

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

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

Thème

**Etude de l'évitement sud de la ville de TIARET
sur 7 km**

Encadré par :

Mr. IRKAKEN M.

Présenté par :

**ABDELDJOUAD Lokmane
BERGUIGA Saci badreddine**

Proposé par :
DTP TIARET

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

Remerciement

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

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

Nous exprimons toute notre gratitude à Mr. IRKAKEN M. Fleishman pour son encadrement exceptionnel, à sa confiance, à son soutien incessant et à son encouragement permanents.

l'aboutissement de ce travail doit beaucoup à sa confiance, à son soutien incessant et à son encouragement permanents.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants de l'ENSTP pour toutes les informations qu'ils nous ont prodigué durant les cinq ans de notre formation.

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux

Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

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

Et te protège et te garde en bonne santé.

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

*A mes sœurs **Imane, Fatima et Nada**.*

*A tous mes oncles et mes tantes et à toute la famille **ABDELDOUAD**.*

*A mon ami d'enfance **Hassan** et A mes amis : **Larbi, Zaïde, Adel, Ahmed, Amine, Yacine, Youcef**.*

*A mes confrères : **Zaki, Chamsseddine, Med.Anes, Med.Khalil, Sallah, Halim, Alaa, Rafik, Kamel, Ossama**...et la liste est très longue.*

*A mon binôme et confrère : **Saci badreddine**.*

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

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

Enfin, à tous ceux qui me reconnaîtront.

ABDELDOUAD Lokmane



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux

Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

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

Et te protège et te garde en bonne santé.

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

A tous mes oncles et mes tantes et à toute la famille BERGUIGA.

A mon ami d'enfance LASAAD et A mes amis : ARBI, IMAD, NADIRE, SALLAH.

A mes confrères : Zaki, Chamseddine, Med. Anes, Med. Khalil, Sallah, Halim, Alaa, Rafik, Kamel, Ossama... et la liste est très longue.

A mon binôme et confrère : Lokmane.

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

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

Enfin, à tous ceux qui me reconnaîtront.

BERGUIGA Saci Badreddine



SOMMAIRE

Introduction Générale.....	01
Chapitre I : Présentation Du Projet.....	02
1. Introduction.....	02
2. Présentation de la ville de TIARET.....	02
3. Présentation du projet.....	03
4. Problématique de la ville de TIARET	04
5. Définition de l'évitement.....	04
6. Justification de l'échangeur et le carrefour	05
Chapitre II: Avant Projet Sommaire.....	07
1. Introduction.....	07
2. Description du couloir	07
3. Contraintes de la zone d'étude.....	08
4. Présentation des variantes.....	12
5. Principales caractéristiques de la variante retenue	14
Chapitre III : Etude De Trafic.....	17
1. Introduction	17
2. Analyse de trafic.....	17
3. Différents types de trafic.....	17
4. Modèles de présentation de trafic.....	18
5. Détermination des nombres des vois.....	18
6. Application au projet.....	20
Chapitre IV : Trace En Plan.....	23
1. Introduction.....	23
2. Règles à respecter dans le trace en plan.....	23
3. Eléments du trace en plan.....	24
4. Combinaison des éléments du trace en plan.....	29
5. Vitesse de référence (de base).....	30
6. Paramètres fondamentaux.....	31
7. Calcul d'axe.....	32
Chapitre V : Profil En Long.....	37
1. Introduction	37
2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long	37
3. Coordination du tracé en plan et profil en lang.....	39
4. Déclivité.....	38

5. Raccordement en profil en long.....	39
6. Détermination pratique du profil en long.....	41
Chapitre VI : Profil En Travers.....	43
1. Introduction.....	43
2. Eléments du profil en travers.....	43
3. Classification du profil en travers.....	45
4. Application au projet.....	46
Chapitre VII : Cubatures.....	47
1. Introduction.....	47
2. Définition.....	47
3. Méthode de calcul des cubatures.....	47
4. Calcul des cubatures de terrassement.....	49
Chapitre VIII: Etude Géotechnique.....	50
1. Introduction.....	50
2. Objectifs.....	50
3. Différents essais en laboratoire.....	50
4. Essais-In situ.....	54
5. Interprétation des résultats des essais.....	55
6. Conclusion.....	58
Chapitre IX: Dimensionnement Du Corps De Chaussée.....	60
1. Introduction.....	60
2. Chaussée.....	60
3. Différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée.....	63
4. Principales méthodes de dimensionnement.....	65
5. Choix de la méthode de dimensionnement.....	67
6. Application numérique.....	68
7. Conclusion.....	78
Chapitre X : Assainissement.....	79
1. Introduction.....	79
2. Objectif de l'assainissement.....	79
3. Assainissement de la chaussée.....	80
4. Quelques définitions.....	81
5. Dimensionnement de réseau d'assainissement à projeter.....	82
6. Application au projet.....	86

Chapitre XI : Conception Du Carrefour.....	92
1) Introduction	92
2) Données essentielles pour l'aménagement d'un carrefour	92
3) Choix de l'aménagement.....	92
4) Types de carrefours	93
5) Principes généraux d'aménagement d'un carrefour.....	94
6) Application au projet	95
Chapitre XII : Conception De L'échangeur	99
1. Introduction.....	99
2. Définition	99
3. Rôle d'un échangeur.....	99
4. Condition à respecter	100
5. Types d'échangeurs.....	100
6. Caractéristiques géométriques des échangeurs.....	100
7. Choix du type de l'échangeur.....	100
8. Application au projet.....	101
9. Conclusion.....	105
Chapitre XIII: Signalisation et Eclairage.....	106
1. Introduction.....	106
2. Dispositifs de retenue.....	106
3. Signalisation.....	106
4. Types de signalisation.....	107
5. Application au projet.....	109
6. Eclairage.....	112
Chapitre XIV: Impact Sur L'environnement.....	114
1. Introduction.....	114
2. Cadre juridique.....	114
3. Objectifs.....	114
4. Impact sur l'agriculture.....	114
5. Impact sur la nature.....	115
6. Impact sur les habitants.....	116
7. Conclusion.....	118
Chapitre XV: Devis Estimatif et Quantitatif.....	119
Conclusion Générale.....	122
Bibliographie.....	123
Annexes.....	

Introduction Générale

En fin de chaque cycle de formation, l'Ecole 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'imprégner du monde du travail.
- connaître les missions et les responsabilités d'un Ingénieur d'Etat.

De ce fait l'élève Ingénieur, est appelé à fournir beaucoup d'efforts, faire des observations, des remarques afin de présenter un travail étoffé.

Dans ce cadre, aujourd'hui en Algérie, le trafic routier connaît une évolution rapide, le réseau routier existant qui supporte ce trafic dont un pourcentage important du poids lourds, nécessite des aménagements appropriés pour endiguer le phénomène de congestionnement.

L'objectif des ces mesures est d'assurer la sécurité et le confort des usagers tout en respectant l'environnement.

Pour atteindre cet objectif notre projet a pris une place importante dans le projet national de modernisation des infrastructures de transport.

Ce présent projet de fin d'études consiste à réaliser **un évitement sud de la ville de Tiaret sur 7 Km entre RN14 et RN23 à l'Ouest** proposée par la **DTP de la wilaya de Tiaret**.

L'objectif visé par ce projet est de fluidifier, en premier lieu, le trafic sur cet axe en le débarrassant de toutes les entraves et en second lieu, lui offrir une liaison routière rapide en cohérence avec le développement futur.

Notre projet s'articulera sur deux axes principaux à savoir :

- 1) Phase d'Avant Projet Sommaire (APS) .
- 2) Phase d'Avant Projet Détaillé (APD).

Chapitre I : Présentation Du Projet

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 sud de la ville de TIARET le Projet prend l'origine de la RN14 de MELLAKOU qui mène vers la ville de FRENDA de la coté sud Ouest de la ville, et se poursuit vers le Est qui coïncide avec la RN90. Dans le cadre de la convention intervenue entre la wilaya de TIARET présentée par la direction des travaux publics (DTP) et la société algérienne de gestion de participation (centre d'étude et de réalisation en urbanisme URBA TIARET).

2. Présentation de la ville :

La ville de Tiaret est située à 1 080 m d'altitude sur les monts du Gezoul qui font partie de la chaîne de l'Atlas tellien et s'ouvre sur des plaines des Hauts Plateaux de l'ouest Algérien le Sersou entre autres sur 111,45 km², pour finir au sud par l'atlas saharien (Djebel Amour) au sud. L'endroit est un centre important de 210325 habitants, de commerce.

La ville de TIARET est limitrophe avec:

- Les willayas de Relizane et Tissemsilt au Nord.
- Les willayas d'EL BAYADH et LAGHOUCHE au Sud.
- La willaya de DJELFA à l'Est.
- Les willayas de MASCARA et SAÏDA à l'Ouest.

Elle est considérée comme un carrefour à grand intérêt économique, c'est le point d'intersection de trois routes nationales importantes, à savoir la RN14, la RN90 et la RN23. Avec le développement et suite à l'extension de l'urbanisme, le trafic intense composé essentiellement de camions poids lourds et de convoi des sociétés, empruntant ces trois axes, a engendré un encombrement de la circulation du fait que ces dernières passent actuellement par le centre ville. Pour résoudre ce problème, l'Administration adopté pour la réalisation d'un évitement sur près de 15 Km permettant de relier la RN14 hors agglomération en cisillant les routes: RN90, RN23 et CW07.



Figure.I.1. Vue aérienne de la ville de TIARET.

3. Présentation du projet :

Notre projet consiste à étudier en phase APS et APD une section d'évitement de la ville de Tiaret qui se situe au sud de la ville entre la route nationale RN14(PK169+000) passant par la route nationale RN 90 jusqu'à la route nationale RN23, avec la conception du carrefour qui relie la RN14 avec l'évitement.



Figure.I.2. Présentation de l'évitement sud de la ville de TIARET.

4. Problématiques de la ville de Tiaret :

Notre étude a pour objet de trouver les solutions nécessaires pour éviter les problèmes qui se posent sur l'axe RN14 qui passe par la ville de Tiaret. Les problèmes posés sont les suivants:

- La présence d'un grand nombre de poids lourds qui transitent par la ville entraîne une congestion de la circulation.
- Le congestionnement du trafic dans le centre urbain de la ville.
- L'augmentation du nombre d'accidents au niveau de la RN14 (d'après les statistiques de la gendarmerie).
- La pollution provoque des maladies respiratoires à cause des gaz d'échappement des véhicules, la poussière dégagée par le trafic PL sur une chaussée dégradée (manque d'entretien) et le sous dimensionnement du réseau d'assainissement.
- Le Bruit des véhicules (nuisances sonores) qui provoque des maladies psychologiques et psychiques liés au stress.

5. Définition de l'évitement :

Un évitement est un contournement autour d'une agglomération pour dévier un pourcentage du trafic qui transite par cette dernière.

5.1 Objectif de l'étude :

L'objectif principal de notre projet est de créer un évitement assurant le transfert d'une partie du trafic de la RN14 transitant par la ville de TIARET et ce afin d'atténuer les problèmes cités plus haut que connaît cette ville.

Cet objectif est défini comme suit :

- Garder la station service avant l'évitement.
- Sortir à la zone industrielle hors de la ville.
- Améliorer de la sécurité et le confort de l'utilisateur.
- Réduire des temps de parcours.
- Aider L'activité des zones industrielles.
- Décongestionner les zones urbaines.
- Réduire le nombre d'accidents.

5.2 Justification du projet :

En considération du trafic important dans la ville de TIARET, compte tenu qu'elle représente le premier pôle industriel de la région, cette situation génère un congestionnement du trafic dans le centre urbain de la ville avec son corollaire sur l'environnement. A cet effet notre projet aura pour but de diminuer le flux de transit en dehors de la ville. Le couloir projeté de notre évitement a été établie en fonction de certains paramètres socio-économiques, géomorphologique du terrain et notamment les plans d'extension et d'occupation au sol projetés à savoir:

- *Garder la station service avant l'évitement, ce qui permettra l'utilisation de cet équipement par les usagers du projet et éviter de pénétrer au centre ville.*
- *Sortir à la zone industrielle hors de la ville, ce qui permettra d'interdire totalement l'entrée des poids lourds vers la ville.*
- *Réduire les temps de parcours des transitaires, (on sait bien que le temps c'est de l'argent et ce dernier joue un rôle très important dans le développement d'une société. Pour les usagers empruntant le chef lieu de la ville d'Ouargla, il est remarqué une perte de temps considérable à cause de la saturation de son réseau surtout aux heures de pointes; voir photos d'illustration ci dessus).*

Donc notre projet ouvrira des domaines et des perspectives pour le développement de cette région.

6. Justification de l'échangeur et le carrefour :

Le but de l'échangeur est d'assurer la continuité du réseau routier et de desservir plusieurs directions en même temps. En distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points des conflits qui peuvent être la cause des graves accidents, et les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérables.

Une bonne conception des carrefours réduit beaucoup de problèmes à l'usagé, accidents, pertes des temps, bruits et consommation du carburant.

Comme les échangeurs coutent très chère, il faut que leur utilisation comme solution aux problèmes au niveau des carrefours soit totalement justifiée.

Il est assez difficile de déterminer des critères précis qui justifient l'utilisation des échangeurs, mais dans certaines situations la solution de l'échangeur semble obligatoire comme :

- Carrefour où la topographie empêche un aménagement qui soit conforme aux normes de tout autre type d'échangeur.*
- Croisement de deux routes à grand trafic chacune comme deux autoroutes.*
- Carrefour où le nombre d'accidents est très élevé.*

Chapitre II : Avant Projet Sommaire

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.
- Le coût du projet.
- 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.

2. Description du couloir :

En fonction des enjeux économique et le développement de la wilaya, l'expansion du développement de la ville de Tiaret s'étant effectué vers l'Ouest, les possibilités d'entrevoir des couloirs possibles sont limitées.

Le couloir choisi passe du côté sud de la ville et contient la zone industrielle de MELLAKOU, limité de part et d'autre par une zone agricole dans sa partie Sud, il franchit successivement les obstacles suivants :

- RN14 au début reliant TIARET et FRENDA (carrefour à projeter).
- RN90 reliant TIARET et SOUGUEUR (échangeur à projeter).

Donc, le positionnement de cette ville par rapport au réseau routier, nous oblige à avoir recours au choix d'un seul couloir (voir schéma synoptique figure.II.1).



Figure.II.1. Schéma synoptique représentant le fuseau retenu.

3. Contraintes de la zone d'étude:

- *La zone agricole traversée au niveau du début de notre projet PK0+000.*



Figure.I.2. Terrain agricole de relief moyen.

- La zone industrielle traversée au niveau du PK1+500 jusqu'au PK3+000.



Figure.I.3. La zone industrielle de TIARET.

- Passage sur Oued temporaire par un dalot bicellulaire au PK1+800.



Figure.I.4. Un dalot bicellulaire au niveau des travaux.

- Les poteaux de haute tentions *qui se trouvent beaucoup entre RN14 et RN 90.*



Figure.I.5. Les lignes électriques.

- *Choix sur la nécessité de réaliser un échangeur au niveau de la route nationale RN90 qui traverse l'évitement au PK4+100.*



Figure.I.6. La route nationale RN90.

- *Les zones agricoles qui sont entre la RN90 et la RN23.*



Figure.I.7. Terrain agricole moyen à facile.

- *La zone agricole traversée au niveau de la fin de notre projet PK7+150.*



Figure.I.8. Fin du projet.

4. Présentatin des variantes:

Dans cette phase, on va étudier deux (02) variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet (voir schéma synoptique figure.II.9).

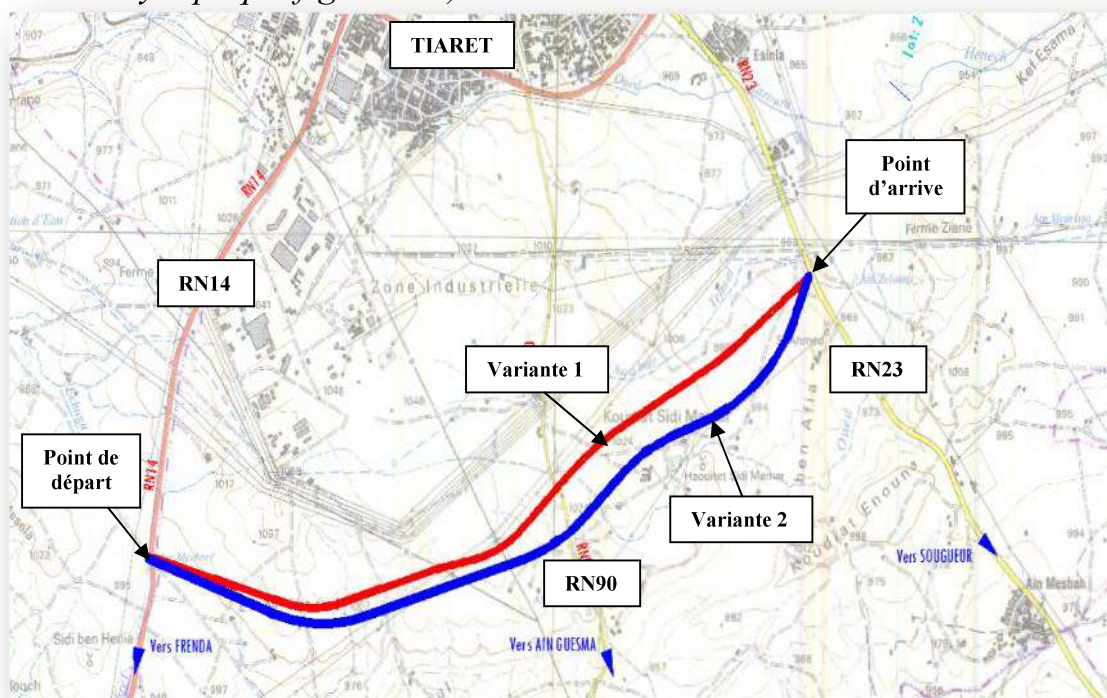


Figure .II.9. Schéma synoptique qui représente les variantes retenues.

1^{er} VARIANTE :

L'origine de la **première variante** est la jonction avec la RN14 au PK 169+000 au Sud-Ouest de la ville, le tracé longe au début la route nationale RN90 qui relie cette route avec la ville de TIRET et la ville de AIN GUESSMA, pour finalement le cisailier à environ 3 Km en changeant de direction vers la ville. C'est la variante la plus proche de la ville et la plus courte, elle passe entre les zones agricoles, elle traverse un relief généralement moyen, en franchissant successivement un oued temporaire puis la RN90 et en rejoignant finalement la RN23 au Sud-Est de l'agglomération de TIARET au PK132+000. Cette variante a une longueur à environ 7 km.

2^{ème} VARIANTE :

Pour la **deuxième variante**, elle a presque la même trajectoire et franchit les mêmes obstacles que la première sauf une seule particularité, c'est qu'elle est située dans le côté Sud de la variante 1. Cette variante a une longueur de 8.5 Km.

4.1 Comparaison entre les variantes :

Tableau.II.1. La comparaison entre les deux variantes.

<i>Variante</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>1^{ère} VAR</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de contrainte topographique forte (coût diminué) - plus proche de la ville et plus courte (7 Km) - compatible avec les routes et pistes existantes (gain de terrassements). - Tracé éloigné des habitations. - pas de nuisance. 	<ul style="list-style-type: none"> - Traverse des zones agricoles. - Passage à proximité de la zone industrielle.
<i>2^{ème} VAR</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tracé éloigné des habitations. - Tracé éloigné des habitations. 	<ul style="list-style-type: none"> - plus long (8.5 Km ; donc augmentation du coût) - Déplacement des poteaux de haute tensions existants. - Il y a des contraintes topographiques fortes (grands déblais à la fin du projet aux zones agricoles; augmentation du coût). - Traverse des zones agricoles.

4.2 Conclusion:

L'analyse comparative des deux(02) variantes, nous a permis d'opter pour la variante N°1 qui présente les critères techniques et économiques les plus avantageuses (voir le schéma que représenté la variante retenu).

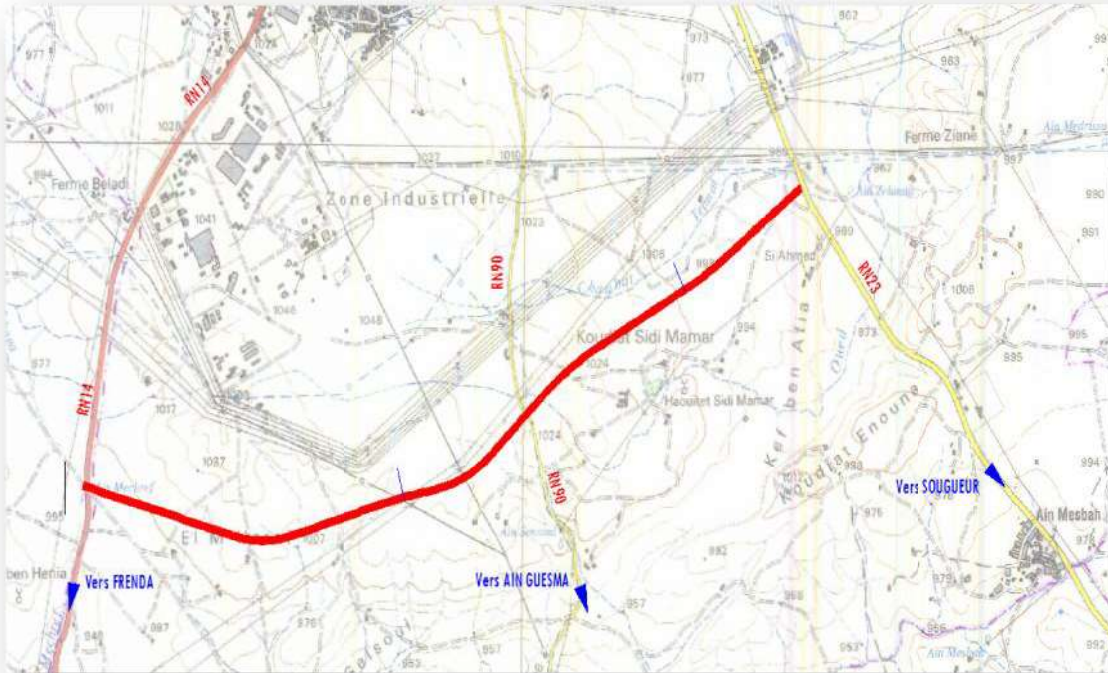


Figure .II.10. Schéma que représenté la variante retenue.

5. Principales caractéristiques 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.*

5.1 Tracé en plan:

Les caractéristiques géométriques adoptées visent à assurer des conditions de confort et de sécurité relativement homogènes et adaptées à la catégorie 2 et au 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 :

Tableau.II.2. Caractéristique géométrique du tracé en plan.

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

5.2 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:

Tableau.II.3. Caractéristique géométrique du profil en long.

Rayons en profils en long	
Déclivité maximum	5 %
Déclivité minimum au devers nul	0.5 %
Rayon en angle saillant (m)	
Minimum absolu	2 500
Minimum normal	6 000
Rayon en angle rentrant (m)	
Minimum absolu	2 400
Minimum normal	3 000

5.3 Profil en travers:

Un projet de route comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers. Pour éviter de reporter sur un chacun d'eux les dimensions générales qui se répètent et des détails constructifs communs, on établit tout d'abord un profil unique, appelé « profil-type », contenant toutes les dimensions et tous les couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux...

Les éléments constitutifs du profil en type sont:

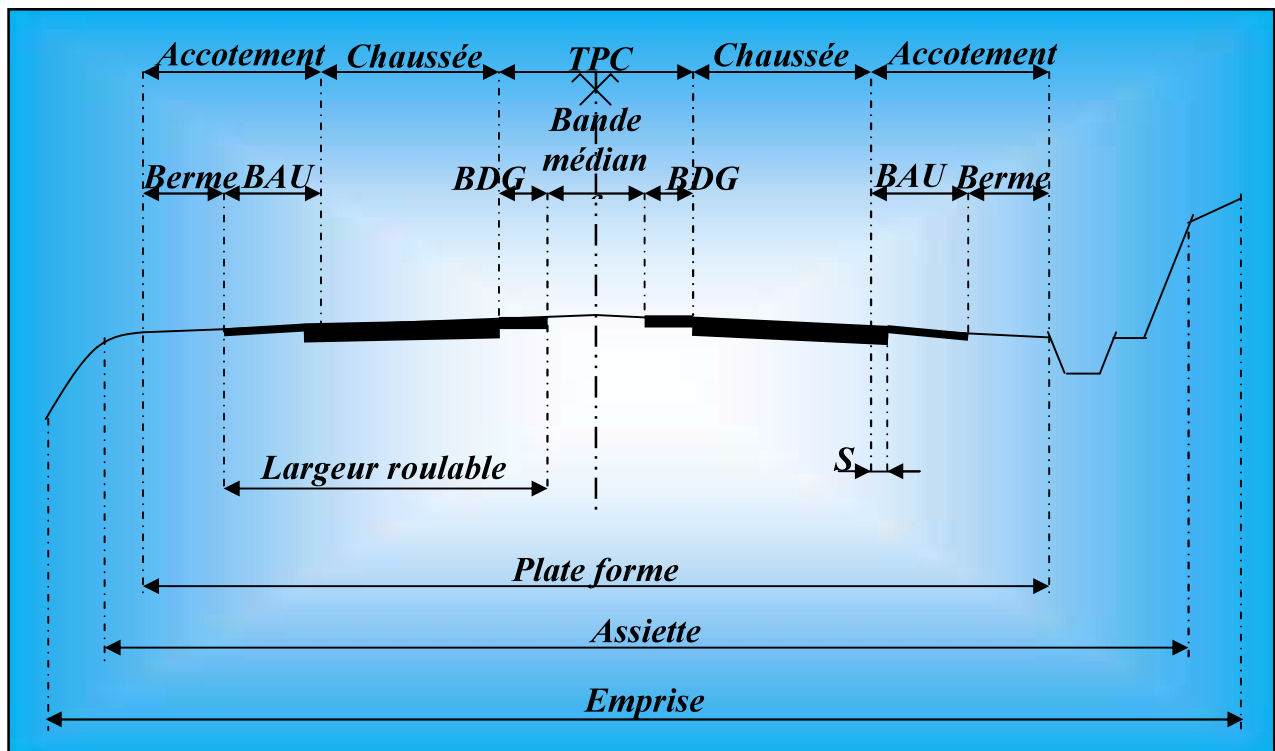


Figure .II.11. Schéma que représenté les éléments constitutifs du profil en travers.

