

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 & Hydraulique

Spécialité : Travaux Publics

Option : Voies et Ouvrages D'Art

**Thème : Projet routier dédoublement de la RN 20
Du PK 52+000 au PK 58+000 sur 6 Km**

Présenté par :

MESHLEEF Hemyar

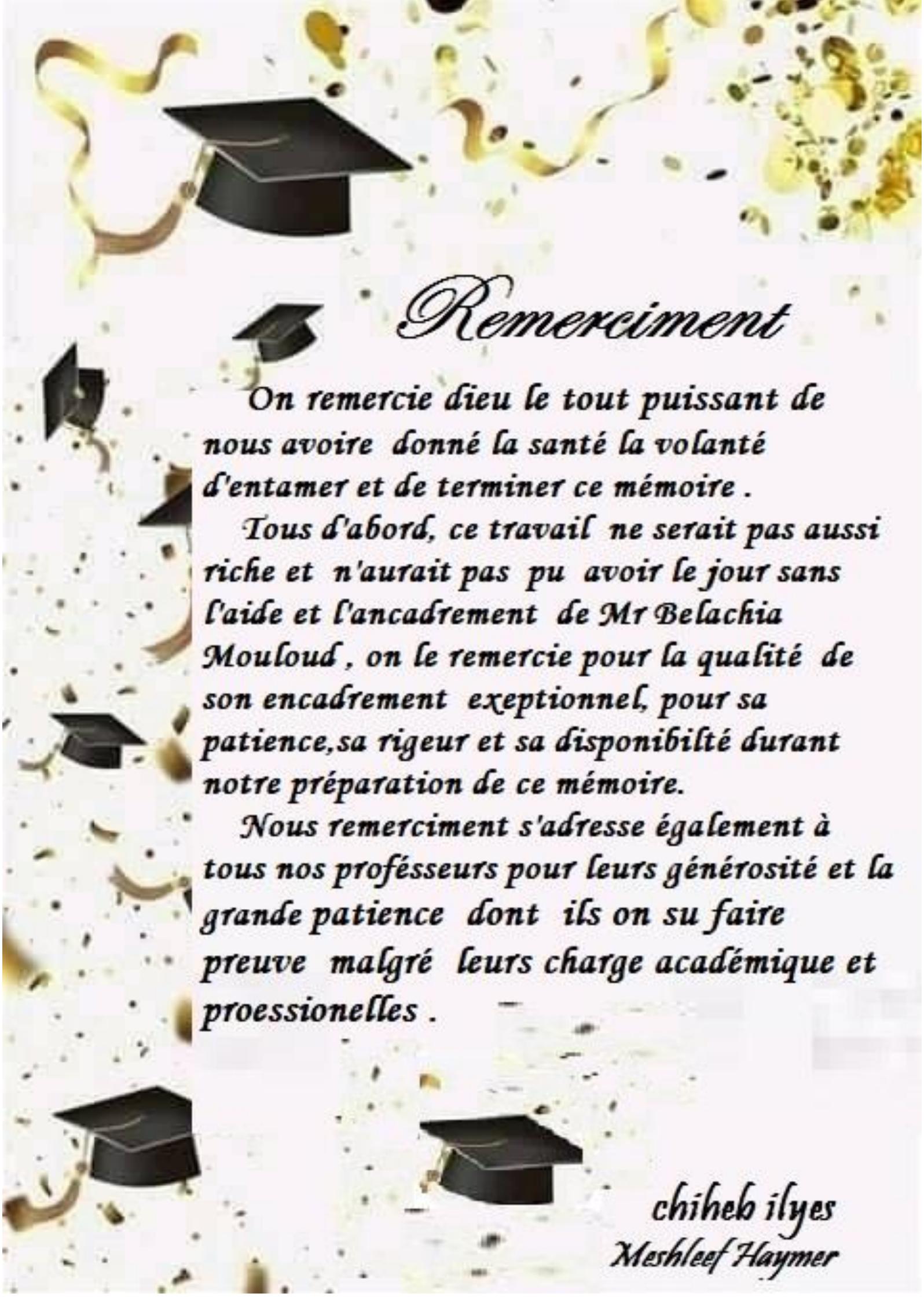
CHIHEB Ilyes Med Yacine

Sous la direction de :

Pr. BELACHIA Mouloud

2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé la volenté d'entamer et de terminer ce mémoire .

Tous d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr Belachia Mouloud , on le remercie pour la qualité de son encadrement exeptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosité et la grande patience dont ils on su faire preuve malgré leurs charge académique et proessionelles .

