

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil et Hydraulique

Spécialité : Travaux Publics

Option : Voies et Ouvrages D'Art

Présenté par : Sellami Dounia

**Thème : Etude du dédoublement de la route
Nationale 20 entre Oued Zenati et Guelma**

[(Pk 58+000 au pk 65+000)] Sur 7 km

Sous la direction de : F .BOURAS

2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné la patience et le courage de faire cet humble travail.

Je remercie mes parents et mon mari pour leur aide et leur soutien.

Et tous les remerciements infinis à mon superviseur F.BOURAS pour son aide, ses conseils et ses observations qui m'ont aidé à faire ce travail de la meilleure façon possible.

Je tiens également à remercier le professeur Balaachia et le professeur Bouthldja pour leur aide.

Je tiens également à remercier tous les employés de la Direction des Travaux Publics pour leur soutien, en particulier l'Ingénieur Youssef Laghreeb.

Je tiens à remercier le jury qui nous a fait l'honneur de présider et d'examiner cet humble travail.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste ouvrage.

SELLAMI DOUNIA

DEDICACES

Tout d'abord je tiens à remercier le bon DIEU qui
m'a donné le courage et la patience pour arriver à ce
stade de
fin d'études.

Je dédie ce modeste travail à :

A ma tendre mère ZINEB et mon très cher père LAID

A mon cher mari CHIHEB

A mon fils bien-aimé SANED

A ma précieuse sœur : ABIR

A mes chers frères : BILAL et AYOUB

A ma la famille de mon mari

A mes meilleurs amis : MOUCHIRA

À tous mes amis d'enfance et du Long Parcours

Scolaire et Universitaire

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

SELLAMI DOUNIA

Sommaire

Chapitre 1 : paramètre du projet

Introduction générale :	1
I.1 PRESENTATION DU PROJET :	3
I.1.1 Introduction :	3
I.1.2 Présentation du projet :	3
I.1.3 Localisation du projet :	3
I.1.6 Travaux topographiques effectués :	5
I.1.7 Caractéristiques de la route existante :	6
I.2. ETUDE DE TRAFIC :	7
I.2.1 Introduction :	7
I.2.2 Notions et principes :	7
I.2.3 Analyse du trafic :	7
I.2.4 Différents types de trafics :	8
I.2.5 Statistique générale obtenue sur le plan national :	8
I.2.6. Comptage sur route :	9
I.2.7 Modèles de présentation du trafic :	9
I.2.8 Calcul de la capacité :	10
I.2.9 Catégorie et environnement de la route :	11
APPLICATION AU PROJET :	14
II.1 TRACE EN PLAN :	19
II.1.1. Introduction :	19
II.1.2. Définition du tracé en plan :	19
II.1.3. La vitesse de référence :	19
II.1.4. Choix de la vitesse de référence :	19
II.1.5. Paramètres fondamentaux (b40) :	19
II.1.6. Règles à respecter pour le tracé en plan :	20
II.1.7. Particularité de conception du dédoublement :	21
II.8. Clothoïde :	28
II.9. Combinaison des éléments de trace en plan :	32
II.10. La visibilité :	33
II.11. Notion de devers :	35
➤ Application du projet :	36

II.2. LE PROFIL EN LONG :	40
II.2.1. Introduction :	40
II.1.2. La ligne de projet (ligne rouge) :	41
II.2.3. Règles a respecté dans le trace du profil en long :	41
II.2.4. Coordination de la trace en plan et du profil en long :	42
II.2.5 Déclivités du profil en long :	42
II.2.6 Avantages de coordination du tracé en plan – profil en long :	43
II.2.7 Raccordement en profil en long :	43
Application du projet :	46
II.2.9 Détermination pratiques du profil en long :	47
II.3 Profil en travers :	49
II.3.1. Définition :	49
II.3.2. Les éléments constitutifs du profil en travers type :	49
II.3.3. Différent type de profil en travers	50
II.4. CUBATURE :	51
II.4. 1. Généralités :	51
II.4. 2. Définition des cubatures :	51
II.4. 3. Méthodes de calcul :	51
II.4.3 Notion d'équilibre Remblai – Déblai :	54
II.4.4 Mouvement des terres :	55
II .5 LES CARREFOURS :	55
II .5 1. Introduction :	55
II .5 2. Types de carrefours :	56
II .5 3 Donnée pour l'aménagement d'un carrefour :	58
II .5.4 Principe généraux d'aménagement d'un carrefour :	58
II .5 .5La visibilité :	58
II .5 .6 Triangle de visibilité :	59
II .5.7 Choix du type de carrefour :	59
III.1 ETUDE GEOTECHNIQUE :	63
III.1.1 Introduction :	63
III.1.2 Essais d'identification :	63
III.1.3 Essais de comportement du sol :	67
3.1 Essai Proctor- CBR :	67

III.1.4 Matériau de remblai:	70
III.1.5 Condition d'utilisation des sols en remblais :	71
III.1.6 Conclusion :	72
III.2 DIMENSSIONEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE :.....	72
III.2.1 Introduction :	72
III.2.2La Chaussée :	73
III.3 ASSAINISSEMENT:.....	83
III.3.1 Généralité :	83
III.3.2 Rétablissement des écoulements naturels :	83
III.3.4 Types de dégradation :	84
III.3.5 Assainissement de la chaussée :	86
III.3.6 Définitions de quelques termes hydraulique :	87
III.2.7 Formule Rationnelle :	88
III.3.8. Dimensionnement des fosses :	90
III.4 SIGNALISATION :.....	91
III.4.2 Objet de la signalisation routière :	92
III.4.3 Catégorie de signalisation :	92
III.4.4 Règles à respecter pour la signalisation :	92
III.4 .5 Les types de signalisation :	92
III.5 ECLAIRAGE :.....	99
III.5.1 Introduction :	99
III.5.2 Catégories d'éclairage :	99
APPLICATION AU PROJET :	99
III.5.4 Croisement de deux éclairages:	100
III.5.5 Paramètre de l'implantation des luminaires :	100
CONCLUSION GÉNÉRALE :	102
Liste de tableau :.....	103
Liste de figure :	104
Références	106
ANAXS	108

Résumé

Il est bien connu que le réseau routier d'un pays favorise l'essor économique et social de celui-ci, s'il dessert de manière équilibrée et rationnelle les régions du pays. Ainsi donc, un pays se doit de densifier son réseau routier afin de faciliter et améliorer les échanges économiques. De ce fait, la région nord est de l'Algérie connaît un développement économique sensible, impliquant un trafic routier conséquent. C'est le cas de la région du constantinois et plus spécialement entre plusieurs agglomérations telles que : constantine, guelma, skikda, annaba etc...

La desserte guelma constantine est constituée d'une route à double sens souffre de son exigüité et une topographie (profil) difficile ce qui la rend incapable d'absorber convenablement le flux croissant de véhicules. Il en découle l'idée de ce projet qui consiste en un dédoublement de cette route afin de pallier aux différents engorgements (surtout en période de neige). Le tronçon étudié fait partie de cette route entre oued zénati et guelma sur une longueur de 30 km.

L'étude présentée est en avant-projet détaillé sur un dédoublement (2x2voies) de presque 7 km.

Mots clés : route, trafic, profil en long, profil en travers

Abstract

It is well known that a country's road network promotes its economic and social development if it serves the regions of the country in a balanced and rational manner. Therefore, a country must expand its road network to facilitate and improve economic exchanges. As a result, the northern region of Algeria is experiencing significant economic growth, leading to substantial road traffic. This is the case in the Constantine region, especially between several urban areas such as constantine, guelma, skikda, annaba, and others.

The guelma-Constantine route, which is a two-way road, suffers from narrowness and challenging topography, making it unable to handle the increasing flow of vehicles adequately. Hence, the idea of this project is to expand this road to address the various congestion issues, particularly during snowy periods. The studied section is a part of this road between oued zenati and guelma, spanning a length of 30 km.

The presented study is a detailed preliminary project for expanding this section by 7 km into a dual carriageway (2x2 lanes).

ملخص:

من المعروف جيداً أن شبكة الطرق في البلد تعزز التنمية الاقتصادية والاجتماعية إذا كانت تخدم مناطق البلد بطريقة متوازنة وعقلانية. لذا، يجب على البلد أن يوسع شبكته الطرقية لتسهيل وتحسين التبادلات الاقتصادية. نتيجة لذلك، تشهد المنطقة الشمالية من الجزائر نموًا اقتصاديًا كبيرًا، مما يؤدي إلى زيادة حركة المرور على الطرق. وهذا هو الحال في منطقة قسنطينة، وخاصة بين العديد من المناطق الحضرية مثل قسنطينة وقالمة وسكيكدة وعنابة وغيرها.

تعاني طريق قالمة-قسنطينة، التي تعد طريق ذو اتجاهين، من ضيقها وتضاريسها الصعبة، مما يجعلها غير قادرة على التعامل بشكل مناسب مع تدفق المركبات المتزايد. وبالتالي، فإن فكرة هذا المشروع تتمثل في توسيع هذا الطريق للتغلب على مشاكل الازدحام المختلفة، خاصة خلال فترات تساقط الثلوج. يعتبر الجزء المدروس جزءًا من هذا الطريق بين وادي وادي زناتي وقالمة، على طول مسافة 30 كيلومترًا.

INTRODUCTION

Introduction générale :

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. à travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie social.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant par saturation, il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale 20 sur 7 km qui se situe dans la Wilaya de Guelma.

La route nationale 20 a une importance stratégique, car elle constitue une liaison entre Guelma et Constantine.

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de :

- L'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.
- Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.

Chapitre 01

PARAMÈTRES DU PROJET

✚ PRESENTATION DU PROJET.

✚ ETUDE DE TRAFIC

I.1 PRESENTATION DU PROJET :

I.1.1 Introduction :

Ce rapport a pour objet l'étude de dédoublement de la RN20 sur 7 Kms du Pk 58+000 au Pk 65+000 entre Ani Houat et ras l'Akbar en phase avant-projet détaillée, elle est établie à la demande de la Direction des Travaux Publics de la wilaya de Guelma, dans le cadre du marché d'études intervenu avec le bureau d'étude « Société D'Etude Technique de Sétif (SETS) ».

I.1.2 Présentation du projet :

Le projet est situé dans la partie Sud-ouest de la Wilaya de Guelma. Le tronçon faisant l'objet de cette étude est situé entièrement dans la wilaya de Guelma. Prend début au PK 52+000 à la sortie de la ville d'Oued Zenati et se termine à la sortie de la ville de Medjaz Ammar au PK 82+000 tout en traversant les localités de Ras el Agba, Saloua Announa, Ain Amarra et l'agglomération de Houari Boumediene. La longueur du tronçon est estimée près de 30 Km ; notre étude porte le tronçon situé entre (pk 58+000 et pk 65+000).

I.1.3 Localisation du projet :

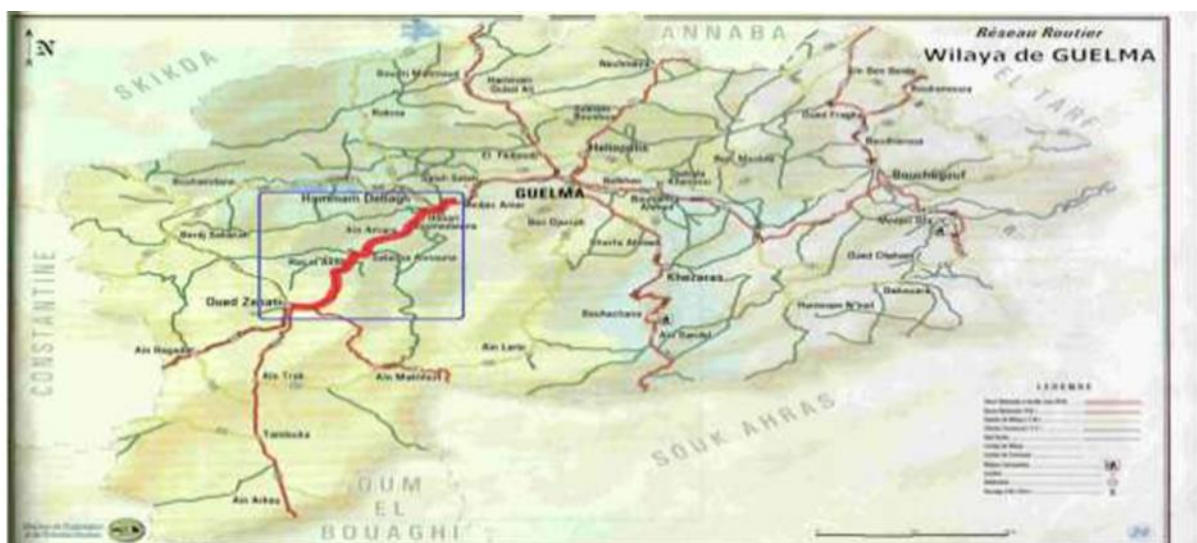


Figure. I 1 : Extrait d'une carte du réseau routier de wilaya de GUELMA

I.1.4 Objectifs de l'étude :

Les grands axes d'actions stratégiques qui découlent de la réalisation du Dédoublement de la RN20 sur 30 km sont :

- Se préparer aux effets induits des tracés des nouvelles infrastructures structurantes et se relier aux grands couloirs nationaux en cours de réalisation.
- Gérer l'attractivité du territoire tout en préservant le cadre de vie.

- Favoriser le développement économique dans une dynamique de développement durable.
- Assurer la vitalité du territoire en renforçant le tissu économique local.
- L'ouverture de l'économie régionale et le renforcement des échanges commerciale.
- Revalorisation des ressources minières et l'exploitation du potentiel touristique.
- Accentuer les possibilités de développement alternatives et complémentaires dans le domaine Agricole, et du tourisme.

description pour votre carte.

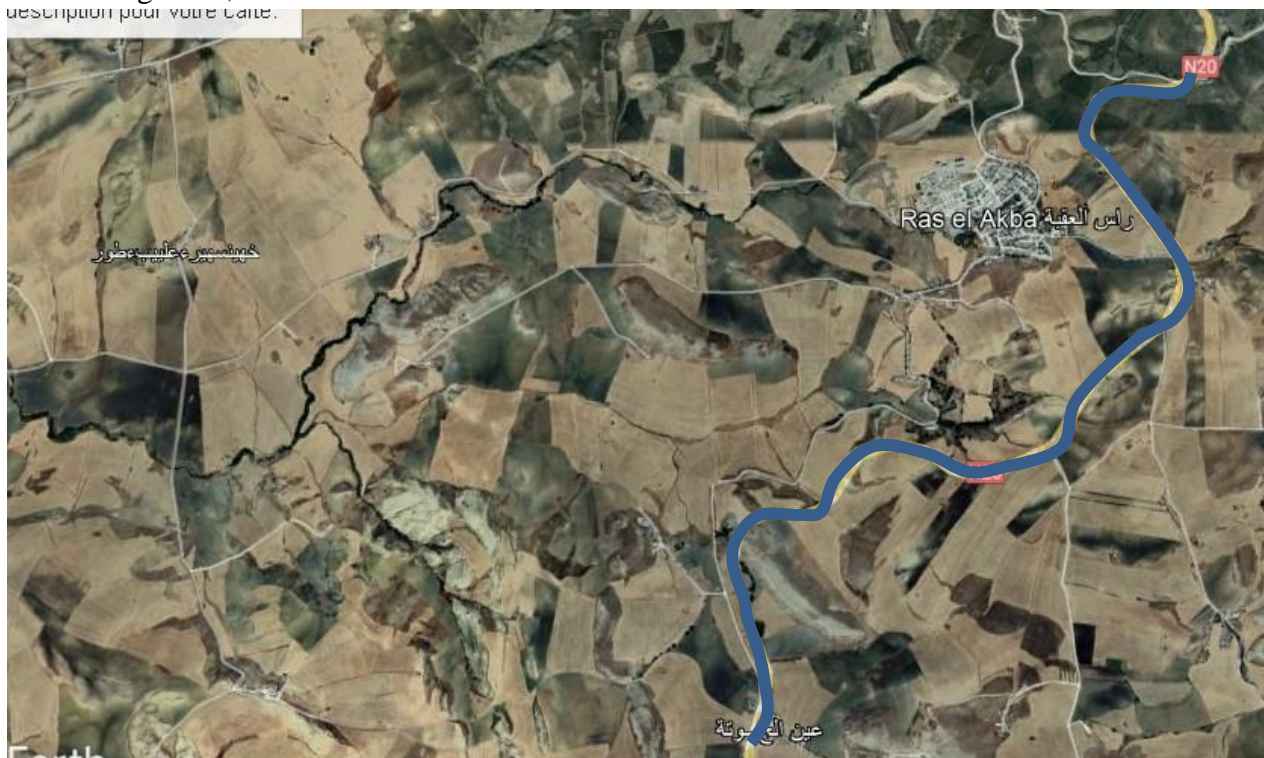


Figure. I 2 : localisation du projet (vu Google Earth

I.1.6 Travaux topographiques effectués :

Pour effectuer l'étude de dédoublement de la RN20 sur 30 Kms du Pk 52+000 au Pk 82+ en phase avant-projet détaillée, le levé topographique est impératif, pour les raisons suivantes :

- Le levé topographique représente la forme du sol et des détails qui s'y trouvent, donc il reflète la réalité du projet tel qu'il est avant dédoublement,
- Le nivellement, partie nécessaire du levé, qui permet de donner une cote exacte des points dans chaque profil,
- Il permet la correction des versants (soit en courbe ou en alignements),
- Il permet de justifier les travaux de reprofilage et de correction de l'uni.
- Il permet d'avoir un devis quantitatif plus exact.

Implantation des stations :

Celles-ci sont matérialisées par des piquets bétonnés enfoncés dans le sol. Leur enfoncement se fait de telle manière à dominer le plus long possible le tracé sur une bande de 30 à 50 m et parfois plus. Le nombre de stations est de 52.

I.1.6.1 Le cheminement des stations :

Le cheminement des stations se fait sous forme d'une polygone fermée par l'intermédiaire des points polygonaux pour déterminer les coordonnées fictives X, Y, Z de chaque station qui servira de base pour l'élaboration de l'étude.

I.1.6.2 Le levé topographique :

Il consiste à relever le maximum des points caractérisant le changement du relief, sous forme de profils perpendiculaires à l'axe de la route existante, sur une bande allant de 80 m à 100 m de part et d'autre de ce dernier.

Chaque profil du levé est constitué par un minimum de dix (10) points. Ces points sont choisis de la façon suivante :

- Deux points repérant exactement les bords de la chaussée,
- Deux points délimitant la limite des accotements
- Deux points délimitant la plateforme existante
- Deux points délimitant le haut des fossés,

- Deux points délimitant le bas des fossés

Cela étant le strict minimum, mais certains profils sont composés de plusieurs autres points afin de repérer l'un ou plusieurs des éléments suivants : un changement de pente de terrain, de thalweg, un poteau téléphonique ou électrique, un ouvrage quelconque tel qu'un mur de clôture, ouvrage busé, dalot, construction, piste, un chemin faisant intersection avec la route, etc... En agglomération tous les détails possibles sont relevés tels que l'éclairage public, regards, trottoirs, constructions, intersection.

I.1.7 Caractéristiques de la route existante :

Les différentes caractéristiques de la route projetée sont résumées dans ce tableau:

Tableau. I 1 : caractéristique de la route étudiée

PK du début de la section.	52+000
PK de fin de la section.	82+000
Longueur de la section en Kms.	30
Largeur moyenne de la chaussée en m.	7.60
Largeur moyenne de la chaussée en m.	-1.00
Nombre de voies.	1*2
Sinuosité de la section.	Faible ➡ Moyenne
Environnement de la section.	E3
Catégorie de la route.	C1
Vitesse de base en Km/h	80 km/h
Etat de la chaussée.	Moyenne ➡ Bonne

Les caractéristiques de la route avant et après l'aménagement se résume dans le tableau suivant :

Tableau. I 2 : caractéristique de la route avant et après aménagement

Caractéristiques	Etat existant	Après l'aménagement
Vitesse de base (VB)	40-60 km/h	40-80 km/h
Sinuosité	Faible- Moyenne	Faible- Moyenne
Largeur de la chaussée	Lmoy = 7.60m	L = 2 x 7.60 = 15.20m
Terre-plein centrale	-	01.00 – 04.00 - 08.00m
Largeur des accotements	Lmoy = 1,00m	L = 2,00m
Relief	Plat-Vallonné	Plat-Vallonné

I.2.ETUDE DE TRAFIC :

I.2.1 Introduction :

Tout projet d'étude d'infrastructures routières doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée (largeur, épaisseur) est lié étroitement à cette sollicitation, la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'année d'horizon.

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. Contenir une évaluation

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

- pour définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues ;
- pour estimer les coûts de fonctionnement des véhicules ;
- pour estimer les couts d'entretien du réseau routier, qui sont fonction du volume de circulation ;
- apprécier la valeur économique des projets routiers.

I.2.2 Notions et principes :

Le trafic routier est le volume de circulation, en d'autre terme est le nombre de véhicule passant en unité de temps. Tout projet de route doit débiter par une analyse précise de la circulation et du trafic routier et même de son évoluions dans le temps, car la largeur de la chaussée dépend de l'importance de la circulation à écouler et son épaisseur dépend de la nature du trafic « pourcentage du poids lourds ».

I.2.3 Analyse du trafic :

L'analyse du trafic consiste en la détermination en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

a)-Le comptage manuel :

Il est réalisé par les agents qui relèvent la composition du trafic

pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques.

b)-Le comptage automatique :

Il est effectué {l'aide d'un appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée.

c)-Les enquêtes de types cordon :

Elles permettent de distinguer les trafics de transit des trafics locaux et destinations de chaque flux.

d)-Les enquêtes qualitatives :

Elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport au réseau ; les raisons de son déplacement, etc.

I.2.4. Différents type de trafics :**I.4.1. Trafic normal :**

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

I.4.2. Trafic dévié :

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

I.4.3. Trafic induit :

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

I.4.4. Trafic total :

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

I.2.5 Statistique générale obtenue sur le plan national :

- Immatriculation des véhicules ;
- Statistique de production des véhicules ;
- Consommation en carburant ;

- Vente de pneumatique.

I.2.6.Comptage sur route :

- Comptage périodique - par agents recenseurs-
- Comptage continu - par Appareils automatiques-
- Comptage de circulation - pour carrefours surtout-

I.2.7 Modèles de présentation du 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.

A) Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle De croissance du type exponentiel. Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) à l'année n sera :

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

Où :

TJMA₀ : est le trafic à l'arrivée pour origine.

τ : est le taux de croissance =4%

n : nombre d'année.

B) Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

Produit national brut (PNB).

- ✓ Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort de cadre de notre étude.

C) Modèle gravitaire :

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

D) Modèle de facteurs croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine – destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- ✓ Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- ✓ Le nombre d'emploi.
- ✓ La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

➤ Remarque :

Pour notre cas, nous utilisons 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.

I.2.8 Calcul de la capacité :

I.2.8.1 Définition de la capacité :

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

I.2.8.2 La procédure de détermination du nombre de voies :

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Pour cela il est donc nécessaire

d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

➤ **Calcul de TJMA horizon :**

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

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

➤ **Calcul des trafics effectifs :**

C'est le trafic traduit en unités des véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de Type de route et de l'environnement :

- Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation :

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

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

z: pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

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

Tableau. I 3 : Coefficient d'équivalence en fonction de l'environnement de la route.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique (C3 , C4 , C5)	2-3	4-6	8-16
Route étroite (C2 , C1)	3-6	6 -12	16-24

I.2.9 Catégorie et environnement de la route :

9.1. Catégorie de la route :

En Algérie, les routes sont classées en cinq catégories (B40) :

- **La catégorie C1** : liaison entre deux grands centres économique et des centres d'industrie lourde.
- **La catégorie C2** : liaison des pôles d'industries de transformations entre eux.
- **La catégorie C3** : liaison des chefs-lieux de daïra et ceux de wilaya.
- **La catégorie C4** : liaison de tous les centres de vie avec le chef-lieu de daïra.
- **La catégorie C5** : routes pistes non comprises dans les catégories précédentes

9.2. Environnement de la route :

Trois classes d'environnements (E1, E2 et E3) ont été proposées dans le B40

Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre (h / l)
- La sinuosité.

Sinuosité

Faible

Moyenne

Forte

➤ Débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$$

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale 0.12

Q : est exprimé en u.v.p/h

➤ Débit horaire admissible :

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

Formule : $Q_{\text{adm}}(\text{u.v.p/h}) = k_1 * k_2 * C_{\text{th}}$

- K1 : coefficient lié à l'environnement.
- K2 : Coefficient de réduction de capacité.
- Cth : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Avec :

- Valeurs de K1 :

Tableau. I. 4 : valeurs de K1.

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

- Valeurs de K2

Tableau. I 5 : valeurs de K2.