Chapitre III: Etude De Trafic

1. Introduction :

L'aménagement et l'organisation des voies de circulation s'effectuent dans le but d'améliorer l'écoulement de trafic dans les meilleures conditions de sécurité et de confort.

L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers, l'analyse de trafic est destinée à éclairer des décisions relatives à la politique des transports.

Cette conception est basée sur des prévisions des trafics sur les réseaux routiers qui sont nécessaires :

- Pour définir les caractéristiques techniques des différents tronçons de la route constituant le réseau qui doit être adaptés au volume et à la nature des circulations attendues.
- Pour estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.
- Pour estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont fonction du volume de circulation.
- Apprécier la valeur économique des projets routiers.

2. Analyse de trafic :

Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- La statique générale.
- Le comptage sur route (manuel ou automatique)
- Une enquête de circulation

3. Différents type de trafics :

On distingue quatre types de trafic :

a) Trafic normal :

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

b) Trafic dévié (dérivé):

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

c) Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

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

d) Trafic total :

Aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

4. Modèles de présentation de trafic :

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

Remarque : pour notre cas, nous avons utilisé la première méthode, c'est-à-dire la méthode « **prolongation de l'évolution passée** » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

5. Déterminations des nombres des vois :

Trafic à l'horizon :

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

Tel que :

- $TJMA_n$: trafic journalier moyen à l'année n
- $TJMA_0$: trafic journalier à l'année 0
- τ : taux d'accroissement annuel.
- n : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

Trafic effectif :

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

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

Tel que :

- **Z** : le pourcentage de poids lourds
- **P** : coefficient d'équivalence qui dépend des nombre de voies et de l'environnement.

Tableau.III.1. Coefficient d'équivalence « P »

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-11	16-24

Evaluation de la demande :

C'est le nombre de véhicule susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon :

$$Q = 0.12 T_{eff} \quad (UVP/h)$$

Evaluation de l'offre :

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

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

Tel que:

- **K1** : coefficient qui dépend de l'environnement.
- **K2** : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.
- **C_{th}** : la capacité théorique.

Tableau.III.2. Coefficient « K1 »

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau.III.3. Coefficient « K2 »

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau.III.4. Capacité théorique « C_{th} »

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route à chaussées séparées	1500 à 1800

Nombres des voies :

- ✓ Chaussée bidirectionnelle : On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

- ✓ Chaussée unidirectionnelle :

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

- S : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.
- Q_{adm} : débit admissible par voie.

6. Application au projet :

Un comptage a été effectué en 2011 par le service concerné de la D.T.P, pour estimer le trafic à l'année horizon. A partir du résultat de ce dernier on fait une projection jusqu'à l'année 2031, tout en sachant que la durée de vie de notre projet est estimée à 20 ans, et sa mise en service est prévue pour l'année 2013.

On a :

- L'année de mise en service : **2013.**
- L'environnement: **E2**
- Catégorie: **C2**
- Taux de croissance annuel de trafic $\tau = 4\%$
- Vitesse de base : **80 km/h**
- La durée de vie **20 ans**
- Le pourcentage (%) des poids lourds **Z = 40%**
- La route nationale RN14 : $TJMA_{2011} = 9376$ v/j — **100%**
 - ✓ Vers l'évitement : $TJMA_{2011} = 7032$ v/j — **75%**.
 - ✓ Vers la ville : $TJMA_{2011} = 1875$ v/j — **25%**.

6.1 Dimensionnement de l'évitement:

Calcul de TJMA horizon

$$TJMA_{2013} = TJMA_{2011} (1 + \tau)^2$$

$$TJMA_{2013} = 7032 (1 + 0.04)^2$$

$$TJMA_{2013} = 7606 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2033} = 7606 (1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2033} = 16666 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2033} = 16666 \text{ v/j}$$

Calcul des trafics effectifs

- P= 4 (selon B30).

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

$$T_{eff2033} = [(1 - 0.4) + 4 \times 0.4] 16666$$

$$T_{eff2033} = 36666 \text{ uvp/j.}$$

$$T_{eff 2033} = 36666 \text{ uvp/j}$$

Débit de point horaire normal

$$Q_{2033} = 0.12 \times T_{eff2033}$$

$$Q_{2033} = 0.12 \times 36666$$

$$Q_{2033} = 4400 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{2033} = 4440 \text{ uvp/h}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que la route peut supporter :

$$Q \leq Q_{adm} \rightarrow Q \leq K1 \times K2 \times C \rightarrow C \geq Q / K1 \times K2$$

- K1= 0,85 (selon B30).
- K2=0,99 (selon B30).

$$C \geq 5229 \text{ uvp/h}$$

D'après le tableau de capacité des routes(B30), on choisi le profil à deux chaussées.

Débit du point horaire admissible

Cas d'une chaussée séparée (unidirectionnelle) :

$$C_{th} = 1500 \text{ à } 1800 \text{ pour 1 voie (selon B40).}$$

On prend $C_{th} = 1500 \text{ uvp/h.}$

$$\text{Donc : } Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1500 = 1262 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 1262 \text{ uvp/h}$$

Détermination de nombre de voies

$$n = (2/3) \times (Q/Q_{adm})$$

$$n = (2/3) \times (4400/1262) = 2.33$$

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

Donc : $n=2$ voies par sens de 7m.

6.2 L'année de saturation de l'évitement :

$$T_{eff2013} = [(1 - 0.4) + 4 \times 0.4] 7606$$

$$T_{eff2013} = 16733 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2013} = 0,12 \times 16733 = 2008 \text{ uvp/h.}$$

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 1262 = 5048 \text{ uvp/h.}$$

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

$$n = \frac{\ln(\frac{5048}{2008})}{\ln(1 + 0.04)} = 23.59 \approx 24 \text{ ans} \longrightarrow n = 24 \text{ ans}$$

Donc l'année de saturation : $2013 + 24 = 2037$

Chapitre IV : Trace en plan

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.

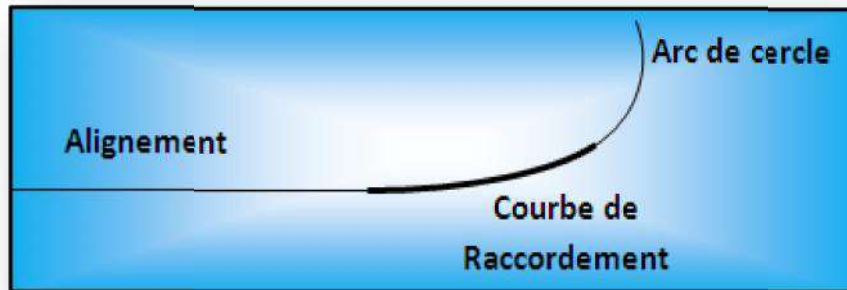
2. Règles à respecter dans le trace en plan :

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 R_{Hnd} (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.
- Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Éviter au maximum les propriétés privées.
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Éviter 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.

3. 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 :



3.1 Les alignements :

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

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

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

$$\left. \begin{array}{l} L_{min}=5 V \\ L_{max}=60 V \end{array} \right\} \text{ Avec } V \text{ en (m/s).}$$

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.

3.2.1 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.

3.2.2 Rayon horizontal minimal absolu :

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

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

3.2.3 Rayon minimal normal :

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

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

3.2.4 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 V_r , serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$.

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

3.2.5 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).

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

Pour les catégories 1-2

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

Pour les catégories 3-4-5

Avec : $f' = 0.07$ cat 3
 $f' = 0.075$ cat 4-5

3.2.6 Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Il n'y a aucun rayon inférieur à RH_m , on utilise autant que possible des valeurs de rayon \geq à RH_n .

Les rayons compris entre RH_m et RH_d sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près.

- Si $RH_m < R < RH_n$:

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

- Si $RH_n < R < RH_d$:

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

- ✓ Les rayons compris entre RH_d et RH_n sont en dévers minimal d_{min} .
- ✓ Les rayons supérieurs à RH_n peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- ✓ Un rayon RH_m doit être encadré par des RH_n .

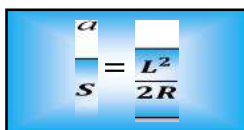
Remarque :

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

3.2.7 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.

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 croît linéairement de $R=\infty$ jusqu'à $R=\text{constant}$), 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 assurée ce confort. Mais la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

3.3.1 Expression de la clothoïde :

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

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

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

$$L.R = A^2$$

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

3.3.2 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

X_m : 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 ($K_A - K_E$)

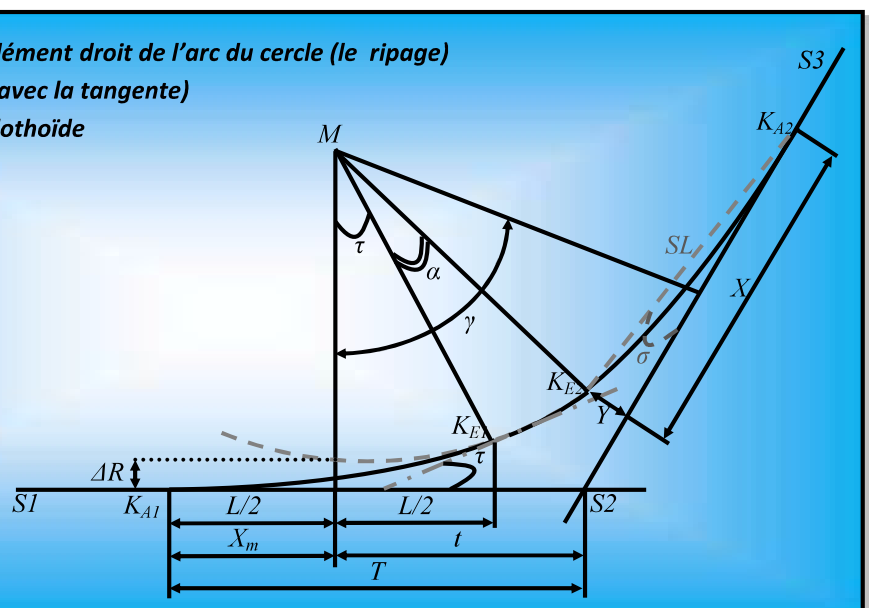
M : Centre de cercle

X : Abscisse de K_E

Y : Origine de K_E

t : tangente courte

T : tangente longue



3.3.3 Les conditions de raccordement :

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

3.3.3.1 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.

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

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

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

Pour $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24.R.\Delta R)^{1/2}$

Pour $1500 < R \leq 5000\text{m}$, $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$

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

3.3.3.2 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 : $(\frac{V^2}{R} - g.\Delta d)$ Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg = g/0.2V_B$

Avec une gravitation $g = 9.8\text{m/s}$ on opte :

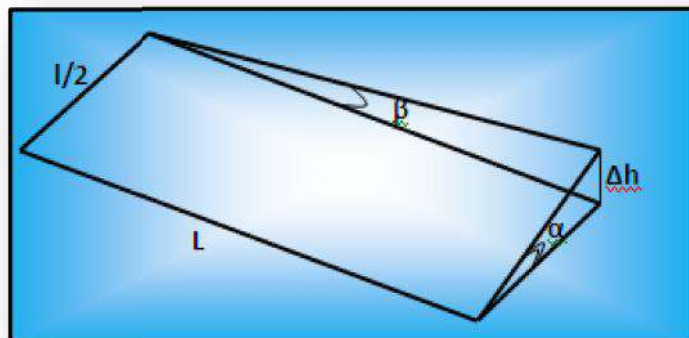
$$\frac{m}{L} \geq \frac{V_B^2}{18} \left(\frac{V_B^2}{127.R} - \Delta d \right)$$

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

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

3.3.3.3 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. $\Delta p \leq \frac{0.5}{V_0}$

Nous avons :

$$l \geq \frac{V_0^2 \cdot \Delta p}{1.47 \cdot V_0}$$

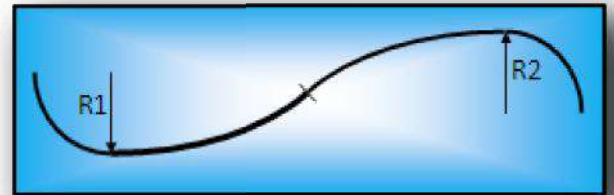
l : largeur de chaussée

4. Combinaison des éléments de trace en plan :

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

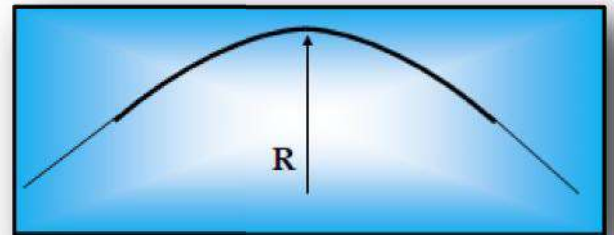
4.1 Courbe en « S »:

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



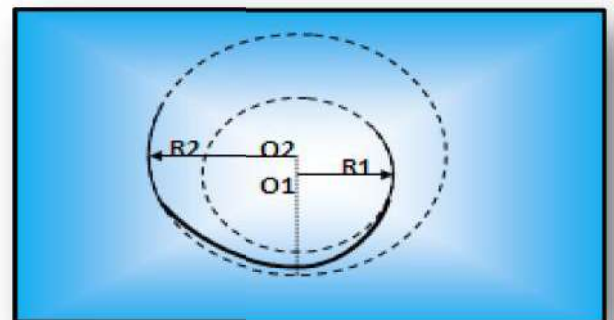
4.2 Courbe à sommet:

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



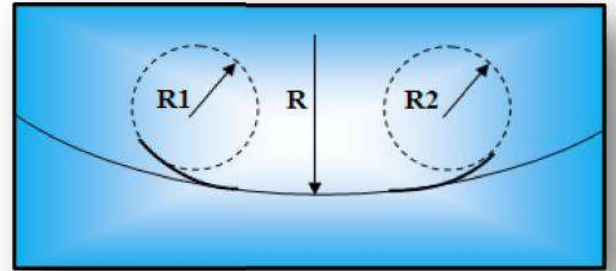
4.3 Courbe en ovale:

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



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.



5. Vitesse de référence (de base):

La vitesse de référence (V_B) 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'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief, etc...).

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

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

- **Vitesse de projet:**

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

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 bonnes conditions normales.

6. Paramètres fondamentaux:

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C2, dans un environnement E2, avec une vitesse de base $V_B = 80$ km/h.

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

Tableau. IV.1.paramètres du tracé en plan.

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse	V_B	80	km/h
Longueur minimale	L_{min}	111	m
Longueur maximale	L_{max}	1333	m
Devers minimal	d_{min}	2.5	%
Devers maximal	d_{max}	7	%
Temps de perception réaction	t_1	2	S
Frottement longitudinal	f_L	0.39	
Frottement transversal	f_t	0.13	
Distance de freinage	d_0	65	m
Distance d'arrêt	d_1	109	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	d_m	325	m
Distance de visibilité de dépassement normale	d_N	500	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	d_{Md}	200	m
RHm	RHm	250 (7 %)	m (%)
RHN	RHN	450 (5 %)	m (%)
RHd	RHd	1000 (2.5 %)	m (%)
RHnd	RHnd	1400 (-2.5 %)	m (%)

D'après tout ce qui précède les éléments utilisés dans notre projet sont comme suit :

✓ Les rayons:

Rayon (m)	nombre	devers associe (%)
1500	1	-2.5%
1000	2	2.5%
2500	2	-2.5%

✓ Les alignements (max et min):

$L_{min} = 232.367 \text{ m} > L_{min}(B40)$.

$L_{max} = 1307.835 \text{ m} < L_{max}(B40)$.

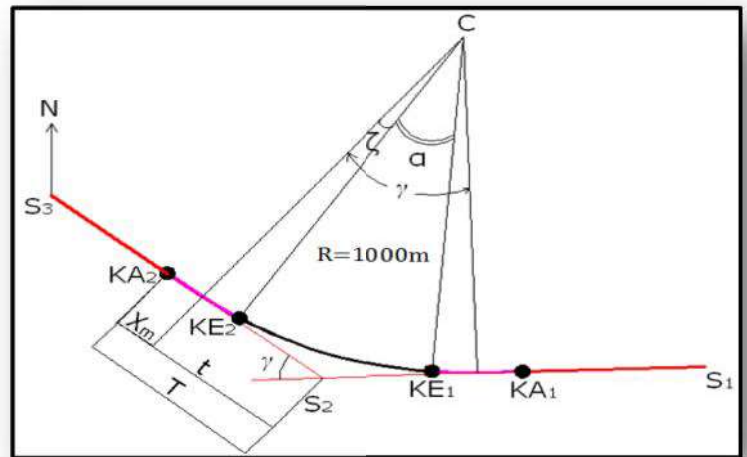
✓ Le pourcentage de la longueur des alignements est de 65.46% supérieur 60% de la longueur totale de tracé.

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 de kilométrage des points particuliers.



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 (Liaison 1)

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

$V_B = 80 \text{ km/h}$	$x(m)$	$Y(m)$	$R_1(m)$
$S_3 (P_1)$	89767.2689	47140.8264	1000
$S_4 (P_2)$	90345.0559	46877.4159	
$S_5 (P_3)$	91539.4076	47027.1016	

❖ Détermination de L :

▪ Condition de confort optique :

$$R \leq 1500m \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

On prend $\Delta R = 0.5m$

$$\text{Donc } L \geq \sqrt{24 \times 1000 \times 0.5} = 109.54m \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

▪ Condition de (confort dynamique+ gauchissement) :

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

R = RHd \Rightarrow d = 2.5 %

$$L \geq \frac{5}{36} \cdot (2.5\% - (-2.5\%)) \cdot 80$$

$$L \geq 55.56m \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$L = \max(109.54, 55.56)$

Donc on prend : L = 110m

❖ Calcul du paramètre A :

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

$A = \sqrt{L \cdot R} = 331.66$

Donc on prend : A = 350 $\Rightarrow L = 122.5$

La condition $R/3 \leq A_{min} \leq R$ elle est vérifiée, ($333.33 \leq A_{min} \leq$

1000)

❖ Calcul de ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{122.5^2}{24 \times 1000} \Rightarrow \text{span style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 2px 10px;">\Delta R = 0.625m$$

❖ 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.

$$G_{S3}^{S4} = 100 + \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) \Rightarrow G_{S3}^{S4} = 100 + \arctg\left(\frac{|468774159 - 47140.8264|}{|90345.0559 - 89767.2689|}\right)$$

$$G_{S3}^{S4} = 127.231gr$$

$$G_{S4}^{S5} = 300 + \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) \Rightarrow G_{S4}^{S5} = 300 - \arctg\left(\frac{|47027.1016 - 46877.4159|}{|91539.4076 - 90345.0559|}\right)$$

$$G_{S4}^{S5} = 292.063 \text{ gr}$$

❖ *Calcul de l'angle γ :*

$$\gamma = 200 \quad |G_{S3}^{S4} - G_{S4}^{S5}| = 35.168 \text{ gr}$$

❖ *Calcul de l'angle τ :*

$$\tau = \frac{122.5}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{122.5}{2 \cdot 1000} \times \frac{200}{\pi} = 3.899 \text{ gr}$$

❖ *Vérification de non chevauchement :*

$$\tau = 3.899 \text{ gr}$$

$$\gamma/2 = 35.168/2 = 17.584 \text{ gr} \quad D'où : \tau \leq \gamma/2 \Rightarrow \text{pas chevauchement}$$

❖ *Calcul des distances :*

$$S_{34} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(577.787)^2 + (-263.410)^2} = 635 \text{ m}$$

$$S_{45} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(1194.352)^2 + (149.686)^2} = 1203.695 \text{ m}$$

❖ *Calcul de l'abscisse du centre du cercle :*

$$Xm = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = 61.25 \text{ m}$$

❖ *Abscisse de KE :*

$$x = L \left(1 - \frac{L}{40.R^2}\right) = 122.49 \text{ m}$$

❖ *Origine de KE :*

$$y = \frac{L^2}{6.R} = 2.5 \text{ m}$$

❖ *Calcul de la tangente :*

$$T = Xm + (R + R) \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right), \text{ On a : } L/R = 0.1225$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta R/R = 0.0005 \quad \Delta R = 0.625 \\ X_m/R = 0.06125 \Rightarrow X_m = 61.25 \\ X/R = 0.12249 \Rightarrow X = 122.49 \\ Y/R = 0.0025 \quad Y = 2.5 \end{array} \right. =$$

Donc : $T = 61.25 + (1000 + 0.625) \cdot \text{tg}(17.584) = 344.874 \text{ m.}$

❖ **Calcul des Coordonnées SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(122.49)^2 + (2.5)^2} = 122.480 \text{ m.}$$

❖ **Calcul de σ :**

$$\sigma = \text{arctg}\left(\frac{y}{x}\right) = \text{arctg}\left(\frac{2.5}{122.49}\right) = 1.300 \text{ gr.}$$

❖ **Calcul de l'arc :**

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 35.168 - 7.798 = 27.37 \text{ gr.}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{1000 \cdot \pi \cdot 27.37}{200} = 429.93 \text{ m.}$$

❖ **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{KA1} = X_{S3} + (\overline{s3 s4} - T) \sin(G_{S3}^{S4}) = 90031.254 \text{ m.} \\ Y_{KA1} = Y_{S3} + (\overline{s3 s4} - T) \cos(G_{S3}^{S4}) = 47020.477 \text{ m.} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{KA2} = X_{S4} + T \sin(G_{S4}^{S5}) = 90687.253 \text{ m.} \\ Y_{KA2} = Y_{S4} + T \cos(G_{S4}^{S5}) = 46920.303 \text{ m.} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{KE1} = X_{KA1} + SL \sin(G_{S3}^{S4} - \sigma) = 90143.713 \text{ m.} \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cos(G_{S3}^{S4} - \sigma) = 46971.955 \text{ m.} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{KE2} = X_{KA2} - SL \sin(G_{S4}^{S5} + \sigma) = 90565.438 \text{ m.} \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \cos(G_{S4}^{S5} + \sigma) = 46907.556 \text{ m.} \end{array} \right.$$

❖ **Calcul de point kilométrique des points singuliers :**

$$PK_{KA1} = PK_{S3} + \overline{s3 s4} - T = 0 + 635 - 344.874 = 1307.83 \text{ m}$$

$$PK_{KE1} = PK_{KA1} + L = 1307.83 + 122.5 = 1430.33 \text{ m}$$

$$PK_{KE2} = PK_{KE1} + \widehat{K_{E1}K_{E2}} = 1849.37 \text{ m}$$

$$PK_{KA2} = PK_{E2} + L = 1971.87 \text{ m}$$

• Courbe sans Clothoïde :

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

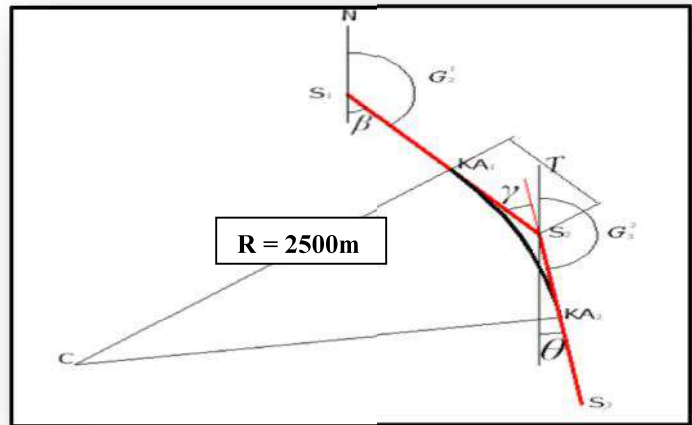
$V_B = 80 \text{ km/h}$	$x(m)$	$Y(m)$	$R_1(m)$
$S_5 (P_5)$	91539.4076	47027.1016	2500
$S_6 (P_6)$	92945.6102	46845.9793	
$S_7 (P_7)$	94000.1941	46874.5524	

❖ Calcul des gisements :

$$\begin{cases} \gamma = 9.879 \text{ gr} \\ G_{S_5-S_6} = 108.155 \text{ gr} \\ G_{S_6-S_7} = 298.276 \text{ gr} \end{cases}$$

❖ Calcul de tangente :

$$\begin{cases} T = R \times \text{tg} (\gamma / 2) \\ T = 2500 \times \text{tg} (9.87/2) = 194.364 \text{ m} \end{cases}$$



❖ Calcul des coordonnées des points de tangente :

$$\begin{cases} \beta = 91.845 \text{ gr} \\ X_{KA1} = X_{S_6} - T \times \sin (\beta) = 92945.6102 - 194.364 \times \sin (91.845) = 92752.84 \text{ m} \\ Y_{KA1} = Y_{S_6} + T \times \cos (\beta) = 46845.9793 + 194.364 \times \cos (91.845) = 46870.81 \text{ m} \\ \theta = 98.276 \text{ gr} \\ X_{KA2} = X_{S_6} + T \times \sin (\theta) = 92945.6102 + 126.36 \times \sin (98.276) = 93139.90 \text{ m} \\ Y_{KA2} = Y_{S_6} - T \times \cos (\theta) = 46845.9793 - 126.36 \times \cos (98.276) = 46842.55 \text{ m} \end{cases}$$

❖ Calcul des coordonnées de centre :

$$\begin{cases} GK_{A1-C} = G_{KA1-S_6} + 100 = 91.845 + 100 = 191.845 \text{ gr} \\ X_C = X_{KA1} + R \times \sin (G_{KA1-C}) = 92752.84 + 2500 \times \sin (191.845) = 93072.21 \text{ m} \\ Y_C = Y_{KA1} - R \times \cos (G_{KA1-C}) = 46870.81 - 2500 \times \cos (191.845) = 49350.32 \text{ m} \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

Chapitre V : Profil en long

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.