*chiheb ilyes
Meshleef Haymer*



Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes parents, ma mère et mon père pour leur amour, leur soutien et leur encouragements

A mes sœurs (Mouna, Hannene, Bila)

A mes amis et camarades

*A mon binome Mechleef Haymer Hamide
Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire,
du moyen, du secondaire ou de l'enseignement
supérieur.*

Chiheb Ayes





Dédicace

Je dédie ce mémoire

*A mes parents , ma mère et mon père pour leur amour,
leur soutien et leur encouragements*

A mes frère et soeurs

A mes amis et camarades et mon binome " Ilyes "

Sans oublier tous les professeurs

*A mon deuxyème payé l' Algérie le payé de générosité qui
m' accueilli pendant cinq ans.*

Merci l' Algérie mercie a tous.

Meshleef Hemyar Hamide



Sommaire

Résumé

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation du projet et calcul du trafic.....	2
I. Présentation du projet.....	2
I.1. Introduction :.....	2
I.2. présentation du projet :.....	2
I.3. Objectifs de l'étude :.....	4
I.4. Conte nu de l'Etude :.....	4
I.5. données générales :.....	5
I.6. Sismicité :.....	6
II. Étude de trafic	6
II.1. Introduction :.....	6
II.2. Analyse des trafics existants :.....	6
II.3. La mesure des trafics :.....	7
II.4. Différents types de trafics :.....	8
II.5. calcul de la capacité :.....	9
II.5.5 Application au projet :.....	12
II.6. Conclusion :.....	15
Chapitre II : Caractéristiques géométriques.....	16
I- Tracé Général :.....	16
I.1 Introduction :.....	16
II- Trace En Plan :.....	17
II.1. Introduction :.....	17
II.2. définition :.....	17
II.3. Particularité de conception du dédoublement :.....	17
II.4. Règlementation de la trace en plan :	18
II.5. vitesse de référence (de base) :.....	19
II.6. paramètres fondamentaux (b40) :.....	19
II.7. Les éléments géométriques du tracé en plan :	21
II.7.1. Les Alignements :.....	21
II.7.2. Règles concernant la longueur des alignements :	22

II.8.	Courbe de raccordement :.....	26
II.9.	Combinaison des éléments du tracé en plan :.....	32
II.10.	La visibilité :.....	34
II.11.	Notion de devers :.....	37
II.12.	Application au projet :.....	39
III-	Profil en long :.....	46
III.1.	Définition :.....	46
III.2.	Règles à respecter dans la trace du profil en long :.....	46
III.3.	Éléments de composition du profil en long :.....	46
III.4.	Coordination de la trace en plan et profil en long :.....	47
III.5.	Éléments constituant la ligne rouge.....	47
III.6.	Raccordement en profil en long :.....	49
III.7.	Caractéristiques des profils en long :.....	52
III.8.	Détermination pratiques du profil en long :.....	53
III.9.	Application au projet :.....	55
IV-	Profil en travers.....	57
IV.1.	Définition :.....	57
IV.2.	Différent type de profils en travers :.....	57
IV.3.	Les éléments de composition du profil en travers :.....	58
IV.4.	Profil en travers type de notre projet :.....	61
V-	Etude d'aménagement des carrefours.....	62
V.1.	introduction :.....	62
V.2.	Données essentielle pour l'aménagement d'un carrefour :.....	62
V.3.	Choix de l'aménagement :.....	63
V.4.	Les différents types de carrefour :.....	63
V.5.	Principes Généraux D'aménagement D'un Carrefour :.....	64
V.6.	Application au projet :.....	68
Chapitre III :	Géotechnique Routière.....	70
I.	Etude géotechnique.....	70
I.1.	Introduction :.....	70
I.2.	Utilité de l'étude géotechnique :.....	70
I.3.	Les Etapes De La Reconnaissance Géotechnique.....	70
II.	Dimensionnement corps de chaussées.....	81
1.	Introduction.....	81

2. la chaussée	81
2.6 Application au projet :	90
III. Cubature :	93
1. Introduction :	93
2. Définition :	93
3. Méthode de calcul des cubatures :	93
4. méthode utilisée :	94
5. Calcul des cubatures de terrassement :	95
Chapitre IV : Assainissement en dépendance de la route	97
I. Assainissement :	97
I.1 Introduction :	97
I.2 l'objectif d'assainissement :	98
I.3 Types de canalisations :	99
I.4 Définitions de quelques termes hydrauliques :	99
II. Dimensionnement des fosses :	102
III. Signalisation	104
III.1 Introduction :	104
III.2 L'objectif de la signalisation :	104
III.3 Catégories de signalisation :	104
III.4 Type de signalisation	105
III.5 Caractéristiques générales des marques :	111
IV. Eclairage	111
IV.1 Introduction :	111
IV.2 Paramètre de l'implantation des luminaires :	112
Conclusion générale	1
BIBLIOGRAPHIE	116
Annexe	117