	Catégorie de route				
environnement	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

- Valeurs de Cth :

Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Tableau. I 6 : valeurs de Cth.

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

➤ **Calcul du nombre de voies :**

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

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

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

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

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

Avec : S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie.

Tableau. I 7 : Environnement de la route.

Relief			
Plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E3	E3

APPLICATION AU PROJET :

➤ **Données de trafics :**

❖ **Hypothèses de calcul :**

* Année de comptage 2021

* Année de mise en service 2024

* Durée de vie 20 ans

*Le taux de croissance est de 4 %

*Environnement E3

*Catégorie C1

Les données :

$$*TJMA_{2021} = 18339 \text{ v/j}$$

$$*TJMA_{2021} = 9170 \text{ v/j/sens/voie plus chargée.}$$

$$*TJMA_{2024} = 9918 \text{ v/j /sens/voie plus chargée.}$$

$$*PL = 10 \% \text{ TPL} = 892 \text{ PL/j/sens/voie+ charge.}$$

❖ Projection future de trafic :***Trafic l'année de mise service 2024 :**

$$TJMA_{2024} = (1+\tau)^3 \times TJMA_{2021}$$

$$TJMA_{2024} = (1+0.04)^3 \times 9170 = 10315 \text{ v/j/sens}$$

***Calcul des trafics effectifs :(2024)**

$$Teff_{2024} = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_{2024}$$

$$Teff_{2024} = [(1 - 0.1) + 10 \times 0.1] \times 10315$$

$$Teff_{2024} = 19598.5 \text{ u.v.p/j}$$

***calcul de TJMA de l'année horizon (2044) :**

$$TJMA_{2044} = (1 + \tau)^{20} \times TJMA_{2024}$$

$$TJMA_{2044} = (1 + 0.04)^{20} \times 10315$$

$$TJMA_{2044} = 22601.4 \text{ v/j/sens}$$

***Calcul des trafics effectifs (2044) :**

$$Teff_{2044} = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_{2044}$$

$$Teff_{2044} = [(1 - 0.1) + 10 \times 0.1] \times 22601.4$$

$$Teff_{2044} = 42942.66 \text{ u.v.p/j}$$

***Débit de débit de point horaire année horizon (2024) :**

$$Q = (1/n) \times Teff_{2024}$$

Avec : (1/n) : coefficient de point horaire pris est égale à 0.12 (n=8heures).

$$Q = 0.12 \times 19598.5$$

$$Q = 2351.82 \text{ uvp/h/sens}$$

***Débit de débit de point horaire année horizon (2044) :**

$$Q = (1/n) \times \text{Teff}_{2044}$$

$$Q = 0.12 \times 42942.66$$

$$Q = 5153.12 \text{ uvp/h/sens}$$

***Calcul de Débit admissible :**

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th}$$

K1 : Coefficient correcteur pris égal à 0.9 à 0.95 pour E3

K2 : Coefficient correcteur pris égal à 0.91 pour environnement (E3) et catégorie (C1).

***Capacité théorique Cth (uvp/h) :**

Donc on est dans le cas d'une Route à chaussées séparées.

La capacité d'une chaussée dans ce cas doit être :

$$1500 < C_{th} < 1800 \text{ uvp/h/sens.}$$

***Le débit horaire admissible sera donc :**

$$Q_{adm} = 0.95 \times 0.91 \times 1800$$

$$Q_{adm} = 1556.1 \text{ uvp/h/sens}$$

***Détermination de nombre de voies par sens :**

$$N = S (Q/Q_{adm}) \text{ Avec : } S = (2/3)$$

$$N = (2/3) \times (5153.12/1556.1) = 2.21 \approx 2$$

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

Donc, on aura une chaussée de : 2x2 voies pour des raisons économiques.

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

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

$Q_{saturation}=4 \times 1556.1=6224.4 \text{ uvp/h/sens}$

$Q_{saturation}=6224.4 \text{ uvp/h/sens}$

$$\rho = \frac{\ln\left(\frac{Q_{saturation}}{Q_{2024}}\right)}{\ln(1+\tau)}$$

$$\rho = \frac{\ln\left(\frac{6224.4}{2351.82}\right)}{\ln(1+0.04)}$$

$\rho=24.87 \longrightarrow \rho=25 \text{ ans.}$

D’où notre route sera saturée 25 ans après la mise en service donc l’année de saturation.

Les résultats sont repris dans le tableau suivant :

Tableau. I 8 : Résultats acquis.


TJMA 2024 v/j/sens	TJMA 2044 v/j/sens	Q2024 uvp/h	Q2044 uvp/h	Teff2024 (uvp/j)	Teff2044 (uvp/j)	N (voies)
10315 v/j/sens	22601.4 v/j/sens	2351.82 uvp/h	5153.12 uvp/h	19598.5 u.v.p/j/sens	42942.66 u.v.p/j/sens	2


I.2.11 Conclusion :

Sur la base des résultats obtenus, il a été conclu qu’une conception conforme à la norme B40 nous fournissait une route composée de (2×2voies)

Unidirectionnelles.

*le profil en travers retenu pour le projet est constitué :

 Chaussée : 2×2×3.8m

 Terre-plein central (TPC) :2m

 Accotement : 2×0m

 Largeur plate- forme : 21m

Chapitre 02

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ROUTIÈRES

- ✚ TRACE EN PLAN.
- ✚ PROFIL EN LONG.
- ✚ PROFIL EN TRAVERS
- ✚ LES CARREFOURS.

II.1 TRACE EN PLAN :

II.1.1.Introduction :

Par définition, le tracé en situation ou en plan ou encore tracé horizontal représente la projection verticale de la route dans l'espace, ce plan est en général une carte topographique ou un plan de situation ou le relief du terrain est représenté par les courbes de niveau, en générale, il est constitué d'alignements droits raccordés par des courbes.

Il est caractérisé par la vitesse de référence appelée aussi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires de la route. Mais la pratique des grandes vitesses à imposer d'éléments supplémentaires pour les raccordements progressifs entre les alignements droits et les courbes.

II.1.2. Définition du tracé en plan :

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, il est constitué d'une succession de droites, raccordés par d'arc de cercle. Il doit permettre d'assurer les bonnes conditions de sécurité et de confort.

II .1.3.La vitesse de référence :

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

II .1.4. Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

II.1 .5. Paramètres fondamentaux (b40) :

Pour le cas de notre projet la vitesse de base est 80 km/h, le tableau suivant illustre l'ensemble de la caractéristique des différents éléments.

En tenant compte à ces quatre critères on a porté le choix sur une vitesse de base égale à 80 Km/h sur tout le tronçon routier étudié.

- Détermination des dévers d_{max} et d_{min} :

Tableau. I 9 : Dévers

	Cat 1	Cat2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
Dmin	-2.5%	-2.5%	-3%	-3%	-4%
Dmax	7%	7%	8%	8%	9%

•Détermination du coefficient transversal f_t :

Tableau. I 10 : Valeur du coefficient f_t

V_r	40	60	80	100	120	140
Cat 1-2	0.22	0.16	0.13	0.11	0.1	0.1
Cat 3-4-5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11	

•Tableau des coefficients F'' en fonction de la catégorie :

Tableau. I. 11 : Valeur du coefficient "F".

Catégorie	Cat 1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

II.1.6.Règles à respecter pour le tracé en plan :

- ❖ Appliquer les normes du B40 si possible ;
- ❖ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles ;
- ❖ Eviter les franchissements des oueds afin d’éviter les maximum constructions des ouvrages d’art et cela pour des raisons économiques, si on n’a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement ;
- ❖ Adapter au maximum le terrain naturel ;
- ❖ Utiliser les grands rayons si l’état du terrain le permet ;
- ❖ Respecter la cote des plus hautes eaux ;
- ❖ Respecter la pente maximum, et s’inscrire au maximum dans une même courbe de niveau ;
- ❖ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c’est possible ;
- ❖ Se raccorder sur les réseaux existants ;
- ❖ S’inscrire dans le couloir choisi.
- ❖ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières ;
- ❖ Eviter au maximum les propriétés privées ;
- ❖ Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques ;
- ❖ Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé ;

A- Pour les routes neuves :

Il convient en outre, pour les projets de routes neuves :

1. d'éviter les tracés en succession de grandes courbes (tracés de type autoroutier),
2. de recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de zones de visibilité de dépassement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversé).
3. d'éviter, en extrémité d'alignements droits importants (plus de 1 km) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon inférieur à 300 m, de même qu'en bas de longues descentes rapides, en extrémité d'alignements plus courts (0,5 à 1 km) éviter les courbes de rayon inférieur à 200 m,
4. De respecter, lorsque deux courbes se succèdent (même séparées par un alignement droit, quelle que soit sa longueur) la condition suivante concernant leurs rayons R1 et R2 $0,67 < \frac{R1}{R2} < 1,5$, sauf si R1 et R2 sont supérieurs à 500 m,
5. d'exclure les courbes en ove, en C, et à sommet.

B- Pour l'aménagement des routes existantes :

Sous certaines conditions, des valeurs inférieures aux valeurs minimales peuvent être adoptées (2). Les recommandations 1 et 2 sont généralement sans objet mais les recommandations 3, 4 et 5, qui concernent directement la sécurité, sont à prendre en considération. Elles doivent être appréciées en tenant compte des résultats du diagnostic de sécurité (analyse des accidents notamment).

II.1.7.Particularité de conception du dédoublement :

L'approche d'étude de dédoublement est différente des études en site vierge et différente également des études de renforcements et réhabilitation pour cela l'approche suivante a été adoptée :

- ✓ L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à RHnd est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcout sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.
- ✓ Elargir autant que possible d'un seul côté ; cette démarche permet de réduire les coûts de projet, sauvegarder et préserver la chaussée existante, aussi pour l'assainissement,

Elle permet d'exécuter les travaux sans porter de gêne aux usagers (maintien de la circulation). Néanmoins à ces avantages des inconvénients sont à prendre en charge, notamment en ce qui concerne, comment coller au maximum la chaussée nouvelle à l'ancienne en tout en respectant la

Largeur minimale de T.P.C. comment adopter l'axe nouveau à l'ancien sachant que ce dernier peut ne pas être conforme aux normes techniques (rayons au-dessous du minimum)

En fin pour les sections bordées d'habitation nous avons préconisé de :

- ✓ Utiliser au maximum la plateforme existante en se collant sur l'existant
- ✓ Elargir des deux côtés si ces mesures s'avèreraient insuffisantes.

II.1.8.Éléments du tracé en plan :

Est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier. Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide des Clothoïdes qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route. Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

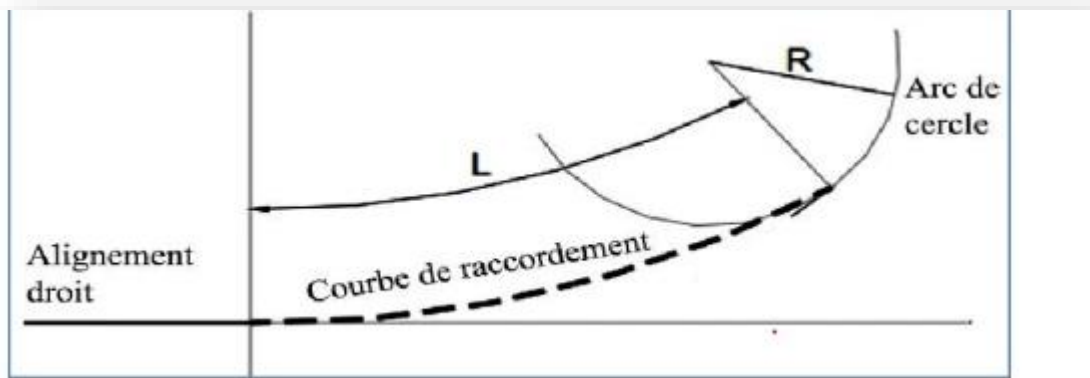


Figure II 1: élément du tracé en plan.

II.1.8.1.Alignement :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint. La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

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

- ❖ Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie:
 - En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées ;
 - Dans des vallées étroites ;
 - Pour donner la possibilité de dépassement.

- ❖ Donc la longueur des alignements dépend de:
 - La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne ;
 - Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement ;
 - Du rayon de courbure de ces sinuosités.

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

II.1.8.2. Règles concernant la longueur des alignements :

8.1. Longueur minimale :

Une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (05) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{min} = t \cdot V_r$$

8.2 Longueur maximum :

$$L_{max} = 60 V_r$$

➤ Pour notre projet :

$$L_{min} = \frac{(5 \cdot 80)}{3.6} \longrightarrow L_{min} = 111 \text{ m}$$

$$L_{max} = \frac{(60 \cdot 80)}{3.6} \longrightarrow L_{max} = 1333 \text{ m}$$

II .8.3. Arcs de cercle :

La longueur de l'arc ne doit être ni trop faible (pour éviter de surprendre le conducteur) ni trop forte (ce qui à grand vitesse, créerait une tension pénible).

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- ✚ Stabilité des véhicules en courbe ;
- ✚ Visibilité en courbe ;
- ✚ Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

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

3.1. Stabilité En Courbe :

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

L'équilibre des forces agissantes sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

$$R \geq \frac{Vr^2}{g(f_t+d)}$$

Avec : Vr: vitesse de référence (m/s).

g : gravitation (m/s²).

f_t : Coefficient de frottement transversal.

d : dévers.

a. Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, et il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il définit comme étant le rayon de dévers maximale.

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

$d_{max} = 7\%$ en catégorie 1 - 2

$d_{max} = 8\%$ en catégorie 3 - 4

$d_{min} = 9\%$ en catégorie 5

b. Rayon minimal normal (RHN) :

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

$$\text{RHN} = \left(\frac{V_B + 20}{127(f_t + d)} \right)^2$$

Avec : $d = (d_{\max} - 2\%)$ en catégorie 1 – 2 – 3 – 4

$d = (d_{\max} - 3\%)$ en catégorie 5.

c. Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

Dévers associé :

$d_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1 – 2

$d_{\min} = 3\%$ en catégorie 3 – 4 – 5

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

d. Rayon minimal non déversé (RHnd) :

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

avec : cat 1-2 \longrightarrow $\text{RHnd} = \frac{V_B^2}{127 * 0.0035}$

Avec : cat 3-4-5 \longrightarrow $\text{RHnd} = \frac{V_B^2}{127(f' - d_{\min})}$

$f' = 0,07$ Cat 3

$f' = 0,075$ Cat 4-5

3.2 Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- ✚ Il n'y a aucun rayon inférieur à RH_m , on utilise autant de valeurs de rayon \geq à RHN que possible.
- ✚ Les rayons compris entre RH_m et RH_d sont déversés avec un dévers interpolé

Linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près entre d_{max} et $d(RHm)$.

si : **$RHm < R < RHn$** :

$$\frac{d(R) - d(RHn)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHn}} = \frac{d(RHm) - d(RHn)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}}$$

Entres $d(Rh_n)$ et d_{min} si : **$RHn < R < RHd$** :

$$\frac{d(R) - d(RHd)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d(RHn) - d(RHd)}{\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd}}$$

Pour notre projet (dédoublé de la RN20 situé dans l'environnement E3, et classé en catégorie (C1) avec une vitesse de base de 80 Km/h, donc à partir du règlement B40 :

- ✓ Coefficient de frottement longitudinal $f_l = 0,39$.
- ✓ Coefficient de frottement transversal $f_t = 0,13$.
- ✓ Temps de perception réaction (s) $T_{pr} = 2$ (s)
- ✓ Distance de freinage : $\longrightarrow d_0 = \frac{v^2}{260 f_l} \longrightarrow d_0 = \frac{80^2}{260 * 0.39}$

$$d_0 = 63 \text{ m.}$$

En alignement direct :

$$\text{Distance d'arrêt : } \longrightarrow d_1 = d_0 + 0.55V \longrightarrow V < 100 \text{ km/h}$$

$$d_1 = 63 + 0.55 \times 80 = 105 \text{ m.}$$

En courbe :

$$d_2 = d_1 + 0.25 d_0 \longrightarrow d_2 = 105 + 0.25 \times 63 = 120.75 \text{ m.}$$

Tableau II 1 : Résumant les résultats obtenus.

Paramètres	Symboles	Valeur	Valeurs normalisée
Vitesse (Km/h)	V_B	80 km/h	80km/h
Rayon horizontal minimal (m)	RHm(7%)	251	250
Rayon horizontal normal (m)	Rhn(5%)	437	450
Rayon horizontal diverse (m)	RHd(2.5%)	1008	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd(2.5%)	1438	1400
Longueur minimale d'alignement.	Lmin (m)	111	
Longueur maximale d'alignement.	Lmax (m)	1333	

E. Sur largeur :

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

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

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

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

R : rayon de l'axe de la route.

II.8.4. raccordements progressifs :

Les courbes de rayons R inférieur à Rhnd sont introduites par des raccordements progressifs.

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais

Progressivement (courbe dans la courbure croit linéairement de R=∞ jusqu'à R= constant), Pour assurer :

- ✓ La stabilité transversale de véhicule ;
- ✓ Le confort des passagers de véhicule ;

- ✓ La transition de la chaussée ;
- ✓ Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

II.8.4.1. Types de courbe de raccordement :

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

- Parabole cubique ;
- Lemniscate ;
- Clothoïde.

a. Parabole cubique :

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

b. Lemniscate :

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

c. Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

II.9. Clothoïde :

II.9. 1 Expression de la clothoïde :

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc).

$$A = \sqrt{RL}$$

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

- SL : Corde (KA – KE).
- σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangent

II.9. 2 Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer la condition suivante :

a) Condition de confort 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 $\tau \geq 3^\circ$ soit $\tau \geq 1/18$ rads

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

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

➤ **Règles générale B40 :**

- Pour $R < 1500 \longrightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où :

$$L = \sqrt{(24.R. \Delta R)}$$

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

- Pour $R > 5000 \longrightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit : $L = 7.75.\sqrt{R}$

b) Condition de confort dynamique :

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

La variation de l'accélération transversale est : $\left(\frac{V_R^2}{(R-g*\Delta d)} \right)$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg = \frac{1}{0.2*R}$

On opte :

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

V_r : vitesse de base (Km/h)

R : rayon en mètre (m)

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

c) 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 tel sorte $\Delta p < 0.5/VR$

Nous avons :

$$L = l \cdot \Delta d \cdot V_r$$

Avec : l : largeur de chaussée(m).

L : longueur de raccordement (m)

Δd : variation de dévers. (%)

Et finalement on prend la longueur de Clothoïde :

$$L = \max [L_1, L_2, L_3]$$

Il faut vérifier les conditions suivantes : $A^2 = R \cdot L$

- calcul de ripage : $\Delta R = \frac{L^2}{24R}$

- calcul de la tangente : $\tau = \frac{L}{24R} * \frac{200}{\pi}$

- Vérification de non chevauchement : $\tau = \frac{\gamma}{2}$ (grad)

✓ Remarque :

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

$$L \geq 5 * \Delta d * V_B * 36$$

II.10. Combinaison des éléments de trace en plan :

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

II.10.1 Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordement deux arcs de cercles. Elle est fréquemment utilisée.

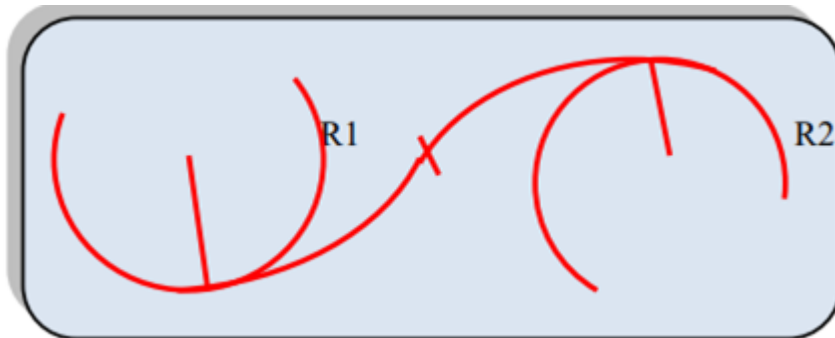


Figure II 3 : courbe en S.

II.10.2 Courbe à sommet :

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

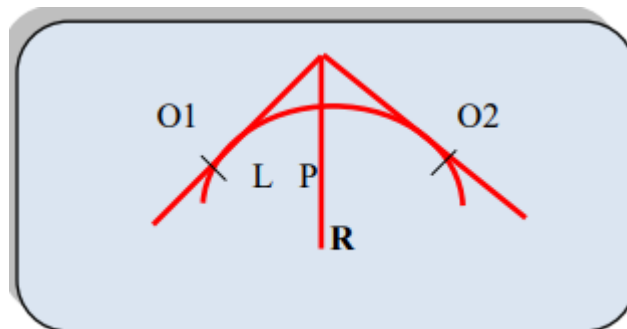


Figure II 4 : courbe a sommet

II.10.3 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.

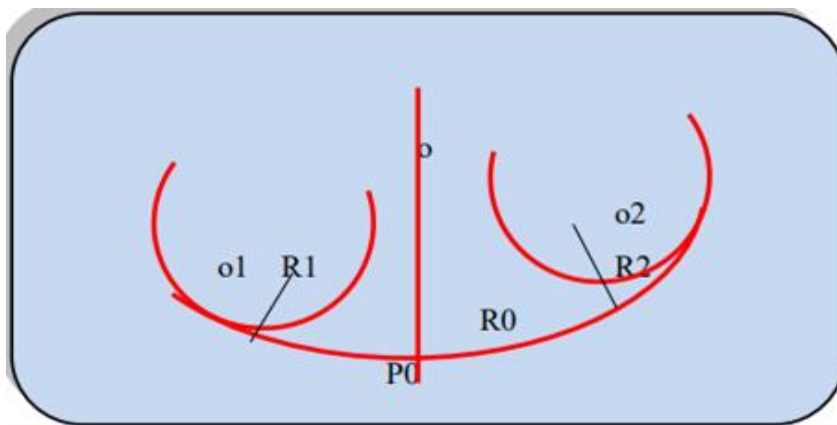


Figure II 5 : courbe en C.

II.10.4 Ove :

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

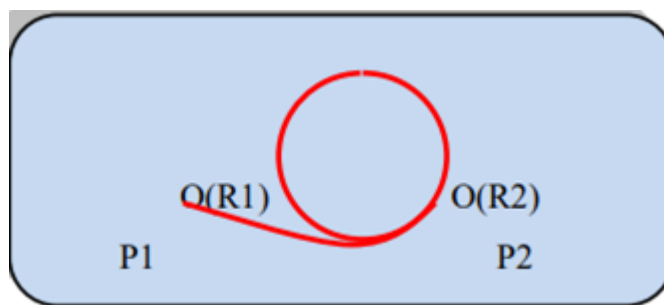


Figure II 6 : courbe en ove.

II.11 .La visibilité :

II.11 .1.Objectif et méthode :

Les règles de comportement du conducteur dans le cas où les conditions de visibilité ne sont pas satisfaisantes. Il peut s'agir soit de conditions météorologiques défavorables (pluie, brouillard) soit de configurations physiques particulières (sommets de cote, intersections, virages).

Dans un souci de sécurité mais également de confort, la conception géométrique des routes doit permettre d'assurer des conditions de visibilité satisfaisantes tant au droit des points singuliers qu'en section courante.

Une des taches du concepteur routier est de rechercher un juste équilibre entre les besoins en visibilité et les contraintes spécifiques au projet.

Ces exigences dépendant de la vitesse pratiquée, du temps de réaction et de la distance nécessaire à la manœuvre visée.

II.11.2. La distance d'arrêt :

C'est la distance conventionnelle théorique nécessaire à un véhicule pour s'arrêter compte tenu de sa vitesse, calculée comme la somme de la distance de freinage et de la distance parcourue pendant le temps de perception réaction. en courbe, si R est inférieur à 5V (km/h), la distance de freinage augmentée est majorée de la distance d'arrêt en fonction de V80 donnée par le tableau suivant :

Tableau II 2: la distance d'arrêt.

V (km/h)	40	60	80	100	120	140
Distance de freinage d0 (m)	15	35	60	105	170	250
Distance d'arrêt alignement d1 (m)	40	70	165	160	230	320
Distance d'arrêt en courbe d2 (m)	45	80	120	180	280	385

II.11.3. La distance de freinage :

C'est la distance conventionnelle nécessaire à un véhicule pour passer de sa vitesse initiale à 0. Elle ne correspond pas aux données des constructeurs automobiles et est fonction de la vitesse initiale, de la déclivité et de coefficient de frottement longitudinale (valeur comprise entre 0 et 1). Ce dernier, de par ses hypothèses de calcul, offre des marges de sécurité importantes pour la majeure partie des situations.

$$D_f = \frac{v^2}{2g(c_{fl} \pm p)}$$

v : vitesse en m/s

g : 9,81 m/s² (accélération de la pesanteur)

C : coefficient de frottement longitudinal

p : déclivité du profil en long (en m/m)

II.11.4. La visibilité sur un virage :

La distance nécessaires peut être estimée à la distance parcourue en 3 secondes à la vitesse V_{80} (m/s) et mesurée entre le point d'observation : l'œil du conducteur (hauteur 1m, 2m du bord droit de la chaussée) et le point observé (hauteur 0 m sur l'axe de la chaussée au début de la partie circulaire de virage).