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.

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.*

4. Déclivité :

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.

4.1 Déclivité minimum :

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

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 ($i_{max} = 5\%$) dans le franchissement de la côtère

Tableau .V.1. Tableau récapitulatif de déclivité – Normes B40

	<i>Environnement</i>		
<i>P. max</i>	<i>Facile</i>	<i>Moyen</i>	<i>Difficile</i>
<i>Catégorie 1-2</i>	4%	5%	6%
<i>Catégorie 3</i>	5%	6%	7%
<i>Catégorie 4-5</i>	6%	7%	8%

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 :

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 :

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

D'ou :

$$R_v = 0,3 V^2 \quad (\text{Catégorie 1-2})$$

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 :

$$R^V \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_g + 2 \times \sqrt{h_a h_g})} \approx \frac{d^2}{27}$$

- d : Distance de visibilité nécessaire (m)
- h_a : Hauteur de l'œil au dessus de la chaussée = 1.10 m
- h_g : 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 base $V_R=80$ Km/h et pour la catégorie 2 on a :

Tableau .V.2. Rayons en angle saillant – selon B40

Rayon	symbole	Valeur (m)
Min-absolu	R_{vm}	2500
Min- normal	R_{vN}	6000
Dépassement	R_{vd}	11000

5.2 Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

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

Pour une vitesse $V_R = 80$ Km/h et catégorie 2 on a le tableau suivant :

Tableau .V.3. Rayons en angle rentrant – selon B40

Rayon	Symbole	Valeur (m)
Min-absolu	R'_{vm}	2400
Min -normal	R'_{vN}	3000

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.

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

6.3 Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

6.4 Calcul de la flèche :

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

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

$$M \left\{ \begin{array}{l} H = \frac{L^2}{2R} \\ RZ = NZ + E'XP \end{array} \right.$$

6.6 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R.P_1 \\ \frac{X^2}{2RZ} = JZ + E'XP \end{array} \right. \quad \text{Avec : } \begin{array}{l} X_1 = R.P_1 \\ X_2 = R.P_2 \end{array}$$

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 a partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J ver A et D.

Chapitre VI : Profil en travers

1. Introduction:

Le profil en travers d'une route est une coupe transversale menée selon un plan 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, etc....).

2. Éléments du profil en travers:

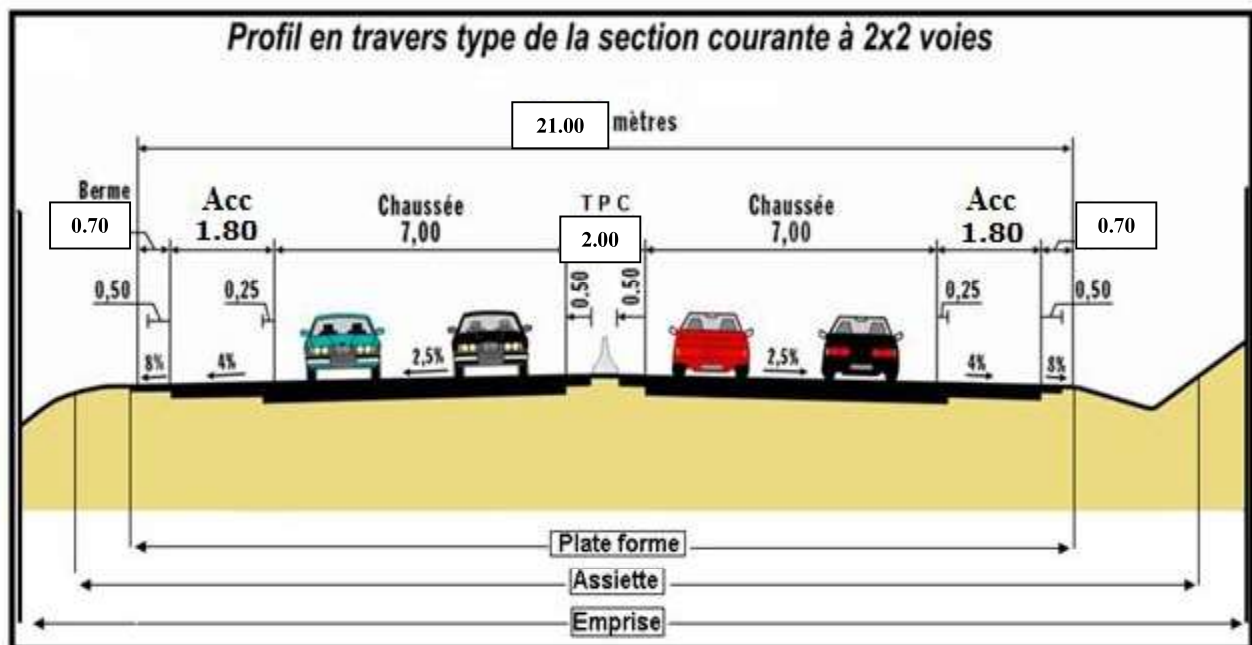


Figure.VI.1. Eléments constitutifs du profil en travers type normale.

➤ **L'emprise:**

Partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.

➤ **L'assiette:**

Surface du terrain réellement occupée par la route.

➤ **Plate-forme :**

Surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.

➤ **Chaussée :**

Surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.

➤ **Accotement :**

Zone latérale de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée. L'accotement est constitué de la berme et de la bande d'arrêt d'urgence.

- **Bande d'arrêt d'urgence:** Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- **La berme:** Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

➤ **Terre-plein central (T.P.C):**

Il assure la séparation matérielles des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

➤ **Couche de surface ou de roulement:**

La couche de surface constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné permet d'encaisser les efforts et le cisaillement provoqués par la circulation et d'assurer l'imperméabilisation de la chaussée. Cette couche peut être simple c'est à dire réalisée en une seule couche d'un matériau, ou multiple, c'est à dire réalisée en plusieurs de matériaux différents. Dans ce dernier cas, on appelle couche de roulement celle qui est en contact direct avec les roues ; les autres couches sont appelées couches de liaison.

➤ **Couche de base:**

La couche de base a pour objet de résister aux efforts verticaux et de répartir sur le terrain les pressions qui en résultent. Elle est constituée d'un matériau non traité de bonnes caractéristiques mécaniques.

➤ **Couche de fondation:**

La couche de fondation forme avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base. Mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité (le tuf).

➤ **Sous couche:**

Lorsque le corps de chaussée doit être préservé contre certains effets, on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire

appelée sous couche (anti-contaminant pour empêcher les remontées d'argile, drainante pour assurer le drainage de la fondation, ou anticapillaire pour couper les remontées capillaires).

➤ **Couche de forme:**

La couche de forme est la surface de terrain préparée sur laquelle est édifiée la chaussée. Dans certains cas, on peut avoir intérêt à remplacer sur certaine épaisseur le sol naturel par un meilleur sol, sélectionné à cet effet on constitue ainsi une couche de forme qui améliore la portance du support en permettant entre autre la circulation des engins de chantier.

➤ **Banquette:**

Lorsque le bord de l'accotement d'une route en remblai est plus de 1,00m au dessus du sol naturel, on réduit les risques d'accident en établissant une levée de terre appelée banquette .de nos jours les banquettes sont remplacées par des glissières de sécurité.

➤ **Descentes de l'eau:**

Elles permettent l'évacuation des eaux de ruissellement le long des talus de remblai ou de déblai.

3. Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

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 d'aménagement de routes existantes.

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

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

3.2 Le profil en travers courant :

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

4. Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera composé de deux chaussées unidirectionnelles.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ✓ deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune : $(2 \times 3.5) \times 2 = 14.00m$.
 - ✓ un terre-plein central de 2 m : 2.00m.
 - ✓ accotement de 1.80m : $2 \times 1.8 = 3.60m$.
- Une berme de 0.75m pour chaque coté. : $2 \times 0.70 = 1.40m$.

La largeur de la plate forme de l'évitement est de 21m.

Chapitre VII : Les cubatures

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**.

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.

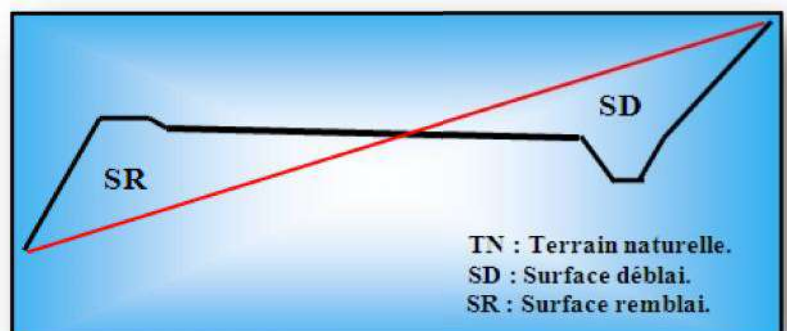
3. Méthode de calcul des cubatures :

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.

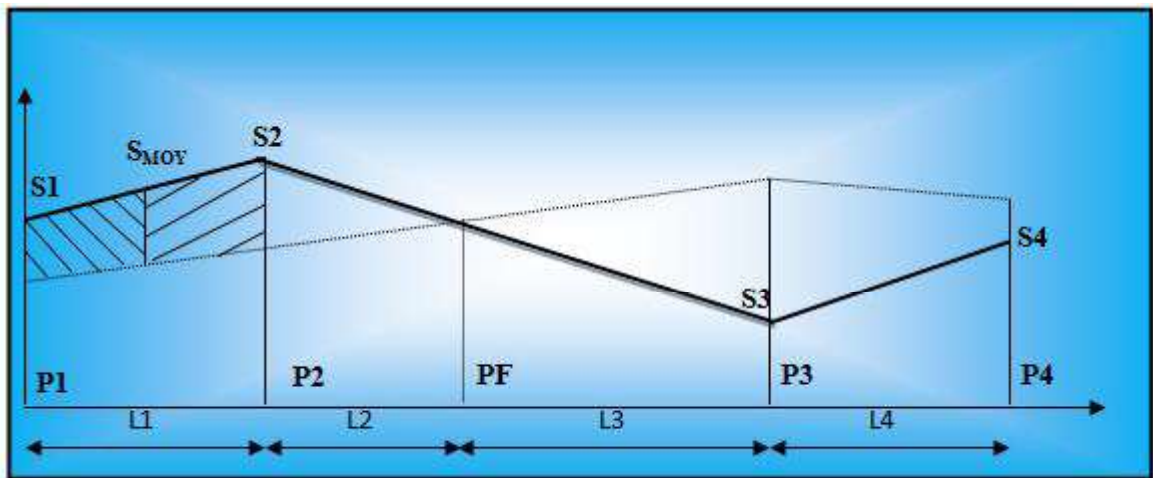
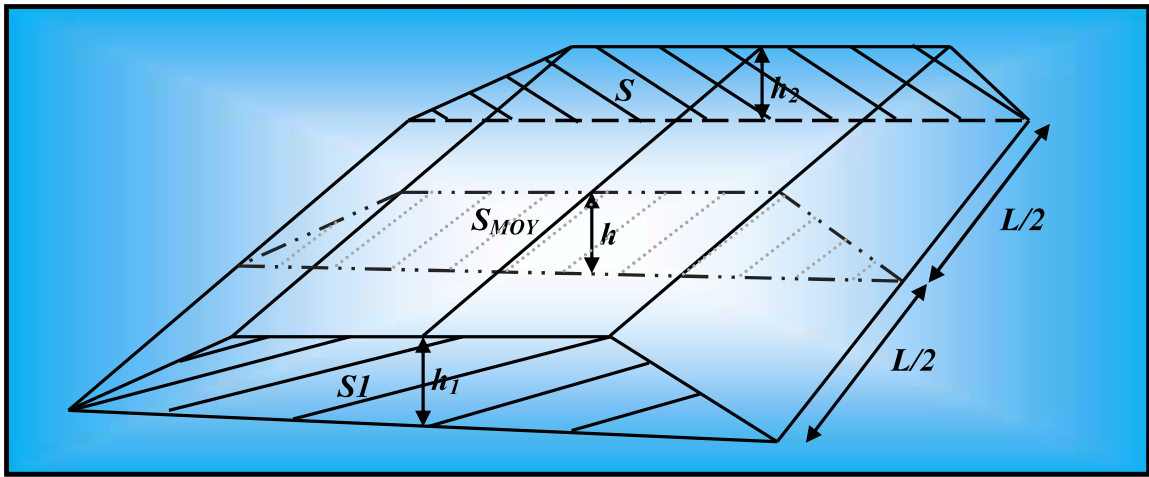
On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.



Formule de Mr SARRAUS :

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

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



- ✓ PF: profil fictive, surface nulle.
- ✓ Si: surface de profil en travers Pi.
- ✓ Li : distance entre ces deux profils.
- ✓ S_{MOY} : 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 S_{MOY} et $\frac{(S_1+S_2)}{2}$.

Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

4. Calcul des cubatures de terrassement:

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel « **Piste 5.06** ».

Voir L'Annexe

Chapitre VIII: Etude géotechnique

1. Introduction :

L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol ou sera implanté notre aménagement. Pour cela, une campagne de sondage doit être faite pour définir les caractéristique du sol support, de dimensionner la chaussée et, éventuellement, les fondations des ouvrage d'art prévus.

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

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

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

2. Objectif :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.

Elle sert pour le dimensionnement de corps de chaussée :

- La nature et les caractéristiques de chaque couche.
- L'identification des caractéristiques mécaniques du sol support.

3. Différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés au laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'Atterberg.
- Essai PROCTOR.

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

3.1 Les essais d'identification (physique):

3.1.1 Masse volumique et teneur en eau :

- **Teneur en eau** : s'exprime pour un volume de sol donné par le rapport du poids de l'eau sur le poids du sol sec, Soit :

$$\omega = W_w/W_s$$

- **Masse volumique (γ)** : est la masse d'un volume par unité de sol :

$$\gamma = W/V.$$

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

Le but de cet essai, est de déterminer expérimentalement (au laboratoire) certaines caractéristiques physiques des sols.

3.1.2 Analyses granulométriques :

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

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

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

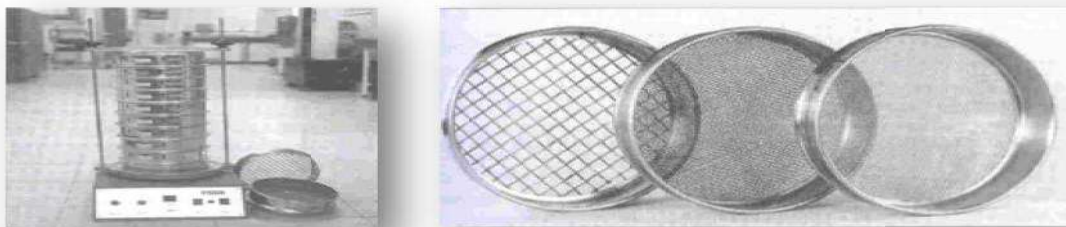


Figure .VIII.1. Matériel utilisé dans l'essai granulométrique.

3.1.3 Limites d'Atterberg :

Les limites de plasticité (W_p) et liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol. W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare les deux états plastique et liquide ; Les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui a une faible valeur de l'indice de plasticité ($I_p = W_L - W_p$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.



3.1.4 Equivalent de sable :

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

L'essai équivalent de sables est défini par le coefficient ES : $ES=100xh_2/h_1$



Figure .VIII. 2.Éprouvette après repos.

3.2 Les essais mécaniques:

3.2.1 Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence du compactage et de la teneur en eau ; il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale, afin d'obtenir une densité sèche

maximale lors du compactage du sol. Cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « *W optimum Proctor* ».

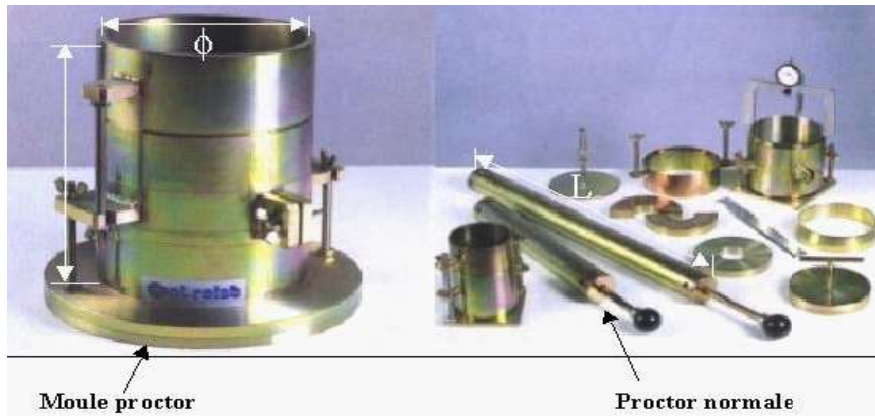


Figure .VIII. 3. Matériel utilisé dans l'essai Proctor.

3.2.2 Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

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

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



Figure .VIII. 4. Presse CBR avec système d'acquisition électronique.

3.2.3 Essai Los Angeles :

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



Figure .VIII. 5.Appareil Los Angeles.

3.2.4 Essai Micro Deval :

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau, on parlera du micro-deval humide.

4. Essais In-site :

4.1 Les forages :

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

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

Les forages peuvent être réalisés :

4.1.1 Manuellement :

Ce sont des puits creusés par la main ou par la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m. Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et ou remaniés.

4.1.2 Par la tarière :

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

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

4.1.3 Par la sondeuse :

On peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.

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

4.2 Essais pressiométriques :

L'essai pressiométriques est un essai de chargement du terrain in situ de la paroi du forage, jusqu'à la rupture, il consiste à gonfler dans le sol une sonde cylindrique, dilatable radicalement, placée dans un forage préalable ; il permet par conséquence d'étudier la phase des petits déplacements du sol en déterminant un module de déformation du forage.

4.3 Essais prénétrométriques:

4.3.1 Pénétromètre statique :

L'essai de pénétration statique consiste à foncer de manière continue dans le sol, à vitesse lente et constante, un pieu modèle réduit, dont le diamètre compris entre 30 et 100 mm. La résistance à l'enfoncement est mesurée de façon directe et continue, en fonction de la profondeur.

4.3.2 Pénétromètre dynamique :

L'enfoncement du train de tiges est provoqué par la chute d'un mouton tombant d'une hauteur normalisée. On mesure le nombre de coups nécessaires pour obtenir un enfoncement donné (10 cm). On calcule alors la résistance de pointe en fonction de la profondeur.

5. Interprétation des résultats d'essais :

Dans le cadre de notre projet, il a été réalisé 14 puits à ciel ouvert de 0.40 à 3 mètres avec prélèvements d'échantillons répartis sur l'ensemble du linéaire de notre route, des essais sur des échantillons intacts et remaniés ont été effectués au laboratoire et dont les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau .VIII.1. Les résultats des essais au laboratoire.

Puits		1	2	3	4	5	6
Position		0+200	0+400	0+600	0+700	1+100	1+500
Limites Atterberg	WL (%)	53.30	43.80	53.80	54.83	33.38	32.10
	IP (%)	24.17	18.69	23.64	27.20	10.28	17.68
Proctor	W(%)	17.13	15.28	19.44	18.69	16.72	16.72
	$\gamma_d(t/m^3)$	1.79	1.68	1.74	1.78	1.81	1.64
CBR	Immédiat	2.90	5.00	6.20	4.30	3.20	2.10
	Imbibé	6.75	8.31	9.96	9.96	5.55	5.20
Granulométrie Tamisats (%)	0,08 mm	98	82	95	91	59	78
Analyse chimique	VBS	2.81	2.38	2.62	2.87	1.05	1.69
	Carb (%)	52	02	62	44	72	26
Puits		7	8	9	10	11	12
Position		2+100	2+500	2+900	3+100	3+300	3+700
Limites Atterberg	WL (%)	32.50	30.30	51.40	51.40	59.90	43.40
	IP (%)	12.83	10.49	23.43	23.43	28.54	20.73
Proctor	W(%)	16.39	14.38	17.41	14.67	19.72	16.72
	$\gamma_d(t/m)$	1.83	1.96	1.78	1.73	1.76	1.80
CBR	Immédiat	9.50	7.40	3.10	2.80	3.10	5.10
	Imbibé	13.30	14.98	6.67	8.31	6.67	10.00
Granulométrie Tamisats (%)	0,08 mm	93	50	98	64	89	78
Analyse chimique	VBS	1.40	1.08	3.16	0.90	2.37	1.93
	Carb (%)	72	46	54	44	32	32
Puits		13	14				
Position		3+900	4+700				
Limites Atterberg	WL (%)	31.19	26.50				
	IP (%)	11.32	7.22				
Proctor	W(%)	15.33	13.31				
	$\gamma_d(t/m)$	1.97	1.95				
CBR	Immédiat	10.00	7.50				
	Imbibé	18.28	13.33				
Granulométrie Tamisats (%)	0,08 mm	30	51				
Analyse chimique	VBS	0.67	0.67				
	Carb (%)	82	06				

5.1 Dénominations adoptées en fonction de la grosseur des grains :

Tableau.VIII.1.Dénominations adoptées en fonction de la grosseur des grains.

$d < 2 \mu$	argile
$2 \mu < d < 20 \mu$	limon
$20 \mu < d < 0,2 \text{ mm}$	sable fin
$0,2 \text{ mm} < d < 2 \text{ mm}$	sable grossier
$2 \text{ mm} < d < 20 \text{ mm}$	gravier
$d > 20 \text{ mm}$	cailloux

5.2 Classification de chaque puits selon LCPC :

Tableau .VIII. 2. Classification de chaque puits selon LCPC.

N° de sondage	Classification selon LCPC
1.	Argile minérale de forte plasticité
2.	Argile minérale de moyenne plasticité
3.	Argile minérale de forte plasticité
4.	Argile minérale de forte plasticité
5.	Limon minéral de compressibilité moyenne et limon organique
6.	Argile minérale de moyenne plasticité
7.	Argile minérale de moyenne plasticité
8.	Argile minérale de moyenne plasticité
9.	Argile minérale de forte plasticité
10.	Argile minérale de forte plasticité
11.	Argile minérale de forte plasticité
12.	Argile minérale de moyenne plasticité
13.	Argile minérale de moyenne plasticité
14.	Argile minérale de faible plasticité

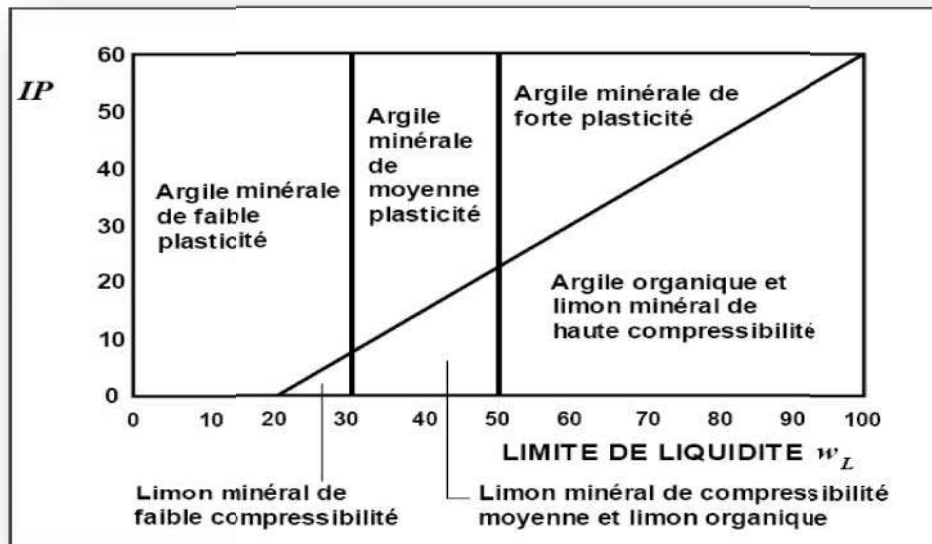


Figure .VIII. 6. Le diagramme de Casagrande.

5.3 Analyse granulométrique :

Les courbes granulométriques sont étalées et continue, avec une proportion des fines (inférieur à 80 microns) variant de 30 à 98 %. Le sol support est constitué par un: « Sol fin »

5.4 Limite d'Atterberg :

Ces matériaux présentent un indice de plasticité I_P moyenne varie entre 7.22 et 28.54% avec les limites de liquidités W_L variant de 26.50 et 59.90 % traduisant une moyenne à forte plasticité.