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Présentation du projet et calcul du trafic

Figure. I. 1 : Extrait d'une carte réseau routier de wilaya de GUELMA	3
Figure. I. 2: Début du projet. (PK 58+000)	3
Figure. I. 3: Fin du projet. (Pk 52+000).....	3
Figure. I. 4: Situation du projet (PK52+000 au PK58+000)	4
Figure. I. 5 : vue aérienne Guelma-Oued Zenati	5

Chapitre II : Caractéristiques géométriques

Figure. II. 1: Courbe en Ove.....	14
Figure. II. 2: Les éléments de la trace en plan.....	21
Figure. II. 3: CR-parabole cubique.....	27
Figure. II. 4: CR-Lemniscate.....	27
Figure. II. 5: CR-Clothoïde	28
Figure. II. 6: éléments de Clothoïde	28
Figure. II. 7: courbe en S	32
Figure. II. 8: Courbe à sommet.....	33
Figure. II. 9 : Courbe en C.....	33
Figure. II. 10: Courbe en Ove.....	34
Figure. II. 11 : les deux types de raccordement.....	44
Figure. II. 12 : les deux types de raccordement.....	49
Figure. II. 13 : Visibilité en raccordement convexe	50
Figure. II. 14 : visibilité en raccordement concaves.....	52
Figure. II. 15 : raccordement de deux alignements par une parabole.....	54
Figure. II. 16 : élément du profil en travers.....	58
Figure. II. 17 : différents types de carrefours	64
Figure. II. 18 : La figure ci-dessous représente l'aménagement du carrefour N°01 ..	68
Figure. II. 19 : La figure ci-dessous représente l'aménagement du carrefour N°02 ..	69
Figure. II. 20 : La figure ci jointe représente l'aménagement du carrefour N°03	69

Chapitre III : Géotechnique Routière

Figure III- 1 : Courbe granulométrique d'un sable	72
Figure III- 2 : Schéma de la boîte de Casa- grande.....	73
Figure III- 3 : Classification des soles selon Leur Équivalent de sable	73
Figure III- 4 : Schéma de la boîte de Casa- grande.....	74
Figure III- 5 : Les différents états de consistance.....	75
Figure III- 6 : Exemple de courbes Proctor normal et modifié	77
Figure III- 7 : Machine Micro-Deval	78
Figure III- 8 : Les différents types de chaussée	82
Figure III- 9 : Coupe type d'une chaussée	84
Figure III- 10 : la démarche du catalogue de dimensionnement des chaussées neuve ..	88

Figure III- 11 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné .94

Chapitre IV : Assainissement en dépendance de la route

Figure IV- 1 : Nids de poule	98
Figure IV- 2 :Affaissement	98
Figure IV- 3 : Glissement	98
Figure IV- 4 :Affouillement du pied de talus	98
Figure IV- 5 : L'emplacement des ouvrages d'assainissement	100
Figure IV- 6 : Courbe Intensité-Durée-Fréquence.....	102
Figure IV- 7 : Panneaux verticaux triangulaire	105
Figure IV- 8 : Panneaux Signaux des dangers.....	106
Figure IV- 9 : Panneaux Signalisation de position	106
Figure IV- 10 : Panneaux de forme circulaire	106
Figure IV- 11 : Ligne Continue Blanche	107
Figure IV- 12 : Lignes discontinue	108
Figure IV- 13 : Types de modulation	109
Figure IV- 14 : Types des lignes transversales	109
Figure IV- 15 : flèche de rabattement.....	110
Figure IV- 16 : Flèche de section	110
Figure IV- 17 : Marquage par hachure	111
Figure IV- 18 : Paramètres de l'implantation des luminaire	113

LISTE DES TABLEAU

Chapitre I : Présentation du projet et calcul du trafic

Tableau .I 1 : Coefficient d'équivalence (P)	10
Tableau .I 2 : Environnement de la route	10
Tableau .I 3 : coefficient de K1	11
Tableau .I 4 : coefficient K2.....	11
Tableau .I 5 : Valeurs de Cth.....	12

