation :**

La signalisation horizontale se divise en trois types :

**Marquages longitudinale :**

- Lignes axiales, on distingue les lignes continues infranchissables, lignes discontinues, lignes de dissuasion
- Lignes de rive
- Lignes de délimitation de vitesse.

**Marquages transversales :**

- lignes d'arrêt.
- Lignes « céder le passage ».
- Passage pour piétons.

**Marquages complémentaire :**

- Flèches de sélection de rives.
- Flèches de rabattement.
- Indications particulières.

- **Dimensions des marquages :**

La largeur des lignes est définie par rapport a une largeur unité «u» différente selon le type de route, on adopte les valeurs suivantes pour « u » :

- U = 7,5 cm : sur routes de types autoroutier et voies rapides urbaines.
- U = 6 cm : sur routes express a une chaussée et routes principales bidirectionnelles.
- U = 5 cm : sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 6 cm.

- **Modulation des lignes discontinues :**

Trois types de modulation ont été retenus, se différenciant par rapport des pleins aux vides ; ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou sous-multiples de 13 (m).le tableau ci-après donne leurs caractéristiques :

| Type de modulation | Longueur de trait (en m) | Intervalles entre 2 traits successifs (en m) | Rapport plein vide |
|---|---|---|---|
| **T1** | 3.00 | 10,00 | Environ 1/3 |
| **T'1** | 1,50 | 5,00 | |
| **T2** | 3,00 | 3,50 | Environ 1 |
| **T'2** | 0,50 | 0,50 | |
| **T3** | 3,00 | 1,33 | Environ 3 |
| **T'3** | 20,00 | 6,00 | |

**Modulation des lignes.**

## XII.1.4. Les critères de conception de la signalisation :

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

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

## XII.1.5.Application au projet :

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation Signalisation et marquages routière Algérienne.

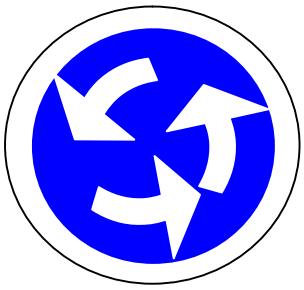
Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

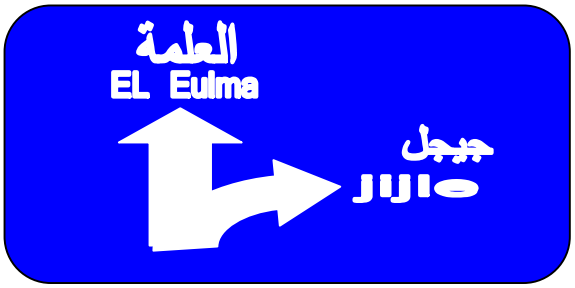
- **Signalisation verticale**

Les signaux routiers qui sont utilisé pour l'évitement sont :

| | |
|---|---|
|  |  |
| **A1b**<br>**Virage à gauche** | **A1a**<br>**Virage à droite** |
|  |  |
| **AB3a**<br>**Cédez le passage à l'intersection. Signal de position** | **A15a2**<br>**Passage d'animaux domestiques** |

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **Limitation de vitesse** | | |

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **B1**<br>**Sens interdit à tout véhicule** | **B21-1**<br>**Obligation de tourner à droite avant le panneau.** | **B2b**<br>**Interdiction de tourner à droite à la prochaine intersection** |
|  |  |  |
| **AB25**<br>**Carrefour à sens giratoire** | **Giratoire** | **Passage piéton** |





















**Signalisations horizontale**

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 6 cm.et les lignes de délimitation des voies sont de type T1 et de largeur 2U.