5.5 Essai C.B.R:

Les valeurs des indices C.B.R sont respectivement pour l'imbibé variant entre 5.20 et 18.28 % traduisant une faible à moyen portance du sol.

5.6 Les essais Proctor

Les densités sèches OPM varient de 1.64 t/m^3 à 1.97 t/m^3 avec des teneurs en eau variant de 13.31 à 19.72 %.

6. Conclusion :

Le programme d'intervention du laboratoire à comporter le creusement de 14 puits à ciel ouverts réalisés en pelle mécanique sur le long du tracé sur une profondeur allant de 0.40 à 3.00 mètres avec prélèvement d'échantillons pour analyse au laboratoire.

Le terrain est formé de deux formations géologiques, la première formation est représentée par du calcaire cristallin dur et parfois des dalles superficielles en calcaire. Cette partie est caractérisée par un relief moyennement accidenté. Et la deuxième formation rencontrée est des argiles silteuse à silto-sableuse. Pour cela on doit suivre les recommandations suivantes :

1. Décaper la terre végétale (parfois elle atteint 1.70 m) et purger les zones déformées et compacter le sol support (partie d'argile silteuse à silto-sableuse), et cela pour augmenter la portance du sol qui doit être contrôlé ultérieurement.
2. Réalisation d'une couche de forme avec un matériau sélectionné où le sol support a une faible portance tel que l'indice de $CBR < 10$. Nous pouvons classer ce sol support selon le catalogue de dimensionnement de chaussées neuves (tableau 2-fascicule 1), dans la classe S3 ($5 < CBR < 10$).
3. Réalisation le déblai des sols a fortes portances (si existe) pour le remblai après les traitements.

N.B :

Il faut prévoir un système de drainage efficace par la mise en place des fossés, descentes d'eau bétonnées et les ouvrages en nombres afin de maîtriser les eaux de ruissellement des eaux pluviales et éviter leurs infiltrations.

- Veuillez à bien faire l'étanchéité des accotements par un enduit superficiel.
- Réalisation des gabions dans les zones des remblais.
- Dans les zones où la qualité du sol est médiocre, le traitement est indispensable.
- Dans les zones formées par des dalles du calcaire continu, il est recommandé de réduire la couche de forme et prévoir une couche de réglage.
- Dans les zones de dépressions et les zones inondables, il faut prévoir une couche drainante réalisée par un enrochement de classe (0/200 mm) occupant la largeur totale de la chaussée.

Chapitre IX : Dimensionnement du corps de chaussée

1. Introduction :

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent, le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier. Cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

2. Chaussée :

2.1 Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y'compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- *Supporter la circulation des véhicules de toute nature.*
- *reporter le poids sur le terrain de fondation.*

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

2.2 Les différents types de chaussée :

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

- *Chaussée souple.*

- Chaussée semi-rigide.
- Chaussée rigide.

2.2.1 Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

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

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

- **Couche de roulement (surface) :**

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

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

- **Couche de base :**

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

- **Couche de fondation :**

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

- **Couche de forme :**

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

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

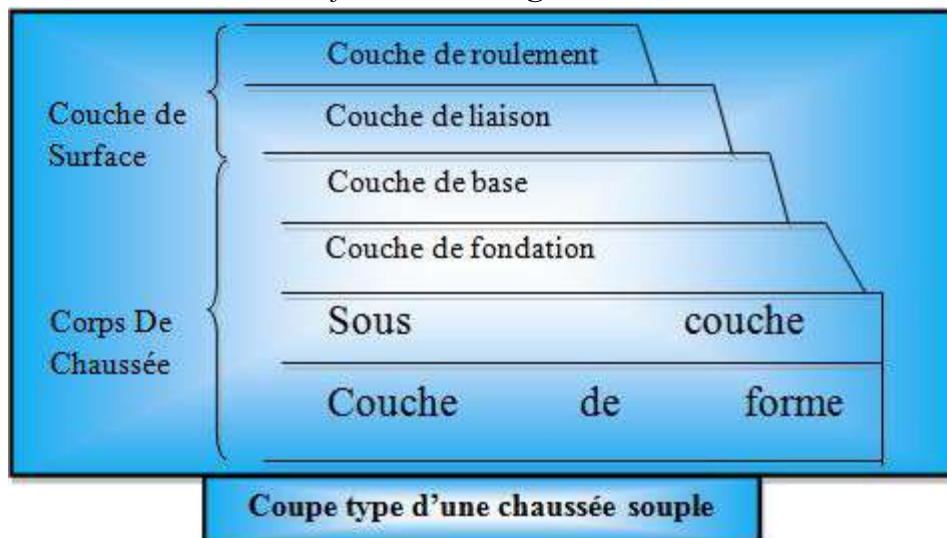


Figure.IV.1. Coupe type d'une chaussée souple.

2.2.2 Chaussée semi-rigide :

On distingue :

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

2.2.3 Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

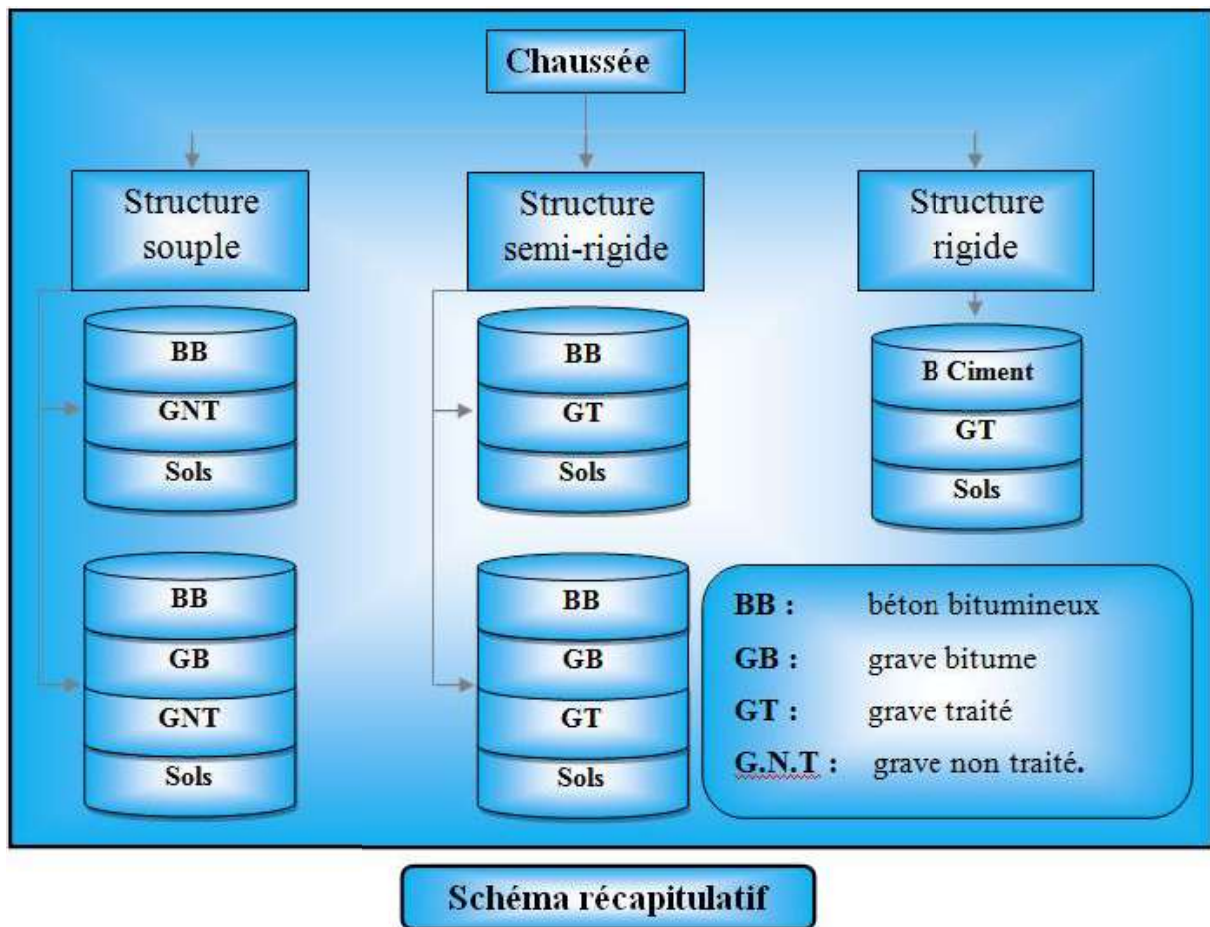


Figure.IV.2. Schéma récapitulatif.

3. Différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la Chaussées :

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

3.1 Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5 tonnes) .il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :
De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ;

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

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

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau$$

τ : Taux de croissance du trafic.

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

3.2 Environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi la variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

3.3 Le sol support :

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

Les plates formes sont définies à partir :

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

3.4 Matériaux:

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

4. Principales méthodes de dimensionnement:

On distingue deux familles des méthodes :

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

Les méthodes rationnelles, basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

4.1 Méthode CBR(California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci après:

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

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

n: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

P: charge par roue $P = 6.5 \text{ t}$ (essieu 13 t)

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

- **Coefficient d'équivalence :**

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau. IX.1. Coefficient d'équivalence.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable gypseux	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

4.2 **Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**

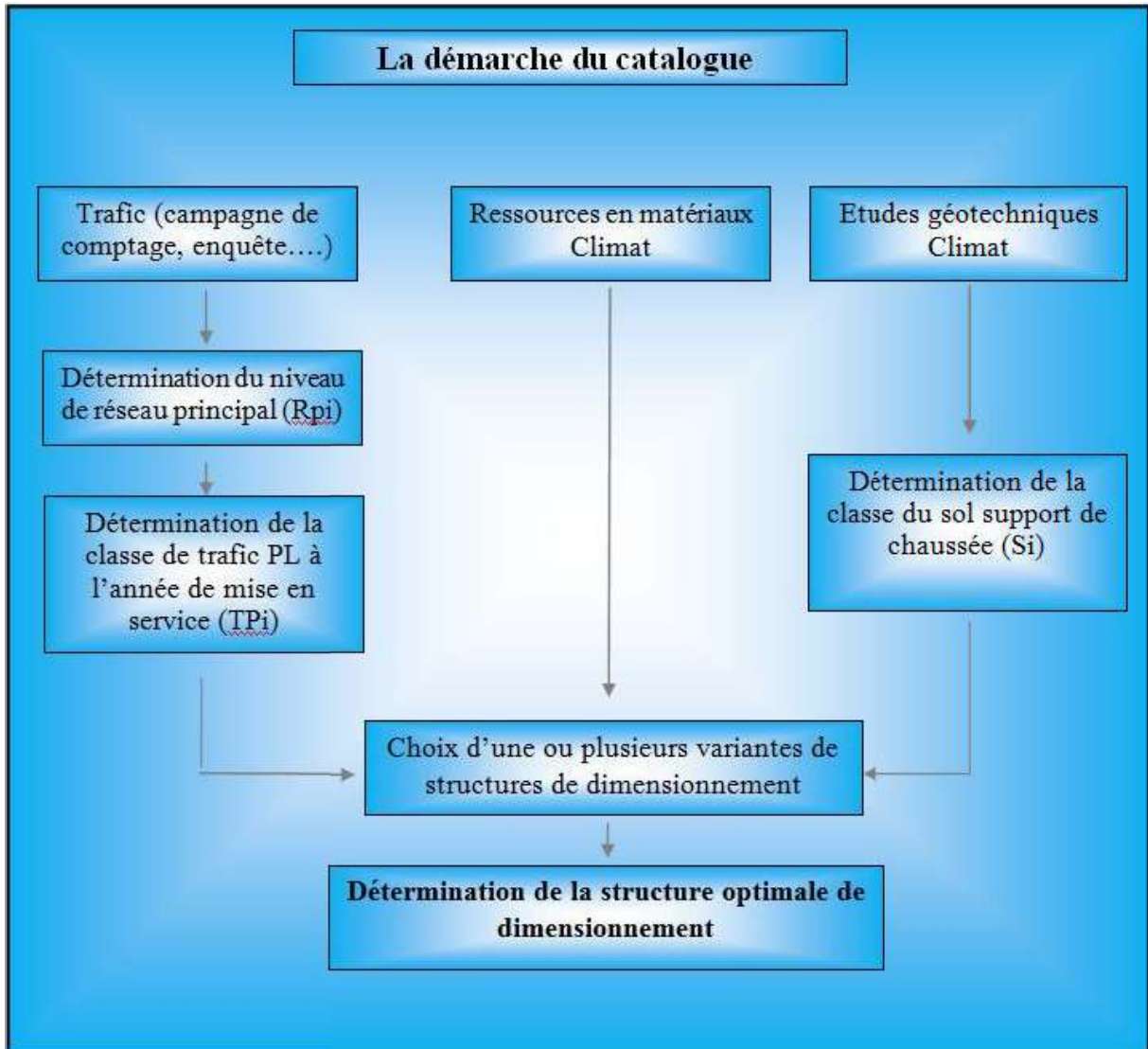
Cette méthode est caractérisée par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques : (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristique du sol, climat, matériaux), **fascules 1,2 et 3.**

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.



5. Choix de la méthode de dimensionnement :

La qualité réelle de la chaussée dépend de:

- la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plate forme dans les zones bas.
- la qualité des matériaux mise en place.
- Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.
- Peu importe la méthode choisie, c'est la maîtrise qui nous intéresse le plus, c'est pour cela on a choisis les deux méthodes qui sont :
 1. Méthode **CBR**.
 2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTPP. Car c'est les méthodes les plus répondues en Algérie.

6. Application numérique :

On va dimensionner notre structure de corps de chaussée selon le cas le plus défavorable car on a un cas de déblai entre le PK et le PK d'un CBR=8, et dans le reste de notre projet on a un cas de remblai, donc quelque soit le CBR $\geq 8 \Rightarrow$ classe de sol S3.

6.1 Méthode C.B.R.:

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2011.
- $TJMA_{2011} = 7032 \text{ v/j}$
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4\%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 40\%$
- $I_{CBR} = 6\%$ (imbibé a 4 jours).

Détermination de N_{PL2031} :

$$\begin{aligned} TJMA_{2013} &= TJMA_{2011} (1 + \tau)^2 \\ &= 7032 (1 + 0.04)^2 \\ &= 7606 \text{ v/j} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{PL2031} &= TJMA_{2011} \times 0.5 \times \%PL \times (1 + \tau)^{20} \\ &= 7606 \times 0.5 \times 0.40 \times (1 + 0.04)^{20} \\ &= 3333 \text{ PL/j/sens} \end{aligned}$$

Détermination de l'épaisseur équivalente :

$$E_{\text{équi}} = [100 + \sqrt{P} (75 + 50 \log_{10} (N/10))] / (ICBR + 5)$$

$$E_{\text{équi}} = [100 + \sqrt{\frac{13}{2}} (75 + 50 \log_{10} (3333/10))] / (6 + 5)$$

$$E_{\text{équi}} = 55.71 \text{ cm}$$

Donc l'épaisseur équivalente : $a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3 = 55.71 \text{ cm}$

Où

a_i : coefficient d'équivalente des différents matériaux.

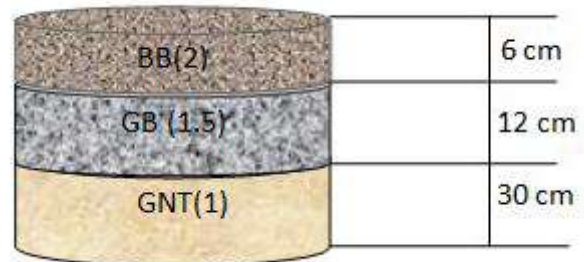
On suppose:

Tableau. IX.2. Coefficient d'équivalence des matériaux utilisés.

Nom de la couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur de la couche
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1,5	12
Fondation	GNT	1	x

$$e_3 = 55.71 - (2 \times 6 + 1,5 \times 12) / 1 = 25.71 \text{ cm}$$

On prend $e_3 = 30 \text{ cm}$



6.2 La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2011.
- $TJMA_{2011} = 7032 \text{ v/j}$
- Mise en service : 2013
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4\%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 40\%$
- $CBR_{\text{imbibé}} = 6\%$

▪ **Détermination du type de réseaux principaux :**

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

Tableau. IX.3. Réseaux principaux routiers.

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

$$TJMA_{2011} = 7032 \text{ (V/j)}.$$

$7032(V/j) > 1500(V/j) \longrightarrow$ le réseau principal est RP1.

▪ **Détermination de la classe de trafic :**

Définition du poids lourd :

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 3.5 tonnes de poids total autorisé en charge.

- $TJMA_{2013} = 7606 \text{ v/j}$.
- $\tau = 4 \%$.
- $Z = 40\%$.
- $TPL = 7606 \times 0.40 \times 0.5 = 1521 \text{ PL/j/sens}$.

Répartition transversale du trafic:

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

- chaussée unidirectionnelles à 2×2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.

$$TPL_{2013} = 1521 \times 0.9 = 1369 \text{ (PL/j/sens)}.$$

Détermination de la classe de trafic (TPL_i) :

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

Classe TPL_i pour RP1:

Tableau. IX.4. Les classe de trafic.

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

$TPL = 1369 \text{ (PL/j/sens)}$. \longrightarrow La classe de trafic est TPL₅.

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

Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S_4 à S_0 . Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Tableau. IX.5. Les classes de la portance de sol.

Portance (S_i)	CBR
S_4	< 5
S_3	5-10
S_2	10-25
S_1	25-40
S_0	> 40

Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

S_3, S_2, S_1, S_0 . Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

Tableau. IX.6. Les modules de classe de sol support.

Classes de sol-support	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	> 200

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times 6 = 30 \text{ (MPa)} \longrightarrow S_3.$$

▪ **Choix de différentes couches constitue de la chaussée :**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : GNT.
- Couche de forme.

Détermination de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique II ($600 > 350$ mm/an).

Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S3) et une classe de trafic (TPL5).

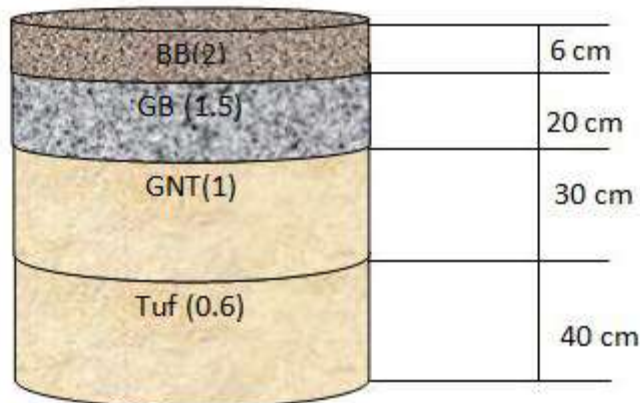
Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) on a proposé la structure suivante:

- couche de roulement : **BB = 6 cm.**
- couche de base : **GB = 20 cm.**
- couche de fondation : **GNT = 30 cm.**

Tableau. IX.7. Les fiches structures de RP1.

Types de Matériaux	Fiche structure n ^c	Type structure	Zones climatiques (*)
1 - MTB (Matériaux traités au bitume)	1	GB/GB	I, II
	2	GB/GNT	I, II
	3	GB/GNT	III
	4	GB/SGI	IV
	5	GB/TUF I	III
2 - MTLH (matériaux traités liants hydrauliques)	6	GL/GL	I, II
	7	BC _g /GC	I, II

Les constituants du corps de chaussée :



Les structures proposées concernant le RP1 :

Tableau. IX.8. Les fiches structurent GB/GNT de RP1.

Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves

2
RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1)
GB/GNT

FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE NON TRAITEE

Type : MTB
 Zone climatique : I et II
 Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

TPI PL/sens	S4	S2	S1	S0
	50 MPa	125 MPa	200 MPa	200 MPa
6000				
TPI7 3000				
TPI6 1500				
TPI5 600		6 BB 20 GB 30 GNT	6 BB 14 GB 30 GNT	6 BB 12 GB 30 GNT
TPI4 300		6 BB 15 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 20 GNT
TPI3 150		6 BB 15 GB 30 GNT	6 BB 10 GB 25 GNT	6 BB 10 GB 15 GNT

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

Il faudra vérifier que ε_t et ε_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à $\varepsilon_{t, adm}$ et $\varepsilon_{z, adm}$.

$$\varepsilon_{z, ad} = 22 \cdot 10^{-3} \times \frac{\text{ulées.}}{\text{TCEi}^{-0,235}}$$

$$\varepsilon_{t, ad} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

Calcule de la déformation admissible sur le sol support:

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

$$\text{TCEi} = \text{TPLi} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times A$$

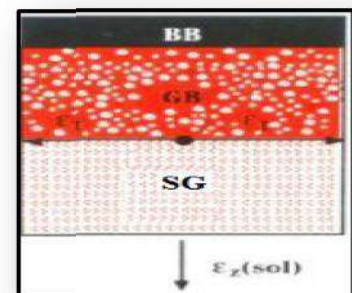
Tableau. IX.10. Valeurs de coefficient d'agressivité A.

Niveau de réseau principal (R _{Pi})	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB, GB/Tuf, GB/SG...	0,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCg/GC	1

- Coefficient d'agressivité : A = 0.6

Donc TCEi = 8.93 × 10⁶ essieux équivalents de 13 tonnes

$$\varepsilon_{z, ad} = 22 \cdot 10^{-3} \times (8,93 \cdot 10^6)^{-0,235} = 5,11 \times 10^{-4}$$



Calcul de la déformation admissible $\varepsilon_{t.ad}$ à la base de GB:

$$\varepsilon_{t.ad} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Tableau. IX.11. Valeurs de température équivalente.

Température équivalente θ_{eq} (°C)	Zone climatique		
	I et II	III	IV
	20	25	30

Tableau. IX.12. Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

Tableau 13 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	ε_6 (10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	v	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

BB : béton bitumineux, GB : grave bitume, SB : sable bitume

$$Kne = \left(\frac{TCEi}{10^6} \right)^b = \left(\frac{8,93 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0,146} = 0,73$$

$$K\theta = \left(\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})} \right)^{0,5} = \left(\frac{12500}{7000} \right)^{0,5} = 1,34$$

Tableau. IX.13. Risques adoptés pour le réseau RP1.

Tableau 5 : Risques adoptés pour le réseau RP1

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

Tableau. IX.14. Valeurs de t.

Tableau 16 : Valeurs de t = f(r%)

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
Kr = 10 ^{-tbδ} , avec r = 10%, d'ou t = -1.282	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

$$b = -0.146$$

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

$$= \sqrt{\left(0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3 \right)^2 \right)} = 0.61$$

Donc: $Kr = 10^{-0.114} = 0.77$

$$\epsilon_{t.ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.73 \times 1.34 \times 0.77 \times 1.3 = 98 \cdot 10^{-6}$$

• Résultats de calcul par Alize III :

	Epaisseur (cm)	Module(Mpa)	Coef de poisson v
Couche de roulement	6 BB	4000	0.35
Couche de base	20 GB	7000	0.35
Couche de fondation	30 GNT	250	0.25
Couche de forme 1	20 Tuf	100	0.25
Couche de forme 2	20 Tuf	50	0.25
Sol support	sol	25	0.35

• Résultats de la simulation:

```

EVITEMENT DE LA VILLE DE TIARET
POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
A- 12.500 D- 37.500 Q- 6.620
NOMBRE DE COUCHES 6
    
```

Z	EPSILON T	SIGMA T	EPSILON Z	SIGMA Z
.00	.106E-03C	.953E+01B	-.847E-04C	.662E+01A
6.00	.484E-04C	.560E+01B	-.533E-04C	.603E+01B
6.00	.484E-04C	.737E+01B	-.563E-04C	.603E+01B
26.00	-.917E-04C	-.858E+01B	.858E-04B	.442E+00B
26.00	-.917E-04C	-.135E+00C	.198E-03B	.442E+00B
56.00	-.110E-03C	-.310E+00C	.120E-03C	.150E+00C
56.00	-.110E-03C	-.939E-01C	.195E-03C	.150E+00C
76.00	-.117E-03C	-.124E+00C	.153E-03C	.922E-01C
76.00	-.117E-03C	-.466E-01C	.230E-03C	.922E-01C
96.00	-.117E-03C	-.546E-01C	.189E-03C	.675E-01C
96.00	-.117E-03C	-.800E-02C	.291E-03C	.675E-01C

D 69.98MM/100 R*D 58864.63M*MM/100
R 841.16M

MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

	Déformations admissibles	Déformations calculées
ϵ_z sol support	$5.11 \cdot 10^{-4}$	$2.91 \cdot 10^{-4}$
ϵ_t à la base de GB	$98 \cdot 10^{-6}$	$91.7 \cdot 10^{-6}$

Donc La structure 6 BB + 20 GB + 30 GNT + 40 Tuf est donc vérifiée,

car :

$$\epsilon_t < \epsilon_{t,ad} \text{ et } \epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$$

7. Conclusion :

Dans notre projet, le corps de chaussée retenu et celui de la méthode de catalogue car elle tient compte des paramètres de trafic, de climat, et des matériaux ainsi que les normes des vigueurs en Algérie ; si bien que la méthode CBR (voir tableau ci-dessous) donne un corps de chaussée plus économique (car moins épais).