II.12. Notion de devers :

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe. La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

II.12.1 .Devers en alignement :

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

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

II.12.2. Devers en courbe :

Le devers en courbe permet :

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

II.12.3. Rayon de courbure :

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

II.12.4. Raccordement de devers :

En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (2.5%), en courbe ils ont des valeurs supérieures (de 3 à 7 %) le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des Clothoïdes :

- ❖ Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressifs à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.

❖ Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance d_{min} .

II.13. Calcul de l'axe :

Le calcul d'axe est l'opération de base par laquelle toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste au calcul d'axe point par point du début du tronçon à sa fin. On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

Le calcul d'axe se fait à partir d'un point fixe dont on connaît les coordonnées, il suit les étapes suivantes :

- ✚ Calcul de gisements ;
- ✚ Calcul de l'angle entre alignements ;
- ✚ Calcul de la tangente T ;
- ✚ Calcul de la corde SL ;
- ✚ Calcul de l'angle polaire ;
- ✚ Vérification de non chevauchement ;
- ✚ Calcul de l'arc de cercle ;
- ✚ Calcul des coordonnées des points singuliers ;

➤ **Application du projet :**

a)-Détermination de A :

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

$$R \geq \frac{V_R^2}{g(f_t + d)} \longrightarrow R \geq \frac{80^2}{127(0.13 + 0.05)} \longrightarrow R \geq 280 \text{ m}$$

On prend : $R = 300 \text{ m}$

b)-détermination de L :

➤ Condition de confort optique : $L_{r1} = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$

$$\frac{R}{3} \leq A_{min} \leq R \longrightarrow \frac{350}{3} \leq A_{min} \leq 300$$

$$\longrightarrow 100 \leq A_{min} \leq 300$$

$$L_{r1} = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} \text{ soit : } R=300 < 1500 \text{ m} \longrightarrow \Delta R = 1$$

$$L_{r1} = \sqrt{24 \cdot 300 \cdot 1} = 92 \text{ m} \longrightarrow L_{r1} = 85 \text{ m}$$

➤ Condition de confort dynamique : $L_{r2} \geq \frac{V^2}{18} \left(\frac{V^2}{127.R} - \Delta d \right)$

$\Delta d = ?$

$R = 300 \text{ m}$, $R_{Hm} = 250 \text{ m}$, $R_{Hn} = 450 \text{ m}$

$R_{Hm} < R < R_{Hn}$:

$$\frac{d - d_{R_{Hn}}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hn}}} = \frac{d_{R_{Hm}} - d_{R_{Hn}}}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{Hn}}}$$

$$\rightarrow d = d_{R_{Hn}} + \frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hn}}\right) (d_{R_{Hm}} - d_{R_{Hn}})}{\left(\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{Hn}}\right)} = \mathbf{0.0625}$$

$$d = \mathbf{6.25 \%}$$

$$\Delta d = 6.25 - (-2.5) = 8.75 \%$$

$$L_{r2} \geq \frac{V^2}{18} \left(\frac{V^2}{127.R} - \Delta d \right) \rightarrow L_{r2} \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.300} - 0.0875 \right)$$

$$\rightarrow L_{r2} = \mathbf{28.61 \text{ m}}$$

➤ Condition de gauchissement : $L_{r3} \geq (l \cdot \Delta d \cdot V)$

$$L_{r3} \geq (7,6 \cdot 0,0875 \cdot 80) \Rightarrow L_{r3} \geq 53.2 \text{ m}$$

De (L_{r1}) (L_{r2}) (L_{r3}) on aura : $L = 85 \text{ m}$

$$\text{Donc } L = \frac{A^2}{R} \rightarrow A^2 = L.R \rightarrow A = \sqrt{L.R} \Rightarrow A = \sqrt{(85 \cdot 300)} = 159.68 \text{ m}$$

On prend : $A = 160 \text{ m}$

$$\rightarrow L = \frac{160^2}{300} = 85.33 \text{ m}$$

a) Calcul de ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{85^2}{24 \times 300} = \mathbf{1 \text{ m}}$$

Calcul des gisements :

	X	Y
P ₁	342366.8	4029030.6
P _{S1}	346280.4	4032663.3
P _{S2}	346238.8	4032461.5

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

$$P_1P_{S1} = \begin{cases} |\Delta X| = |XP_{S1} - XP_1| = |346280.4 - 342366.8| = 3913.6m \\ |\Delta Y| = |YP_{S1} - YP_1| = |4032663.3 - 4029030.6| = 3632.7m \end{cases}$$

P_{S1}P_{S2} =

$$\begin{cases} |\Delta X_1| = |XP_{S2} - XP_{S1}| = |346238.8 - 346280.4| = 41.6 m \\ |\Delta Y_1| = |YP_{S2} - YP_{S1}| = |4032461.5 - 4032663.3| = 201.8 m \end{cases}$$

$$G=100-g$$

$$G_{s0}^{s1} = \arctg \frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|} = \frac{|3632.7|}{|3913.6|} = 47.63 \text{ grade}$$

$$G=100 - 47.63= 52.37 \text{ grade}$$

G=g

$$G_{s1}^{s2} = \arctg \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = \frac{|41.6|}{|201.8|} = 12.94 \text{ grade}$$

$$G=12.94 \text{ grade}$$

b) Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s0}^{s1} - G_{s1}^{s2}| = |52.37 - 12.94| = 39.43 \text{ grade}$$

c) Calcul de L'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi}$$

Routières

$$\tau = \frac{85}{2.300} \times \frac{200}{3.14}$$

$$\tau = 9.02 \text{ grade}$$

d) Vérification de non chevauchement

$$\tau = 9.04 \text{ grades}$$

$$\frac{Y}{2} = \frac{39.43}{2} = 19.72 \text{ grades}$$

$$\tau = 9.02 \text{ grades} < \frac{Y}{2} = 19.72 \text{ grades} \longrightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

e) Calcul des distances :

$$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{3913.6^2 + 3632.7^2} = 5380.7 \text{ m}$$

$$\overline{S_2 S_1} = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} = \sqrt{41.6^2 + 201.8^2} = 206.04 \text{ m}$$

f) Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = \frac{85}{2} = 42.5 \text{ m}$$

g) Abscisse de K_E :

$$X = L \left(1 - \frac{L}{40.L^2}\right) = 85 \left(1 - \frac{85}{40.85^2}\right) = 84.9 \text{ m}$$

h) Origine de K_E :

$$Y = \frac{L^2}{6.R} = \frac{85^2}{6.300} = 4.01 \text{ m}$$

i) Calcul de la tangente T :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \cdot \text{tg}\left(\frac{Y}{2}\right) \quad \text{On a : } \frac{L}{R} = \frac{85}{300} = 0.28$$

$$T = 42.5 + (300 + 1) \cdot \text{tg}\left(\frac{Y}{2}\right) = 145.24 \text{ m}$$

j) Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{84.9^2 + 4.01^2} = 85 \text{ m}$$

k) Calcul de σ :

$$\sigma = \text{arc tg}\left(\frac{Y}{X}\right) = \text{arctg}\left(\frac{4.01}{84.9}\right) = 3.005 \text{ grades}$$

a) Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 39.43 - 2 \cdot 9.02 = 21.39 \text{ grade}$$

$$K_{E1}-K_{E2} = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200} = \frac{300 \times 3.14 \times 21.39}{200} = 100.74 \text{ m}$$

b) Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} = \begin{cases} X_{KA1} = X_P + (\overline{SOS1} - T) \sin(G_{S0}^{s1}) \\ Y_{KA1} = Y_P + (\overline{SOS1} - T) \cos(G_{S0}^{s1}) \end{cases}$$

$$K_{A1} = \begin{cases} X_{KA1} = 342366.8 + (5380.7 - 145.24) \sin(52.37) = 346204.39 \text{ m} \\ Y_{KA1} = 4029030.6 + (5380.7 - 145.24) \cos(52.37) = 406490.712 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} = \begin{cases} X_{KA2} = X_{PS1} + T \sin(G_{S1}^{s2}) \\ Y_{KA2} = Y_{PS1} + T \cos(G_{S1}^{s2}) \end{cases}$$

$$K_{A=} \begin{cases} X_{KA2} = 346280.4 + 145.24 \sin(12.94) = 346309.73 \text{ m} \\ Y_{KA2} = 4032663.3 + 145.24 \cos(12.94) = 4032805.49 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} = \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + SL \sin(G_{S1}^{s2} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cos(G_{S1}^{s2} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} = \begin{cases} X_{KE1} = 346204.39 + 85 \sin(12.94 - 3.005) = 346217.6 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 406490.712 + 85 \cos(12.94 - 3.005) = 406574.6 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E2} = \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + SL \sin(G_{S1}^{s2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL \cos(G_{S1}^{s2} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} = \begin{cases} X_{KE2} = 346309.73 + 85 \sin(12.94 + 3.005) = 346330.7 \text{ m} \\ Y_{KE2} = 4032805.49 + 85 \cos(12.94 + 3.005) = 4032884.8 \text{ m} \end{cases}$$

II.2. LE PROFIL EN LONG :

II.2.1. Introduction :

Le profil en long est une ligne développée de l'axe de la route sur un plan vertical, constituée de segment des droites des pentes ou de rampes raccordées par des courbes d'arcs de parabole de 2eme degré.

Le pourcentage de déclivité choisi de manière à assurer une bonne circulation du trafic des poids lourds en limitant leur nombre dans la limite du possible.

Le plan comprend la ligne du terrain naturel (TN) tracée en noire appelée «ligne noire» et celle du projet (route finie ou forme de terrassement) tracée en rouge appelée «ligne rouge».

- ❖ L'échelle utilisée en hauteur (ordonnée) est plus grande que celle des longueurs (abscisse), dans le rapport 1 à 10 ;
- ❖ Les distances partielles et cumulées sont les valeurs en projection horizontales. Les longueurs indiquées sur les déclivités sont les valeurs réelles ;
- ❖ Les courbes en plan sont conventionnellement indiquées à gauche ou à droite ;
- ❖ L'espacement entre profils est de 10 à 25m en courbes et de 25 à 50m en alignement droit.

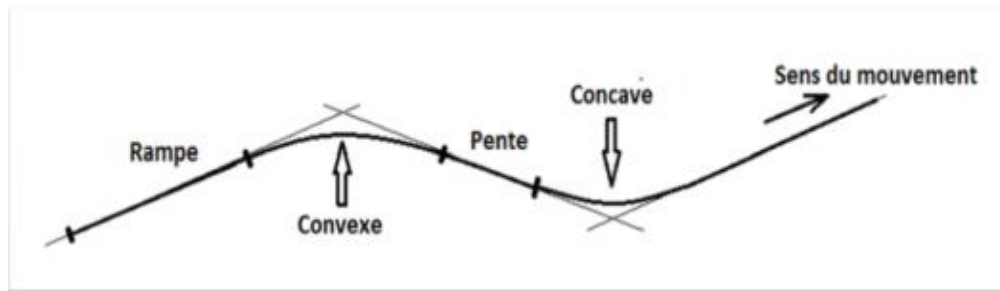


Figure II 7 : profil en long.

II.1.2. La ligne de projet (ligne rouge) :

La ligne rouge est tracée suivant les critères suivants :

- ✓ Minimum de terrassement ;
- ✓ Si possible \sum aires déblai = \sum aire remblai sur le profil en long ;
- ✓ Cette égalité diminue la différence entre les volumes de déblai et de remblai mais n'entraîne pas leur égalité ;
- ✓ Respect des points de passage obligatoires (ponts, passage à niveau, village...)
- ✓ Respect de la pente maximale autorisée qui est fonction de vitesse ;
- ✓ Tenir compte des ouvrages d'assainissement (buses, dalot, pont).

La ligne rouge d'une route est constituée d'alignements droits et de courbes (parabole ou cercles).

II.2.3. Règles à respecté dans le trace du profil en long :

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ✓ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.

- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment :
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

II.2.4. Coordination de la trace en plan et du profil en long :

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

- Une vue satisfaisante de la route en plus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution de la trace.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, passage souterraine ...etc.).

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

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

II.2.5 Déclivités du profil en long :

a) Déclivité maximale :

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

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

Selon le B40 :

Tableau II 3 : tableau de déclivité du profil en long en fonction de la vitesse.

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

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

b) Déclivité minimale :

- Il est recommandable d'éviter les pentes inférieures à 1%, et surtout à 0.5% et ceci dans le but d'éviter la stagnation des eaux
- Dans les longues sections en déblais on prend $I_{\text{mine}} = 0.5\%$ pour que les ouvrages de canalisation ne soient pas profonds.

II.2.6 Avantages de coordination du tracé en plan – profil en long :

- ✓ Assurer de bonnes conditions générales de visibilité.
- ✓ Eviter de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu.

II.2.7 Raccordement en profil en long :

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

II.2.7.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

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

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

a) Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à $(0.3 \text{ m/s}^2 \text{ soit } g/40)$, le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$D'où : \frac{V^2}{R_v} < \frac{g}{40} \quad \text{avec } g=10 \text{ m/s}^2$$

$$R_v \geq 0.3 V^2 \quad \text{pour (cat 1-2)}$$

$$R_v \geq 0.23 V^2 \quad \text{pour (cat 3-4-5)}$$

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

V : vitesse de référence (km /h).

b) Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccords des points hauts comme condition suppléant à celle de condition confort. Il faut que véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

D1 : Distance d'arrêt (m)

h0 : Hauteur de l'œil (m)

h1 : Hauteur de l'obstacle (m)

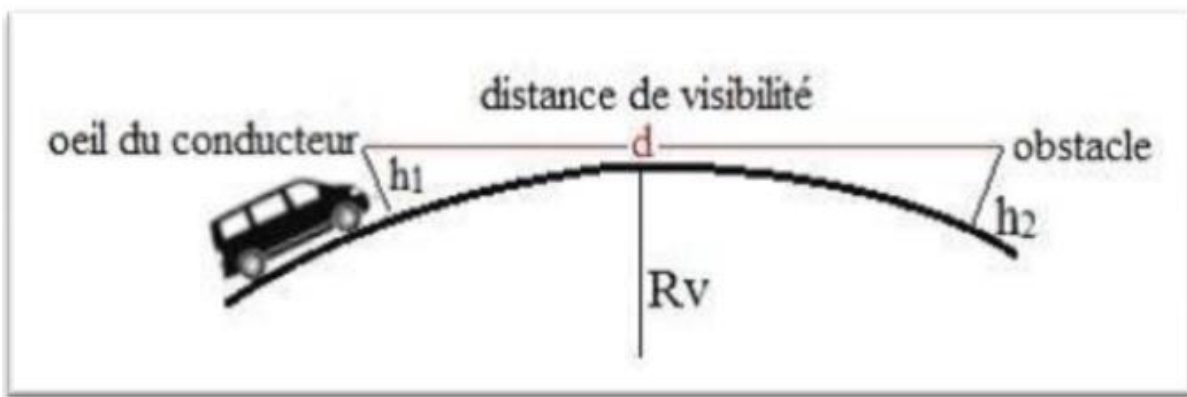


Figure II 8 : raccordement convexe

Catégorie : C1 et C2

○ **Pour Chaussées unidirectionnelles : (4 voies ou 2 chaussées)**

$$\begin{cases} h_0 = 1.10 \text{ m} \\ h_1 = 0.15 \text{ m} \end{cases} \longrightarrow RV = 0.24 \cdot d_i^2$$

S : distance d'arrêt = di.

h0 : hauteur de l'œil (m).

h1 : hauteur de l'obstacle (m).

○ **Pour une chaussée bidirectionnelle : (route à 2 ou 3 voies)**

$$\begin{cases} h_0 = 1.10 \text{ m} \\ h_1 = 0.12 \text{ m} \end{cases} \longrightarrow R_v = 0.11 \cdot d \cdot m d^2$$

dmd : distance de manœuvre de visibilité de dépassement

- Le rayon minimum : $R_{vm}^2 = R_v (dmd) \longrightarrow V = V_r$

- Le rayon minimum normal : $R_{vn}^2 = R_v (dmd) \longrightarrow V = V_r + 20$

- Les rayons assurant la distance de visibilité de dépassement : R_{vd}

$R_{vd} = R (dm)$ Pour : $V = V_r$

Catégorie : C3, C4, C5

- **Pour Chaussées unidirectionnelles : (4 voies ou 2 chaussées)**

$$\left\{ \begin{array}{l} h_0 = 1.10 \text{ m} \\ h_1 = 0.15 \text{ m} \\ s = d_1 \end{array} \right. \longleftrightarrow R_v = 0.22 d_1^2$$

- **Pour chaussées bidirectionnel :**

$R_v = 0.09 d_1^2$

Tableau II 4 : Rayons de Raccordements convexes.

Catégorie		C1
Environnement		E3
Vitesses de base (Km/h)		80 km/h
Rayon en angle saillant RV	Route unidirectionnelle : (2x2 voies) RVm1 (minimal absolu) en m RVn1 (minimal normal) en m	2500 6000

➤ **Remarque :**

L'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburant
- Faibles vitesses.
- Gène des véhicules.

II.2.7.2 Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un

tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle. La visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation : $R'v = \frac{d_1^2}{(1.5+0.035d_1)}$

Avec :

Rv : rayon minimum du cercle de Raccordement.

d1 : distance d'arrêt.

Pour une chaussée bi directionnelle avec une vitesse Vr = 80 Km/h et catégorie C1 on le tableau suivant :

Tableau II 5 : Rayons de Raccordements concaves

Rayon en angle rentrant RV ' ,	Route unidirectionnelle :(2x2 voies) RVm1 (minimal absolu) en m RVn1 (minimal normal) en m	2400 3000
--------------------------------	--	--------------

Application du projet :

Caractéristiques des profils en long :

1) Angle saillant :

a) Condition de confort :

$R_{vmin} = 0.3Vr^2 = 0.3 \times 80^2 = 1920 \text{ m}$

b) Condition de visibilité :

On a d1 = 105m ; h0= 1.10 m ; h1= 0.15 m

$$R_v \geq \frac{d_1^2}{2(h_0+h_1+2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

Dans notre cas pour C1 on trouve : $RVm1 = 0.24 (d_1)^2$

$RVm1 = 0.24 \times 105^2 = 2646 \text{ m}$

2) Angle rentrant :

✓ Rayon minimal absolu :

$R'v \text{ min} = 0.3Vr^2 = 0.3 \times 80^2 = 1920 \text{ m}$

✓ Rayon minimal normal :

Les rayons verticaux minimaux normaux en angle rentrant sont obtenus par application de la formule suivante :

$RVN'vr = RVM' (Vr + 20)$

$Rvn = 0.3 (Vr+20)^2$

$Rvn = 0.3 (80+20)^2 = 3000 \text{ m}$

$R'v = \frac{d_1^2}{(1.5+0.035d_1)} = R'v = \frac{105^2}{(1.5+0.035 \times 105)} = 2130.43 \text{ m}$

II.2.9 Détermination pratiques du profil en long :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle : $X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0$

A l'équation de la parabole : $X^2 - 2 R Y = 0 \implies Y = \frac{X^2}{2R}$

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

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

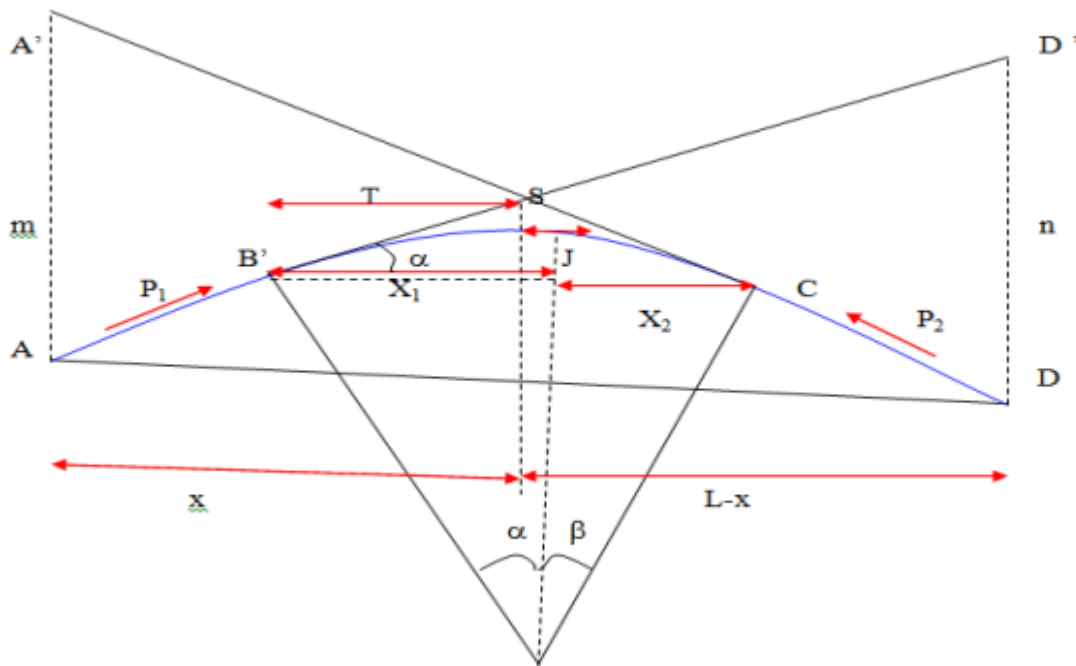


Figure II 9 : les éléments du profil en long.

5-1 Détermination de la position du point de rencontre (s) :

On a : $Z_A = Z_{D'} + L.P2$; $m = Z_{A'} - Z_A$

$Z_D = Z_{A'} + L.P1$; $n = Z_{D'} - Z_D$

Les deux triangles A' A et DD' sont semblables donc :

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

$$S = \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P_1 X + Z_A \end{cases}$$

5.2 Calcul de la tangente :

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

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

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

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 \end{cases} \quad C \begin{cases} X_C = X_S - T \\ Z_C = Z_S - T \cdot P_2 \end{cases}$$

5-3 Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$L.R=2.T$$

5-4 Calcul de la flèche :

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

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

$$\begin{cases} H_X = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_B + X \cdot p_1 - \frac{X^2}{2R} \end{cases}$$

5.6 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

$$X_1 = RP_1 ; \quad X_2 = RP_2$$

$$J = \begin{cases} X_j = X_B + R \cdot P_1 \\ Z_j = Z_B + X_1 P_2 - \frac{X_1^2}{2R} \end{cases}$$

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

II.3 Profil en travers :

II.3.1. Définition :

Le profil en travers est une coupe perpendiculaire de l'axe de la route, il nous permet la configuration du terrain. Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures (volumes des déblais et des remblais).

II.3.2. Les éléments constitutifs du profil en travers type :

❖ Emprise :

Est la surface du terrain naturel affectée à la route, limitée par le domaine public.

❖ Assiette :

Est la surface de la route délimitée par les terrassements.

❖ Plate-forme :

Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre-plein central et bande d'arrêt.

❖ Chaussée :

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

❖ Accotement :

Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieur d'une berme.

❖ Fossé :

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

❖ 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.

❖ Arrondi de talus :

En remblai, l'arrondi de talus constitue le raccordement entre la berme de droit et le talus. Sa largeur est de 1m.

❖ 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.

❖ Terre-plein central (T.P.C) :

Le terre-plein central assure la séparation des deux chaussées d'une route, installé à la partie centrale pour assurer l'espacement latéral au long de la route et composé de la bande dérasée et du séparateur central.

❖ **Bande dérasée de gauche (B.D.G) :**

Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.