T2 , 3U

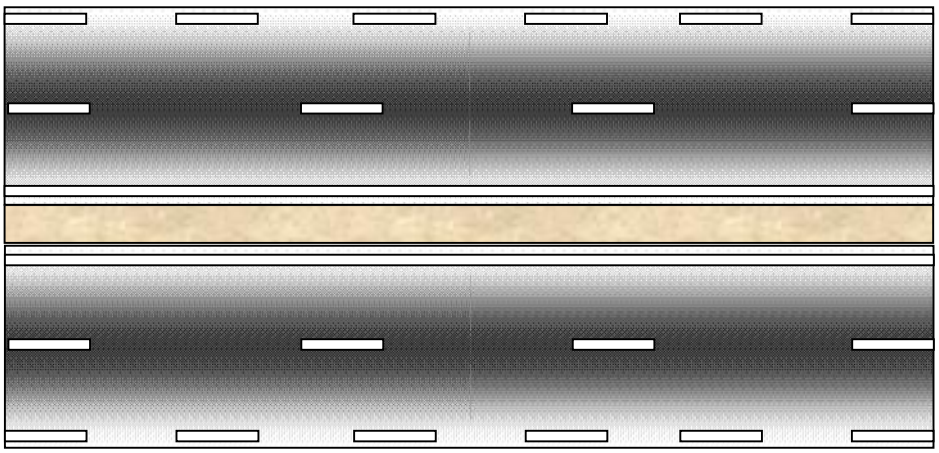
T1 , 2U

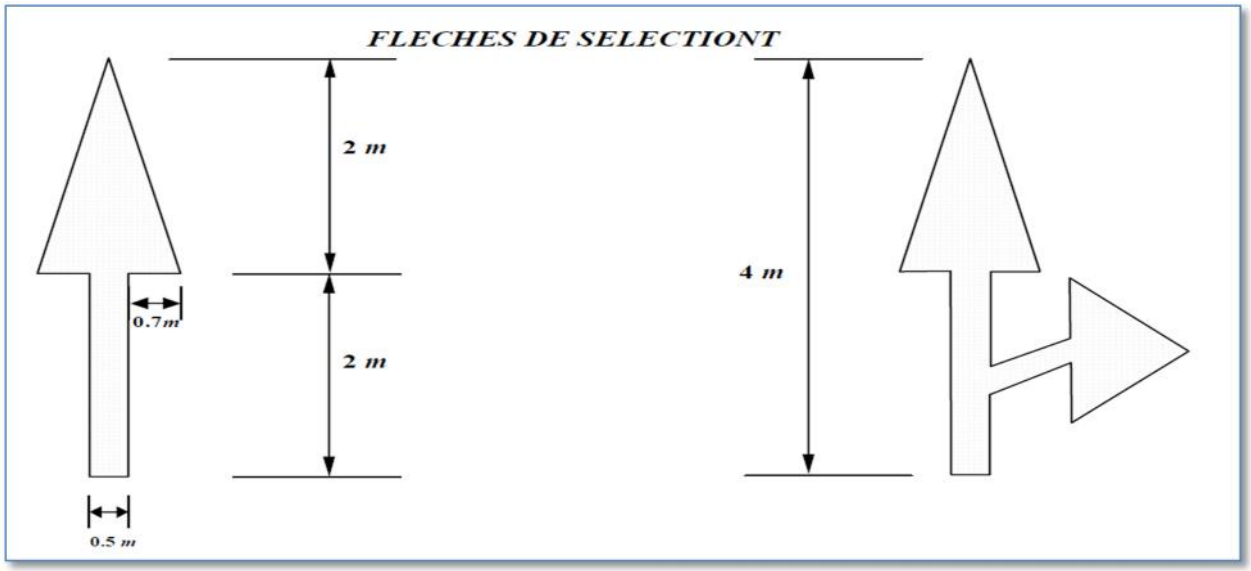
Ligne continue 3U

Ligne continue 3U

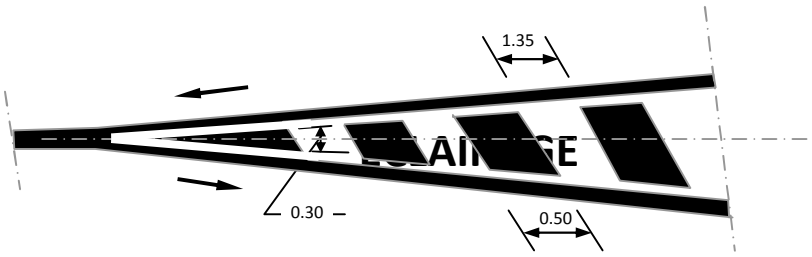
T1, 2U

T2, 3U





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




- Cas de trafic inverse.