METHODE	
CBR	Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves
$CBR_{imbibe} = 6\%$	$CBR_{imbibe} = 6\%$
6BB + 12GB + 30GNT	6BB + 12GB + 30GNT + 40Tuf

CHAPITRE X : ASSAINISSEMENT

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'utilisateur (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 eaux sont engendrés comme suit :

a) 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).

b) Pour les talus :

- Glissement.
- Erosion.
- Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorier 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.

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 le corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).

- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plateforme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

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.

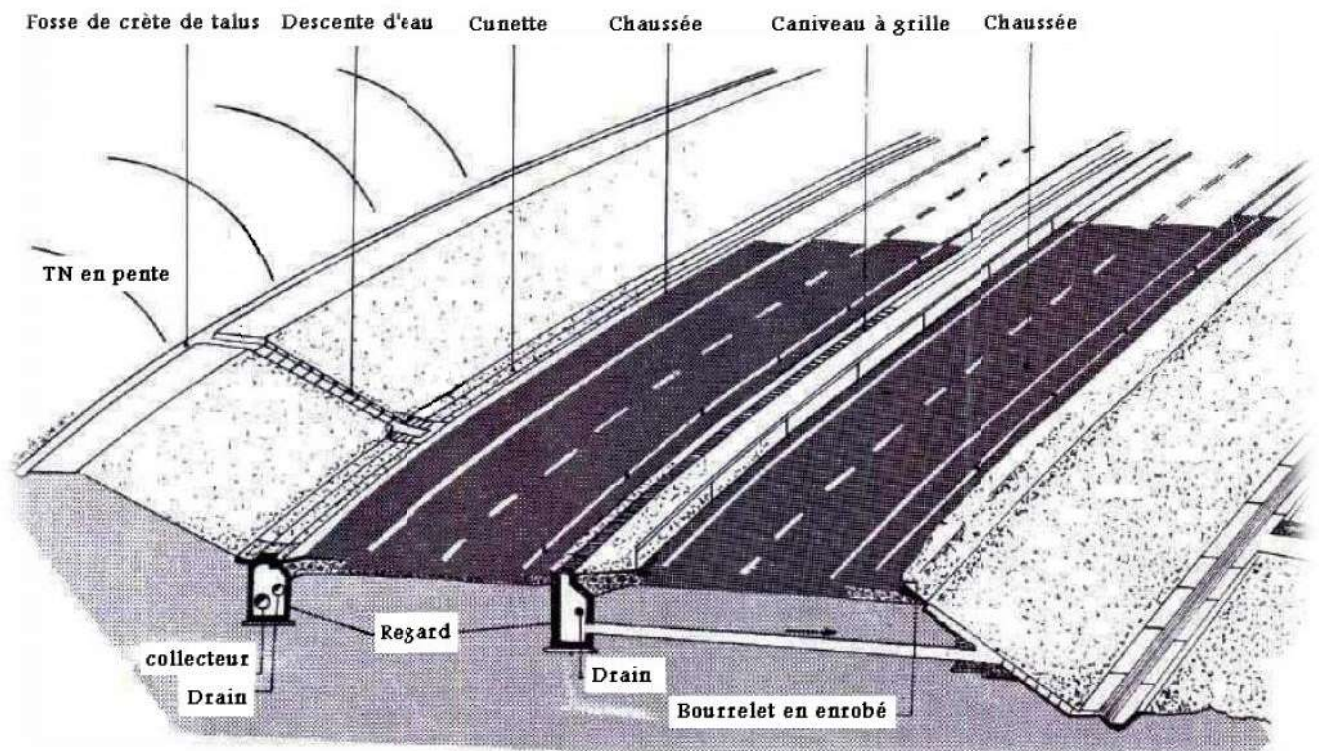
Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

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

- ✓ Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, 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 le moindre coût.

Figure.X.1. Présenté les éléments de l'assainissement de chaussée



4. Quelques définitions :

4.1 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 %.

4.2 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.

4.3 Fossé de pied du 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.

4.4 Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainante longeant la route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant dans 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.

4.5 Descentes d'eau :

Dans les sections de route 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.

4.6 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).

4.7 Collecteur principal (canalisation) :

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

4.8 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.

4.9 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 entraînés, par les eaux superficielles.

4.10 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.

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:

$$Q_a = Q_s$$

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

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

5.1 Débit d'apport :

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

$$Q_a = K \times C \times I \times A$$

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 (m²).

Remarque importante :

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

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

Ou

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

- **Coefficient de ruissellement «C» :**

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

Tableau .X.1. Coefficient de ruissellement «C».

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

- **Calcul de précipitation :**

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

$$P_J(10\%) = \frac{P_J}{\sqrt{C_V^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_V^2 + 1)}}$$

Avec :

P_j : pluie moyenne journalier (mm).

C_v : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau ci-dessus.

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

Tableau .X.2. Les valeurs de en fonction de la fréquence.

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

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

Calcul de la fréquence d'averse :

Elle est déterminée par la formule suivante :

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

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

b : l'exposant climatique de la région.

t_c : temps de concentration.

Le tems de concentration :

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

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

1) Lorsque : $A < 5 \text{ km}^2$:

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

2) Lorsque : $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:

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

3) Lorsque : $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:

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

- T_c : Temps de concentration (heure).
- A : Superficie du bassin versant (km^2).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

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

$$I_t = I (t_c/24)^{b-1}$$

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

5.2 Débit de saturation :

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

$$Q_s = S \times K \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Tel que :

S : section mouillée.

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

Avec : $K=30$: Paroi en terre.

$K=70$: Paroi en bétons (dalots).

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

R : rayon hydraulique (m).

I : pente longitudinale du fossé.

6. Application au projet :

Voici les données hydrologiques de la zone d'étude (la région de Tiaret) :

- Les précipitations moyennes de 24h : $P_{24} = P_j = 31 \text{ mm}$
- Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.39$
- L'exposant climatique de la région $b = 0.23$

6.1 calcul de précipitation journalière :

En général pour les routes principales on prend en compte la fréquence décennale (10 ans), donc la variable de Gauss $U=1.28$ (tableau .X.2), $P_j = 31 \text{ mm}$ et $C_v=0.39$

Donc :

$$P_j (10\%) = 46.78 \text{ mm}$$

6.2 fréquence d'averse P_t (10%) :

Pour une durée de $t=15 \text{ mn}$, on la détermine par la formule :

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

$$\text{AN: } P_t (10\%) = 46.78 (0.25/24)^{0.23} \longrightarrow P_t (10\%) = 16.37 \text{ mm.}$$

6.3 L'intensité de l'averse I_t :

Pour une durée de 24 heures : $I_t = I (t_c/24)^\beta$

$$\beta = b-1 = 0.23-1 = -0.77$$

$$t_c = 0.25 \text{ h}$$

$$I = P_j (\%) / t = 46.78/24 = 1.95 \text{ mm/heure.}$$

Donc l'intensité de la pluie est :

$$I_t = I (0.25 / 24)^{b-1} = 1.95 \times (0.25/24)^{-0.77} = 65.52 \text{ mm / heure.}$$

6.4 Dimensions des ouvrages:

6.4.1 Dimensionnement des fossés :

Dans notre projet le débit d'apport est rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus.

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100 m on calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total.

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$$

Avec :

$$Q_c = K \times I \times C_c \times A_c$$

$$Q_A = K \times I \times C_A \times A_A$$

$$Q_t = K \times I \times C_t \times A_t$$

➤ Calcul de surface des sous bassins versants:

SBV	A(Km ²)
Chaussée	7×500= 0.0035
Accotement	1.8× 500 = 0.0009
Talus	5× 500 = 0.0025

➤ L'intensité de l'averse It :

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad I_t = 1.94 \times (t_c / 24)^{-0,77}$$

SBV	Pente(%)	t _c (h)	I _t (mm/h)
Chaussée	2.5	0.047	234
Accotement	4	0.019	473
Talus	67	0.008	945

➤ Débit total:

Surface d'apport	Surface A (km ²)	Coef «K»	Coef «C»	Intensité I _t (mm/h)	Débit Q (m ³ /s)	Q Total (m ³ /s)
Chaussée	0.0035	0.278	0,95	234	0.216	0.46
Accotement	0.0009	0.278	0.4	473	0.047	
Talus	0.0025	0.278	0.3	945	0.197	

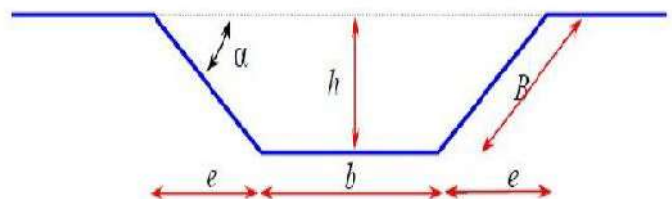
➤ Calcul du débit de saturation (QS):

La surface mouillée :

$$S_m = b \times h + 2 \times (e \times h / 2).$$

Avec : tg α = h/e = 1/n d'où : e = n × h

$$S_m = b \times h + n \times h \Rightarrow S_m = h \times (b + n \times h).$$



Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

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

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

Le rayon hydraulique :

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

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

Conception:

On pose : $b = 0.5 \text{ m}$ et Pour un angle de $45^\circ \Rightarrow n = 1$.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on met : $I = 10^{-3}$ c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

K_{ST} : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton collé sur place).

Donc on obtient la formule suivante :

$$H = \left[\frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}} \Rightarrow H = \left[\frac{0.46}{70 \times 0.5 \times 0.001^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 5.65 \times h]^{2/5}}{1 + 2h}$$

$$\Rightarrow H = 0.36 \times \frac{[1 + 5.65 \times h]^{2/5}}{1 + 2h}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur $H = 0.33 \text{ m}$.

Pour des raisons de sécurité on prend un fossé standard

On prend : **$b = 0.5 \text{ m}, h = 0.5 \text{ m}, e = 0.5 \text{ m}$**

6.4.2 Dimensionnement des buses :

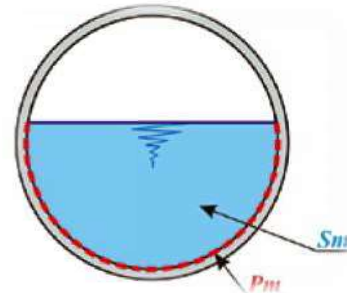
On ce qui concerne l'assainissement des talus des grandes hauteurs, des bordures hautes qui protègent les remblais des eaux de ruissellement sont prévus le long de ces talus.

Les eaux de ruissellement sont acheminées à l'aide des descentes d'eaux préfabriquées. Les canalisations sont faites à l'aide de semi-buses en direction du fossé principales.

Le diamètre de la canalisation est en fonction du débit maximum à évacuer, ce dernier est donné par la formule de MANING-STRIKLER :

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

- Q_s : débit maximum (débit de la rocade).
- K_{st} : coefficient de rugosité de canalisation
- R : rayon hydraulique ($R_h = S_m / P_m$)
- I : pente de canalisation.
- S : $\pi R^2 / 2$
- P_m : πR
- $K = 80$ (pour les buses).



➤ On a fait le dimensionnement de la buse au PK 1+800, où nous avons un écoulement. Pour dimensionner les buses on prend :

$$Q_{20} = Q_{20}$$

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

Section et périmètre mouillés :

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

$H_r = 0,75 \varnothing$ si $\varnothing \leq 1m$, \varnothing : diamètre de la buse.

$H_r = 0,80 \varnothing$ si $\varnothing > 1m$

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

P_m : le périmètre mouillé. $P_m = \frac{4}{3} \times \square \times R$

R_h : rayon hydraulique. $R_h = \frac{3}{5} \times R$

R : rayon de la buse.

$K_{ST} = 80$ (pour les buses)

I : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation du d'écoulement à 4m/s.

Pour notre cas ; On a $I = 2.33 \%$ et $Q_a = 2.40 m^3/s$ au Pk2+900

$$\begin{aligned}
 &= \dots \times \dots \times \dots^{2/3} \times \dots^{1/2} \\
 &= \left(\frac{4}{5} \times \square \times R^2 \right) \times \dots \times \left(\frac{3}{5} \times R \right)^{2/3} \times \dots^{1/2} \\
 &= \left[1.76 \frac{\dots^3}{\dots^{1/2}} \right]^{3/8} \Rightarrow R = 437 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que :

$\Phi 400, \Phi 500, \Phi 800, \Phi 1000, \Phi 1200, \Phi 1500 \dots etc.$

Donc: on prend $R = 500 \text{ mm}$ D'où:

$\text{Ø} = 500 \text{ mm}$

6.4.3 Dimensionnement des dalots :

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

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

Recherche les dimensions des dalots :

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées. Pendant le temps de concentration (t_c).

Dans notre projet, les dalots sont en béton armé qui nous donne un coefficient de rugosité $K_{st} = 70$.

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

$$H_r = 0,80 H \quad \text{si } H \leq 2. \text{ m}$$

$$H_r = H - 0.50 \quad \text{si } H > 2. \text{ m}$$

H : hauteur du dalot.

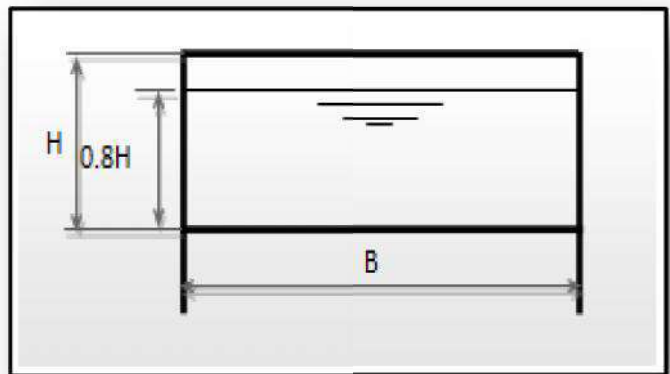
Donc:

La surface mouillée : $S_m = 0.8H \times B$

Le périmètre mouillé : $P_m = 1.6H + B$

Le rayon hydraulique : $\square = \frac{0.8H \times B}{1.6H + B}$

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



$$H = \frac{1}{0.8B \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot I^{1/2}} \right)^{3/5} (1.6h + B)^{2/5}}$$

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

Pour notre cas ; On a $I = 1.41 \%$ et $Q_a = 29.33 \text{ m}^3/\text{s}$ au **Pk1+800**

En fixant la largeur $B=3 \text{ m}$ et par calcul itérative, on tire la valeur de H qui vérifie cette inégalité.

$$Q_a = K\sqrt{I} S \quad \square \quad \frac{2}{3}$$

$$Q_a = K\sqrt{I} 0.8h L \left(\frac{1.6h+L}{0.8L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\Rightarrow H = \left(\frac{Q_a}{K_{st}\sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} \frac{(1.6h+B)^{\frac{2}{5}}}{0.8B} \Rightarrow H = 2.13 \times \frac{(1.6h+3)^{\frac{2}{5}}}{2.4}$$

D'après le calcul itérative, on tire la valeur de $H = 1.80 \text{ m}$

Donc on prend $H=2 \text{ m}$.

6.4.4 Tableau récapitulatif des ouvrages courants:

DESIGNATION	OUVRAGE PROPOSE
E1 (0 + 330)	Buse \varnothing 400 mm
E2 (1 + 140)	Buse \varnothing 400 mm
E3 (1 + 800)	Dalot bi-cellule 3×2
E4 (2 + 900)	Buse \varnothing 500 mm
E4 (4 + 500)	Buse \varnothing 500 mm
E4 (5 + 400)	Dalot 4×4(pour le drainage et le déplacement dans les zones agricoles)
E4 (6 + 240)	Buse \varnothing 500 mm
E4 (7 + 050)	Buse \varnothing 500 mm

Chapitre XI: Conception du carrefour

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.

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 accidentogènes).*
- *Des caractéristiques de sections adjacentes et des carrefours voisins.*
- *Respect de l'homogénéité du tracé.*
- *De la surface neutralisée par l'aménagement.*

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'utilisateur.*
- *Objectif de la capacité choisie.*
- *Objectif de sécurité.*

4. Types de carrefours :

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

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.

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°).

4.3 Carrefour à quatre branches (en croix):

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

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 rond point.

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

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

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

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.

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.

5.3 Données de base :

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

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.

5.5 Îlot directionnel:

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1 m.

5.6 Les couloirs d'entrée et de sortie:

Largeur de couloirs :

- ✓ Entrée 4m.
- ✓ Sortie 5m.

6. Application au projet :

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 suite :

- ✓ début de projet (intersection de l'évitement avec la RN14), on a Choisit un Carrefour giratoire pour les raison suivantes :
 - Le trafic sur la route est très important.
 - L'avantage de sécurité.
 - Stockage de véhicule a l'intérieure de lui.

6.2 Caractéristique géométrique :

6.2.1 Forme et dimension de l'îlot central :

- **La forme :**

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

- **Dimensions :**

En milieu interurbain, une valeur de 15 à 30 m en général suffisante pour notre cas, on a prit un rayon de 22m.

6.2.2 Chaussée annulaire :

- **Largeur :**

En milieu interurbain ou périurbain, une chaussée annulaire de 12 m de largeur, constituée de trois vois matérialisées de 4m est suffisante.

Il faut éviter les vois supplémentaire de tourné à droite, direction qui pose des problèmes de priorité.

- **Dévers :**

On a choisit un dévers uniforme de 2,5 % vers l'extérieur

6.2.3 Géométrie de l'entrée :

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir d'entrée sont les suivantes :

- *Un rayon d'entrer de 15m*
- *largeur d'entrer de 8m*

6.2.4 Géométrie de Sortie :

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir de sortie sont les suivantes :

- *Un rayon de sortie de 22 m*
- *Une largeur de sortie de 10 m*

6.2.5 Diagrammes de visibilité :

*Carrefour giratoire du début de projet (intersection de l'évitement avec la RN14) : On a les deux itinéraires **A** (l'évitement) prioritaire et **B** (la RN14) non prioritaire à deux voies de catégorie C2 et environnement E1 pour chacun des deux.*

Carrefour giratoire au PK 0+000 : début du projet

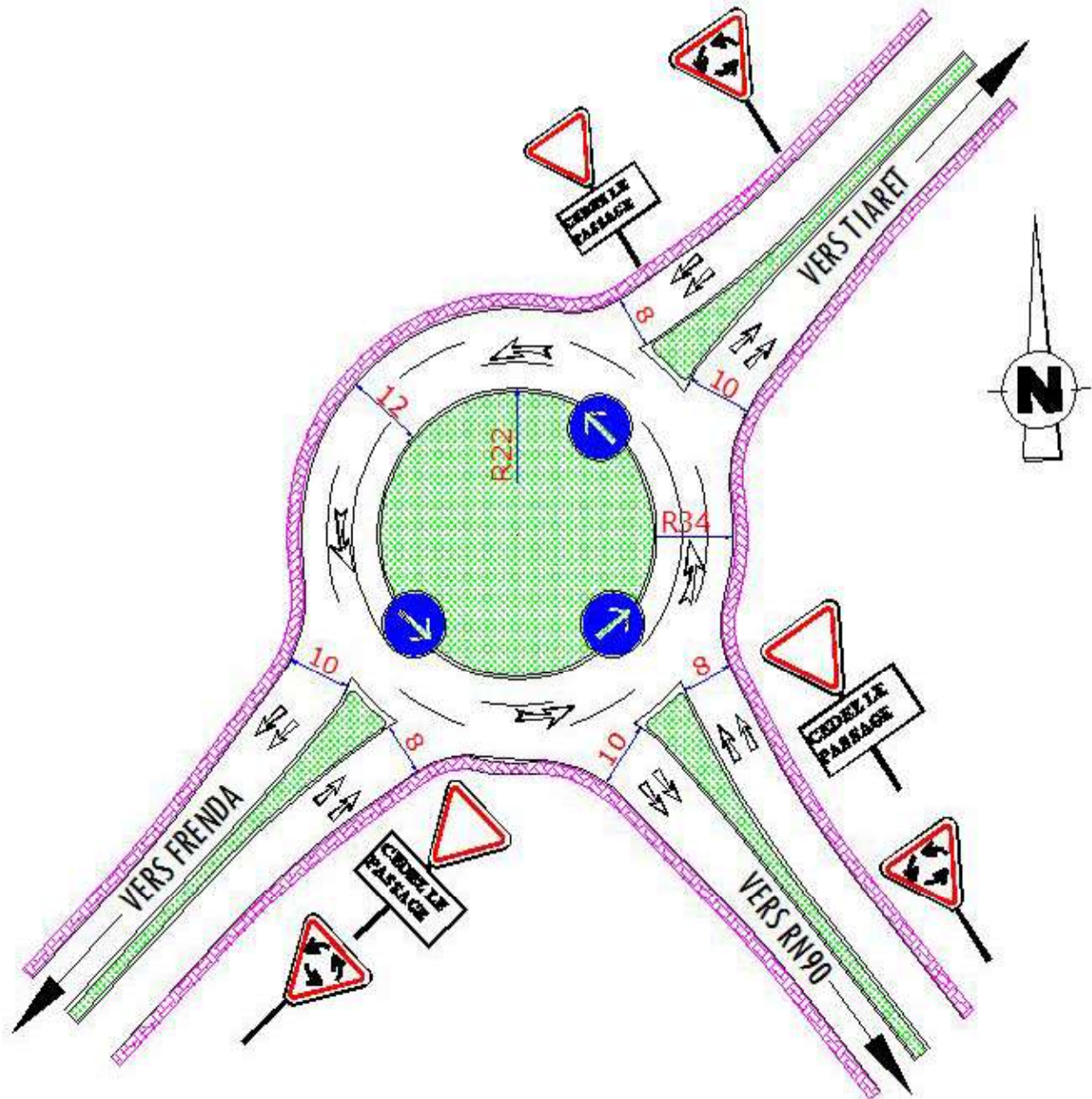


Figure.XI.1. Carrefour giratoire au début du projet.

Chapitre XII: Conception de l'échangeur

1. Introduction:

L'échangeur est un croisement étagé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

Son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange.

On utilise plusieurs types d'échangeurs selon l'intensité des trafics d'échange entre les deux voies et à la configuration du site.

Dans notre cas on a utilisé un type d'échangeur : Une **Trèfle complet** au milieu du projet.

2. Définition:

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

En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir.

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

- Nœud : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

3. Rôle d'un échangeur:

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

4. Condition à respecter:

- Eviter les sites en courbe de faibles rayons
- Eviter les sites en point haut profil en long
- Eviter de passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- Eviter les sections à fortes déclivités.

5. Types d'échangeurs:

- Le losange.
- Le demi-trèfle à quadrants opposés.
- le demi-trèfle à quadrants contigus.
- le quart de trèfle.
- la trempette.

6. Caractéristiques géométriques des échangeurs:

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

- Pont.
- Carrefour (s) plan (s).
- Bretelles.

7. Choix du type de l'échangeur:

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés« Avantages, Inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

1ère Etape : Détermination du tracé à partir de :

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

2ème Etape : Configuration de tracé à adopter :

L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

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

3ème Etape : Analyse :

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

8. Application au projet:**1ere étape** : Détermination du tracé à partir de:

- Terrain :
 - Terrain vallonné,
 - Le terrain devait recevoir le futur échangeur est en grande partie agricole,
 - Le croisement de l'évitement sud de TIARET avec La route nationale RN90.
- Types de routes à raccorder :

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre :

L'évitement sud de la ville de TIARET et la route nationale RN90.

⇒ L'échangeur et de type : **Echangeur majeur.**

- Vitesse sur les bretelles :

La vitesse de référence des véhicules d'une section de l'autoroute est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ses points particuliers.

Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale, permet de garantir

L'homogénéité des caractéristiques d'une section de route, et par la même la sécurité et le confort de la conduite. D'après le B40 :

- La vitesse sur l'évitement au niveau de l'échangeur est **80 Km/h.**
- La vitesse sur la route nationale RN90 est **80 Km/h.**
- La vitesse sur l'échangeur est **40 à 60 Km/h.**

On va prendre la vitesse sur les bretelles **VB=40 Km/h.**

- Distribution du trafic :
 - Le croisement est de trois (8) branches.
 - L'échangeur distribue le trafic dans quatre (4) directions.
- Conclusion :
 - Terrain vallonné,
 - Vitesse = 40 Km/h,
 - Echangeur majeur,
 - Quatre (4) sens.

2ème étape : Configuration de tracé à adopter:

- Tracé :

Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 40 Km/h.

$$R_{max} = 300 \text{ m}$$

$$R_{min} = 40 \text{ m}$$

- Voie de décélération :

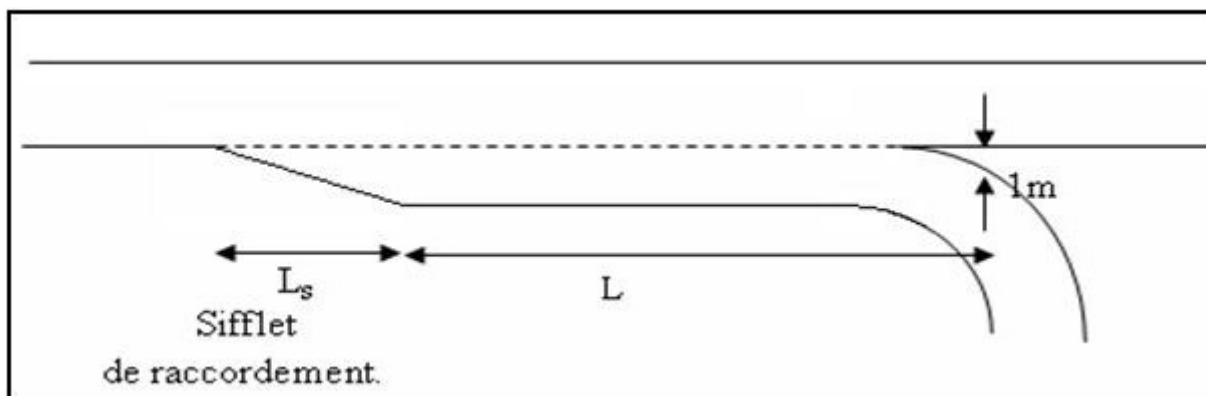


Figure.XII.1.Voie de décélération.