❖ **Bande médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanté

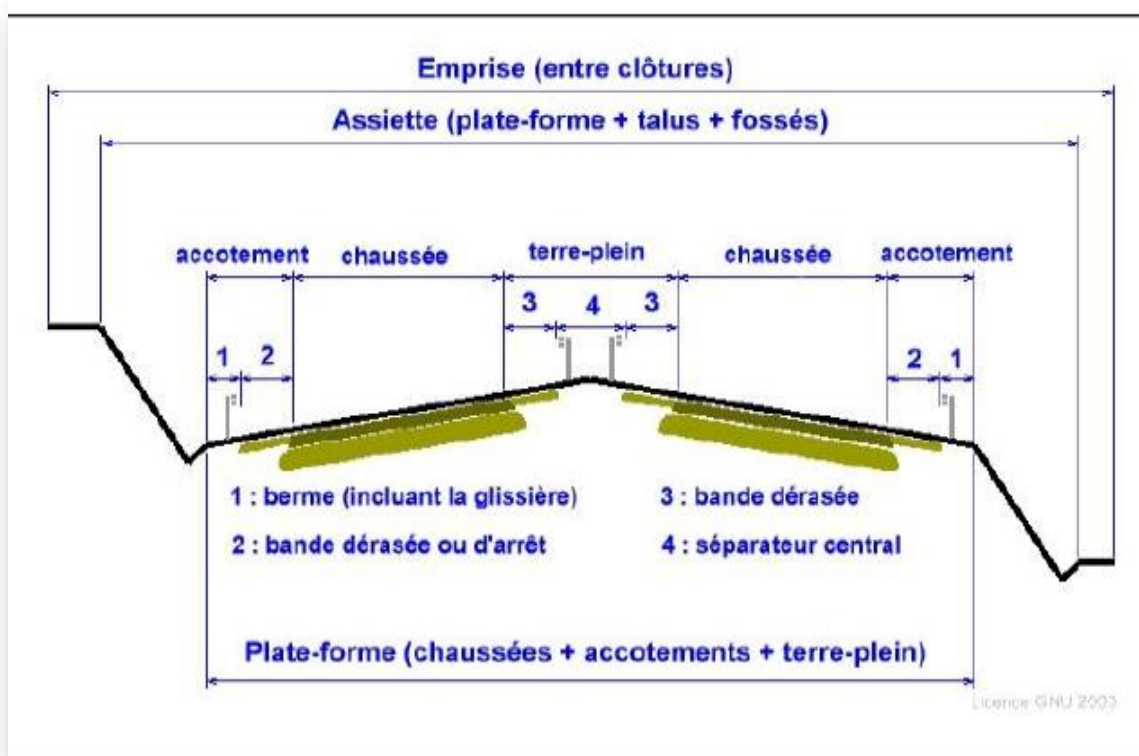


Figure II 10 : Élément de profil en travers.

II.3.3. Différent type de profil en travers

a. Profil en travers type :

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

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

b. profil en travers courants :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

Il convient de signaler que le profil en travers type à adopter se présente comme suit :

- ✓ Chaussée actuelle : $7.6 \times 2 = 15.2$ m.
- ✓ Elargissement (dédoublément) : 7.6 m.
- ✓ Terre-plein centrale : 2m.
- ✓ Accotements : 2 m.
- ✓ Fossé 0.5m/0.5m/0.5m.
- ✓ Talus de remblais : 2/3.
- ✓ Talus de déblais : 1/1

II.4. CUBATURE :**II.4. 1. Généralités :**

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

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

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

Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai. Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel.

II.4. 2. Définition des cubatures :

C'est l'évaluation des cubes de déblais et de remblais qui comporte le projet. Il n'est pas toujours possible que le projet suive exactement les ondulations du relief du terrain.

L'objectif étant de réaliser une route dans les meilleures conditions techniques et économiques. Il est nécessaire de lier le projet de terrassement à la conception même du tracé de la route.

II.4. 3. Méthodes de calcul :

Pour calculer un volume, il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblais - déblais, parmi lesquelles en citerons :

- ✚ Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès.)
- ✚ Méthode de l'air moyenne : (méthode par défaut.)
- ✚ Méthode de la longueur applicable.

✚ Méthode approchée.

La méthode qui nous allons utiliser sont celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats de 10%.

II.4. 3.1 Description de la méthode :

Le principe de la méthode de la moyenne des aires et de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivant :

$$V = \frac{h}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Avec : H : hauteur entre deux profils.

S0 : surface limitée à mi- distances des profils.

S1, S2 : surface des deux profils.

A la figure ci-dessous, on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.

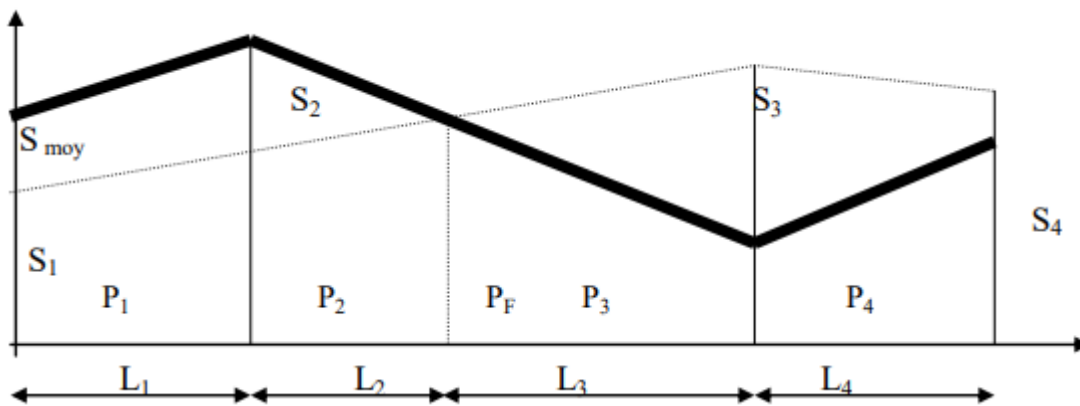


Figure II 11 : Cas d'un profil mixte

Pour éviter un calcul 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 : $V = \frac{L_1}{2} * (S_1 + S_2)$

Donc les volumes seront :

Entre P0 et P1 : $V_1 = L_1 * \frac{(S_1+S_2)}{2}$

Entre P₂ et P_F : $V_2 = L_2 * \frac{(S_2 + 0)}{2}$

Entre P_F et P₃ : $V_3 = L_3 * \frac{(0 + S_3)}{2}$

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

1)- Le volume total V :

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

On voit l'utilité de placer les profils P₂ puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

2)- Calcul de la surface :

$$SC = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

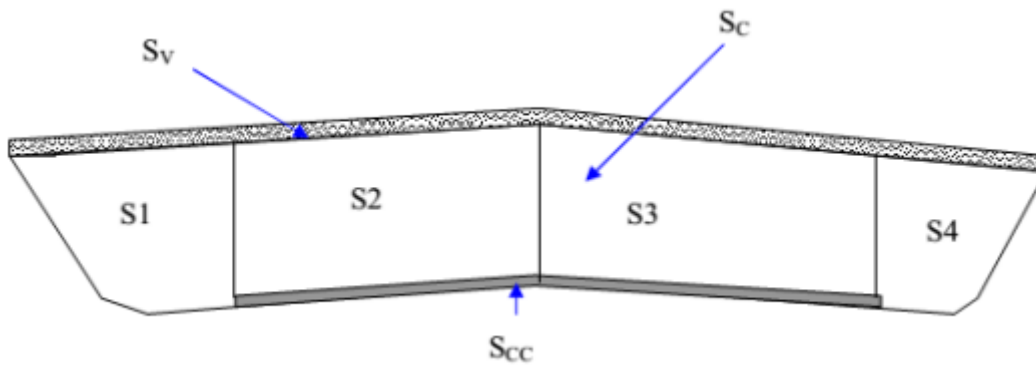


Figure II 12 : Calcul de la surface.

La surface exacte égale : $S = S_c + S_{cc} - S_v$

S_c : surface calculée

S_{cc} : surface de corps de chaussée

S_v : surface de terre végétale

Donc le volume $V = S \times D$, D : longueur d'application

a. Cas de remblai :

$$S = S_c + S_{cc} - S_v$$

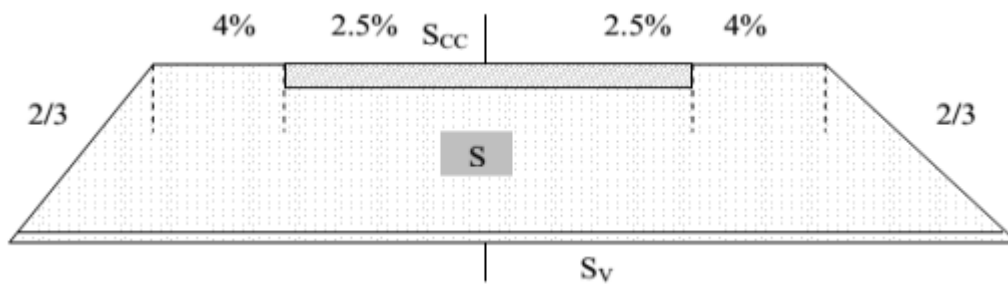


Figure II 13 : Calcul du remblai.

b. Cas de déblai :

$$S = S_{c+} SCC - SV$$

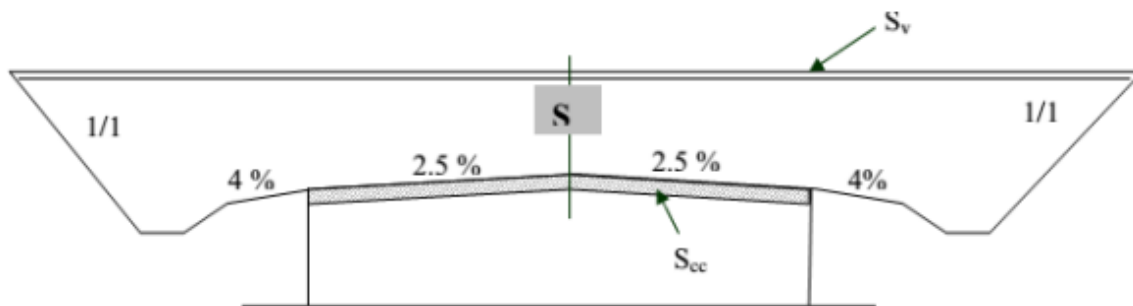


Figure II 14 : Cas de déblai.

II.4.2 Calcul des cubatures de terrassement :

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l’aide de logiciel autopiste. Les résultats complets de calcul sont joints en annexe

II.4.3 Notion d’équilibre Remblai – Déblai :

Le terrassement était dominé par la nécessité de diminuer au maximum le mouvement des terres, c'est-à-dire de transporter le moins possible de terre et le moins loin possible. Des méthodes d’études de projets s’étaient alors instaurées qui permettaient cette minimisation

(Epures de Bruckner ou Lalane).

Par ailleurs, comme le transport des terres du déblai à un lieu de dépôt ou d'un lieu d'emprunt vers un remblai consommait du transport, il paraissait intéressant d'obtenir un parfait équilibre des déblais et des remblais.

II.4.4 Mouvement des terres :**4.1 Métré de terrassement :**

C'est une étude quantitative qui consiste à évaluer les volumes des déblais et des remblais existants dans un projet, l'opération qui consiste à transporter les terres de déblai ou d'emprunt en remblai ou en dépôt dite - mouvement des terres.

-Deux facteurs interviennent à cette opération :

a. Les cubes de terre à transporter :

- Descente de transport : à cet effet, on cherche toujours la distance minimale de transport, en ramenant les terres des emprunts les plus proches.

-Foisonnement: lorsqu'on remet en place les sols ramenés, ils ne représentent pas le volume qu'ils occupaient précédemment dans la majorité des cas. Le foisonnement des matériaux est très variable. Suivant la nature des sols, on prend un coefficient de foisonnement pour les terres qui seront transportées égale à 20%.

b. Moment de transport:

C'est le produit du volume transporté par la distance de transport :

$$M = V \times d$$

Avec : V : Volume transporté.

d: distance de transport.

Le but de l'étude de mouvement des terres est de trouver la distance moyenne minimale de transport pour minimiser le prix de ce dernier :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

II .5 LES CARREFOURS :**II .5 1. Introduction :**

Le carrefour est une partie importante d'une route. L'efficacité, la vitesse, la sécurité, le coût d'exploitation et la capacité en dépendants.

Le carrefour à niveau est le lieu de l'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau.

II .5 2. Types de carrefours :

II .5 .2.1. Carrefour à trois branches (en T) :

Il s'agit d'un carrefour à trois branches dont l'une de ces branches est à peu près dans le prolongement d'une autre branche et dont la troisième coupe ce prolongement sous un angle compris entre 75 et 105°.

II .5 .2.2. Carrefour à trois branches (en Y) :

Il s'agit d'un carrefour à trois branches dont l'une de ces branches est dans le prolongement d'une autre et dont la troisième branche coupe ce prolongement sous un angle inférieur à 75° ou supérieur à 105°.



Figure II 15 : Carrefour à trois branches (en Y).

II .5 .2.3. Carrefour en croix simple :

Il s'agit d'un carrefour à quatre branches dont deux de ces branches sont à peu près dans le prolongement des deux autres branches et pour lequel l'angle de ces prolongements est de 75° ou d'avantage tout en restant inférieur à 105.

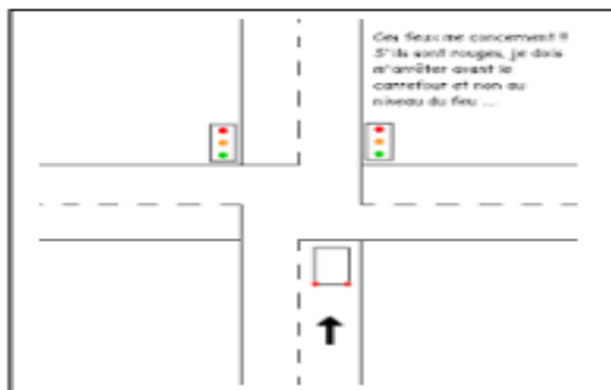


Figure II 16 : Carrefour en croix simple.

Il s'agit d'un carrefour à quatre branches dont deux branches sont à peu près dans le prolongement des deux autres, et pour lesquelles l'angle d'intersection de ces deux prolongements est inférieur à 75° ou supérieur à 105° .

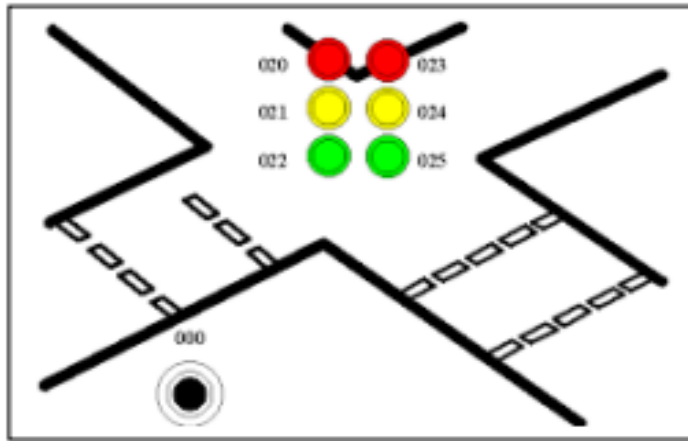


Figure II 17 : Carrefour en X.

II .5 .2.4. Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique. Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible. Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond-point.

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.



Figure II 18: Carrefour giratoire.

II .5 .3 Donnée pour l'aménagement d'un carrefour :

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

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

II .5.4 Principe généraux d'aménagement d'un carrefour :

- ✓ Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 afin d'obtenir de Meilleur condition de visibilité et la prédication des Vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimal
- ✓ Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques, les courants non Prioritaire.
- ✓ 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.

II .5 .5La visibilité :

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

En cas la 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.

II .5 .6 Triangle de visibilité :

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

- Le point de conflit

Les points limites à partir des quels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

Données de base :

- ✓ La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- ✓ Les vitesses d'approche pratiquée.
- ✓ La condition topographique.

- **Rappel des principales règles de B40**

Les principes fondamentaux :

- ❖ Visibilité et perception ;
- ❖ Vitesse ;
- ❖ Sécurité ;
- ❖ Sélectivité ;
- ❖ Signalisation ;
- ❖ Simplicité.

II. 5.7 Choix du type de carrefour :

Pour notre cas, on a choisi trois carrefours en forme de T (3 branches), pour les raisons suivantes :

- Le trafic sur la route secondaire est peu important.
- Notre carrefour sera implanté dans une zone urbaine.
- L'avantage de sécurité.

Carrefour N°= 01:

Situé au PK 57+300, le carrefour N°04 est un carrefour GIRATOIRE.

Ce carrefour relie la route menant à 'AIN EL HOUTA a la RN20, il est composé de trois branches, les deux premières aménagées sur la RN20 assurent la liaison avec Guelma et Constantine, la troisième aménagée sur la route qui mène vers Aïn el Hota desservant ces localités.

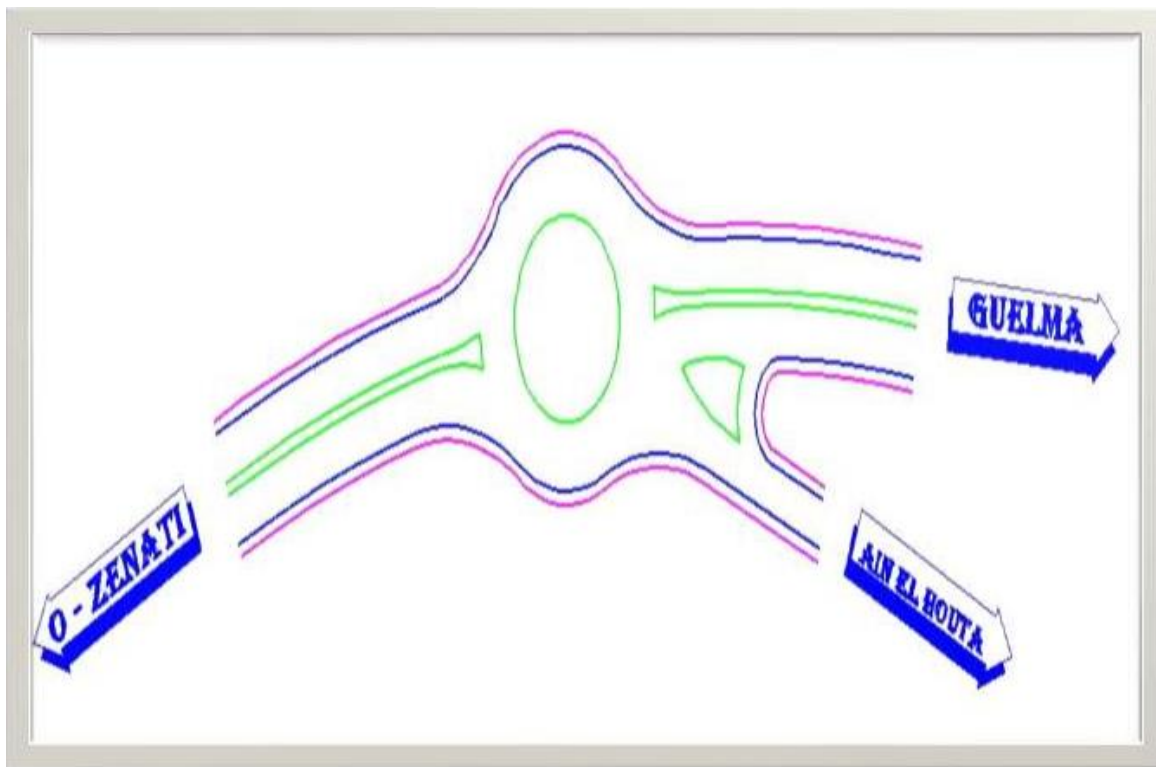


Figure II 19: La figure ci jointe représente l'aménagement du carrefour

Carrefour N°=02 :

Situé au PK 65+000, le carrefour N°05 est un carrefour GIRATOIRE.

Ce carrefour relie la route menant à, RAS EL AGBA a la RN20, il est composé de quatre branches, les deux premières aménagées sur la RN20 assurent la liaison avec guelma et constantine, la troisième aménagée sur la route qui mène vers ras el agba desservant ces localités.

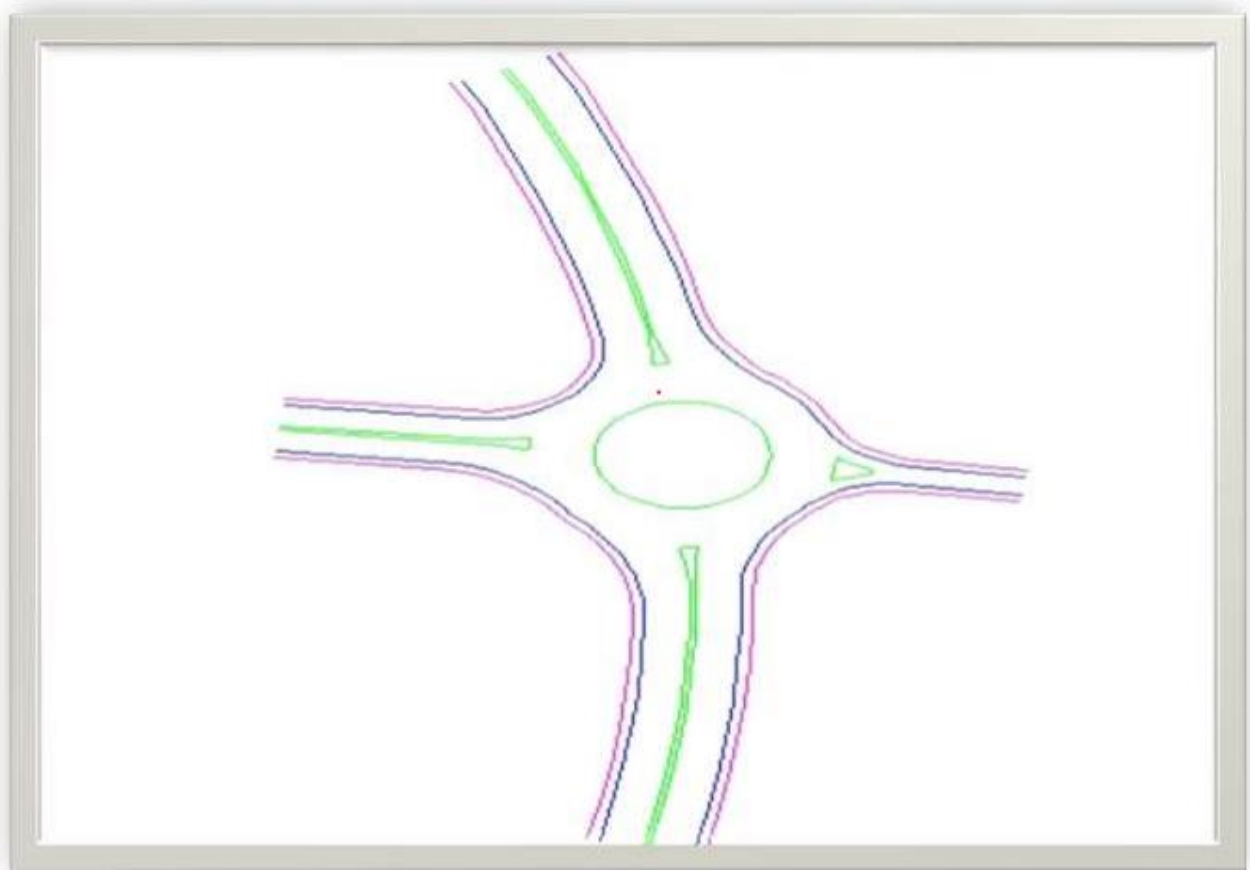


Figure II 20 : La figure ci-dessous représente l'aménagement du carrefour N°= 2

Chapitre 03

GEOTECHNIQUES ROUTIÈRES

- + Etude géotechnique.
- + Dimensionnement du corps de chaussées.
- + Assainissement.
- + Signalisation.
- + Eclairage.

III.1 ETUDE GEOTECHNIQUE :

III.1.1 Introduction :

Avec l'étude géotechnique on peut traiter des problèmes intéressants de la route. La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain, de fondation pour que les roulages s'effectuent rapidement sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet des charges des véhicules, des chocs et intempéries.

Sur la base de l'étude du tracé, notamment la ligne rouge, l'étude géotechnique c'est tracé comme objectif :

- ✓ La détermination des caractéristiques géotechniques aux moyens d'essai in situ (plessimètre) et en laboratoire.
- ✓ La mise en relief des formations géologiques aux moyens de puits de reconnaissance et des sondages carottés.
- ✓ L'interprétation des caractéristiques lithologiques et physico-mécaniques.

III.1.2 Essais d'identification :

- Suivant l'expérience de l'identification, il peut savoir visuellement la nature du sol en se basant sur les éléments suivants : sa couleur, son odeur, sa consistance, dimension de grain, nature organique.....etc.
- Propriétés physique des sols ; ils ont pour but de déterminer un ensemble de paramètres physiques qui caractérisent l'importance relative aux éléments constituants du sol, on trouve :

III.1.2.1 Teneur en eau naturelle :

On définit la teneur en eau, comme étant le rapport exprimé en % du poids d'eau d'un échantillon de sol au poids de la matière solide sèche ;

$$W = \frac{W_w}{W_s}$$

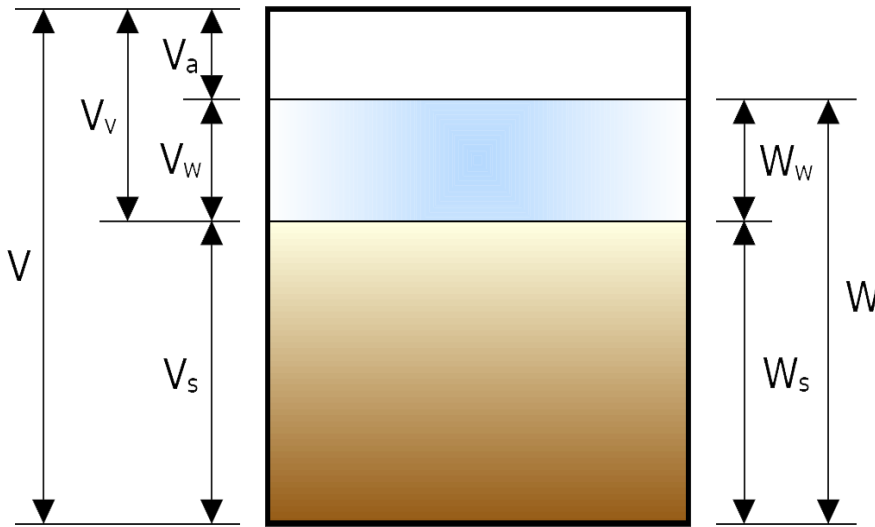


Figure III 1 : Teneur en eau naturelle

Masse volumique : ($\tilde{\alpha}$) est la masse d'un volume unité de sol :

$$\tilde{\alpha} = \frac{W}{V}$$

On calcul aussi la masse volumique sèche :

$$\tilde{\alpha}_d = \frac{W_s}{V}$$

• **But de l'essai :**

Le but c'est la détermination de certaines caractéristique physique des au laboratoire.