## XII.2.Eclairage :

### XII.2.1 Introduction :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

### XII.2.2. Paramètres de l'implantation des luminaires :

L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction du type de voie.

- La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- 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.

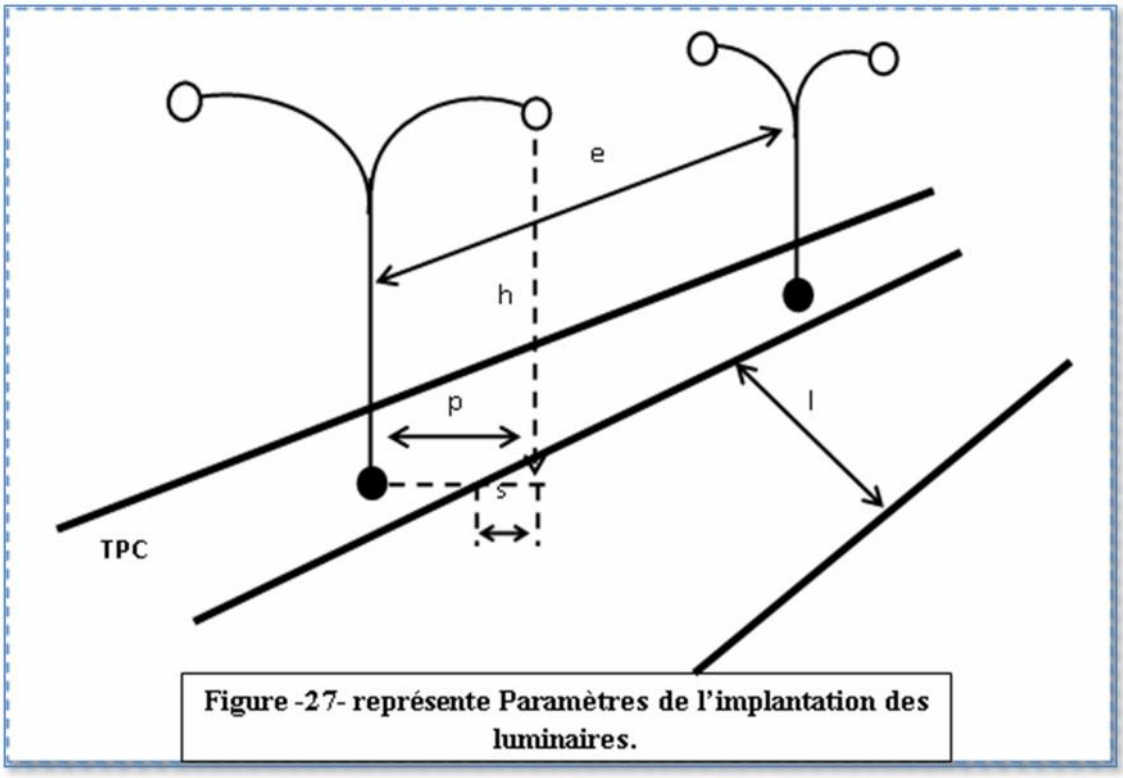



Figure -27- représente Paramètres de l'implantation des luminaires.

## XII.2.3.Application au projet :

- **Eclairage de notre projet**

Les lampadaires sont implantés dans le centre de plein central avec deux foyers portés par le même support de 12m de hauteur, éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

- **Eclairage carrefour**

Pour les carrefours dont les îlots centraux sont importants, on place en retrait de leurs courbures des foyers A, dans l'alignement de foyers B sur la bordure extérieure.

## XIII.1 Introduction

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

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

Il sera alors nécessaire pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

## XIII.2 Aspect de l'environnement a préservé lors de la conception d'une infrastructure

La construction d'une route intervient directement dans la perturbation de l'eau, l'aire, la faune, la flore et l'altération des nuisances dus au bruit.

Les impacts peuvent concerner :

- **Les ressources en eau :**

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entrainants parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique.

Pour prévenir la pollution accidentelle ou chronique des eaux superficielles et souterraines la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micros – bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.