Le tableau ci-dessous (B40) donne la longueur de la voie de décélération (L) et la longueur de sifflet de raccordement (L_s) en fonction de la vitesse d'approche.

V_a (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	70	115	170	240
L_s (m)	40	50	60	75

Pour notre cas :

La longueur de la voie de décélération :

Pour l'évitement ($V_r=80\text{km/h}$) :

- Longueur de la voie de décélération : $L = 115\text{m}$.
- Longueur du sifflet de raccordement: $L_s = 50\text{m}$.

- Voie d'accélération :

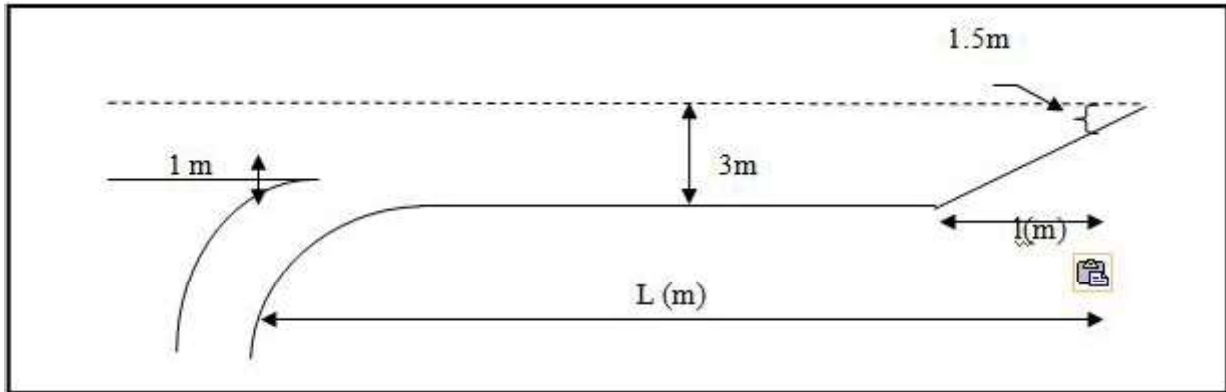


Figure.XII.2. Voie d'insertion.

Sa longueur est déterminée par la vitesse d'approche à vide de la route principale.

REF : L'I.C.T.A.A.L **

V_a (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	140	180	240	320
l (m)	40	50	70	80

V_a : vitesse d'approche à vide.

L : longueur de la voie d'insertion comptée du nez d'entrée réduit à 1m jusqu'au point où la longueur se réduit à 1.5m.

Les voies d'insertion ont pour largeur :

3m pour $V_a \leq 100$ Km/h

3.5m pour $V_a > 100$ Km/h

Pour notre cas :

La longueur de la voie d'insertion :

Pour l'évitement ($V_r = 80\text{km/h}$):

- la longueur de la voie d'insertion $L = 180\text{m}$.
- la longueur du sifflet d'insertion $l = 50\text{m}$.

3ème étape : Analyse :

Le carrefour Evitement-RN90 est à 8 branches, pour ce type d'échange nous avons choisis le type d'échangeurs : **Trèfle complet**.

Trèfle complet au PK4+206 : milieu du projet

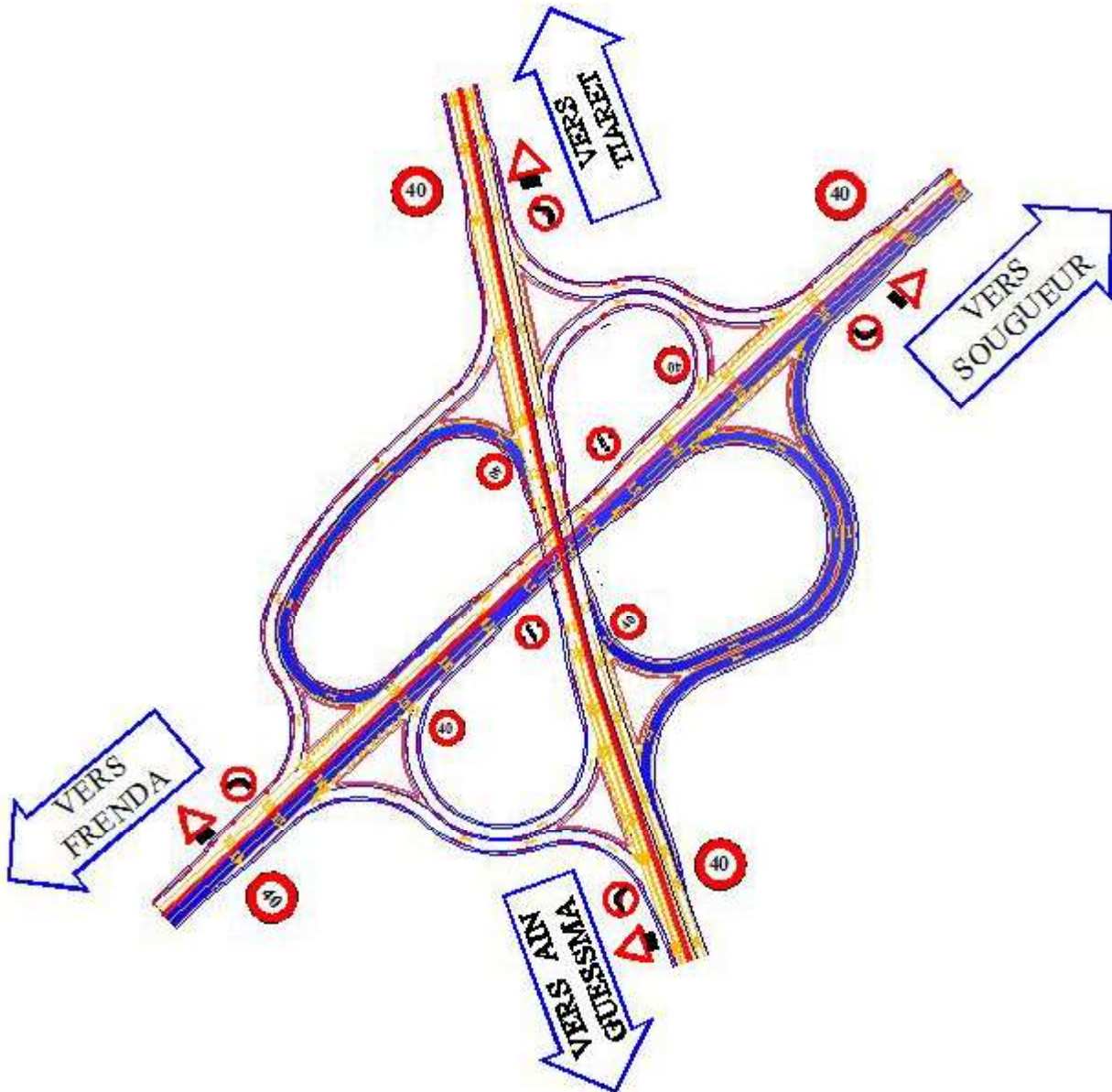


Figure.XII.3. Trèfle complet au milieu du projet.

➤ **Les avantages :**

- Bonne géométrie (belle vue).
- Schéma simple.
- Assure un écoulement sans conflit.
- Elle s'adapte au carrefour à quatre branches.
- La visibilité est plus élevée.

➤ **Les inconvénients :**

- Ouvrage de franchissement un peu large.
- Une perte de l'espace agricole.
- Difficulté de la mise en œuvre.
- Un coût de construction peut être élevée.

9. Conclusion:

Le choix adopté d'échangeur trèfle complet, s'avère le mieux adapté pour cet aménagement, puisqu'il assure une fluidité du trafic avec un service plus élevé et une bonne visibilité .

Chapitre XIII: Signalisation et Eclairage

1. Introduction :

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

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

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

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

2. Dispositifs de retenue :

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

Il existe deux catégories de dispositifs de retenue :

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

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

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

3. Signalisation :

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

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

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

4. Types de signalisation :

On distingue deux familles de signalisation :

- ✓ Signalisation horizontale.
- ✓ Signalisation verticale.

4.1 Signalisations horizontales :

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

- Lignes longitudinales :

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

- **Les lignes continues :**

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

- **Les lignes discontinues :**

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

- **Modulation des lignes discontinues :**

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

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

- **Marques sur chaussée :**

- **Les lignes mixtes :**

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

- Lignes transversales :

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

- **Ligne stop :**

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

- Autres signalisation :

- **Les flèches de rabattement :**

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

- Les flèches de sélection :

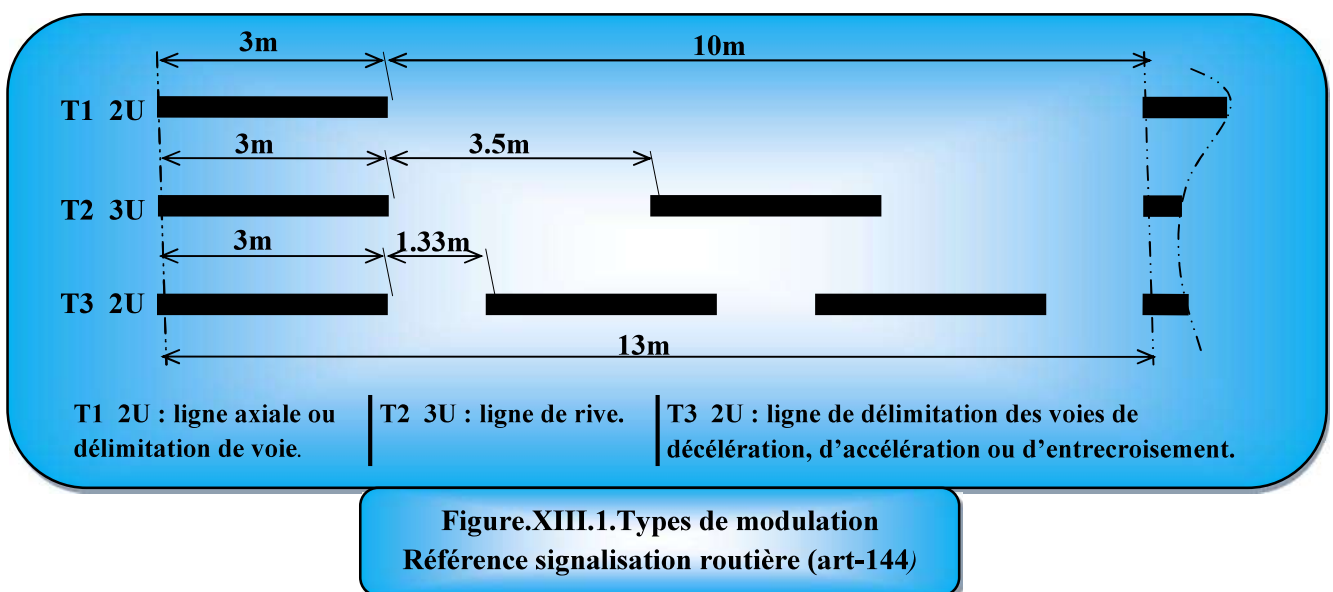
Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

➤ Largeur des lignes :

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

- ✓ $U=7.5\text{cm}$ sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- ✓ $U=6\text{cm}$ sur les routes et voies urbaines.
- ✓ $U=5\text{cm}$ sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un $U= 7.5\text{cm}$.



4.2 Signalisations verticales :

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

- Signalisation avancée :

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

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

- Signalisation de position :

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

- Signalisation de direction :

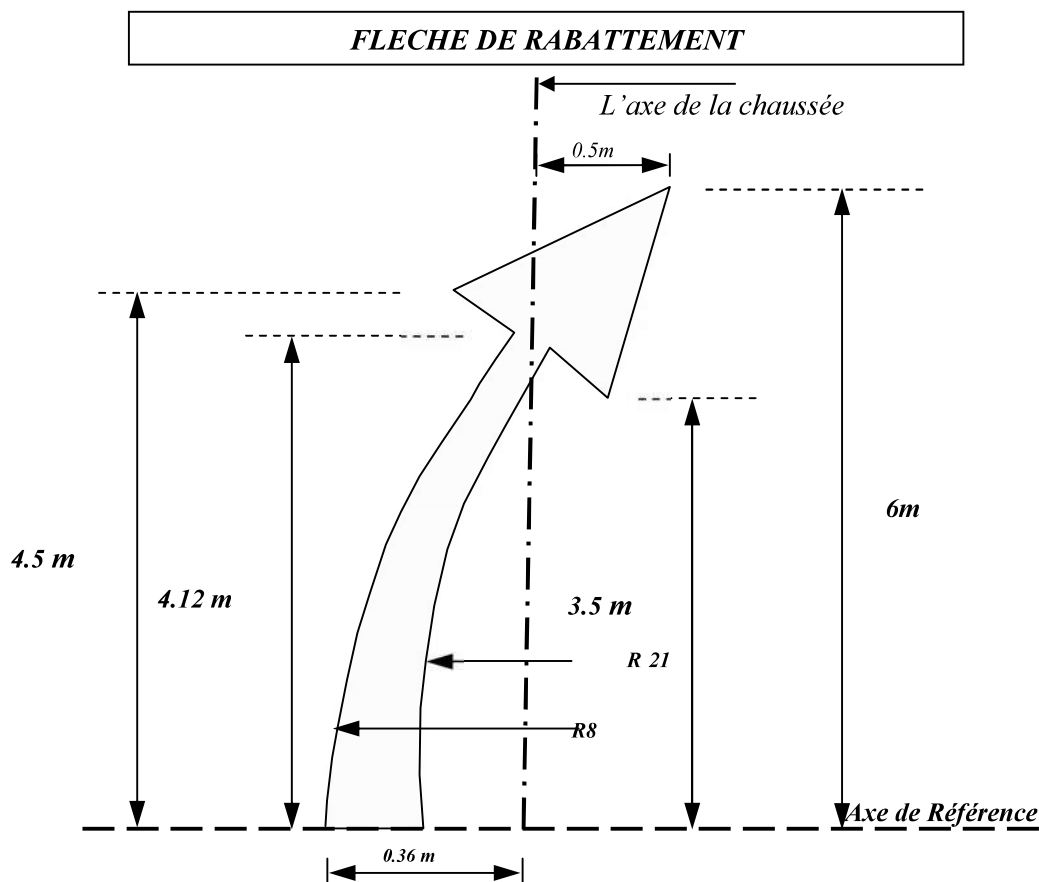
L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75° .

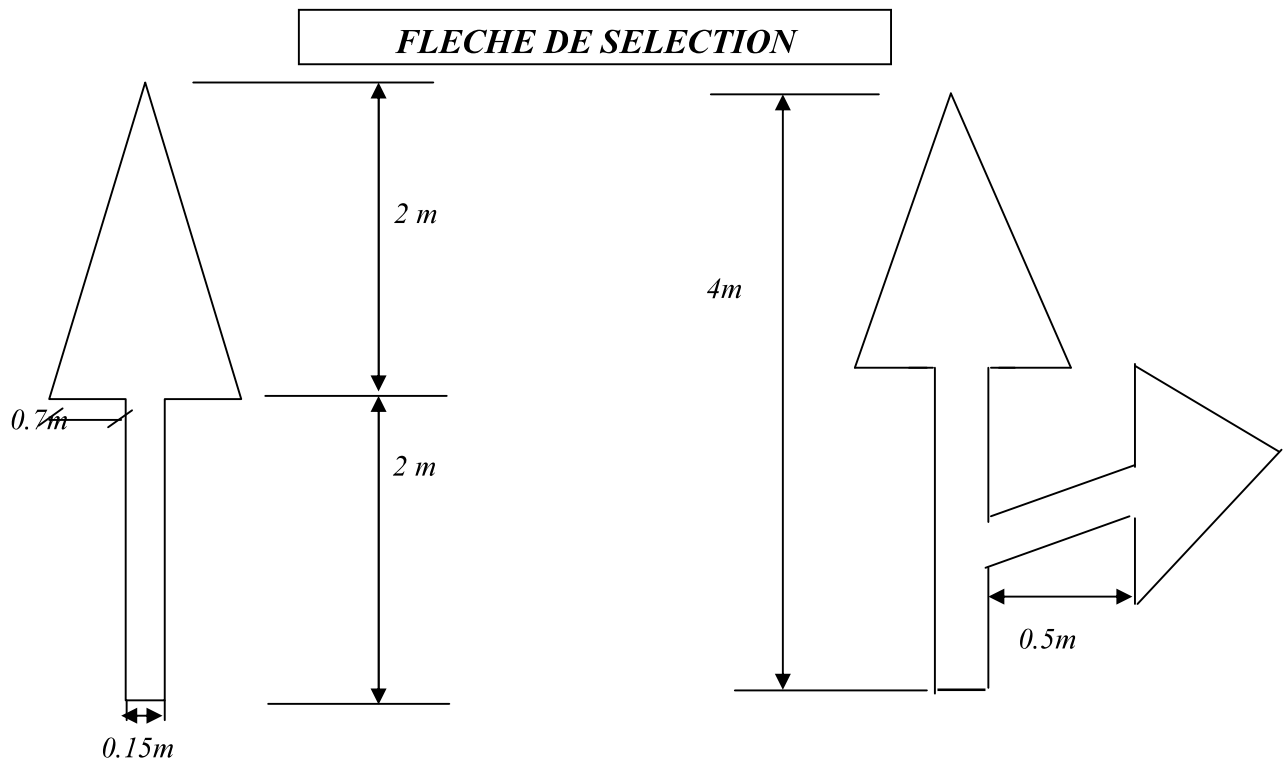
5. Application au projet :

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

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

Exemple Des signalisations horizontales :





Exemple Des signalisations verticales :

TYPE A :



A1a

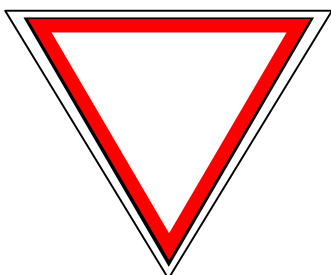


A1b



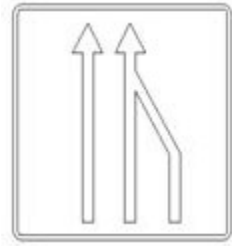
A23

TYPE B :

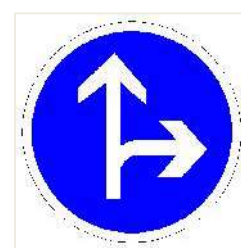
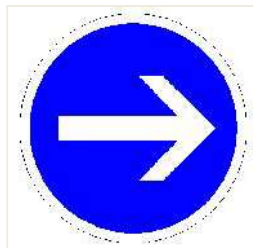
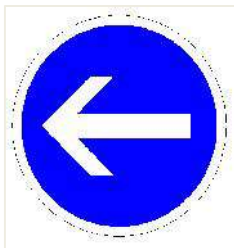


B1

TYPE C :



TYPE D :



TYPE E :



6. Eclairage :

6.1 Introduction :

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

6.2 Catégories éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

6.3 Paramètres de l'implantation des lumières :

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

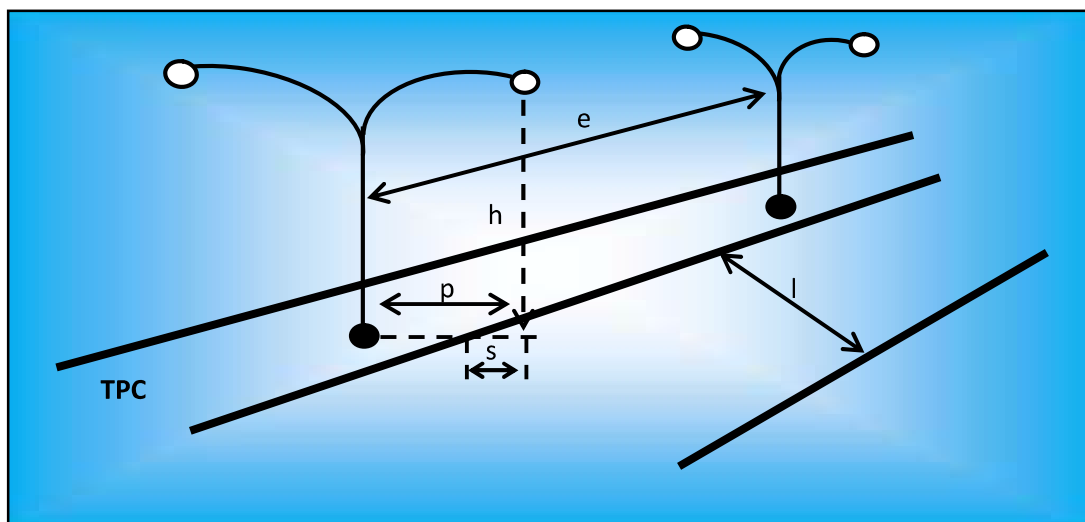


Figure.XIII.1. Paramètres de l'implantation des luminaires.

6.4 Application au projet :

Éclairage de la voie (le long de la route) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route (l'évitement sud de Tiaret).

NOTA :

Deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 30m.

Chapitre XIV : Impact Sur L'environnement

1. Introduction :

Nous insinuons avec l'impacte sur l'environnement l'étude de la protection des lieux de vie des espèces animales, végétales et évidemment humaines.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liée à l'environnement (eau, air, faune, flore), et aussi sur l'environnement de l'être humain.

L'étude d'impacte sur l'environnement se fait dans le cadre juridique.

2. Cadre juridique :

L'étude d'impact sur l'environnement d'un projet d'infrastructure en Algérie se fait conformément au décret N°90-78 du 27 février 1935, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- *Une analyse détaillée du projet.*
- *Une analyse de l'état initiale du site et de sont environnement.*
- *Une analyse de conséquence prévisible, à court, moyen, et à long terme du projet sur l'environnement.*

3. Objectifs :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.*
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.*
- Gérer et entretenir les abords de la route.*

4. Impact sur l'agriculture :

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

4.1 Les impacts :

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

- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la des diminutions des superficies exploitées.

- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).

-L'effet de modification du régime agricole.

4.2 Les remèdes :

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

✓ Mesures protectrices :

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, si non on aura recours aux :

✓ Mesures curatives :

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

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les protections et les remèdes sont :

-le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.

-La pris en compte des superficies d'exploitation.

- Evier des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

5. Impact sur la nature :

5.1 La faune :

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

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux comme représenter dans ces deux photos.



5.2 La flore :

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères :

Particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant (littoral).

5.3 L'eau :

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception. les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour relever aux effets démolisseurs des écoulements torrentiels. En section courante, on doit veiller à adapter le niveau d'équipement des ouvrages de protection aux enjeux de l'environnement local, l'évacuation des eaux vers la mer constitue dans la plus part des cas une réponse efficace, tout a fait adaptée au problème posé par l'épuration des eaux de ruissellement et permettant d'éviter des aménagements massifs, difficilement compatibles avec l'intégration paysagère de la route.

6. Impact sur les habitants :

Les principaux impacts d'une infrastructure routière sur les habitants sont :

- La destruction.
- La pollution.
- Le bruit.

En outre à ces impacts qui sont difficile, voir impossibles à évaluer, il existe d'autre effets qui leurs sont liés :

- L'effet de bornage d'une ville par projet.
- L'effet de barrière entre deux centres urbains
- L'effet de destruction au sein des agglomérations.

6.1 La destruction :

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

- Les impacts de destruction concernent :

Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.

- Les populations situées au périmètre d'accueil.
- Ces impacts sont d'ordre :
 - Economique : modification des systèmes de production.
 - Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
 - Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

6.2 Le bruit :

- Les impacts :

La construction d'une autoroute 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.

- 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 la proximité.
- Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

En générale on peut avoir recours à :

- L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.

7. Conclusion

L'implantation de l'évitement sud de la ville de TIRET, est entreprise dans le but de renforcer et d'améliorer le réseau routier de la wilaya de TIRET.

La réalisation de cette évitement, engendre des effets préjudiciables sur le milieu naturel pendant la phase de chantier et durant son exploitation mais ils restent minimales par rapport aux avantages qu'elle va offrir.