• **Domaine d'utilisation :**

Cet essai est utilisé dans les travaux du terrassement et de compactage.

III.1.2.2 Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution en poids des particules d'un matériau suivant leur dimension.

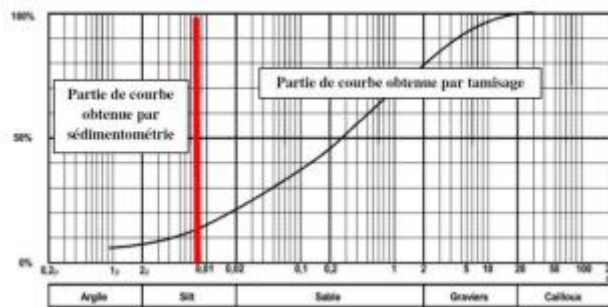


Figure III 2: Analyse granulométrique.

• Domaine d'utilisation :

La granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

III.1.2.3 Analyses chimiques sommaires :

Son but est de déterminer la distribution en pourcentage des sels appartenant à un sol.

III.1.2.4 Limites d'atterberg :

Le comportement d'un sol fin est avant tout ; Fonction de sa composition minéralogique, de sa teneur en eau et de sa structure.

L'eau joue un rôle très important par son influence sur les forces qui s'exercent entre les particules à cause de :

- ✓ La quantité d'eau interstitielle que contiennent ses pores.
- ✓ L'épaisseur des couches d'eau adsorbée qui enrobent ses grains

Selon la valeur de la teneur en eau, les propriétés mécaniques d'un sol fin variant on cite les cas suivant:

- ✓ Le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique (limite de liquidité W_l).
- ✓ Le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide (limite de liquidité W_p).
- ✓ L'indice de plasticité I_p est la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité ($I_p = W_l - W_p$) ; cet indice définit l'étendue du domaine plastique, En effet le sol est capable de se déformer rapidement sans se casser et sans présenter assez simplement la couche adsorbée comme un film visqueux.

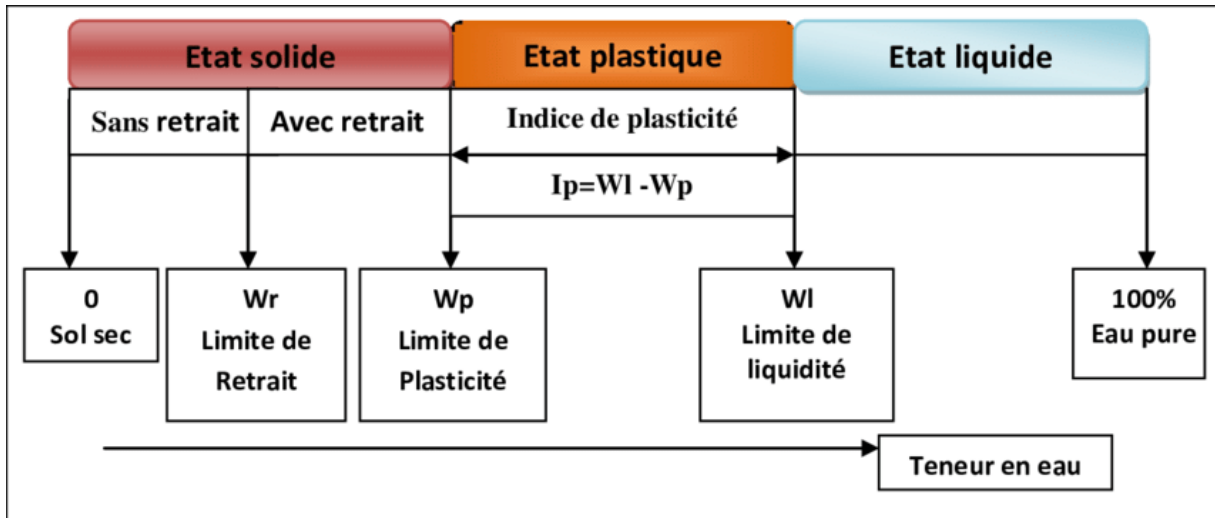


Figure III 3 : Limite d’Atterberg d’un sol.



Figure III 4 : L’appareil de casa grande.

III.1.2.5 Equivalent de sable :

Est un essai qui permet de déterminer l'indicateur de la teneur en éléments fins d'origine essentiellement argileuse ou parfois limoneuse dans un sol.



Figure III 5 :L'essai équivalent sable.

- **But de l'essai :**

Cet essai permet d'obtenir des informations de base sur le sol utilisé pour estimer la caractéristique de résistance.

- **Domaine d'utilisation :**

Cet essai est utilisé seulement sur les sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées et couche de forme).

III.1.3 Essais de comportement du sol :

3.1 Essai Proctor- CBR :

L'essai Proctor –CBR a pour but d'établir les relations expérimentales existant dans le cas des sols sensible à l'eau, entrant le paramètre suivant :

- ❖ La teneur en eau W.
- ❖ La densité sèche.
- ❖ L'énergie de compactage.
- ❖ La résistance au poinçonnement R_p .

- **But de l'essai :**

C'est un essai qui a pour but de déterminer le teneur en eau optimum pour un compactage d'intensité donnée d'évaluer la portance du sol support en estimant sa résistance au poinçonnement.

- **Domaine d'utilisation :**

Cet essai est utilisé pour les travaux de terrassements et pour dimensionner le corps de chaussée.

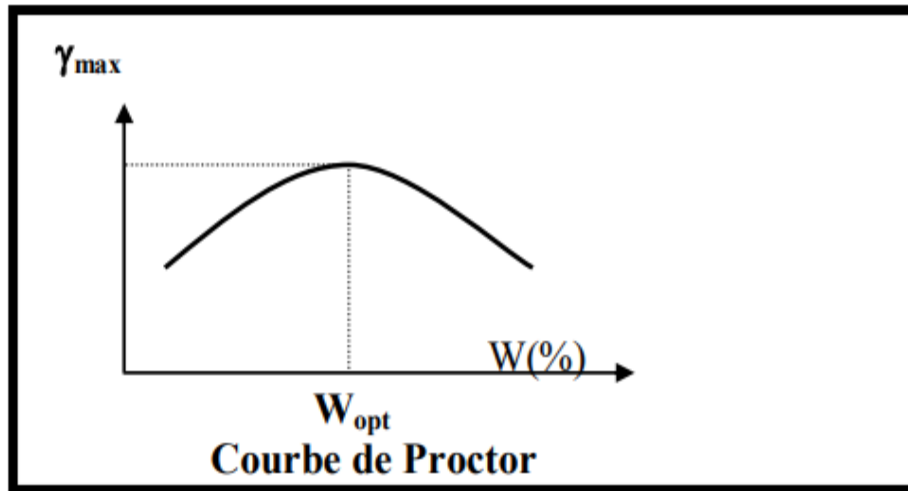


Figure III 6 : courbe de Proctor



Figure III 7 : Essai PROCTOR

3.2 Essai CBR :

L'essai CBR « californien Baring Ratio » ou indice de portance californien a pour objectif de la détermination de la portance d'un sol en estimant sa résistance au poinçonnement afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassement.

On jugera ainsi la portance du sol à l'aide de l'indice de CBR en se reformant une fourchette telle que le tableau suivant :

CBR-1



Figure III 8 : Machine CBR

Tableau III 1: classe de portance de l'indice de CBR.

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

3.3 Essai Los Angeles :

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

• Principe de l'essai :

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

- **But de l'essai :**

L'essai a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par Choc et la résistance obtenue par frottement des granulats.

- **Domaine d'application :**

L'essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y Compris les couches de roulement.)



Figure III 9 :L'essai los Angeles.

III.1.4 Matériau de remblai:

Le calcul des volumes des remblais et des déblais montre qu'on a un déficit de matériaux de déblais.

Ce dernier peut bénéficier d'une éventuelle réutilisation pour remblais ; Cela est possible dans des conditions normales d'utilisation dont il convient de respecter pour obtenir des remblais répandant au besoin courant de qualité.

Pour obtenir des sols rencontrés en remblais, on doit se baser sur les spécifications et les recommandations établies par le laboratoire central des ponts et chaussées (L.C.P.C) qui sont

Décrites dans les manuels dits « Recommandation pour les terrassements Routiers » R.T.R.

Tableau III 2 : Tableau récapitulatif de la classification ‘‘ R.T.R

Sols fins	D > 50 mm tamisât à 80µm > 35%	I _p < 10		A ₁	
		10 < I _p < 20		A ₂	
		20 < I _p < 50		A ₃	
		I _p > 50		A ₄	
Sols sableux et graveleux avec fines	D < 50 mm tamisât à 80µm entre 5 % et 35 %	Tamisât à 80µm entre 5 % et 12 %	Refus à 2 mm < 30 %	ES > 35	B ₁
			ES < 35	B ₂	
		tamisât à 80µm de 15 % et 35%	Refus à 2 mm > 30 %	ES > 25	B ₃
			ES < 25	B ₄	
				I _p < 10 %	B ₅
				I _p > 10 %	B ₆
Sols comportant des fins et des gros éléments	D > 50	tamisât à 80µm élevé		C ₁	
	tamisât à 80µm > 5 %	tamisât à 80 µm faible	D > 250 mm	C ₂	
			D < 250 mm	C ₃	
Sols et roches insensibles à l'eau	tamisât à 80 µm < 5 %	D < 50 mm	Refus à 2 mm < 30 %	D ₁	
			Refus à 2 mm > 30 %	D ₂	
		50 < D < 250 mm		D ₃	
Roches évolutives	Matériaux à structure fins			E ₁	
	Matériaux à structure grossière			E ₂	
	Matériaux à structure évolutive			E ₃	
Matériaux solubles ou polluants				F	

III.1.5 Condition d'utilisation des sols en remblais :

a- Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels. Les matériaux de remblais seront exempts de :

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

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

c- Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne doit pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

III.1.6 Conclusion :

Un examen sur les valeurs des essais géotechniques montre une certaine homogénéité dans ces valeurs, ce qui dénote qu'on a affaire à une même nature du matériau, il s'agit bien d'une grave argileuse. Il s'agit d'un sol argile et marne, peu plastique d'après la classification RTR classe A2 et selon la classification LCPC ce sont des sols (argileuse, marneux plastique à très plastiques) à 95% de l'O.P.M Proctor ce sol présente un indice C.B.R proche de 4.

La nature du matériau en déblai s'apparente au tout venant de carrière et sable graveleux que les essais géotechniques les attestent bien, il s'agit essentiellement d'une grave argileuse

III.2 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE :

III.2.1 Introduction :

La qualité d'un projet routier, ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds. La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction du paramètre très fondamental suivant :

- Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en Poids lourds)
- Les matériaux utilisés.
- La portance du sol support désignée par son indice CBR.
- La durée de vie de la chaussée.

III.2.2 La Chaussée :

III.2.2.1. Définition

- **Au sens géométrique** : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel** : l'ensemble des couches des matériaux superposés de façon à permettre la reprise des charges.

III.2.2. 2. Les différents types de chaussée

Il existe trois types de chaussée :

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

1)-Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de quatre couches différentes :

- Couche de roulement (surface).
- Couche de base.
- Couche de fondation.
- Couche de forme.

a)-Couche de roulement (surface) :

La couche de surface est constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné, qui

Est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures.

Elle a pour rôle essentiel :

- ✓ D'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation,
- ✓ D'assurer une transition avec les couches inférieures les plus rigides,
- ✓ D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- ✓ D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

b)- La couche de base :

Cette couche est constituée d'un matériau non traité (ou traité) de bonne caractéristique mécanique. Elle est conçue pour répartir, transmettre les charges sur la couche de fondation et le passage progressif entre la couche de roulement et la couche de fondation. L'épaisseur de la couche de base est entre 10 et 25 cm.

c)-Couche de fondation :

La couche de fondation Assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

d)-Couche de forme :

La couche de forme est la surface de terrain préparée sur laquelle est édiflée la chaussée. Elle est constituée d'un matériau non traité. Son rôle est d'améliorer la portance du sol support en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic et la circulation d'engins de chantier.

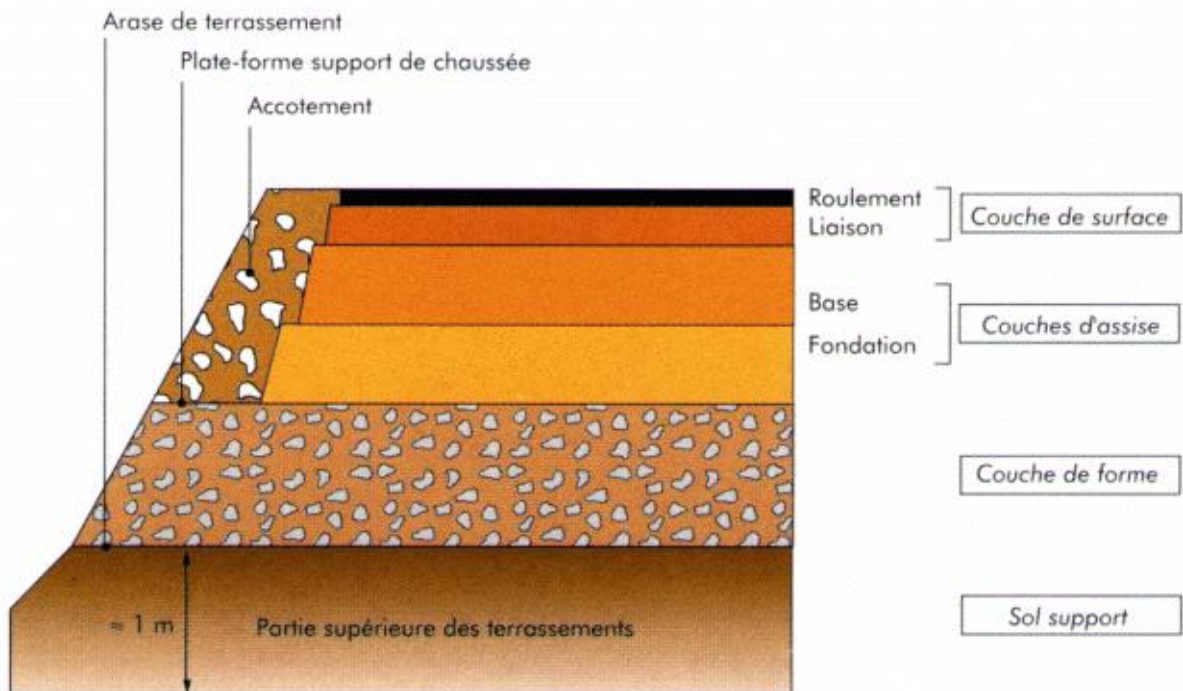


Figure III 10 : Chaussée souple

2)-Chaussée semi-rigide :

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulats...) La couche du roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également enrigide enrobé strictement minimale doit être de 15 cm.

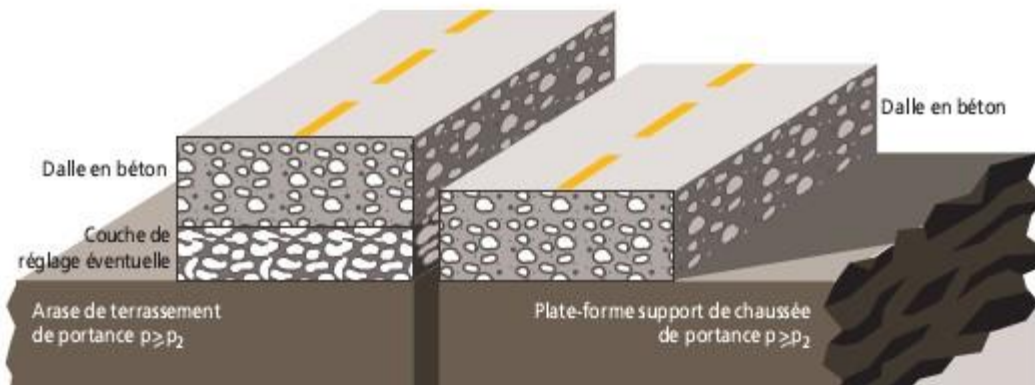


Figure III 11:d'une chaussée semi – rigide.

3)-Chaussée rigide :

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

III.2.2.3 Les Différents Facteurs Déterminants Pour Les Études de dimensionnement De Chaussée :

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

3.1 Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à 3.5t). 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 : $N=T.A.C$
- N : trafic cumulé

- A : facteur d'agressivité globale du trafic.
- C : facteur de cumul :

$$C = \frac{\{(1+\tau)^p - 1\}}{\tau}$$

Ou :

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)

III.2.2.4 PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES :

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

- ❖ De la charge des véhicules.
- ❖ Des chocs.
- ❖ Des intempéries.
- ❖ Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

III.2.2.5 Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

5-1) Méthode de C.B.R :

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suive la théorie de BOUSSINESQ soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice C.B.R. L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

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

I_{CBR} : Indice CBR

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

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

N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide

P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

Log : logarithme décimal.

➤ Coefficient d'équivalence :

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

Tableau III 3: coefficient d'équivalence des matériaux.

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

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

$$e = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$$

- ✓ $a_1 * e_1$: couche de roulement
- ✓ $a_2 * e_2$: couche de base
- ✓ $a_3 * e_3$: couche de fondation

➤ **Détermination de la classe du trafic TPLI :**

La classe sont donnée pour chaque niveaux de réseaux principal (RP1.RP2) en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

✓ **Pour les réseaux principaux (RP1) :**

Tableau III 4 : classe du trafic TPLI pour(RP1)

Classe de trafic	Trafic poids lourds
TPL3	150<TPL<300
TPL4	300<TPL<600
TPL5	600<TPL<1500
TPL6	1500<TPL<3000
TPL7	TPL>3000

✓ **Pour les réseaux principaux (RP2) :**

Tableau III 5 : classe du trafic TPLI pour(RP2)

Classe de trafic	Trafic poids lourds
TPL0	0<TPL<50
TPL1	50<TPL<100
TPL2	100<TPL<150
TPL3	150<TPL<300

➤ **Détermination de la classe du sol :**

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal les différentes catégories sont données par le tableau indique les classe de sols :

Tableau III 6 : portance de sole en fonction de indice CBR

Portance Si	I _{CBR}
S₄	< 5
S₃	5-10
S₂	10-25
S₁	25-40

APPLICATION AU PROJET :

Nous utilisons pour le calcul les deux méthodes explicitées plus haut et les comparer afin d’obtenir le corps de chaussée le plus adéquat.

On a : $PL = 10 \%$ $\tau = 4\%$ $CBR = 10$

$TJMA_{2024} = 10315 \text{ v/j}$ (année de mise de service)

$NPL_{2024} = 10315 * 10 \% = 1031.5 \text{ PL/j}$

$$NPL_{2044} = 1031.5 * (1 + 0.04)^{20} / 2 = 1130.07 \text{ PL/j.}$$

P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

❖ Méthode de C.B.R :

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

$$\rightarrow e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1130.07}{10})}{10 + 5} = 37 \text{ cm}$$

Lorsque le corps de chaussée est composé par des différents matériaux, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau :

$$e = \sum_{i=1}^n a_i \times e_i$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche

- Couche de roulement a1 = 2 : Béton bitumineux
- Couche de base a2 = 1.5 : Grave bitume
- Couche de fondation a3 = 1 : Grave concassées

$$e = 6 * 2 + 15 * 1.5 + 20 * 1 \quad \longrightarrow \quad e = 55 \text{ cm}$$

$$\text{Donc : } 6 \text{ (BB)} + 15 \text{ (GB)} + 20 \text{ (GC)} = 41 \text{ cm}$$

5.2) Méthode de catalogue des structures :

5.2.1) Détermination de la classe de trafic :

$$T_{PL} = [TJMA_{2024} \cdot PL (\%)] / 2 \quad \longrightarrow \quad T_{PL} = [10315 \cdot 10\%] / 2$$

$$T_{PL} = 516 \text{ PL/j}$$

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

$$T_C = 516 \left[1 + \frac{(1+0.04)^{21} - 1}{(1+0.04) - 1} \right] \cdot 365 \quad \longrightarrow \quad T_C = 6.21 \times 106 \text{ PL/j}$$

La classe de trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Si on prend un taux d'accroissement $\tau = 4\%$ et la mise en service dans 2 ans, et selon le nombre de poids lourds par jour et par sens qui traverse ce tronçon à l'année de mise en service on peut considérer que la classe du trafic est alors TPL4.

Cette estimation est extraite des connaissances du réseau de la région.

5.2.2) Dimensionnement (Structure de chaussée neuve) :

Les qualités que doit présenter, une chaussée moderne sont très nombreuses, les plus importantes pour l'utilisateur sont : La sécurité et le confort : La sécurité est assurée si le conducteur est en mesure de freiner à tout instant. Le confort sera parfait, si le profil de la chaussée est exempt de toute irrégularité ; qui risquerait d'engendrer des oscillations verticales incommodes à la carrosserie ou à des roues. Le sol rencontré est de mauvaise portance S4, donc nous proposons une couche de forme d'épaisseur de matériaux non traités disponibles dans la région (TUF/TVN) pour obtenir la classe S2, alors cette couche s'avère nécessaire avant la réalisation du corps de chaussée, l'obtention de la capacité recherchée en fond de couche conduira généralement à une mise en œuvre en deux couches (40cm).

Selon le rapport géotechnique, nous avons appliqué sur le projet une structure de :

- 06 cm de Béton Bitumineux (BB 0/14) en couche de roulement;
- 15 cm de Grave bitume (GB 0/20) en couche de base ;
- 20 cm de Grave non traitée (GNT 0/31.5)/ GC en couche de fondation ;
- 60 cm de TUF/ TVO /TVN en couche de forme.

5.3) Méthode L.C.P.C :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O. elle basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression suivante :

$$T_{eq} = \frac{T_{MGA} \times a \times [(1+\tau)^n - 1] \times 0.7 \times P \times 365}{[(1+\tau) - 1]}$$

Teq : trafic équivalent par essieu de 13 tonnes

TGMA : trafic à l'année de mise de service de la route

A : coefficient qui dépend du nombre de voies

τ : Taux d'accroissement annuel

n : durée de vie de la route

P : pourcentage de poids lourds

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente (en fonction de Teq et ICBR) à partir de l'abaque T.C.P.C

II.2.5 Conclusion :

En conclusion le tableau 2 récapitule les structures proposées :

TYPE DE COUCHE A METTRE EN ŒUVRE	STRUCTURE	MATERIAUX	COEFF.D'EQUIVALENCE	EPAISSEUR EQUIVALENTE (CM)
----------------------------------	-----------	-----------	---------------------	----------------------------

COUCHE DE ROULEMENT	6 cm	(BB 0/14)	2	12
COUCHE DE BASE	15 cm	(GB 0/20)	1.5	22.5
COUCHE DE FONDATION	20 cm	GNT (0/3-1.5)/ GC	1	20
COUCHE DE FORME	60 cm	/TVN/TUF	-----	60

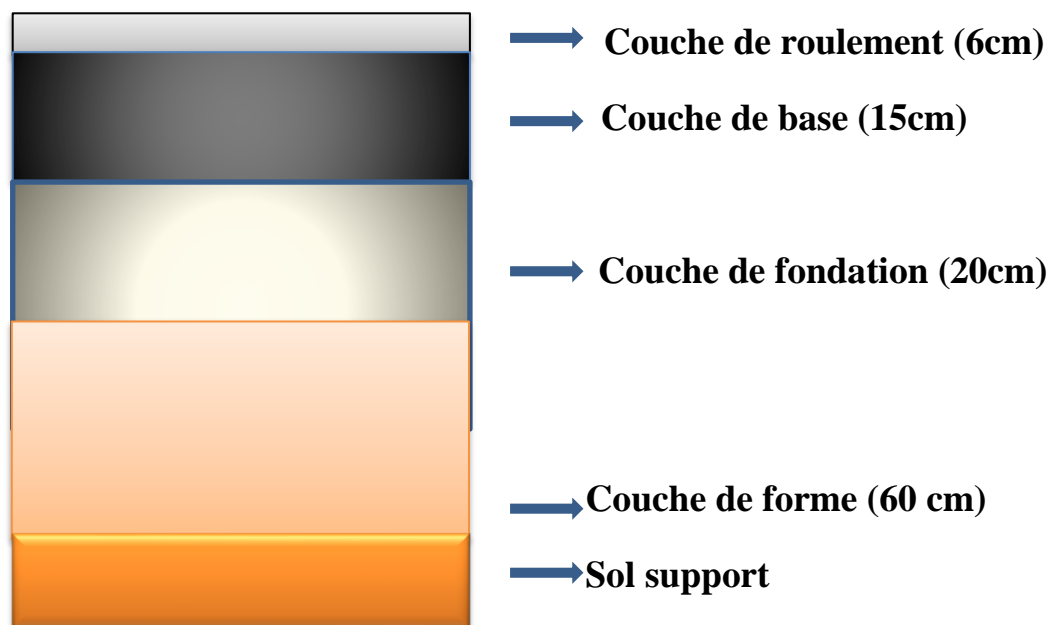


Figure III.12 : Structure de chaussée proposée(2).