- **Pollution de l'aire :**

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 moyens de transport
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.

- **Niveau de bruit (niveau sonore) :**

**Les impacts :**

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

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

**Les remèdes :**

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.
- Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protèges les étages supérieurs.

- **La destruction**

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

- **La faune et la flore**

Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique. Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et facilité le déplacement de la faune par l'implantation de passages pour faunes ou encore la conception de franchissements revêtus ou non. Ces passages doivent être conçus de façon que leur entretien soit le plus simple possible et que leur gestion soit à la fois naturelle et écologique.

- **La sécurité**

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
- Implanter des trottoirs.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- Réduire la vitesse au niveau des intersections et les zones urbains.
- Faire Des panneaux de signalisation.

## XIII.3.Conclusion :

Il faut à améliorer les connaissances dans de nombreux domaines pour aboutir à des évaluations et des prévisions plus rigoureuses pour assurer une meilleure économie des aménagements destinés à la protection de l'environnement. Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception.
- Sa construction.
- Son exploitation.

## Devis quantitatif et estimatif

| Désignation des travaux | unité | quantité | Prix unitaire | Prix total (DA) |
|---|---|---|---|---|
| **1) Travaux préparatoires** | | | | |
| Acquisition de terrain | $M^2$ | 92856 | 500 | 46 428 000 |
| **TOTAL 1** | | | | **46 428 000** |
| 2) Terrassement | | | | |
| * Décapage de la terre végétale | $M^2$ | 23768 | 350 | 8 318 800 |
| * Déblais en terrain meuble mis en dépôt | $M^3$ | 107759 | 450 | 48 491 550 |
| * Remblais d'emprunt | $M^3$ | 47446 | 1300 | 61 679 800 |
| **TOTAL 2** | | | | **118 490 150** |
| **3) Chaussée** | | | | |
| *Couche de forme en TUF | $M^3$ | 41916 | 900 | 37 724 400 |
| * Couche de fondation en GNT | $M^3$ | 10429 | 2200 | 22 943 800 |
| * Couche de base en grave bitume | T | 14054 | 6000 | 116 973 600 |
| * Couche d'imprégnation 1,4 kg/m2 | T | 92 | 30000 | 2 760 000 |
| * Couche d'accrochage dosé 200 g/m2 | T | 13 | 20000 | 260 000 |
| * Couche de roulement en BB | T | 9135 | 6400 | 58 460 160 |
| **TOTAL 3** | | | | **239 121 960** |
| **4) Equipement routier** | | | | |
| **Impact sur l'environnement** | **F** | **1% du total (2+3)** | | 3 576 121 |
| **TOTAL 4** | | | | **3 576 121** |
| **Eclairage: signalisation et équipements routiers** | F | **5% total (2+3)** | | 17 880 605 |
| **TOTAL 5** | | | | **17 880 605** |
| **Contrôle (bureau et labo)** | F | **2% total (2+3)** | | 7 152 242 |
| **TOTAL6** | | | | **7 152 242** |
| **Glissières de sécurité métalliques** | ML | 8000 | 3600 | 28 800 000 |
| **TOTAL 7** | | | | **28 800 000** |
| **Installation de chantier et repliement** | F | **3% total (2+3)** | | 10 728 363 |
| **TOTAL8** | | | | **10 728 363** |
| **5) Assainissement** | **F** | **10% (2+3)** | | 35 761 211 |
| **TOTAL9** | | | | **35 761 211** |
| **TOTAL** | | | | **507 937 988** |
| **T .V. A** | | | 17% | **86 349 457** |
| **TOTAL GENERAL** | | | | **594 287 445** |

# CONCLUSION GENERALE

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 à l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs de la route, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Sachant bien que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic, notre projet vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en réalisant un évitement de la ville d'El Eulma.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

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

# Bibliographie


- B40 : Normes techniques d'aménagement des routes.
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP ».
- Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 5$^{eme}$ année.
- Cours des routes ENSTP 4$^{eme}$ année.
- Cours d'hydraulique ENSTP 4$^{eme}$ année.
- Carrefours dénivelés « STRA ».
- Signalisation routière.
- Aide mémoire Routes.
- Site Internet « www.SETRA.com ».