Chapitre XV : Devis Quantitatif et Estimatif

DESIGNATION	U	QTE	P.U EN CHIFFRES (DA)	MONTANT GLOBAL
SECTION 1 : INSTALLATION DU CHANTIER				
Forfait d'amenée du matériel et d'installation de chantier	F (4%)	1		148 077 179
Forfait de repli du matériel et des installations de chantier	F (2%)	1		48 003 199
TOTAL				196080378

SECTION 2 : TERRASSEMENT				
Décapage de terre végétale (e = 40 cm)	m ³	84787	123	10428801
Déblais mis en dépôts	m ³	168273	484	81444132
Remblais en provenance d'emprunts	m ³	146376	677	99096552
TOTAL				190969485

SECTION 3 : CHAUSSEE				
Couche de fondation en CNT	m ³	54212	2635	142848620
Couche d'imprégnation en Cut buck 0.8kg/m2	T	87	93195	8107965
Couche de base en grave bitume GB	T	49558	5426	268901708
Couche d'accrochage 0,3 kg/m2	T	33	91631	3023823
Couche de revêtement en béton bitumineux BB	T	15514	8026	124515364
Couche de forme TUF	m ³	71863	1982	142432466
TOTAL				689829946

SECTION 4 : ASSAINISSEMENT				
buse diamètre 400 mm	unité	2	25387	101548
buse diamètre 500 mm	unité	4	28936	57872
Fossé trapézoïdal en béton armé	ml	14365	4333	62243545
Dalot	m ³	350	9139	3198650
Matériau pour couche drainante	m ³	45248	2682	121355136
TOTAL				186963849

SECTION 5 : OUVRAGE D'ART				
Ponts en béton armé	m ²	1050	125547	131824350
TOTAL				131824350

SECTION 6 : SIGNALISATION				
Signalisation horizontale				
Marquage par hachures	m ²	12	380,00	2520
Marquage en ligne continues	ml	26 130	95,00	1228110
Marquage en ligne discontinues	ml	52 260	55,00	2456220
Signalisation verticale				
Panneaux de signalisation verticale				
Type "A" Signaux de priorité	U	14	8 800,00	127330
Type "C" Signaux d'intersection ou de restriction	U	3	8 800,00	27285
Type "D" Signaux d'obligation	U	3	8 500,00	27285
Type "E/B" Signaux de direction	U	9	8 500,00	81855
TOTAL				3950605

SECTION 7 : Divers				
Bordure TPC	ml	7182	17678	126963396
TOTAL				126963396

SECTION	DESTINATION	PRIX TOTAL (DA)
section 1	Installation du chantier	196080378
section 2	Terrassement	190969485
section 3	Chaussée	689829946
section 4	Assainissement	186963849
section 5	Ouvrage d'art	131824350
section 6	Signalisation et autre	3950605
section 7	Divers	126963396
TOTAL		1526582009

TOTAL (1) = 1 444 305 173,00(DA)

TVA 17% (2) = 245 531 879.4 (DA)

TOTAL TTC = (1) + (2) = 1 689 837 052,40 (DA)

**UN MILLIARD ET SIX CENT QUATRE VINGT NEUF
MILLIONS ET HUIT CENT TRENTE SEPT MILLES ET
CINQUANTE DEUX DINARS ALGERIEN**

Conclusion Générale

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et cela en s'intéressant à l'amélioration et 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 de TIARET.

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

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

www.SETRA.com.

www.google.com.

CALCUL AUTOMATIQUE DE L'AXE PRINCIPAL DE L'EVITEMENT

AXE EN PLAN

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0	87569.576	48848.895
D1	GIS = 142.400°	1209.333			
			1209.333	88307.451	47890.757
L1	XC= 89614.723				
	YC= 48897.505				
	R = 1650.000	942.752			
			2152.086	89059.524	47343.718
D2	GIS = 109.663°	743.594			
			2895.68	89759.758	47093.51
C1	XC= 89255.032				
	YC= 45680.977				
	R = -1500.000	15.952			
			2911.632	89774.751	47088.063
D3	GIS = 110.272°	302.651			
			3214.282	90058.654	46983.201
L2	A = 350.000				
	Rf= 1000.000				
	L = 122.500				
			3336.782	90174.39	46943.118
	XC= 90462.799				
	YC= 47900.625				
	R = 1000.000				
	L = 355.993				
			3692.776	90526.185	46902.636
	Rd= 1000.000				
	A = 350.000				
	L = 122.500	600.993			
			3815.276	90647.999	46915.383
D4	GIS = 82.856°	580.72			
			4395.995	91224.211	46987.599
C2	XC= 91535.099				
	YC= 44507.004				
	R = -2500.000	631.938			
			5027.933	91854.467	46986.521
D5	GIS = 97.339°	905.786			
			5933.719	92752.832	46870.81
C3	XC= 93072.199				
	YC= 49350.327				
	R = 2500.000	387.962			
			6321.681	93139.91	46851.244

D6	GIS = 88.448°	860.6			
			7182.281	94000.194	46874.552
LONGUEUR DE L'AXE 7182.281					

PROFIL EN LONG

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0	1042.115
D1	PENTE= 1.834 %	581.278		
			581.278	1052.776
PR1	S= 537.2623 Z=1052.3720			
	R = 2400.00	43.73		
			625.008	1053.976
D2	PENTE= 3.656 %	597.642		
			1222.65	1075.826
PR2	S= 1314.0522 Z=1077.4971			
	R = -2500.00	126.736		
			1349.386	1077.247
D3	PENTE= -1.413 %	558.215		
			1907.602	1069.358
PR3	S= 1941.5225 Z=1069.1181			
	R = 2400.00	67.558		
			1975.159	1069.354
D4	PENTE= 1.402 %	556.184		
			2531.343	1077.149
PR4	S= 2489.2969 Z=1076.8542			
	R = 3000.00	27.74		
			2559.083	1077.666
D5	PENTE= 2.326 %	565.823		
			3124.906	1090.828
PR5	S= 3183.0607 Z=1091.5045			
	R = -2500.00	92.973		
			3217.879	1091.262
D6	PENTE= -1.393 %	1067.92		
			4285.799	1076.389
PR6	S= 4319.2246 Z=1076.1561			
	R = 2400.00	35.727		
			4321.526	1076.157
D7	PENTE= 0.096 %	420.666		
			4742.192	1076.561
PR7	S= 4752.7414 Z=1076.5657			
	R = -11000.00	296.518		
			5038.71	1072.848
D8	PENTE= -2.600 %	838.712		

			5877.423	1051.044
PR8	S= 5939.8161 Z=1050.2333			
	R = 2400.00	8.445		
			5885.868	1050.84
D9	PENTE= -2.248 %	694.441		
			6580.309	1035.23
PR9	S= 6333.0460 Z=1038.0087			
	R = -11000.00	113.961		
			6694.27	1032.078
D10	PENTE= -3.284 %	488.011		
			7182.281	1016.052
LONGUEUR DE L'AXE 7182.281				

TABULATION

N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0	1042.115	1042.115	87569.576	48848.895	232.400°	2.5	-2.5
2	30	1042.464	1042.665	87587.881	48825.126	232.400°	2.5	-2.5
3	60	1043.484	1043.215	87606.185	48801.358	232.400°	2.5	-2.5
4	90	1043.92	1043.766	87624.49	48777.589	232.400°	2.5	-2.5
5	120	1043.727	1044.316	87642.794	48753.82	232.400°	2.5	-2.5
6	150	1043.689	1044.866	87661.099	48730.052	232.400°	2.5	-2.5
7	180	1044.055	1045.416	87679.403	48706.283	232.400°	2.5	-2.5
8	210	1044.676	1045.966	87697.708	48682.515	232.400°	2.5	-2.5
9	240	1045.247	1046.517	87716.012	48658.746	232.400°	2.5	-2.5
10	270	1045.359	1047.067	87734.317	48634.978	232.400°	2.5	-2.5
11	300	1045.675	1047.617	87752.621	48611.209	232.400°	2.5	-2.5
12	330	1046.654	1048.167	87770.926	48587.44	232.400°	2.5	-2.5
13	360	1047.528	1048.717	87789.23	48563.672	232.400°	2.5	-2.5
14	390	1048.481	1049.268	87807.535	48539.903	232.400°	2.5	-2.5
15	420	1048.747	1049.818	87825.839	48516.135	232.400°	2.5	-2.5
16	450	1049.142	1050.368	87844.144	48492.366	232.400°	2.5	-2.5
17	480	1049.559	1050.918	87862.448	48468.598	232.400°	2.5	-2.5
18	510	1050.038	1051.468	87880.753	48444.829	232.400°	2.5	-2.5
19	540	1050.921	1052.019	87899.057	48421.06	232.400°	2.5	-2.5
20	570	1051.189	1052.569	87917.362	48397.292	232.400°	2.5	-2.5
21	600	1052.079	1053.192	87935.666	48373.523	232.400°	2.5	-2.5
22	630	1053.422	1054.158	87953.971	48349.755	232.400°	2.5	-2.5
23	660	1054.85	1055.255	87972.275	48325.986	232.400°	2.5	-2.5
24	690	1056.336	1056.352	87990.58	48302.218	232.400°	2.5	-2.5
25	720	1057.925	1057.449	88008.884	48278.449	232.400°	2.5	-2.5
26	750	1059.511	1058.546	88027.189	48254.68	232.400°	2.5	-2.5
27	780	1060.938	1059.643	88045.493	48230.912	232.400°	2.5	-2.5

28	810	1062.512	1060.74	88063.798	48207.143	232.400°	2.5	-2.5
29	840	1063.121	1061.836	88082.102	48183.375	232.400°	2.5	-2.5
30	870	1065.445	1062.933	88100.407	48159.606	232.400°	2.5	-2.5
31	900	1068.354	1064.03	88118.712	48135.838	232.400°	2.5	-2.5
32	930	1068.955	1065.127	88137.016	48112.069	232.400°	2.5	-2.5
33	960	1069.848	1066.224	88155.321	48088.3	232.400°	2.5	-2.5
34	990	1070.252	1067.32	88173.625	48064.532	232.400°	2.5	-2.5
35	1020	1069.949	1068.417	88191.93	48040.763	232.400°	2.5	-2.5
36	1050	1069.174	1069.514	88210.234	48016.995	232.400°	2.5	-2.5
37	1080	1068.2	1070.611	88228.539	47993.226	232.400°	2.5	-2.5
38	1110	1068.462	1071.708	88246.843	47969.458	232.400°	2.5	-2.5
39	1140	1071.108	1072.804	88265.148	47945.689	232.400°	2.5	-2.5
40	1170	1072.716	1073.901	88283.452	47921.92	232.400°	2.5	-2.5
41	1200	1073.668	1074.998	88301.757	47898.152	232.400°	2.5	-2.5
42	1209.333	1073.715	1075.339	88307.451	47890.757	232.400°	2.5	-2.5
43	1230	1073.961	1076.084	88320.163	47874.463	231.682°	2.5	-2.5
44	1260	1074.894	1076.913	88338.977	47851.096	230.640°	2.5	-2.5
45	1290	1075.949	1077.381	88358.212	47828.074	229.599°	2.5	-2.5
46	1320	1076.601	1077.49	88377.863	47805.407	228.557°	2.5	-2.5
47	1350	1076.712	1077.239	88397.923	47783.1	227.515°	2.5	-2.5
48	1380	1076.186	1076.815	88418.385	47761.162	226.473°	2.5	-2.5
49	1410	1075.199	1076.391	88439.242	47739.599	225.432°	2.5	-2.5
50	1440	1074.378	1075.967	88460.488	47718.42	224.390°	2.5	-2.5
51	1470	1074.294	1075.543	88482.116	47697.63	223.348°	2.5	-2.5
52	1500	1076.024	1075.119	88504.118	47677.236	222.306°	2.5	-2.5
53	1530	1078.423	1074.695	88526.487	47657.246	221.265°	2.5	-2.5
54	1560	1079.56	1074.271	88549.215	47637.666	220.223°	2.5	-2.5
55	1590	1078.588	1073.847	88572.296	47618.503	219.181°	2.5	-2.5
56	1620	1076.649	1073.423	88595.722	47599.762	218.139°	2.5	-2.5
57	1650	1074.946	1072.999	88619.484	47581.45	217.098°	2.5	-2.5
58	1680	1073.097	1072.575	88643.576	47563.573	216.056°	2.5	-2.5
59	1710	1072.689	1072.151	88667.988	47546.138	215.014°	2.5	-2.5
60	1740	1072.349	1071.727	88692.714	47529.148	213.972°	2.5	-2.5
61	1770	1071.591	1071.303	88717.744	47512.612	212.931°	2.5	-2.5
62	1800	1070.386	1070.879	88743.071	47496.533	211.889°	2.5	-2.5
63	1830	1068.982	1070.455	88768.686	47480.917	210.847°	2.5	-2.5
64	1860	1065.817	1070.031	88794.58	47465.77	209.805°	2.5	-2.5
65	1890	1062.796	1069.607	88820.746	47451.095	208.764°	2.5	-2.5
66	1920	1062.034	1069.215	88847.174	47436.899	207.722°	2.5	-2.5
67	1950	1062.269	1069.133	88873.856	47423.186	206.680°	2.5	-2.5
68	1980	1066.4	1069.422	88900.783	47409.96	205.638°	2.5	-2.5
69	2010	1070.696	1069.842	88927.946	47397.226	204.597°	2.5	-2.5
70	2040	1074.159	1070.263	88955.335	47384.988	203.555°	2.5	-2.5
71	2070	1077.192	1070.683	88982.943	47373.25	202.513°	2.5	-2.5
72	2100	1077.635	1071.104	89010.76	47362.015	201.471°	2.5	-2.5

73	2130	1077.567	1071.524	89038.776	47351.288	200.430°	2.5	-2.5
74	2152.086	1077.221	1071.833	89059.524	47343.718	199.663°	2.5	-2.5
75	2160	1077.235	1071.944	89066.976	47341.055	199.663°	2.5	-2.5
76	2190	1077.342	1072.365	89095.227	47330.96	199.663°	2.5	-2.5
77	2220	1076.922	1072.785	89123.478	47320.866	199.663°	2.5	-2.5
78	2250	1075.05	1073.206	89151.728	47310.771	199.663°	2.5	-2.5
79	2280	1073.479	1073.626	89179.979	47300.677	199.663°	2.5	-2.5
80	2310	1074.426	1074.047	89208.23	47290.582	199.663°	2.5	-2.5
81	2340	1075.55	1074.467	89236.48	47280.488	199.663°	2.5	-2.5
82	2370	1076.703	1074.888	89264.731	47270.393	199.663°	2.5	-2.5
83	2400	1077.556	1075.308	89292.982	47260.299	199.663°	2.5	-2.5
84	2430	1077.202	1075.729	89321.232	47250.204	199.663°	2.5	-2.5
85	2460	1075.929	1076.149	89349.483	47240.11	199.663°	2.5	-2.5
86	2490	1074.25	1076.569	89377.734	47230.015	199.663°	2.5	-2.5
87	2520	1073.272	1076.99	89405.984	47219.921	199.663°	2.5	-2.5
88	2550	1075.713	1077.468	89434.235	47209.826	199.663°	2.5	-2.5
89	2580	1077.185	1078.152	89462.486	47199.732	199.663°	2.5	-2.5
90	2610	1077.924	1078.85	89490.736	47189.637	199.663°	2.5	-2.5
91	2640	1077.724	1079.548	89518.987	47179.542	199.663°	2.5	-2.5
92	2670	1076.878	1080.246	89547.238	47169.448	199.663°	2.5	-2.5
93	2700	1076.352	1080.944	89575.488	47159.353	199.663°	2.5	-2.5
94	2730	1075.983	1081.642	89603.739	47149.259	199.663°	2.5	-2.5
95	2760	1077.55	1082.34	89631.99	47139.164	199.663°	2.5	-2.5
96	2790	1080.009	1083.037	89660.24	47129.07	199.663°	2.5	-2.5
97	2820	1082.328	1083.735	89688.491	47118.975	199.663°	2.5	-2.5
98	2850	1084.772	1084.433	89716.742	47108.881	199.663°	2.5	-2.5
99	2880	1087.216	1085.131	89744.992	47098.786	199.663°	2.5	-2.5
100	2895.68	1087.703	1085.496	89759.758	47093.51	199.663°	2.5	-2.5
101	2910	1088.416	1085.829	89773.22	47088.627	200.210°	2.5	-2.5
102	2911.632	1088.507	1085.867	89774.751	47088.063	200.272°	2.5	-2.5
103	2940	1089.589	1086.527	89801.362	47078.234	200.272°	2.5	-2.5
104	2970	1090.447	1087.225	89829.504	47067.839	200.272°	2.5	-2.5
105	3000	1091.007	1087.922	89857.645	47057.445	200.272°	2.5	-2.5
106	3030	1091.62	1088.62	89885.787	47047.051	200.272°	2.5	-2.5
107	3060	1091.363	1089.318	89913.929	47036.656	200.272°	2.5	-2.5
108	3090	1090.928	1090.016	89942.071	47026.262	200.272°	2.5	-2.5
109	3120	1090.804	1090.714	89970.212	47015.868	200.272°	2.5	-2.5
110	3150	1090.716	1091.286	89998.354	47005.473	200.272°	2.5	-2.5
111	3180	1090.796	1091.503	90026.496	46995.079	200.272°	2.5	-2.5
112	3210	1090.872	1091.359	90054.638	46984.684	200.272°	2.5	-2.5
113	3214.282	1090.855	1091.31	90058.654	46983.201	200.272°	2.5	-2.5
114	3240	1090.895	1090.954	90082.787	46974.312	200.117°	2.5	-2.5
115	3270	1090.865	1090.536	90111.002	46964.117	199.546°	2.5	-2.5
116	3300	1090.473	1090.118	90139.352	46954.308	198.554°	2.5	-2.5
117	3330	1089.852	1089.7	90167.902	46945.096	197.141°	2.5	-2.5

118	3336.782	1089.709	1089.606	90174.39	46943.118	196.763°	2.5	-2.5
119	3360	1089.144	1089.283	90196.697	46936.681	195.432°	2.5	-2.5
120	3390	1088.765	1088.865	90225.73	46929.133	193.714°	2.5	-2.5
121	3420	1088.312	1088.447	90254.978	46922.459	191.995°	2.5	-2.5
122	3450	1087.914	1088.029	90284.412	46916.665	190.276°	2.5	-2.5
123	3480	1087.534	1087.611	90314.006	46911.757	188.557°	2.5	-2.5
124	3510	1087.279	1087.194	90343.735	46907.739	186.838°	2.5	-2.5
125	3540	1087.232	1086.776	90373.571	46904.614	185.119°	2.5	-2.5
126	3570	1087.199	1086.358	90403.487	46902.386	183.400°	2.5	-2.5
127	3600	1086.927	1085.94	90433.456	46901.056	181.681°	2.5	-2.5
128	3630	1085.904	1085.522	90463.452	46900.626	179.963°	2.5	-2.5
129	3660	1084.731	1085.104	90493.447	46901.095	178.244°	2.5	-2.5
130	3690	1083.501	1084.687	90523.415	46902.464	176.525°	2.5	-2.5
131	3692.776	1083.367	1084.648	90526.185	46902.636	176.366°	2.5	-2.5
132	3720	1083.171	1084.269	90553.33	46904.704	174.979°	2.5	-2.5
133	3750	1083.27	1083.851	90583.185	46907.642	173.853°	2.5	-2.5
134	3780	1082.747	1083.433	90612.99	46911.056	173.147°	2.5	-2.5
135	3810	1082.324	1083.015	90642.765	46914.727	172.863°	2.5	-2.5
136	3815.276	1082.203	1082.942	90647.999	46915.383	172.856°	2.5	-2.5
137	3840	1081.637	1082.598	90672.532	46918.458	172.856°	2.5	-2.5
138	3870	1080.696	1082.18	90702.299	46922.188	172.856°	2.5	-2.5
139	3900	1080.608	1081.762	90732.066	46925.919	172.856°	2.5	-2.5
140	3930	1080.665	1081.344	90761.833	46929.65	172.856°	2.5	-2.5
141	3960	1080.703	1080.926	90791.6	46933.38	172.856°	2.5	-2.5
142	3990	1080.638	1080.509	90821.367	46937.111	172.856°	2.5	-2.5
143	4020	1080.237	1080.091	90851.135	46940.842	172.856°	2.5	-2.5
144	4050	1079.655	1079.673	90880.902	46944.572	172.856°	2.5	-2.5
145	4080	1078.929	1079.255	90910.669	46948.303	172.856°	2.5	-2.5
146	4110	1078.203	1078.837	90940.436	46952.034	172.856°	2.5	-2.5
147	4140	1077.685	1078.419	90970.203	46955.764	172.856°	2.5	-2.5
148	4170	1077.11	1078.002	90999.97	46959.495	172.856°	2.5	-2.5
149	4200	1076.187	1077.584	91029.737	46963.226	172.856°	2.5	-2.5
150	4230	1075.419	1077.166	91059.504	46966.956	172.856°	2.5	-2.5
151	4260	1074.4	1076.748	91089.272	46970.687	172.856°	2.5	-2.5
152	4290	1074.427	1076.334	91119.039	46974.418	172.856°	2.5	-2.5
153	4320	1074.454	1076.156	91148.806	46978.148	172.856°	2.5	-2.5
154	4350	1074.611	1076.184	91178.573	46981.879	172.856°	2.5	-2.5
155	4380	1074.528	1076.213	91208.34	46985.61	172.856°	2.5	-2.5
156	4395.995	1074.484	1076.229	91224.211	46987.599	172.856°	2.5	-2.5
157	4410	1074.909	1076.242	91238.112	46989.301	173.177°	2.5	-2.5
158	4440	1076.216	1076.271	91267.92	46992.686	173.865°	2.5	-2.5
159	4470	1076.191	1076.3	91297.767	46995.713	174.553°	2.5	-2.5
160	4500	1076.072	1076.328	91327.648	46998.382	175.240°	2.5	-2.5
161	4530	1076.269	1076.357	91357.559	47000.692	175.928°	2.5	-2.5
162	4560	1076.765	1076.386	91387.495	47002.643	176.615°	2.5	-2.5

163	4590	1077.248	1076.415	91417.453	47004.235	177.303°	2.5	-2.5
164	4620	1077.945	1076.443	91447.427	47005.466	177.990°	2.5	-2.5
165	4650	1078.148	1076.472	91477.414	47006.339	178.678°	2.5	-2.5
166	4680	1077.358	1076.501	91507.41	47006.851	179.365°	2.5	-2.5
167	4710	1075.696	1076.53	91537.409	47007.003	180.053°	2.5	-2.5
168	4740	1075.714	1076.558	91567.408	47006.795	180.740°	2.5	-2.5
169	4770	1076.706	1076.552	91597.403	47006.228	181.428°	2.5	-2.5
170	4800	1077.062	1076.464	91627.388	47005.3	182.116°	2.5	-2.5
171	4830	1076.233	1076.294	91657.36	47004.013	182.803°	2.5	-2.5
172	4860	1075.398	1076.043	91687.315	47002.366	183.491°	2.5	-2.5
173	4890	1074.558	1075.709	91717.248	47000.36	184.178°	2.5	-2.5
174	4920	1073.431	1075.294	91747.154	46997.995	184.866°	2.5	-2.5
175	4950	1072.274	1074.797	91777.03	46995.271	185.553°	2.5	-2.5
176	4980	1071.23	1074.218	91806.871	46992.188	186.241°	2.5	-2.5
177	5010	1070.416	1073.557	91836.673	46988.748	186.928°	2.5	-2.5
178	5027.933	1069.936	1073.123	91854.467	46986.521	187.339°	2.5	-2.5
179	5040	1069.564	1072.815	91866.435	46984.98	187.339°	2.5	-2.5
180	5070	1068.663	1072.035	91896.189	46981.147	187.339°	2.5	-2.5
181	5100	1067.607	1071.255	91925.944	46977.315	187.339°	2.5	-2.5
182	5130	1066.787	1070.475	91955.698	46973.482	187.339°	2.5	-2.5
183	5160	1066.659	1069.695	91985.452	46969.65	187.339°	2.5	-2.5
184	5190	1065.533	1068.915	92015.206	46965.818	187.339°	2.5	-2.5
185	5220	1064.677	1068.135	92044.96	46961.985	187.339°	2.5	-2.5
186	5250	1064.822	1067.356	92074.715	46958.153	187.339°	2.5	-2.5
187	5280	1064.993	1066.576	92104.469	46954.32	187.339°	2.5	-2.5
188	5310	1064.361	1065.796	92134.223	46950.488	187.339°	2.5	-2.5
189	5340	1063.865	1065.016	92163.977	46946.656	187.339°	2.5	-2.5
190	5370	1063.194	1064.236	92193.731	46942.823	187.339°	2.5	-2.5
191	5400	1062.464	1063.456	92223.486	46938.991	187.339°	2.5	-2.5
192	5430	1061.714	1062.676	92253.24	46935.158	187.339°	2.5	-2.5
193	5460	1060.898	1061.896	92282.994	46931.326	187.339°	2.5	-2.5
194	5490	1060.141	1061.116	92312.748	46927.493	187.339°	2.5	-2.5
195	5520	1059.287	1060.336	92342.502	46923.661	187.339°	2.5	-2.5
196	5550	1058.345	1059.556	92372.257	46919.829	187.339°	2.5	-2.5
197	5580	1057.739	1058.776	92402.011	46915.996	187.339°	2.5	-2.5
198	5610	1057.173	1057.997	92431.765	46912.164	187.339°	2.5	-2.5
199	5640	1056.577	1057.217	92461.519	46908.331	187.339°	2.5	-2.5
200	5670	1055.391	1056.437	92491.273	46904.499	187.339°	2.5	-2.5
201	5700	1054.168	1055.657	92521.028	46900.667	187.339°	2.5	-2.5
202	5730	1052.965	1054.877	92550.782	46896.834	187.339°	2.5	-2.5
203	5760	1051.833	1054.097	92580.536	46893.002	187.339°	2.5	-2.5
204	5790	1050.701	1053.317	92610.29	46889.169	187.339°	2.5	-2.5
205	5820	1050.09	1052.537	92640.044	46885.337	187.339°	2.5	-2.5
206	5850	1049.585	1051.757	92669.799	46881.505	187.339°	2.5	-2.5
207	5880	1048.762	1050.979	92699.553	46877.672	187.339°	2.5	-2.5