III.3 ASSAINISSEMENT:**III.3.1 Généralité :**

L'eau est le pire ennemi de la route ; d'où une étude hydrologique sérieuse est impérative pour que la route survive aux aléas provenant des eaux de pluie dont il faut faire face. Pour cela, on doit veiller à une bonne évacuation des eaux ; remontées des eaux par capillarité et les infiltrations d'eau.

Les dégradations que subisse la route sont généralement causées par un mauvais drainage, et

Une mauvaise évacuation d'eau. La stagnation des eaux sur la chaussée pose des problèmes de sécurité pour les usagers et peut détériorer la couche d'enrobé de la route « nid de poule ou formation de cuvette ». L'eau provoque l'érosion des talus en l'absence de végétation et diminue leur stabilité.

L'eau qui s'infiltré sous la route peut détériorer le corps de la chaussée et diminuer la portance du sol de fondation.

On peut définir l'assainissement routier comme étant l'ensemble des dispositifs constructifs contribuant à assainir la route dans quatre domaines à savoir :

- ✓ Le rétablissement des écoulements naturels ;
- ✓ La collecte et l'évacuation des eaux de surface,
- ✓ La lutte contre la pollution routière,
- ✓ Le drainage des eaux internes.

III.3.2 Rétablissement des écoulements naturels :

Le rétablissement des écoulements naturels consiste à assurer la continuité des écoulements superficiels des bassins versant interceptés par route. Ce rétablissement doit être adapté aux enjeux (inondation, érosions ou atterrissements, pérennité de l'infrastructure, sécurité des usagers et respect du milieu aquatique) qu'il convient d'identifier et doit être conçu dans le respect des réglementations en vigueur. La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et réciproquement, celui-ci peut générer des dommages à la route .les ouvrages hydraulique de rétablissement des écoulements naturels devront être correctement dimensionnés pour limiter les risques :

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

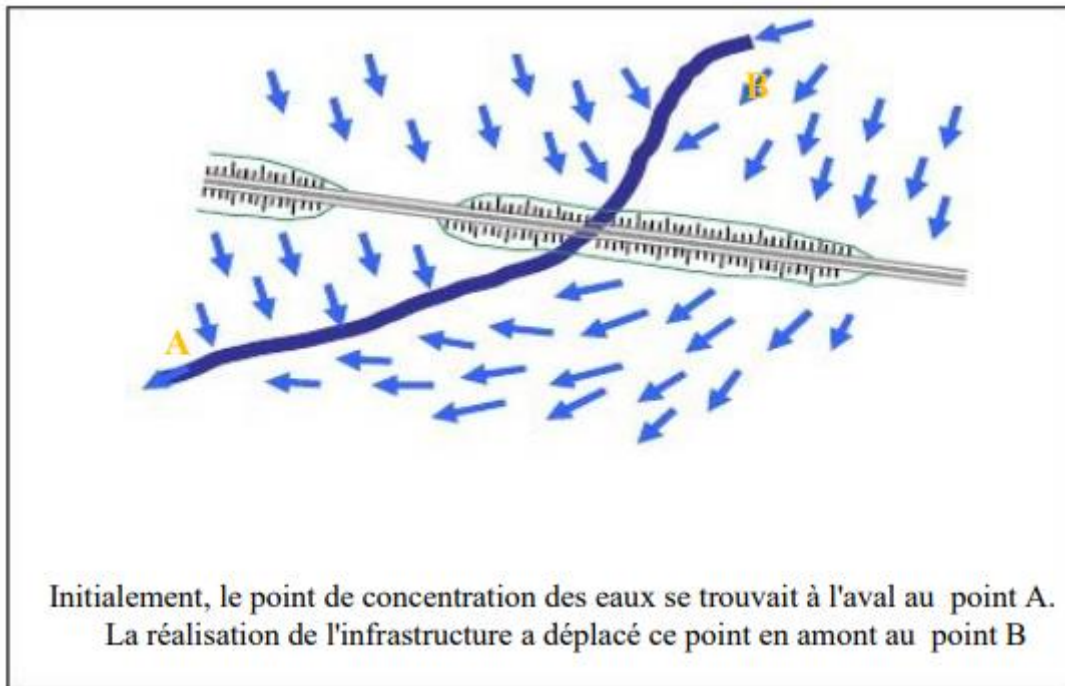


Figure III 12: Déplacement du point de concentration des eaux.

III.3.3 Objectif de l'assainissement :

- ✓ Assurer l'écoulement et l'évacuation rapide des eaux tombant directement sur le revêtement de la chaussée
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

III.3.4 Types de dégradation :

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de grave dégât à cause du mauvais drainage et entretien.

Ces dégradations se présentent sous forme de :

❖ Pour les chaussées :

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

❖ Pour le talus :

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



Figure III 13 : Nid de poule



Figure III 14 : Affaissement.



Figure III 15: Glissement.



Figure III 16 : affouillement du pied de talus.



Figure III 17 : Erosi

III.3.5 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, cuvettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot)

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

a- 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 %.

b- 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.

c- Réseau de crête de talus de remblai

Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur .le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente des talus, il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence ou de l'état de végétation.

En principe, on prévoit un tel réseau des que la hauteur du talus dépasse 2m dans les régions ou les pluies ont une forte intensité, ou 4m dans les autres cas

d- Fossé de pied de talus de remblai

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes:

1. Canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à exutoire lorsque les débits sont trop importants pour être évacués librement sans dommages ou préjudices pour les riverains
2. Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruisselant sur le terrain naturel vers le remblai.

Dans les deux cas, et pour les consécutions d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus .pour des remblais de faible hauteur, sans glissière, il est recommandé d'adoucir le profil du fossé pour améliorer le comportement d'un véhicule qui

quitterait la plate-forme. Dans certain cas la pente du talus peut également être adoucie pour améliorer la sécurité.

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.

III.3.6 Définitions de quelques termes hydraulique :

• 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.

•Bassin versant :

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

• Buses et dalots :

En général, il est nécessaire de faire passer l'eau sous les routes ou moyen de buses ou dalot. Ceux-ci doivent être construits en béton ou en maçonnerie et conduisent les eaux dans un bassin d'amortissement.

•Collecteur principal (canalisation) :

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

•Chambre de visite (cheminée) :

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

•Fossés de crêtes :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penché 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.

•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 eaux poussées des terres.

III.2.7 Formule Rationnelle :

Le calcul du débit par la méthode rationnelle se fait par la formule ci-dessous :

$$Q = 0.278 \times Cr \times I \times S$$

- Q : Débit de crue de période de retour voulue (m³/s).
- I : Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h).
- Cr : coefficient de ruissellement.
- S : surface du bassin versant (Km²).

$$I \text{ (mm/h)} = \frac{P_{24} \times (T_c/24)^b}{T_c} \quad (*)$$

Démonstration de la formule (*)

Le passage des pluies journalières maximales (P j max) aux pluies de durée égale au temps de concentration (P Tc%), s’effectue {l’aide de la relation de K.BODY qui s’écrit par la relation suivante :

$$P_{Tc} (\%) = P_{Jmax} (\%) \times \left(\frac{T_c}{24}\right)^b$$

Où :

- ✓ P Tc : Pluie de durée égale au temps de concentration pour une fréquence donnée.
- ✓ P j max (%) : Pluie journalière maximale fréquentielle.
- ✓ T : Temps de concentration.
- ✓ b : Coefficient climatique.

L’intensité de pluie est définie suivant la relation :

$$I(t) = \frac{P_{Tc}(\%)}{T_c}$$

Donc :

$$I \text{ (mm/h)} = \frac{P_{24} \times (T_c/24)^b}{T_c}$$

I : Intensité de pluie pour une durée égale au temps de concentration exprimée en (mm/h).

- ✓ T : période de retour exprimée (en année).
- ✓ Tc : temps de concentration.
- ✓ (b) : Paramètre de MONTANA provient des données qui nous ont été remises par l’ANRH (Agence National des Ressources Hydrauliques).

- ✓ P24 : la précipitation maximale en 24 heures (mm), pour ce projet on prend une précipitation de 90 mm/h pour une période de 50 ans.

➤ **Coefficient de ruissellement (C) :**

Le coefficient de ruissellement a été estimé à partir :

- ✓ De la pente du bassin versant.
- ✓ De l'intensité de pluie.
- ✓ De la couverture du bassin versant. et la perméabilité du terrain.

Tableau III 7 : coefficient de ruissellement

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : Sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

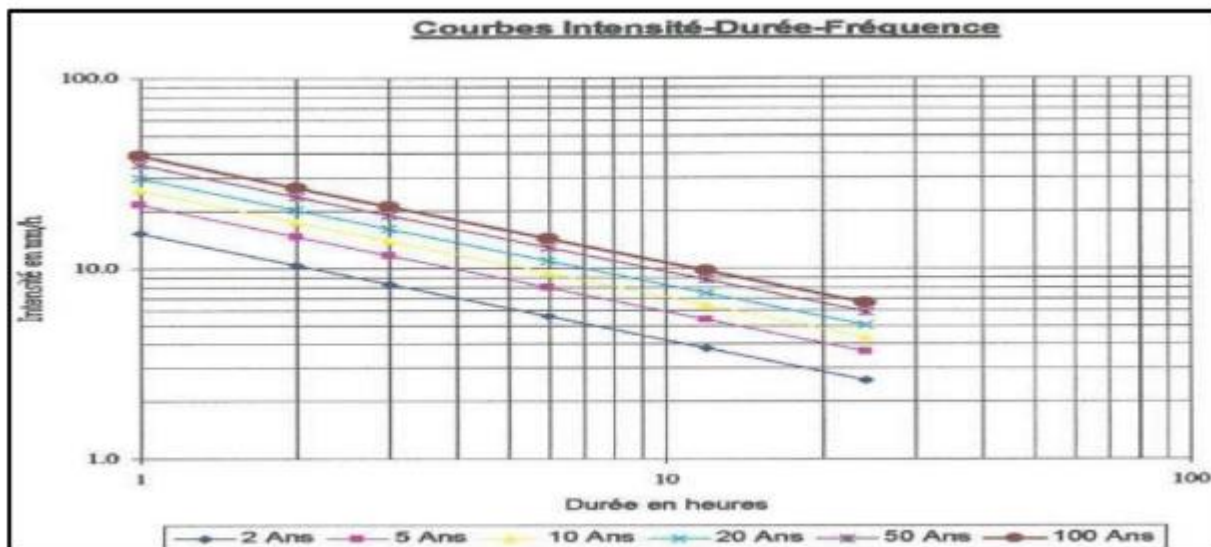
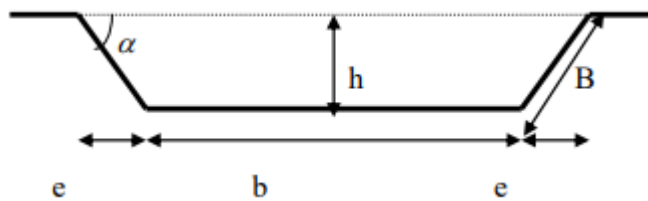


Figure III 18 : Courbe Intensité-Durée-Fréquence

III.3.8. Dimensionnement des fosses :

Le profil en travers hypothétique de fosse est donné dans la figure ci-dessous avec :

- S m : surface mouillée.
- U : périmètre mouillé.
- R : rayon hydraulique $R = S/U$.
- P : pente du talus $P = 1/n$.



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

2-1) Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = b h + 2 \frac{eh}{2}$$

$$\text{Tg } \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$$

D'où : $e = n \cdot h$

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

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

2-2) Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

Avec :

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

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

Les dimensions du fossé obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport Q et débit de saturation Q.

2-3) Calcul le rayon hydraulique :

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

2-4) Calcul des dimensions des fosses :

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$

D'où : $Q = F(h)$.

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation.

Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

$Q_a = Q_s = F(h)$ et calcul se fera par itération.

$$Q_a = Q_s = (K_{st} \cdot i^{1/2}) \cdot S_m \cdot R^{2/3}$$

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

Rem : Vu la non disponibilité des données hydrauliques, le calcul d'application pour notre projet n'a pu être mené.

III.4 SIGNALISATION :

III.4.1 Introduction :

La signalisation routière enquière une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que la circulation se développe et que la vitesse des véhicules augmente.

Le but de la signalisation est de rendre plus sûr et facile la circulation et d'assurer aux usagers la sécurité totale.

Le gabarit réduit ainsi que les caractéristiques du profil en long nécessitent une signalisation particulière.

Les problèmes que cette signalisation doit résoudre sont les suivants :

- Annoncer la proximité du passage souterrain et de son gabarit réduit, et indiquer clairement quelle file de circulation y mène.
- Faire ralentir (éventuellement) les véhicules qui sont engagés dans la file menant au souterrain.

III.4.2 Objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

III.4.3 Catégorie de signalisation :

On distingue :

- ✚ 3La signalisation par panneaux.
- ✚ La signalisation par feux.
- ✚ La signalisation par marquage des chaussées.
- ✚ La signalisation par balisage.
- ✚ La signalisation par bornage.

III.4.4 Règles à respecter pour la signalisation :

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

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

III.4 .5 Les types de signalisation :**III.4.5.1 Les signalisations verticales :**

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

a)- Signaux de danger :

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

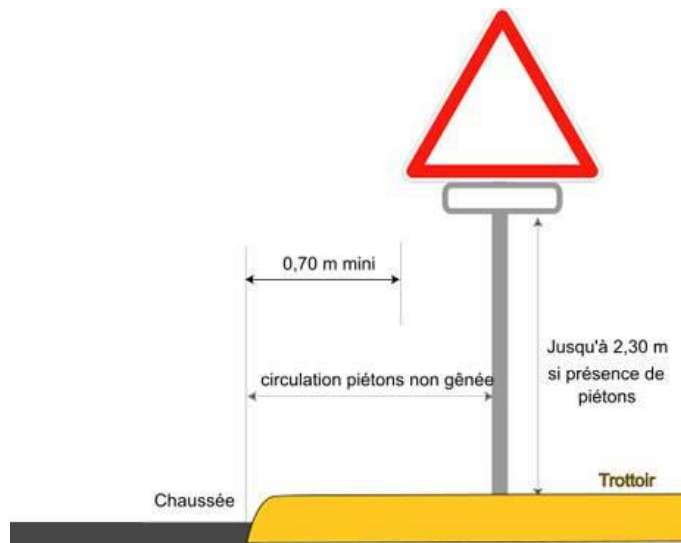


Figure III 19: Panneaux verticaux triangulaire.

Les différents panneaux utilisés dans notre projet :

- Arrêt à l'intersection. Signal avancé :



- Arrêt à l'intersection, Signal de position :



- Indication du caractère prioritaire du dédoublement :



- Virage à droite :



- Virage à gauche :



- Limitation de vitesse. Ce panneau notifie l'interdiction : De dépasser la vitesse indiquée



b)- Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

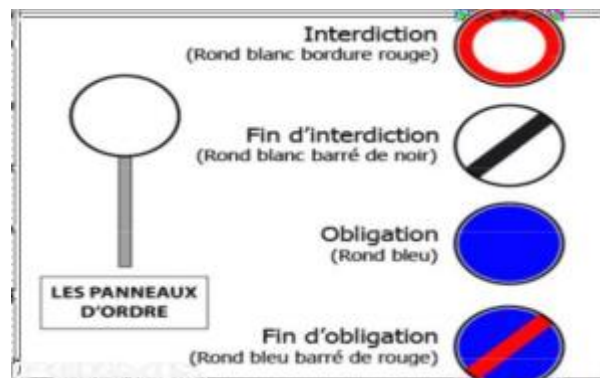


Figure III 20 : Panneaux de forme circulaire.

c)- Signaux à simple indication :

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

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

- **d)- Signaux de position des dangers :** Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

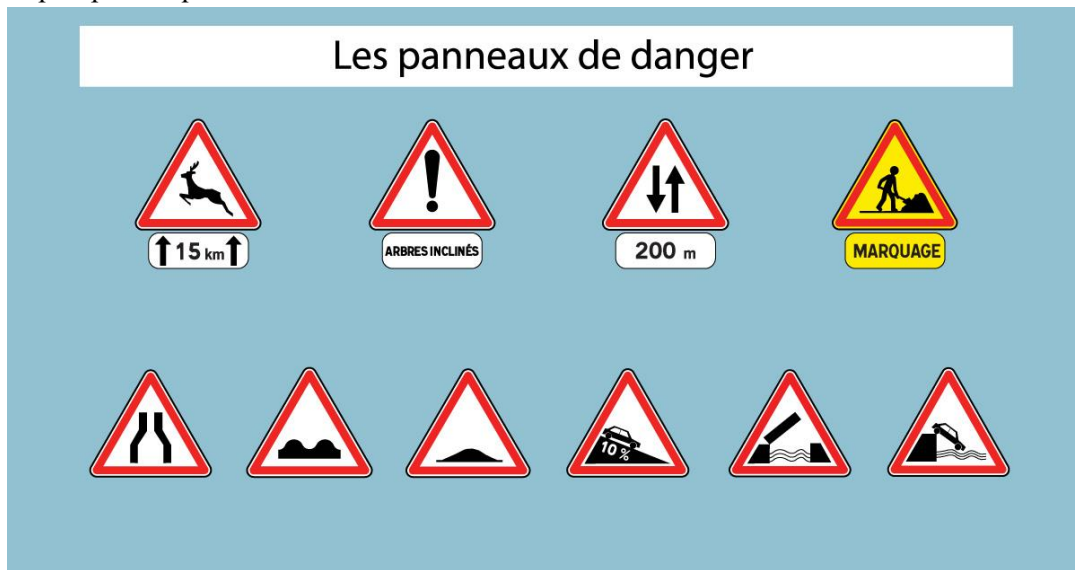


Figure III 21 : Signaux de position des dangers.

III.4.5.2 Signalisation Horizontale :

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

2.1) Marquage longitudinal :

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



Figure III 22 : Ligne continue.

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



Figure III 23 : Lignes discontinue

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

2.2) Modulation des lignes discontinues :

- Elles sont basées sur une longueur parodique de 13 m.

Tableau III 8 : Modulation des lignes discontinues

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
1/3	10	3	T ₁
	5	1.5	T' ₁
1	3.5	6	T ₂
	0.5	0.5	T' ₂
3	1.33	3	T ₃
	6	20	T' ₃

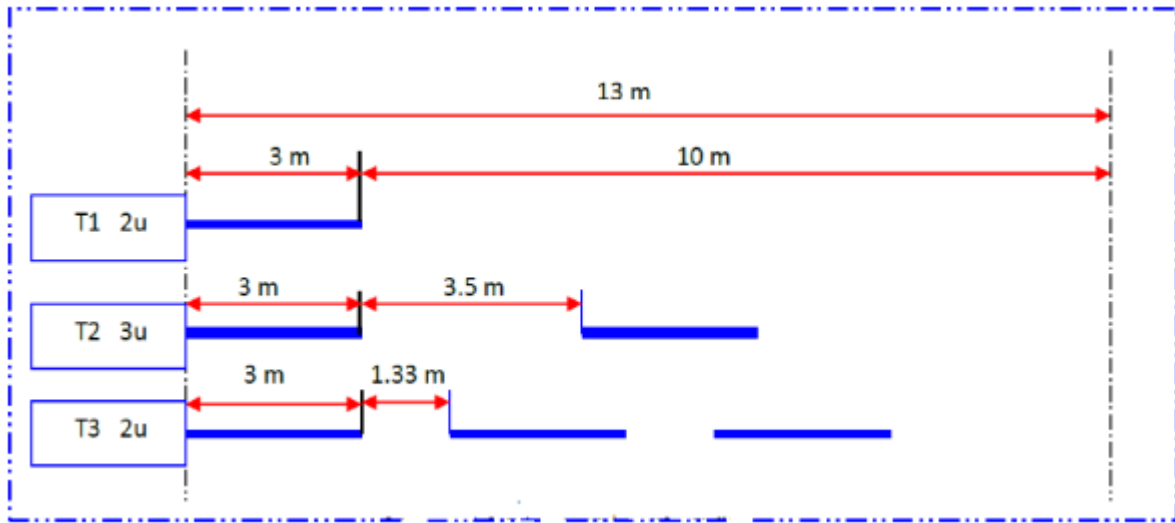


Figure III 24 : Type de modulation référence signalisation routière

2.3) Marquage transversal :

- **Lignes transversales continue** : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- **Lignes transversales discontinue** : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

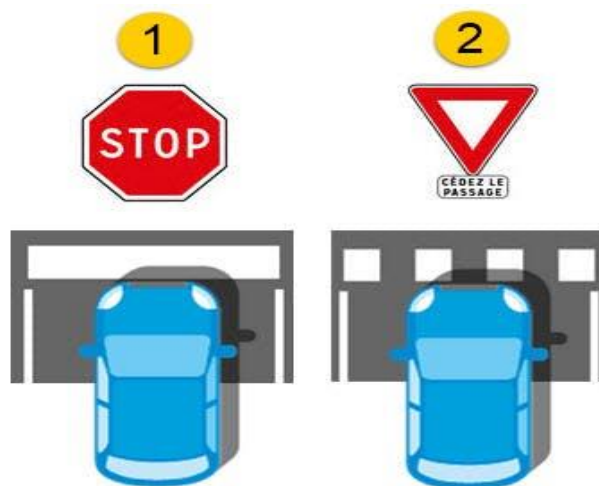


Figure III 25 : Types des lignes transversales

2.4) Autres signalisation:

➤ Les flèches de rabattement:

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie Située du côté qu'elle indique.



Figure III 26 : flèche de rabattement.

➤ Les flèches de sélection:

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



Figure III 27 : Flèche de section

III.4.5.3. Caractéristiques générales des marquages :

- ❖ Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- ❖ La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :

- U = 7.5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.

- U = 6cm sur les routes et voies urbaines.

- U = 5cm pour les autres routes.

III.5 ECLAIRAGE :**III.5.1 Introduction :**

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible. Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

III.5.2 Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

APPLICATION AU PROJET :**Le giratoire :**

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible ; on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux. On place en retrait de sa bordure, un foyer (A) dans l'alignement de chacune des voies aboutissantes (appareils défilés).

Le croisement des autres routes :

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux on place ensuite des foyers de l'ordre de 12m de hauteur de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour différents sens.

III.5.4 Croisement de deux éclairages:

Il ne faut pas créer un point lumineux au centre du croisement car il se produirait à l'entrée du carrefour une zone très éclairée qui rendait moins visible la zone du carrefour proprement dit.

III.5.5 Paramètre de l'implantation des luminaires :

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

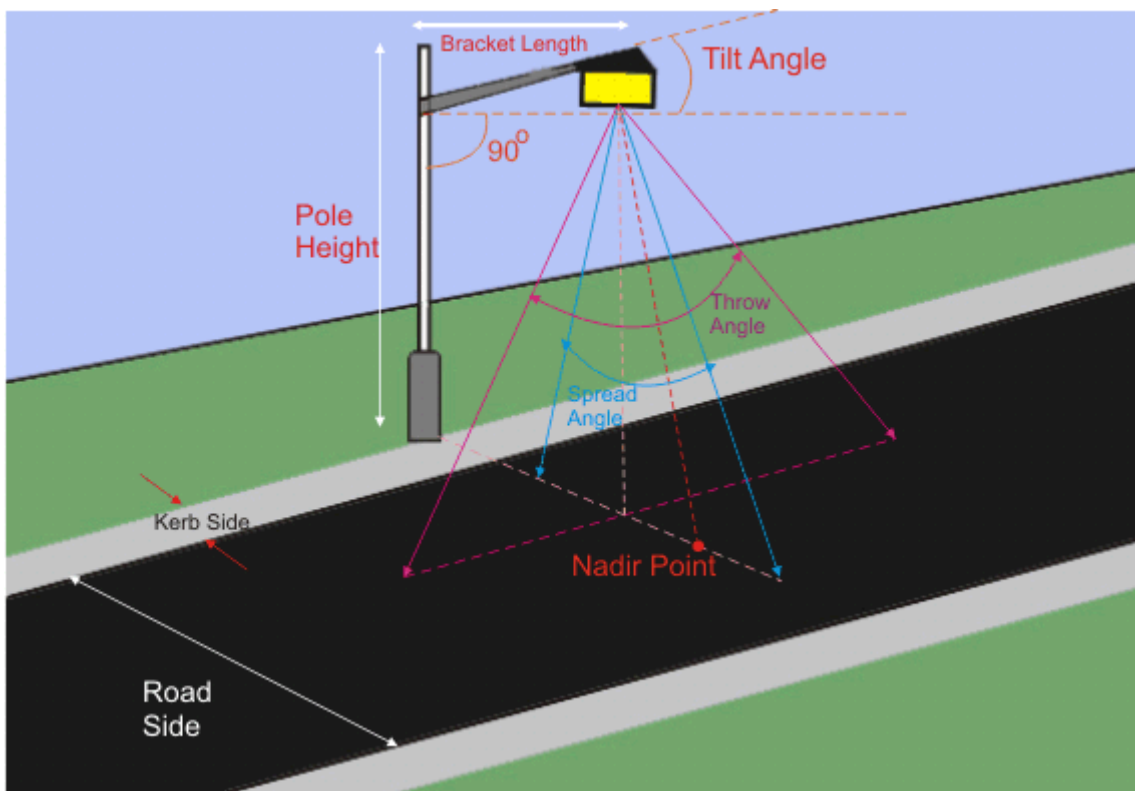


Figure III 28 : Paramètres de l'implantation des luminaires

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GÉNÉRALE :

Un grand intérêt est donné au domaine des travaux publics et ce à cause du programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs pas seulement des autoroutes mais aussi les routes nationales, et qui répondent à la demande en matière de transport.

Pour pallier aux problèmes liés au trafic dense et croissant, ce programme vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en aménageant et en réalisant divers projets importants à savoir dans le domaine des travaux publics.

Dans cette optique, l'un de ces projets d'aménagement, est la mise en 2 x 2 voies de la route nationale qui relie la Wilaya de Guelma et de Constantine, qui est elle-même considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de notre économie. Pour cette étude nous avons respectés toutes les normes routières, qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et nous avons pris en considération, le confort et la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Ce projet de fin d'étude (APD) a été une occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation et de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il a été l'occasion pour moi de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine, et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour l'élaboration d'un projet de travaux publics. Encore une fois, ce modeste travail m'a poussé et permis de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels: COVADIS, AUTO CAD.

Liste de tableau :

Chapitre 1 : paramètre du projet

Tableau. I 1 : caractéristique de la route étudiée.....	6
Tableau. I 2 : caractéristique de la route avant et après aménagement	6
Tableau. I 3 : Coefficient d'équivalence en fonction de l'environnement de la route.	11
Tableau. I. 4 : valeurs de K1.	13
Tableau. I 5 : valeurs de K2.	13
Tableau. I 6 : valeurs de Cth.	13
Tableau. I 7 : Environnement de la route.....	14
Tableau. I 8 : Résultats acquis.	17
Tableau. I 9 : Dévers.....	20
Tableau. I 10 : Valeur du coefficient ft.....	20
Tableau. I. 11 : Valeur du coefficient "F".	20

Chapitre2 : Caractéristiques Géométriques Routières

Tableau II 1 : Résumant les résultats obtenus.....	27
Tableau II 2: la distance d'arrêt.	34
Tableau II 3 : tableau de déclivité du profil en long en fonction de la vitesse.....	42
Tableau II 4 : Rayons de Raccordements convexes.....	45
tableau II 5 :Rayons de Raccordements concaves	46

chapitre3 : Géotechniques Routières

Tableau III 1: classe de portance de l'indice de CBR.	69
Tableau III 2 : Tableau récapitulatif de la classification " R.T.R.....	71
Tableau III 3: coefficient d'équivalence des matériaux.	78
Tableau III 4 : classe du trafic TPLI pour(RP1)	78
Tableau III 5 : classe du trafic TPLI pour(RP2)	79
Tableau III 6 : portance de sole en fonction de indice CBR	79
Tableau III 7 : coefficient de ruissellement.....	89
Tableau III 8 : Modulation des lignes discontinues	96

Liste de figure :

Chapitre1 : Paramètre du projet

Figure. I 1 : Extrait d'une carte du réseau routier de wilaya de GUELMA.....	3
Figure. I 2 : localisation du projet (vu Google Earth)	4

Chapitre 2 : Caractéristiques Géométriques Routières

Figure II 1: élément du tracé en plan.	22
Figure II 2 : les éléments de clothoïde	29
Figure II 3 : courbe en S.....	32
Figure II 4 : courbe à sommet	32
Figure II 5 : courbe en C.	33
Figure II 6 : courbe en omelette.....	33
Figure II 7 : profil en long.....	41
Figure II 8 : raccordement convexe	44
figure II 9 : les éléments du profil en long.	47
Figure II 10 : Élément de profil en travers.....	50
Figure II 11 : Cas d'un profil mixte	52
Figure II 12 : Calcul de la surface.....	53
Figure II 13 : Calcul du remblai.....	54
Figure II 14 : Cas de déblai.....	54
Figure II 15 : Carrefour à trois branches (en Y).....	56
Figure II 16 : Carrefour en croix simple.	56
Figure II 17 : Carrefour en X.	57
Figure II 18: Carrefour giratoire.	58
Figure II 19: La figure ci-jointe représente l'aménagement du carrefour	60
Figure II 20 : La figure ci-dessous représente l'aménagement du carrefour $N^{\circ}= 2$	61

Chapitre 3 : Géotechniques Routières

Figure III 1 : Teneur en eau naturelle.....	64	
Figure III 2: Analyse granulométrique.....	65	
Figure III 3 : Limite d'Atterberg d'un sol.....	66	
Figure III 4 : L'appareil de Casagrande.....	66	
Figure III 5 :L'essai équivalent sable.....	67	
Figure III 6 : courbe de Proctor.....	68	
figure III 7 : Essai PROCTOR	68	
Figure III 8 : Machine CBR	69	
Figure III 9 :L'essai Los Angeles.....	70	
Figure III 10 : Chaussée souple.....	74	
Figure III 11:d'une chaussée semi – rigide.....	75	
Figure III 12: Déplacement du point de concentration des eaux.....	84	
Figure III 13 : Nid de poule	Figure III 14 : Affaissement.	85
Figure III 15: Glissement.	Figure III 16 : affouillement du pied de talus.	85
Figure III 17 : Erosion.....		85

Figure III 18 : Courbe Intensité-Durée-Fréquence.....	89
Figure III 19: Panneaux verticaux triangulaire.	93
Figure III 20 : Panneaux de forme circulaire.	94
Figure III 21 : Signaux de position des dangers.....	95
Figure III 22 : Ligne continue.....	95
Figure III 23 : Lignes discontinue.....	96
Figure III 24 : Type de modulation référence signalisation routière.....	97
Figure III 25 : Types des lignes transversales.....	97
Figure III 26 : flèche de rabattement.....	98
Figure III 27 : Flèche de section.....	98
Figure III 28 : Paramètres de l'implantation des luminaires.....	100

Références

Référence :

❖ OUVRAGES :

- B40 et B41 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes 1972.)
- B60 (Catalogue des structures, types des chaussées neuves 1978.) .
- SETRA (Carrefours dénivelés 1980.)
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des routes nationales (Édition 1975).
- ENTP anciennes mémoires de fin d'étude. [ALLAL RAWIA, BOUCIDA ABDLEBAST+MEJALDI MOUADEH, KHOUALDIA] .
- Dossier pilote « Carrefours sur routes interurbaines » 1ere PARTIE, Octobre 1976.
Signalisation routière
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(C.T.T.P).

❖ COURS :

- Cours de route de 3eme année licence et master 1 .Mr. M .Belachia
- Le livre : MANUEL DE PROJET DE ROUTES.

❖ LOGICIELS :

- COVADIS POUR AUTO CAD 2013.
- AUTO CAD 2013: DESSIN.
- MICROSOFT OFFICE WORD 2010.

❖ Les sites Web :

<http://fr.wikipedia.org>
<https://earth.google.com>
<http://www.planete-tp.com/>
<http://andi.dz/index.php/fr/>

ANAXS

RN20

Profil En Long Projet

Axe : Axe RN20

Nom	Elts Caractéristiques		Longueur	Points de Contacts	
	Pente / Rayon			Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.54 %	588.583	58+000.000	697.456
Parabole 1	Rayon	6000.000 m	224.813	58+588.583	694.290
	Sommet Absc.	58+620.849 m			
	Sommet Alt.	694.204 m			
Pente 2	Pente	3.21 %	228.377	58+813.396	697.293
Parabole 2	Rayon	-5500.000 m	221.943	59+041.773	704.622
	Sommet Absc.	59+218.274 m			
	Sommet Alt.	707.454 m			
Pente 3	Pente	-0.83 %	52.630	59+263.716	707.266
Parabole 3	Rayon	4500.000 m	291.807	59+316.345	706.832
	Sommet Absc.	59+353.525 m			
	Sommet Alt.	706.678 m			
Pente 4	Pente	5.66 %	66.873	59+608.152	713.882
Parabole 4	Rayon	-5500.000 m	371.003	59+675.026	717.666
	Sommet Absc.	59+986.237 m			
	Sommet Alt.	726.471 m			
Pente 5	Pente	-1.09 %	182.597	60+046.029	726.146
Parabole 5	Rayon	5500.000 m	195.162	60+228.626	724.161
	Sommet Absc.	60+288.417 m			
	Sommet Alt.	723.836 m			
Pente 6	Pente	2.46 %	1266.280	60+423.788	725.502
Parabole 6	Rayon	-4500.000 m	207.722	61+690.068	756.668
	Sommet Absc.	61+800.826 m			
	Sommet Alt.	758.031 m			
Pente 7	Pente	-2.15 %	147.979	61+897.790	756.987
Parabole 7	Rayon	4500.000 m	237.524	62+045.769	753.798
	Sommet Absc.	62+142.734 m			
	Sommet Alt.	752.753 m			
Pente 8	Pente	3.12 %	451.892	62+283.293	754.949
Parabole 8	Rayon	-4700.000 m	474.099	62+735.185	769.064
	Sommet Absc.	62+881.991 m			
	Sommet Alt.	771.356 m			
Pente 9	Pente	-6.96 %	1061.803	63+209.283	759.961
Parabole 9	Rayon	6000.000 m	59.673	64+271.086	686.020
	Sommet Absc.	64+688.906 m			
	Sommet Alt.	671.472 m			
Pente 10	Pente	-5.97 %	657.234	64+330.759	682.162
				64+987.993	642.930
Longueur totale de l'axe 6987.993 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 6993.462 mètre(s)					

Axe En Plan

Axe : Axe RN20

Nom	Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 40.61gr	81.197	58+000.000	3118.409	195059.541	
Clothoïde 1	Paramètre 166.177	109.583	58+081.197	3166.764	195124.769	
Arc 1	Rayon 252.000 m Centre X 2995.312 m Centre Y 195319.970 m	104.015	58+190.779	3225.358	195217.099	
Clothoïde 2	Paramètre -166.177	109.583	58+294.794	3247.304	195318.018	
Droite 2	Gisement 386.65gr	21.642	58+404.377	3232.344	195426.343	
Clothoïde 3	Paramètre -282.489	133.000	58+426.019	3227.840	195447.511	
Arc 2	Rayon -600.000 m Centre X 3802.063 m Centre Y 195637.672 m	3.611	58+559.019	3204.992	195578.460	
Clothoïde 4	Paramètre 282.489	133.000	58+562.630	3204.646	195582.055	
Droite 3	Gisement 1.15gr	98.344	58+695.630	3202.129	195714.958	
Clothoïde 5	Paramètre -151.108	103.789	58+793.974	3203.900	195813.286	
Arc 3	Rayon -220.000 m Centre X 3426.832 m Centre Y 195861.078 m	302.341	58+897.762	3213.885	195916.335	
Clothoïde 6	Paramètre 151.108	103.789	59+200.103	3439.446	196080.716	
Droite 4	Gisement 118.67gr	16.851	59+303.892	3540.602	196058.662	
Clothoïde 7	Paramètre 80.000	29.091	59+320.742	3556.734	196053.791	
Arc 4	Rayon 220.000 m Centre X 3634.297 m Centre Y 196260.349 m	231.710	59+349.833	3584.756	196045.999	
Clothoïde 8	Paramètre -80.000	29.091	59+581.543	3796.060	196111.243	
Droite 5	Gisement 43.20gr	24.720	59+610.634	3814.811	196133.477	
Clothoïde 9	Paramètre -151.108	103.789	59+635.354	3830.328	196152.720	
Arc 5	Rayon -220.000 m Centre X 4035.688 m Centre Y 196053.672 m	109.751	59+739.143	3901.442	196227.965	
Clothoïde 10	Paramètre 151.108	103.789	59+848.893	4001.190	196270.951	
Droite 6	Gisement 104.99gr	35.113	59+952.682	4104.722	196270.968	
Clothoïde 11	Paramètre -80.000	24.672	59+987.795	4139.727	196268.217	
Arc 6	Rayon -259.400 m Centre X 4131.694 m Centre Y 196008.550 m	180.367	60+012.467	4164.287	196265.894	
Clothoïde 12	Paramètre 80.000	24.672	60+192.834	4321.584	196185.270	
Droite 7	Gisement 155.31gr	21.214	60+217.506	4337.810	196166.687	
Clothoïde 13	Paramètre 158.248	106.563	60+238.721	4351.508	196150.488	
Arc 7	Rayon 235.000 m Centre X 4566.832 m Centre Y 196262.908 m	128.994	60+345.284	4426.090	196074.715	
Clothoïde 14	Paramètre -158.248	106.563	60+474.279	4544.957	196028.928	
Droite 8	Gisement 91.50gr	141.244	60+580.842	4651.099	196035.088	
Clothoïde 15	Paramètre 169.853	110.961	60+722.086	4791.086	196053.890	
Arc 8	Rayon 260.000 m Centre X 4811.117 m Centre Y 196320.902 m	86.426	60+833.047	4899.513	196076.390	
Clothoïde 16	Paramètre -169.853	110.961	60+919.473	4974.463	196118.620	
Droite 9	Gisement 43.17gr	13.677	61+030.434	5049.881	196199.704	
Clothoïde 17	Paramètre -257.876	133.000	61+044.111	5058.461	196210.355	

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Arc 9	Rayon Centre X Centre Y	-500.000 m 5490.681 m 195947.529 m	108.535	61+177.111	5146.333	196310.053
Clothoïde 18	Paramètre	257.876	133.000	61+285.646	5232.491	196375.708
Droite 10	Gisement	73.92gr	198.042	61+418.646	5351.927	196433.985
Clothoïde 19	Paramètre	209.141	124.971	61+616.688	5533.585	196512.857
Arc 10	Rayon Centre X Centre Y	350.000 m 5450.710 m 196860.465 m	439.394	61+741.659	5644.898	196569.276
Clothoïde 20	Paramètre	-209.141	124.971	62+181.053	5787.771	196954.753
Droite 11	Gisement	371.27gr	440.722	62+306.023	5740.118	197070.090
Clothoïde 21	Paramètre	-151.108	103.789	62+746.746	5547.906	197466.689
Arc 11	Rayon Centre X Centre Y	-220.000 m 5725.122 m 197610.138 m	393.675	62+850.534	5510.206	197563.113
Clothoïde 22	Paramètre	151.108	103.789	63+244.209	5725.831	197830.137
Droite 12	Gisement	115.22gr	109.647	63+347.998	5828.033	197813.589
Clothoïde 23	Paramètre	100.000	34.483	63+457.645	5934.560	197787.621
Arc 12	Rayon Centre X Centre Y	290.000 m 6020.032 m 198065.453 m	595.197	63+492.128	5968.212	197780.121
Clothoïde 24	Paramètre	-100.000	34.483	64+087.325	6296.912	198151.695
Droite 13	Gisement	376.99gr	16.761	64+121.808	6285.363	198184.180
Clothoïde 25	Paramètre	-115.572	89.047	64+138.569	6279.436	198199.858
Arc 13	Rayon Centre X Centre Y	-150.000 m 6406.103 m 198295.198 m	157.267	64+227.615	6256.416	198285.517
Clothoïde 26	Paramètre	115.572	89.047	64+384.882	6323.031	198420.094
Droite 14	Gisement	81.53gr	4.040	64+473.929	6405.104	198453.733
Clothoïde 27	Paramètre	160.000	73.143	64+477.968	6408.975	198454.888
Arc 14	Rayon Centre X Centre Y	350.000 m 6343.702 m 198801.330 m	40.226	64+551.111	6478.256	198478.228
Clothoïde 28	Paramètre	-160.000	73.143	64+591.338	6514.422	198495.790
Droite 15	Gisement	60.91gr	19.000	64+664.480	6575.606	198535.806
Clothoïde 29	Paramètre	178.896	114.300	64+683.481	6591.135	198546.753
Arc 15	Rayon Centre X Centre Y	280.000 m 6475.337 m 198810.076 m	20.496	64+797.780	6679.701	198618.671
Clothoïde 30	Paramètre	-178.896	114.300	64+818.276	6693.151	198634.130
Droite 16	Gisement	30.26gr	55.418	64+932.575	6752.138	198731.786
				64+987.993	6777.500	198781.059
Longueur totale de l'axe 6987.993 mètre(s)						

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : Axe RN20

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.303	64+325.0 00	25.000	5.11	14.55	131.3	330.1	250727.9	35628.3
P.304	64+350.0 00	25.000	11.06	0.26	278.4	6.3	251006.4	35634.6
P.305	64+375.0 00	17.441	13.46	0.03	236.3	0.5	251242.7	35635.1
P.306	64+384.8 82	12.500	12.19	0.01	152.8	0.1	251395.5	35635.2
P.307	64+400.0 00	20.059	9.62	0.57	193.3	11.9	251588.8	35647.1
P.308	64+425.0 00	25.000	13.56	0.52	337.0	13.2	251925.7	35660.4
P.309	64+450.0 00	24.464	12.97	0.01	315.2	0.3	252240.9	35660.7
P.310	64+473.9 29	12.500	17.34	0.00	216.9	0.0	252457.8	35660.7
P.311	64+475.0 00	2.020	17.28	0.00	34.9	0.0	252492.7	35660.7
P.312	64+477.9 68	12.500	15.52	0.10	193.9	1.3	252686.6	35662.0
P.313	64+500.0 00	23.516	14.54	0.57	340.4	13.4	253027.1	35675.4
P.314	64+525.0 00	25.000	6.88	0.82	171.5	20.6	253198.6	35696.0
P.315	64+550.0 00	13.056	5.30	1.18	69.1	15.7	253267.7	35711.8
P.316	64+551.1 11	12.500	5.22	1.29	65.2	16.5	253332.9	35728.2
P.317	64+575.0 00	20.113	5.11	8.26	102.7	170.6	253435.6	35898.8
P.318	64+591.3 38	12.500	5.08	16.31	63.2	211.5	253498.8	36110.3
P.319	64+600.0 00	16.831	5.36	15.90	89.7	275.3	253588.6	36385.6
P.320	64+625.0 00	25.000	3.38	30.15	83.9	769.5	253672.4	37155.1
P.321	64+650.0 00	19.740	5.13	47.74	101.1	953.0	253773.5	38108.1
P.322	64+664.4 80	12.500	4.11	58.86	51.3	736.8	253824.9	38844.9
P.323	64+674.0 00	9.500	3.61	66.11	34.3	628.0	253859.2	39472.9
P.324	64+683.4 81	12.500	2.78	68.86	34.8	862.1	253894.0	40335.0
P.325	64+699.0 00	20.760	2.76	75.72	57.3	1588.1	253951.3	41923.1
P.326	64+725.0 00	25.000	4.27	62.51	106.7	1598.9	254058.0	43522.0
P.327	64+750.0 00	25.000	4.23	16.83	106.0	433.0	254164.1	43955.0
P.328	64+775.0 00	23.890	6.06	1.21	145.0	29.8	254309.1	43984.8
P.329	64+797.7 80	12.500	3.16	1.03	39.1	13.0	254348.2	43997.8
P.330	64+800.0 00	10.248	2.65	1.10	26.9	11.5	254375.1	44009.3
P.331	64+818.2	12.500	9.64	0.09	118.0	1.1	254493.2	44010.4

	76							
P.332	64+825.0 00	15.862	4.82	0.73	76.7	11.2	254569.8	44021.7
P.333	64+850.0 00	25.000	11.63	6.31	281.7	159.8	254851.5	44181.5
P.334	64+875.0 00	25.000	6.35	1.26	159.1	32.2	255010.6	44213.6
P.335	64+900.0 00	25.000	22.25	0.12	552.3	3.1	255562.9	44216.8
P.336	64+925.0 00	16.288	29.09	0.01	472.8	0.1	256035.7	44216.9
P.337	64+932.5 75	12.500	29.03	0.01	362.8	0.1	256398.6	44217.0
P.338	64+950.0 00	21.212	3.53	6.49	74.9	137.7	256473.4	44354.7
P.339	64+975.0 00	18.996	20.67	0.04	392.7	0.9	256866.2	44355.5
P.340	64+987.9 93	6.496	28.16	0.02	182.9	0.1	257049.1	44355.6

Cubatures Matériaux : Utilisation (Gulden)

Axe : Axe RN20

BB

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.01	58+000.00	12.500	0.46	5.7	0.46	5.7	11.4
P.02	58+025.00	25.000	0.46	11.4	0.46	11.4	34.3
P.03	58+050.00	25.000	0.46	11.4	0.46	11.4	57.2
P.04	58+075.00	15.598	0.46	7.1	0.46	7.1	71.5
P.05	58+081.197	12.500	0.46	5.7	0.46	5.7	83.0
P.06	58+099.00	21.902	0.46	10.0	0.46	10.1	103.0
P.07	58+124.00	25.000	0.46	11.4	0.46	11.5	125.9
P.08	58+150.00	25.000	0.46	11.3	0.46	11.6	148.8
P.09	58+175.00	20.390	0.46	9.2	0.46	9.5	167.5
P.10	58+190.779	12.500	0.46	5.6	0.46	5.8	178.9
P.11	58+200.00	17.110	0.46	7.7	0.46	8.0	194.6
P.12	58+225.00	25.000	0.46	11.2	0.46	11.6	217.5
P.13	58+250.00	25.000	0.46	11.2	0.46	11.6	240.3
P.14	58+275.00	22.397	0.46	10.1	0.46	10.4	260.9
P.15	58+294.794	12.500	0.46	5.6	0.46	5.8	272.3
P.16	58+300.00	15.103	0.46	6.8	0.46	7.0	286.1
P.17	58+325.00	25.000	0.46	11.3	0.46	11.6	309.0
P.18	58+350.00	25.000	0.46	11.3	0.46	11.5	331.9

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.299	64+227.615	12.500	0.46	5.9	0.46	5.6	5712.2
P.300	64+250.00	23.692	0.46	11.2	0.46	10.5	5733.9
P.301	64+275.00	25.000	0.46	11.8	0.46	11.1	5756.8
P.302	64+300.00	25.000	0.46	11.8	0.46	11.1	5779.7
P.303	64+325.00	25.000	0.46	11.8	0.46	11.1	5802.6
P.304	64+350.00	25.000	0.46	11.8	0.46	11.1	5825.5
P.305	64+375.00	17.441	0.46	8.2	0.46	7.8	5841.5
P.306	64+384.8	12.500	0.46	5.9	0.46	5.6	5852.9