208	5910	1048.116	1050.297	92729.307	46873.84	187.339°	2.5	-2.5
209	5933.719	1048.214	1049.764	92752.832	46870.81	187.339°	2.5	-2.5
210	5940	1048.227	1049.623	92759.062	46870.015	187.195°	2.5	-2.5
211	5970	1048.14	1048.948	92788.848	46866.436	186.508°	2.5	-2.5
212	6000	1047.953	1048.274	92818.674	46863.215	185.820°	2.5	-2.5
213	6030	1047.927	1047.6	92848.537	46860.352	185.133°	2.5	-2.5
214	6060	1047.217	1046.925	92878.432	46857.847	184.445°	2.5	-2.5
215	6090	1046.642	1046.251	92908.355	46855.701	183.758°	2.5	-2.5
216	6120	1046.504	1045.577	92938.302	46853.915	183.070°	2.5	-2.5
217	6150	1045.561	1044.902	92968.268	46852.488	182.383°	2.5	-2.5
218	6180	1044.472	1044.228	92998.248	46851.421	181.695°	2.5	-2.5
219	6210	1043.542	1043.554	93028.24	46850.713	181.008°	2.5	-2.5
220	6240	1042.549	1042.879	93058.238	46850.366	180.320°	2.5	-2.5
221	6270	1041.612	1042.205	93088.237	46850.378	179.632°	2.5	-2.5
222	6300	1041.58	1041.531	93118.235	46850.75	178.945°	2.5	-2.5
223	6321.681	1041.866	1041.043	93139.91	46851.244	178.448°	2.5	-2.5
224	6330	1041.976	1040.856	93148.226	46851.469	178.448°	2.5	-2.5
225	6360	1042.293	1040.182	93178.215	46852.282	178.448°	2.5	-2.5
226	6390	1042.113	1039.508	93208.204	46853.094	178.448°	2.5	-2.5
227	6420	1040.77	1038.833	93238.193	46853.907	178.448°	2.5	-2.5
228	6450	1039.265	1038.159	93268.182	46854.719	178.448°	2.5	-2.5
229	6480	1037.74	1037.484	93298.171	46855.532	178.448°	2.5	-2.5
230	6510	1036.181	1036.81	93328.16	46856.344	178.448°	2.5	-2.5
231	6540	1034.787	1036.136	93358.149	46857.157	178.448°	2.5	-2.5
232	6570	1033.729	1035.461	93388.138	46857.969	178.448°	2.5	-2.5
233	6600	1032.546	1034.769	93418.127	46858.782	178.448°	2.5	-2.5
234	6630	1031.389	1034	93448.116	46859.594	178.448°	2.5	-2.5
235	6660	1030.361	1033.15	93478.105	46860.407	178.448°	2.5	-2.5
236	6690	1029.31	1032.217	93508.094	46861.219	178.448°	2.5	-2.5
237	6720	1028.444	1031.233	93538.083	46862.032	178.448°	2.5	-2.5
238	6750	1028.061	1030.248	93568.072	46862.844	178.448°	2.5	-2.5
239	6780	1027.633	1029.262	93598.061	46863.657	178.448°	2.5	-2.5
240	6810	1027.042	1028.277	93628.05	46864.469	178.448°	2.5	-2.5
241	6840	1026.132	1027.292	93658.039	46865.282	178.448°	2.5	-2.5
242	6870	1024.979	1026.307	93688.028	46866.095	178.448°	2.5	-2.5
243	6900	1022.933	1025.322	93718.017	46866.907	178.448°	2.5	-2.5
244	6930	1020.573	1024.337	93748.006	46867.72	178.448°	2.5	-2.5
245	6960	1018.635	1023.352	93777.995	46868.532	178.448°	2.5	-2.5
246	6990	1017.466	1022.366	93807.984	46869.345	178.448°	2.5	-2.5
247	7020	1016.658	1021.381	93837.973	46870.157	178.448°	2.5	-2.5
248	7050	1015.719	1020.396	93867.962	46870.97	178.448°	2.5	-2.5
249	7080	1015.121	1019.411	93897.951	46871.782	178.448°	2.5	-2.5
250	7110	1014.908	1018.426	93927.94	46872.595	178.448°	2.5	-2.5
251	7140	1014.819	1017.441	93957.929	46873.407	178.448°	2.5	-2.5
252	7170	1015.553	1016.455	93987.918	46874.22	178.448°	2.5	-2.5

253	7182.281	1016.052	1016.052	94000.194	46874.552	178.448°	2.5	-2.5
-----	----------	----------	----------	-----------	-----------	----------	-----	------

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME
1	0	2.5	241.7	152.6
2	30	8.7	335.9	301.3
3	60	3.2	658.6	312.3
4	90	6.1	585.5	308.7
5	120	40.6	104.1	310
6	150	361.5	17.1	327.3
7	180	499.3	8.2	335.5
8	210	440.3	7.3	332.5
9	240	426.9	9.1	331.8
10	270	756.7	5.5	347.1
11	300	940.3	5.3	354.8
12	330	604.1	5.5	340.1
13	360	359.7	11.9	327.2
14	390	146.3	72	316.4
15	420	303.3	28.3	324.7
16	450	412.4	18.6	331.1
17	480	505.3	11.2	335.9
18	510	553.1	8.9	337.1
19	540	316.2	22.8	325.9
20	570	500.9	5.1	334.4
21	600	320.9	18.1	326
22	630	128.1	90	317.7
23	660	24.9	232.6	322.6
24	690	6.2	510	325.9
25	720	6.1	875.3	325.3
26	750	2.4	1271.3	342.7
27	780	2.6	1587	359
28	810	2.5	2053.2	378.7
29	840	3.7	1607	360
30	870	2.1	2664.6	395.4
31	900	2	4492.3	451.8
32	930	2.3	4042.1	447.2
33	960	2.4	3791.6	437.7
34	990	2.5	3069.2	413.2
35	1020	2.4	1747.3	362.5
36	1050	19.2	278	324.7
37	1080	1355.1	6	375.3
38	1110	2105.1	5.6	404.4

39	1140	748.3	5.4	346.2
40	1170	357.7	13.7	326.7
41	1200	303.4	5.8	217.7
42	1209.333	349.5	2.6	171.9
43	1230	935.1	4.8	307
44	1260	1021.5	5.6	359.7
45	1290	566.4	10.6	339
46	1320	207.1	55.8	319
47	1350	8	140.9	311
48	1380	30.7	75.1	308.1
49	1410	355.3	5.3	327.6
50	1440	659.3	4.9	341.3
51	1470	441.1	22.2	330.7
52	1500	5.8	1287.9	349.6
53	1530	2.3	3851.9	436.7
54	1560	2	5328	472.5
55	1590	2.2	4866.9	465.2
56	1620	2.9	3360.9	427
57	1650	3	2132.6	387.5
58	1680	3.2	1127.7	353.2
59	1710	6	1004.6	354.9
60	1740	5.9	1056.9	352.6
61	1770	6	777.4	348.6
62	1800	166.7	268.4	340
63	1830	722.7	8.5	360.2
64	1860	3030.4	5.8	439
65	1890	5824.7	4.8	521.3
66	1920	6084.3	5.6	502.8
67	1950	5792.3	1.5	488.2
68	1980	1871.6	5.4	394.1
69	2010	2.2	1150.7	334.8
70	2040	0	3549.6	355.8
71	2070	0	5775.7	409.3
72	2100	0	6465.8	442.3
73	2130	0	5235	381.3
74	2152.086	0.3	2776	227.7
75	2160	0.9	3516.9	299.9
76	2190	2.4	5303.7	486.2
77	2220	2.3	4318.5	454.1
78	2250	2.2	2014.2	371.4
79	2280	6.3	407.9	313.8
80	2310	6.3	807.3	323.8
81	2340	2.5	1372.8	347.8
82	2370	2.4	2004.6	373.3
83	2400	2.3	2430.5	390.1

84	2430	2.4	1695.5	360.4
85	2460	7.9	358.7	327
86	2490	1286.8	5.5	371.4
87	2520	2603	5.8	425.2
88	2550	807.2	9.4	349.3
89	2580	317.7	91.9	334.4
90	2610	319.6	126.6	339
91	2640	866.3	5.7	353
92	2670	2224.2	5.3	408.1
93	2700	3448.5	5.7	452.8
94	2730	4529.5	2.4	473
95	2760	3612.4	4.7	456.4
96	2790	1895.6	5.6	395.9
97	2820	518.1	5.4	335.8
98	2850	2.4	736.7	317.3
99	2880	1.6	1635.8	285
100	2895.68	1.3	1196.1	196.3
101	2910	0.7	756.1	109.4
102	2911.632	1.3	1454.1	206.3
103	2940	2.3	3063.7	401.8
104	2970	2.3	3322.2	418.4
105	3000	2.2	3169.3	411
106	3030	2.1	2986	400.6
107	3060	2.1	2194.1	379
108	3090	2.6	1219	342.6
109	3120	3.3	558.6	311.4
110	3150	11.1	102.1	305.6
111	3180	44.9	42.4	310.7
112	3210	6.1	88.2	172.8
113	3214.282	5.3	88.6	150.3
114	3240	5.7	410.4	281.9
115	3270	2.4	728.6	316.9
116	3300	2.3	744.3	316.7
117	3330	1.7	350.9	188.9
118	3336.782	2	266.8	153.1
119	3360	7.3	337.7	265.8
120	3390	7.2	412.1	301.6
121	3420	7.9	387.7	300.4
122	3450	7.2	401.8	302.3
123	3480	5.7	443	305.2
124	3510	5	559.4	310.1
125	3540	2.4	835	323
126	3570	2.4	1139.4	336.5
127	3600	2.1	1203.1	333.7
128	3630	2.2	770.7	317.8

129	3660	9.7	230.3	301.6
130	3690	202	2.5	179.2
131	3692.776	212.1	2.3	164.6
132	3720	284.3	15.5	309.3
133	3750	26.6	93.3	307.9
134	3780	48.9	57.9	309.5
135	3810	20.6	24	183.3
136	3815.276	27.1	15.3	155.9
137	3840	170.7	5.3	291.6
138	3870	568.6	5.1	337
139	3900	344.9	6.6	328.1
140	3930	45.8	58.6	310.2
141	3960	7.6	333.5	303.8
142	3990	5	581.2	309.1
143	4020	2.5	590.2	310.3
144	4050	5.5	469.4	304.1
145	4080	10.2	259.1	298.2
146	4110	18.7	75	307.6
147	4140	52.3	32.1	311.4
148	4170	140	8.7	317.3
149	4200	473.5	6	333.2
150	4230	799.6	4.1	347.5
151	4260	1256	6	370.9
152	4290	970.5	7	363.5
153	4320	806.8	5.6	353.2
154	4350	648	5.5	342.4
155	4380	536.5	3.4	260.8
156	4395.995	373.7	2.2	171.3
157	4410	320.6	2.8	239.6
158	4440	5.9	435.9	313
159	4470	7.1	396.9	304.9
160	4500	9.2	307.6	299.7
161	4530	6.4	422.7	302.5
162	4560	2.4	771.1	319
163	4590	2.4	1147.5	337
164	4620	2.4	1691.7	357.8
165	4650	2.3	1844.1	364.8
166	4680	2.2	1102.8	330.9
167	4710	110.4	57.1	308
168	4740	177.6	62	316.3
169	4770	6.1	611.2	312.5
170	4800	2.3	890.6	321.4
171	4830	5	451.9	305.4
172	4860	23	68.3	306.4
173	4890	325.6	5.5	326.7

174	4920	875.8	5.5	352.5
175	4950	1425.4	5.2	375.4
176	4980	1824.7	5.2	390.5
177	5010	1585.1	4.4	318.6
178	5027.933	1024.7	2.8	201
179	5040	1468.7	3.9	283
180	5070	2195.2	5.5	406.9
181	5100	2489.7	5.9	421.3
182	5130	2519.3	5.7	420.2
183	5160	1891.1	5.8	396.3
184	5190	2203.3	5.2	406.2
185	5220	2287.8	5.3	410.8
186	5250	1445.9	6.1	378.9
187	5280	661	6.1	344.1
188	5310	536.2	5.7	336
189	5340	326.9	5.5	326.7
190	5370	258.4	8.1	324.1
191	5400	220.5	14.3	321.5
192	5430	201.2	16.5	320.1
193	5460	219.7	13.6	320.4
194	5490	204.4	11.3	320.1
195	5520	254	7.1	323.1
196	5550	373.4	5.6	329.4
197	5580	236.8	8.6	321.3
198	5610	108.4	17	317.1
199	5640	36.7	17.2	315.9
200	5670	206.1	8.3	318.4
201	5700	579.1	4.7	337.4
202	5730	913.9	5.4	353.8
203	5760	1204.1	5.4	366.5
204	5790	1505.5	5.4	379.1
205	5820	1356.2	5.3	372.6
206	5850	1127.6	5.5	363.2
207	5880	1171.4	5.6	365.9
208	5910	1017.7	4.8	325.6
209	5933.719	318.7	2.8	171
210	5940	311.5	3.3	203.4
211	5970	97.8	23.5	313.9
212	6000	8.6	288.2	301.5
213	6030	2.4	747.4	319.2
214	6060	2.8	706.7	317.1
215	6090	2.4	813	322.7
216	6120	2.3	1204.7	338.1
217	6150	2.4	989	329.7
218	6180	3.3	667.1	314.5

219	6210	6.2	472.6	304.7
220	6240	8.2	258.9	306.7
221	6270	32.4	106.1	312.2
222	6300	5.3	482.4	280.3
223	6321.681	1.5	571	168
224	6330	1.5	866.6	219.6
225	6360	2.1	2120.2	369.7
226	6390	2.6	2899.2	414.6
227	6420	2.6	2199.7	384.4
228	6450	2.5	1390.9	349.8
229	6480	6.2	683.3	315.2
230	6510	65.9	107.7	314.2
231	6540	487.1	8	334.3
232	6570	780	5.5	348.4
233	6600	1172.7	4.5	363.1
234	6630	1456.5	3.9	372
235	6660	1616.1	4.4	378.3
236	6690	1739.6	4.4	384.1
237	6720	1666.8	4	381.3
238	6750	1173.7	4.9	366.4
239	6780	722.9	7.5	346.8
240	6810	445.8	19.3	334.7
241	6840	369.5	24.1	328.7
242	6870	462.4	5.4	333.4
243	6900	1316.5	5.5	371.6
244	6930	2608.4	4.8	424.1
245	6960	3540.8	4.3	452.9
246	6990	3736.4	5.2	460.7
247	7020	3538.8	4.8	453.4
248	7050	3367.2	4.5	442.9
249	7080	3018.6	4.7	432.8
250	7110	2276.1	5	406.3
251	7140	1491.6	5	376.8
252	7170	145.4	5.4	227.6
253	7182.281	2	82.2	60.8
		146376	168273	84787

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	TUF	FORME VOLUME (GNT)	BASE VOLUME (GB)	CHAUSSEE VOLUME (BB)
1	0	147.402	111.198	45	13.5
2	30	297.141	224.159	90	27
3	60	294.804	222.396	90	27
4	90	294.804	222.396	90	27

5	120	299.421	225.879	90	27
6	150	303.582	229.018	90	27
7	180	303.924	229.276	90	27
8	210	303.867	229.233	90	27
9	240	303.924	229.276	90	27
10	270	304.722	229.878	90	27
11	300	304.779	229.921	90	27
12	330	304.551	229.749	90	27
13	360	303.867	229.233	90	27
14	390	299.763	226.137	90	27
15	420	302.499	228.201	90	27
16	450	303.354	228.846	90	27
17	480	303.867	229.233	90	27
18	510	303.924	229.276	90	27
19	540	303.183	228.717	90	27
20	570	304.095	229.405	90	27
21	600	303.525	228.975	90	27
22	630	299.763	226.137	90	27
23	660	299.649	226.051	90	27
24	690	298.68	225.32	90	27
25	720	295.032	222.568	90	27
26	750	294.804	222.396	90	27
27	780	294.804	222.396	90	27
28	810	294.804	222.396	90	27
29	840	294.804	222.396	90	27
30	870	294.804	222.396	90	27
31	900	294.804	222.396	90	27
32	930	294.804	222.396	90	27
33	960	294.804	222.396	90	27
34	990	294.804	222.396	90	27
35	1020	294.804	222.396	90	27
36	1050	299.649	226.051	90	27
37	1080	304.779	229.921	90	27
38	1110	304.779	229.921	90	27
39	1140	304.152	229.448	90	27
40	1170	303.753	229.147	90	27
41	1200	199.215	150.285	59	17.7
42	1209.333	152.076	114.724	45	13.5
43	1230	257.355	194.145	76	22.8
44	1260	304.779	229.921	90	27
45	1290	303.867	229.233	90	27
46	1320	300.048	226.352	90	27

47	1350	298.965	225.535	90	27
48	1380	300.162	226.438	90	27
49	1410	303.867	229.233	90	27
50	1440	304.665	229.835	90	27
51	1470	301.701	227.599	90	27
52	1500	297.654	224.546	90	27
53	1530	294.804	222.396	90	27
54	1560	294.804	222.396	90	27
55	1590	294.804	222.396	90	27
56	1620	294.804	222.396	90	27
57	1650	294.804	222.396	90	27
58	1680	294.804	222.396	90	27
59	1710	299.193	225.707	90	27
60	1740	298.908	225.492	90	27
61	1770	299.592	226.008	90	27
62	1800	299.82	226.18	90	27
63	1830	304.779	229.921	90	27
64	1860	304.779	229.921	90	27
65	1890	304.779	229.921	90	27
66	1920	300.162	226.438	90	27
67	1950	301.872	227.728	90	27
68	1980	304.779	229.921	90	27
69	2010	294.804	222.396	90	27
70	2040	293.208	221.192	90	27
71	2070	296.001	223.299	90	27
72	2100	294.804	222.396	90	27
73	2130	255.93	193.07	78.1	23.4
74	2152.086	147.402	111.198	45	13.5
75	2160	186.276	140.524	56.9	17.1
76	2190	294.804	222.396	90	27
77	2220	294.804	222.396	90	27
78	2250	294.804	222.396	90	27
79	2280	298.452	225.148	90	27
80	2310	295.317	222.783	90	27
81	2340	294.804	222.396	90	27
82	2370	294.804	222.396	90	27
83	2400	294.804	222.396	90	27
84	2430	294.804	222.396	90	27
85	2460	299.535	225.965	90	27
86	2490	304.779	229.921	90	27
87	2520	304.779	229.921	90	27
88	2550	303.867	229.233	90	27

89	2580	299.763	226.137	90	27
90	2610	299.763	226.137	90	27
91	2640	304.494	229.706	90	27
92	2670	304.779	229.921	90	27
93	2700	304.779	229.921	90	27
94	2730	304.779	229.921	90	27
95	2760	304.779	229.921	90	27
96	2790	304.779	229.921	90	27
97	2820	304.722	229.878	90	27
98	2850	294.804	222.396	90	27
99	2880	224.466	169.334	68.5	20.6
100	2895.68	147.402	111.198	45	13.5
101	2910	78.375	59.125	23.9	7.2
102	2911.632	147.402	111.198	45	13.5
103	2940	286.767	216.333	87.6	26.3
104	2970	294.804	222.396	90	27
105	3000	294.804	222.396	90	27
106	3030	294.804	222.396	90	27
107	3060	294.804	222.396	90	27
108	3090	294.804	222.396	90	27
109	3120	294.804	222.396	90	27
110	3150	301.644	227.556	90	27
111	3180	302.442	228.158	90	27
112	3210	171.342	129.258	51.4	15.4
113	3214.282	149.397	112.703	45	13.5
114	3240	273.771	206.529	83.6	25.1
115	3270	294.804	222.396	90	27
116	3300	294.804	222.396	90	27
117	3330	180.747	136.353	55.2	16.6
118	3336.782	147.402	111.198	45	13.5
119	3360	261.915	197.585	79.8	23.9
120	3390	294.804	222.396	90	27
121	3420	294.804	222.396	90	27
122	3450	294.804	222.396	90	27
123	3480	294.804	222.396	90	27
124	3510	294.804	222.396	90	27
125	3540	294.804	222.396	90	27
126	3570	294.804	222.396	90	27
127	3600	294.804	222.396	90	27
128	3630	294.804	222.396	90	27
129	3660	298.224	224.976	90	27
130	3690	166.326	125.474	49.2	14.7

131	3692.776	152.19	114.81	45	13.5
132	3720	289.617	218.483	85.8	25.8
133	3750	299.193	225.707	90	27
134	3780	300.96	227.04	90	27
135	3810	178.182	134.418	52.9	15.9
136	3815.276	151.506	114.294	45	13.5
137	3840	276.735	208.765	82.1	24.6
138	3870	304.722	229.878	90	27
139	3900	303.696	229.104	90	27
140	3930	301.416	227.384	90	27
141	3960	297.369	224.331	90	27
142	3990	294.804	222.396	90	27
143	4020	294.804	222.396	90	27
144	4050	294.804	222.396	90	27
145	4080	296.856	223.944	90	27
146	4110	302.328	228.072	90	27
147	4140	303.069	228.631	90	27
148	4170	302.955	228.545	90	27
149	4200	304.665	229.835	90	27
150	4230	304.494	229.706	90	27
151	4260	304.779	229.921	90	27
152	4290	304.779	229.921	90	27
153	4320	304.779	229.921	90	27
154	4350	304.722	229.878	90	27
155	4380	233.643	176.257	69	20.7
156	4395.995	152.361	114.939	45	13.5
157	4410	222.927	168.173	66	19.8
158	4440	298.908	225.492	90	27
159	4470	297.882	224.718	90	27
160	4500	296.286	223.514	90	27
161	4530	294.975	222.525	90	27
162	4560	294.804	222.396	90	27
163	4590	294.804	222.396	90	27
164	4620	294.804	222.396	90	27
165	4650	294.804	222.396	90	27
166	4680	294.804	222.396	90	27
167	4710	299.649	226.051	90	27
168	4740	299.763	226.137	90	27
169	4770	295.317	222.783	90	27
170	4800	294.804	222.396	90	27
171	4830	294.804	222.396	90	27
172	4860	301.929	227.771	90	27

173	4890	304.323	229.577	90	27
174	4920	304.779	229.921	90	27
175	4950	304.779	229.921	90	27
176	4980	304.779	229.921	90	27
177	5010	243.447	183.653	71.9	21.6
178	5027.933	152.361	114.939	45	13.5
179	5040	213.693	161.207	63.1	18.9
180	5070	304.779	229.921	90	27
181	5100	304.779	229.921	90	27
182	5130	304.779	229.921	90	27
183	5160	304.779	229.921	90	27
184	5190	304.779	229.921	90	27
185	5220	304.779	229.921	90	27
186	5250	304.779	229.921	90	27
187	5280	304.608	229.792	90	27
188	5310	304.551	229.749	90	27
189	5340	304.095	229.405	90	27
190	5370	303.81	229.19	90	27
191	5400	303.867	229.233	90	27
192	5430	303.753	229.147	90	27
193	5460	303.81	229.19	90	27
194	5490	303.81	229.19	90	27
195	5520	303.639	229.061	90	27
196	5550	304.266	229.534	90	27
197	5580	303.696	229.104	90	27
198	5610	303.525	228.975	90	27
199	5640	302.898	228.502	90	27
200	5670	303.183	228.717	90	27
201	5700	304.779	229.921	90	27
202	5730	304.779	229.921	90	27
203	5760	304.779	229.921	90	27
204	5790	304.779	229.921	90	27
205	5820	304.779	229.921	90	27
206	5850	304.779	229.921	90	27
207	5880	304.779	229.921	90	27
208	5910	272.859	205.841	80.6	24.2
209	5933.719	152.361	114.939	45	13.5
210	5940	184.224	138.976	54.4	16.3
211	5970	303.012	228.588	90	27
212	6000	296.742	223.858	90	27
213	6030	294.804	222.396	90	27
214	6060	294.804	222.396	90	27

215	6090	294.804	222.396	90	27
216	6120	294.804	222.396	90	27
217	6150	294.804	222.396	90	27
218	6180	294.804	222.396	90	27
219	6210	295.317	222.783	90	27
220	6240	298.851	225.449	90	27
221	6270	299.25	225.75	90	27
222	6300	257.469	194.231	77.5	23.3
223	6321.681	147.402	111.198	45	13.5
224	6330	188.271	142.029	57.5	17.2
225	6360	294.804	222.396	90	27
226	6390	294.804	222.396	90	27
227	6420	294.804	222.396	90	27
228	6450	294.804	222.396	90	27
229	6480	294.975	222.525	90	27
230	6510	299.649	226.051	90	27
231	6540	303.924	229.276	90	27
232	6570	304.665	229.835	90	27
233	6600	304.779	229.921	90	27
234	6630	304.779	229.921	90	27
235	6660	304.779	229.921	90	27
236	6690	304.779	229.921	90	27
237	6720	304.779	229.921	90	27
238	6750	304.722	229.878	90	27
239	6780	303.924	229.276	90	27
240	6810	303.297	228.803	90	27
241	6840	302.898	228.502	90	27
242	6870	304.152	229.448	90	27
243	6900	304.779	229.921	90	27
244	6930	304.779	229.921	90	27
245	6960	304.779	229.921	90	27
246	6990	304.779	229.921	90	27
247	7020	304.779	229.921	90	27
248	7050	304.779	229.921	90	27
249	7080	304.779	229.921	90	27
250	7110	304.779	229.921	90	27
251	7140	304.779	229.921	90	27
252	7170	214.035	161.465	63.4	19
253	7182.281	60.591	45.709	18.4	5.5
		71863	54212	21547	6464