	82						
P.307	64+400.0 00	20.059	0.46	9.4	0.46	9.0	5871.3
P.308	64+425.0 00	25.000	0.46	11.6	0.46	11.3	5894.2
P.309	64+450.0 00	24.464	0.46	11.3	0.46	11.1	5916.6
P.310	64+473.9 29	12.500	0.46	5.7	0.46	5.7	5928.0
P.311	64+475.0 00	2.020	0.46	0.9	0.46	0.9	5929.9
P.312	64+477.9 68	12.500	0.46	5.7	0.46	5.7	5941.3
P.313	64+500.0 00	23.516	0.46	10.7	0.46	10.8	5962.8
P.314	64+525.0 00	25.000	0.46	11.4	0.46	11.5	5985.7
P.315	64+550.0 00	13.056	0.46	5.9	0.46	6.0	5997.7
P.316	64+551.1 11	12.500	0.46	5.7	0.46	5.8	6009.1
P.317	64+575.0 00	20.113	0.46	9.1	0.46	9.3	6027.5
P.318	64+591.3 38	12.500	0.46	5.7	0.46	5.8	6039.0
P.319	64+600.0 00	16.831	0.46	7.6	0.46	7.8	6054.4
P.320	64+625.0 00	25.000	0.46	11.4	0.46	11.5	6077.3
P.321	64+650.0 00	19.740	0.46	9.0	0.46	9.1	6095.4
P.322	64+664.4 80	12.500	0.46	5.7	0.46	5.7	6106.8
P.323	64+674.0 00	9.500	0.46	4.3	0.46	4.3	6115.5
P.324	64+683.4 81	12.500	0.46	5.7	0.46	5.7	6127.0
P.325	64+699.0 00	20.760	0.46	9.5	0.46	9.5	6146.0
P.326	64+725.0 00	25.000	0.46	11.4	0.46	11.5	6168.9
P.327	64+750.0 00	25.000	0.46	11.3	0.46	11.5	6191.7
P.328	64+775.0 00	23.890	0.46	10.8	0.46	11.1	6213.6
P.329	64+797.7 80	12.500	0.46	5.6	0.46	5.8	6225.1
P.330	64+800.0 00	10.248	0.46	4.6	0.46	4.8	6234.4
P.331	64+818.2 76	12.500	0.46	5.6	0.46	5.8	6245.9
P.332	64+825.0 00	15.862	0.46	7.2	0.46	7.4	6260.4
P.333	64+850.0 00	25.000	0.46	11.3	0.46	11.6	6283.3
P.334	64+875.0 00	25.000	0.46	11.4	0.46	11.5	6306.2
P.335	64+900.0 00	25.000	0.46	11.4	0.46	11.5	6329.1
P.336	64+925.0 00	16.288	0.46	7.4	0.46	7.5	6344.0
P.337	64+932.5 75	12.500	0.46	5.7	0.46	5.7	6355.4
P.338	64+950.0 00	21.212	0.46	9.7	0.46	9.7	6374.9
P.339	64+975.0 00	18.996	0.46	8.7	0.46	8.7	6392.3
P.340	64+987.9 93	6.496	0.46	3.0	0.46	3.0	6398.2

CONCASSE

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.01	58+000.0 00	12.500	1.75	21.9	1.75	21.9	43.9
P.02	58+025.0 00	25.000	1.75	43.9	1.75	43.9	131.6
P.03	58+050.0 00	25.000	1.75	43.9	1.75	43.9	219.3
P.04	58+075.0 00	15.598	1.75	27.4	1.75	27.4	274.0
P.05	58+081.1 97	12.500	1.75	21.9	1.75	21.9	317.9
P.06	58+099.0 00	21.902	1.75	38.3	1.75	38.5	394.7
P.07	58+124.0 00	25.000	1.75	43.6	1.75	44.2	482.5
P.08	58+150.0 00	25.000	1.75	43.4	1.76	44.4	570.2
P.09	58+175.0 00	20.390	1.75	35.3	1.76	36.3	641.8
P.10	58+190.7 79	12.500	1.75	21.6	1.76	22.3	685.7
P.11	58+200.0 00	17.110	1.75	29.5	1.76	30.6	745.8
P.12	58+225.0 00	25.000	1.75	43.1	1.76	44.7	833.6
P.13	58+250.0 00	25.000	1.75	43.1	1.76	44.7	921.4
P.14	58+275.0 00	22.397	1.75	38.6	1.76	40.0	1000.1
P.15	58+294.7 94	12.500	1.75	21.5	1.76	22.4	1044.0

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.331	64+818.2 76	12.500	1.75	21.6	1.76	22.3	23948.0
P.332	64+825.0 00	15.862	1.75	27.4	1.76	28.3	24003.7
P.333	64+850.0 00	25.000	1.75	43.4	1.76	44.4	24091.5
P.334	64+875.0 00	25.000	1.75	43.5	1.76	44.2	24179.2
P.335	64+900.0 00	25.000	1.75	43.7	1.75	44.1	24266.9
P.336	64+925.0 00	16.288	1.75	28.5	1.75	28.6	24324.1
P.337	64+932.5 75	12.500	1.75	21.9	1.75	21.9	24367.9
P.338	64+950.0 00	21.212	1.75	37.2	1.75	37.2	24442.4
P.339	64+975.0 00	18.996	1.75	33.3	1.75	33.3	24509.0
P.340	64+987.9 93	6.496	1.75	11.4	1.75	11.4	24531.8

GB

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.01	58+000.0 00	12.500	1.23	15.4	1.23	15.4	30.8
P.02	58+025.0 00	25.000	1.23	30.8	1.23	30.8	92.4
P.03	58+050.0 00	25.000	1.23	30.8	1.23	30.8	153.9
P.04	58+075.0 00	15.598	1.23	19.2	1.23	19.2	192.4
P.05	58+081.1 97	12.500	1.23	15.4	1.23	15.4	223.1
P.06	58+099.0 00	21.902	1.23	26.9	1.23	27.1	277.1
P.07	58+124.0 00	25.000	1.23	30.6	1.23	31.0	338.7
P.08	58+150.0 00	25.000	1.23	30.5	1.23	31.1	400.2
P.09	58+175.0 00	20.390	1.23	24.8	1.23	25.5	450.5
P.10	58+190.7 79	12.500	1.23	15.1	1.23	15.7	481.2

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.300	64+250.0 00	23.692	1.23	30.0	1.23	28.3	15424.4
P.301	64+275.0 00	25.000	1.23	31.7	1.23	29.9	15486.0
P.302	64+300.0 00	25.000	1.23	31.7	1.23	29.9	15547.6
P.303	64+325.0 00	25.000	1.23	31.7	1.23	29.9	15609.1
P.304	64+350.0 00	25.000	1.23	31.7	1.23	29.9	15670.7
P.305	64+375.0 00	17.441	1.23	22.1	1.23	20.9	15713.7
P.306	64+384.8 82	12.500	1.23	15.8	1.23	15.0	15744.5
P.307	64+400.0 00	20.059	1.23	25.3	1.23	24.1	15793.9
P.308	64+425.0 00	25.000	1.23	31.3	1.23	30.3	15855.4
P.309	64+450.0 00	24.464	1.23	30.4	1.23	29.9	15915.7
P.310	64+473.9 29	12.500	1.23	15.4	1.23	15.4	15946.5
P.311	64+475.0 00	2.020	1.23	2.5	1.23	2.5	15951.5
P.312	64+477.9 68	12.500	1.23	15.4	1.23	15.4	15982.2
P.313	64+500.0 00	23.516	1.23	28.8	1.23	29.1	16040.2
P.314	64+525.0 00	25.000	1.23	30.5	1.23	31.0	16101.7
P.315	64+550.0 00	13.056	1.23	15.9	1.23	16.3	16133.9
P.316	64+551.1 11	12.500	1.23	15.2	1.23	15.6	16164.7
P.317	64+575.0 00	20.113	1.23	24.5	1.23	25.1	16214.2
P.318	64+591.3 38	12.500	1.23	15.2	1.23	15.6	16245.0

P.319	64+600.0 00	16.831	1.23	20.5	1.23	20.9	16286.5
P.320	64+625.0 00	25.000	1.23	30.6	1.23	31.0	16348.0
P.321	64+650.0 00	19.740	1.23	24.2	1.23	24.4	16396.7
P.322	64+664.4 80	12.500	1.23	15.4	1.23	15.4	16427.4
P.323	64+674.0 00	9.500	1.23	11.7	1.23	11.7	16450.8
P.324	64+683.4 81	12.500	1.23	15.4	1.23	15.4	16481.6
P.325	64+699.0 00	20.760	1.23	25.5	1.23	25.6	16532.8
P.326	64+725.0 00	25.000	1.23	30.6	1.23	31.0	16594.3
P.327	64+750.0 00	25.000	1.23	30.5	1.23	31.1	16655.9
P.328	64+775.0 00	23.890	1.23	29.1	1.23	29.8	16714.7
P.329	64+797.7 80	12.500	1.23	15.2	1.23	15.6	16745.5
P.330	64+800.0 00	10.248	1.23	12.4	1.23	12.8	16770.8
P.331	64+818.2 76	12.500	1.23	15.2	1.23	15.6	16801.6
P.332	64+825.0 00	15.862	1.23	19.3	1.23	19.8	16840.6
P.333	64+850.0 00	25.000	1.23	30.4	1.23	31.1	16902.2
P.334	64+875.0 00	25.000	1.23	30.5	1.23	31.0	16963.8
P.335	64+900.0 00	25.000	1.23	30.7	1.23	30.9	17025.4
P.336	64+925.0 00	16.288	1.23	20.0	1.23	20.1	17065.5
P.337	64+932.5 75	12.500	1.23	15.4	1.23	15.4	17096.3
P.338	64+950.0 00	21.212	1.23	26.1	1.23	26.1	17148.5
P.339	64+975.0 00	18.996	1.23	23.4	1.23	23.4	17195.3
P.340	64+987.9 93	6.496	1.23	8.0	1.23	8.0	17211.3

GNT

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	
P.01	58+000.0 00	12.500	0.73	9.1	0.73	9.1	18.1
P.02	58+025.0 00	25.000	0.73	18.1	0.52	12.9	49.2
P.03	58+050.0 00	25.000	0.73	18.1	0.52	12.9	80.3
P.04	58+075.0 00	15.598	0.73	11.3	0.73	11.3	103.0
P.05	58+081.1 97	12.500	0.73	9.1	0.73	9.1	121.1
P.06	58+099.0 00	21.902	0.73	15.8	0.73	16.0	152.9
P.07	58+124.0 00	25.000	0.52	12.8	0.73	18.4	184.1
P.08	58+150.0 00	25.000	0.73	17.7	0.72	18.5	220.3
P.09	58+175.0	20.390	0.73	14.3	0.72	15.1	249.7

	00						
P.10	58+190.7 79	12.500	0.73	8.7	0.72	9.3	267.7
P.11	58+200.0 00	17.110	0.73	12.0	0.72	12.7	292.4
P.12	58+225.0 00	25.000	0.52	12.5	0.72	18.6	323.5
P.13	58+250.0 00	25.000	0.77	18.5	0.72	18.6	360.6
P.14	58+275.0 00	22.397	0.77	16.6	0.72	16.7	393.9
P.15	58+294.7 94	12.500	0.77	9.3	0.50	6.5	409.7
P.16	58+300.0 00	15.103	0.77	11.2	0.51	7.9	428.8

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.332	64+825.0 00	15.862	0.52	8.0	0.76	12.4	9800.8
P.333	64+850.0 00	25.000	0.73	17.7	0.76	19.5	9838.1
P.334	64+875.0 00	25.000	0.52	12.7	0.77	19.5	9870.3
P.335	64+900.0 00	25.000	0.73	18.0	0.77	19.4	9907.7
P.336	64+925.0 00	16.288	0.73	11.8	0.52	8.5	9928.0
P.337	64+932.5 75	12.500	0.73	9.1	0.77	9.6	9946.7
P.338	64+950.0 00	21.212	0.52	11.0	0.77	16.3	9974.0
P.339	64+975.0 00	18.996	0.73	13.8	0.77	14.6	10002.4
P.340	64+987.9 93	6.496	0.73	4.7	0.52	3.4	10010.5

TERRE VEGETALE

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.01	58+000.0 00	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	1.4
P.02	58+025.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.4	4.3
P.03	58+050.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.4	7.2
P.04	58+075.0 00	15.598	0.06	0.9	0.06	0.9	9.0
P.05	58+081.1 97	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	10.5
P.06	58+099.0 00	21.902	0.06	1.3	0.06	1.3	13.0
P.07	58+124.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.4	15.9
P.08	58+150.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.5	18.8
P.09	58+175.0 00	20.390	0.06	1.2	0.06	1.2	21.2
P.10	58+190.7 79	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	22.6
P.11	58+200.0 00	17.110	0.06	1.0	0.06	1.0	24.6
P.12	58+225.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.5	27.5
P.13	58+250.0	25.000	0.06	1.4	0.06	1.5	30.5

	00						
P.14	58+275.0 00	22.397	0.06	1.3	0.06	1.3	33.1

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total Volume cumulé
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	
P.301	64+275.0 00	25.000	0.06	1.5	0.06	1.4	730.7
P.302	64+300.0 00	25.000	0.06	1.5	0.06	1.4	733.6
P.303	64+325.0 00	25.000	0.06	1.5	0.06	1.4	736.6
P.304	64+350.0 00	25.000	0.06	1.5	0.06	1.4	739.5
P.305	64+375.0 00	17.441	0.06	1.0	0.06	1.0	741.5
P.306	64+384.8 82	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	743.0
P.307	64+400.0 00	20.059	0.06	1.2	0.06	1.2	745.3
P.308	64+425.0 00	25.000	0.06	1.5	0.06	1.4	748.2
P.309	64+450.0 00	24.464	0.06	1.4	0.06	1.4	751.1
P.310	64+473.9 29	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	752.5
P.311	64+475.0 00	2.020	0.06	0.1	0.06	0.1	752.7
P.312	64+477.9 68	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	754.2
P.313	64+500.0 00	23.516	0.06	1.4	0.06	1.4	756.9
P.314	64+525.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.5	759.8
P.315	64+550.0 00	13.056	0.06	0.8	0.06	0.8	761.3
P.316	64+551.1 11	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	762.8
P.317	64+575.0 00	20.113	0.06	1.2	0.06	1.2	765.1
P.318	64+591.3 38	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	766.6
P.319	64+600.0 00	16.831	0.06	1.0	0.06	1.0	768.6
P.320	64+625.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.5	771.5
P.321	64+650.0 00	19.740	0.06	1.1	0.06	1.1	773.8
P.322	64+664.4 80	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	775.2
P.323	64+674.0 00	9.500	0.06	0.5	0.06	0.5	776.3
P.324	64+683.4 81	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	777.7
P.325	64+699.0 00	20.760	0.06	1.2	0.06	1.2	780.1
P.326	64+725.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.4	783.0
P.327	64+750.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.5	785.9
P.328	64+775.0 00	23.890	0.06	1.4	0.06	1.4	788.7
P.329	64+797.7 80	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	790.2
P.330	64+800.0 00	10.248	0.06	0.6	0.06	0.6	791.4
P.331	64+818.2 76	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	792.8
P.332	64+825.0 00	15.862	0.06	0.9	0.06	0.9	794.7

P.333	64+850.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.5	797.6
P.334	64+875.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.5	800.5
P.335	64+900.0 00	25.000	0.06	1.4	0.06	1.4	803.4
P.336	64+925.0 00	16.288	0.06	0.9	0.06	0.9	805.3
P.337	64+932.5 75	12.500	0.06	0.7	0.06	0.7	806.7
P.338	64+950.0 00	21.212	0.06	1.2	0.06	1.2	809.2
P.339	64+975.0 00	18.996	0.06	1.1	0.06	1.1	811.4
P.340	64+987.9 9 3	6.496	0.06	0.4	0.06	0.4	812.1

TUF

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.01	58+000.0 00	12.500	6.48	81.0	6.48	81.0	162.0
P.02	58+025.0 00	25.000	6.48	162.0	5.44	136.1	460.2
P.03	58+050.0 00	25.000	6.48	162.0	5.44	136.1	758.3
P.04	58+075.0 00	15.598	6.48	101.1	6.48	101.1	960.5
P.05	58+081.1 97	12.500	6.48	81.0	6.48	81.1	1122.6
P.06	58+099.0 00	21.902	6.48	141.4	6.48	142.5	1406.5
P.07	58+124.0 00	25.000	5.44	135.1	6.48	163.4	1705.0
P.08	58+150.0 00	25.000	6.48	159.9	6.48	164.2	2029.1
P.09	58+175.0 00	20.390	6.48	129.8	6.48	134.5	2293.4
P.10	58+190.7 79	12.500	6.48	79.3	6.48	82.7	2455.4
P.11	58+200.0 00	17.110	6.48	108.5	6.48	113.2	2677.2
P.12	58+225.0 00	25.000	5.44	133.7	6.48	165.5	2976.3
P.13	58+250.0 00	25.000	6.18	151.4	6.48	165.5	3293.2
P.14	58+275.0 00	22.397	6.18	135.7	6.48	148.2	3577.1
P.15	58+294.7 94	12.500	6.18	75.7	5.40	68.7	3721.5
P.16	58+300.0 00	15.103	6.72	99.5	5.40	82.9	3903.8
P.17	58+325.0 00	25.000	6.72	165.4	6.16	156.2	4225.4

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P.333	64+850.0 00	25.000	6.48	159.8	6.69	169.7	87621.9
P.334	64+875.0 00	25.000	5.44	135.0	6.71	169.5	87926.3
P.335	64+900.0 00	25.000	6.48	161.2	6.18	155.4	88242.9
P.336	64+925.0	16.288	6.48	105.4	5.44	88.8	88437.1

	00						
P.337	64+932.5 75	12.500	6.48	81.0	6.18	77.3	88595.4
P.338	64+950.0 00	21.212	5.44	115.5	6.72	142.6	88853.5
P.339	64+975.0 00	18.996	6.48	123.1	6.18	117.5	89094.1
P.340	64+987.9 93	6.496	6.48	42.1	5.44	35.4	89171.5

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

Axe : Axe RN20

Matériau	Volume cumulé
BB	6398.2
CONCASSE	24531.8
GB	17211.3
GNT	10010.5
TERRE VEGETALE	812.1
TUF	89171.5

Edition des Dévers

Axe : Axe RN20

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.01	58+000.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.02	58+025.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.03	58+050.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.04	58+075.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.05	58+081.197	2.50	-2.50	Clothoïde 1
P.06	58+099.000	2.50	-2.50	Clothoïde 1
P.07	58+124.000	2.50	-2.20	Clothoïde 1
P.08	58+150.000	2.50	-0.41	Clothoïde 1
P.09	58+175.000	2.50	1.37	Clothoïde 1
P.10	58+190.779	2.50	2.50	Arc 1
P.11	58+200.000	2.50	2.50	Arc 1
P.12	58+225.000	2.50	2.50	Arc 1
P.13	58+250.000	2.50	2.50	Arc 1
P.14	58+275.000	2.50	2.50	Arc 1
P.15	58+294.794	2.50	2.50	Arc 1
P.16	58+300.000	2.50	2.13	Clothoïde 2
P.17	58+325.000	2.50	0.34	Clothoïde 2
P.18	58+350.000	2.50	-1.44	Clothoïde 2
P.19	58+375.000	2.50	-2.50	Clothoïde 2
P.20	58+400.000	2.50	-2.50	Clothoïde 2
P.21	58+404.377	2.50	-2.50	Clothoïde 2
P.22	58+425.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.23	58+426.019	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.24	58+450.000	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.25	58+474.000	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.26	58+500.000	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.27	58+525.000	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.28	58+550.000	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.29	58+559.019	2.50	-2.50	Arc 2
P.30	58+562.630	2.50	-2.50	Arc 2
P.31	58+575.000	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.32	58+600.000	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.33	58+625.000	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.34	58+650.000	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.35	58+675.000	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.36	58+695.630	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.37	58+700.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.38	58+725.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.39	58+750.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.40	58+775.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.41	58+793.974	2.50	-2.50	Clothoïde 5
P.42	58+800.000	2.50	-2.50	Clothoïde 5
P.43	58+824.000	2.21	-2.50	Clothoïde 5
P.44	58+850.000	0.43	-2.50	Clothoïde 5
P.45	58+875.000	-1.34	-2.50	Clothoïde 5
P.46	58+897.762	-2.57	-2.57	Arc 3
P.47	58+900.000	-2.57	-2.57	Arc 3
P.48	58+925.000	-2.57	-2.57	Arc 3
P.49	58+950.000	-2.57	-2.57	Arc 3
P.50	58+975.000	-2.57	-2.57	Arc 3

P.234	62+825.000	-1.37	-2.50	Clothoïde 21
P.235	62+850.000	-2.57	-2.57	Clothoïde 21
P.236	62+850.534	-2.57	-2.57	Arc 11
P.237	62+875.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.238	62+900.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.239	62+925.000	-2.57	-2.57	Arc 11

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.240	62+950.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.241	62+975.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.242	63+000.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.243	63+025.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.244	63+050.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.245	63+075.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.246	63+100.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.247	63+125.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.248	63+150.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.249	63+175.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.250	63+200.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.251	63+225.000	-2.57	-2.57	Arc 11
P.252	63+244.209	-2.57	-2.57	Arc 11
P.253	63+250.000	-2.57	-2.57	Clothoïde 22
P.254	63+275.000	-1.00	-2.50	Clothoïde 22
P.255	63+300.000	0.75	-2.50	Clothoïde 22
P.256	63+325.000	2.50	-2.50	Clothoïde 22
P.257	63+347.998	2.50	-2.50	Clothoïde 22
P.258	63+350.000	2.50	-2.50	Droite 12
P.259	63+375.000	2.50	-2.50	Droite 12
P.260	63+400.000	2.50	-2.50	Droite 12
P.261	63+425.000	2.50	-2.29	Droite 12
P.262	63+450.000	2.50	-0.51	Droite 12
P.263	63+457.645	2.50	0.04	Clothoïde 23
P.264	63+475.000	2.50	1.28	Clothoïde 23
P.265	63+492.128	2.50	2.50	Arc 12
P.266	63+500.000	2.50	2.50	Arc 12
P.267	63+525.000	2.50	2.50	Arc 12
P.268	63+550.000	2.50	2.50	Arc 12
P.269	63+575.000	2.50	2.50	Arc 12
P.270	63+600.000	2.50	2.50	Arc 12
P.271	63+625.000	2.50	2.50	Arc 12
P.272	63+650.000	2.50	2.50	Arc 12
P.273	63+675.000	2.50	2.50	Arc 12
P.274	63+700.000	2.50	2.50	Arc 12
P.275	63+725.000	2.50	2.50	Arc 12
P.276	63+750.000	2.50	2.50	Arc 12
P.277	63+775.000	2.50	2.50	Arc 12
P.278	63+800.000	2.50	2.50	Arc 12
P.279	63+825.000	2.50	2.50	Arc 12
P.280	63+850.000	2.50	2.50	Arc 12
P.281	63+875.000	2.50	2.50	Arc 12
P.282	63+900.000	2.50	2.50	Arc 12
P.283	63+925.000	2.50	2.50	Arc 12
P.284	63+950.000	2.50	2.50	Arc 12
P.285	63+975.000	2.50	2.50	Arc 12

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.303	64+325.000	-2.94	-2.94	Arc 13
P.304	64+350.000	-2.94	-2.94	Arc 13
P.305	64+375.000	-2.94	-2.94	Arc 13
P.306	64+384.882	-2.94	-2.94	Arc 13
P.307	64+400.000	-1.86	-2.50	Clothoïde 26
P.308	64+425.000	-0.08	-2.50	Clothoïde 26
P.309	64+450.000	1.71	-2.50	Clothoïde 26
P.310	64+473.929	2.50	-2.50	Clothoïde 26
P.311	64+475.000	2.50	-2.50	Droite 14
P.312	64+477.968	2.50	-2.50	Clothoïde 27
P.313	64+500.000	2.50	-1.15	Clothoïde 27
P.314	64+525.000	2.50	0.63	Clothoïde 27
P.315	64+550.000	2.50	2.42	Clothoïde 27
P.316	64+551.111	2.50	2.50	Arc 14
P.317	64+575.000	2.50	2.50	Arc 14
P.318	64+591.338	2.50	2.50	Arc 14
P.319	64+600.000	2.50	1.88	Clothoïde 28
P.320	64+625.000	2.50	0.10	Clothoïde 28
P.321	64+650.000	2.50	-1.69	Clothoïde 28
P.322	64+664.480	2.50	-2.50	Clothoïde 28
P.323	64+674.000	2.50	-2.50	Droite 15
P.324	64+683.481	2.50	-2.50	Clothoïde 29
P.325	64+699.000	2.50	-2.50	Clothoïde 29
P.326	64+725.000	2.50	-2.35	Clothoïde 29
P.327	64+750.000	2.50	-0.56	Clothoïde 29
P.328	64+775.000	2.50	1.22	Clothoïde 29
P.329	64+797.780	2.50	2.50	Arc 15
P.330	64+800.000	2.50	2.50	Arc 15
P.331	64+818.276	2.50	2.50	Arc 15
P.332	64+825.000	2.50	2.37	Clothoïde 30
P.333	64+850.000	2.50	0.58	Clothoïde 30
P.334	64+875.000	2.50	-1.20	Clothoïde 30
P.335	64+900.000	2.50	-2.50	Clothoïde 30
P.336	64+925.000	2.50	-2.50	Clothoïde 30
P.337	64+932.575	2.50	-2.50	Clothoïde 30
P.338	64+950.000	2.50	-2.50	Droite 16
P.339	64+975.000	2.50	-2.50	Droite 16
P.340	64+987.993	2.50	-2.50	Droite 16