Chapitre II : Caractéristiques géométriques

Tableau II- 1 : Dévers	20
Tableau II- 2 : Valeur du coefficient ft	20
Tableau II- 3 : Valeur du coefficient "F"	20
Tableau II- 4 : Paramètres fondamentaux	20
Tableau II- 5 : Les Rayons	25
Tableau II- 6 : Vérification de non chevauchement	32
Tableau II- 7 : La distance d'arrêt.....	35
Tableau II- 8 : Valeur de déclivité maximale.....	48
Tableau II- 9 : Le paramètre géométrique.....	53
Tableau II- 10 : Vitesse d'approche à vide V0	66

Tableau II- 11 : Distance de visibilité des véhicules prioritaires et non prioritaires : cas de la priorité droite.....	66
Tableau II- 12 : Distance de visibilité des véhicules non prioritaires : cas de balise B1 (cédez le passage) ou signale de STOP B2	67

Chapitre III : Géotechnique Routière

Tableau III- 1 : Caractéristique des granulats par le MDE	77
Tableau III- 2 : Interprétation de LA	79
Tableau III- 3 : Interprétation d'essai CBR	80
Tableau III- 4 : les coefficients d'équivalence.....	87
Tableau III- 5 : classe du trafic TPLI pour(RP1)	89
Tableau III- 6 : classe du trafic TPLI pour(RP2)	89
Tableau III- 7 : classe de portance des sols.....	90
Tableau III- 8 : les caractères des zones climatique en Algérie.....	90
Tableau III- 9 : épaisseur réelle et équivalence de la chaussée.....	91

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'élargissement d'un tronçon de la route existante **RN20** qui souffre d'un sur plus du trafic enregistré, d'où une étude complète effectuée sur un de **6 km** du **PK52+000** au **PK58+000** pour alléger la charge exercé sur cet axe et rendre la circulation adoucissante aux usagers ; donc une étude détaillée du dédoublement de ce tronçon de la **RN20** est établie par mes soins sous le contrôle et l'orientation de mon encadreur.

Ce projet est constitué des grandes phases suivantes :

- ✓ Etude des caractéristiques géométriques (Tracé en plan, Profils en long et Profils en travers).
- ✓ Proposer un corps de chaussée ;
- ✓ Vérifier corps de chaussée (vérifiée par du logiciel Alize III).

Les données mises à notre disposition sur ce tronçon sont :

- ✓ Un rapport géotechnique.
- ✓ Catalogues de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) ;

Mots clés : Travaux publics, aménagement routier, RN, dédoublement, trafic, tracé routier.

Abstract:

The work presented in this thesis concerns the widening of a section of the existing RN20 road, which suffers from excessive traffic congestion. Therefore, a comprehensive study was conducted on a 6 km stretch from PK52+000 to PK58+000 in order to alleviate the burden on this axis and provide smoother traffic flow for users. A detailed study of the widening of this section of RN20 has been undertaken by me under the supervision and guidance of my advisor.

This project consists of the following major phases :

- ✓ Study of geometric characteristics (horizontal alignment, longitudinal profiles, and cross-section profiles).
- ✓ Proposing a pavement structure.
- ✓ Verification of the pavement structure (verified using Alize III software).

The available data for this section includes :

- ✓ Geotechnical report.
- ✓ Catalogs for the design of new pavements (CTTP).

Key words: Public works, road development, RN, duplication, traffic, road layout.

الملخص:

العمل المقدم في هذه الأطروحة يتعلق بتوسيع جزء من الطريق الحالي RN20 الذي يعاني من زيادة في حركة المرور المسجلة. لذا تم إجراء دراسة شاملة على مسافة 6 كيلومترات من النقطة الكيلومترية 000+52 إلى النقطة الكيلومترية 000+58 لتخفيف الضغط على هذه المحور وتوفير تدفق مرور أكثر سلاسة للمستخدمين. بالتالي، تم إعداد دراسة مفصلة لتوسيع هذا الجزء من طريق RN20 من قبلي تحت إشراف وتوجيه مشرفي.

يتكون هذا المشروع من المراحل الرئيسية التالية:

✓ دراسة الخصائص الهندسية (المسار الأفقي، المقاطع الطولية، والمقاطع العرضية).

✓ اقتراح هيكل الرصيف.

✓ التحقق من هيكل الرصيف متحقق باستخدام برنامج (Alize III).

البيانات المتاحة لهذا الجزء تشمل:

✓ تقرير جيوتقني.

✓ كالتوجات لتصميم طبقات الرصف الجديد (CTTP).

الكلمات الرئيسية: الأشغال العامة، تطوير الطرق، RN، الازدواجية، حركة المرور، تخطيط الطرق

Introduction générale

Les infrastructures de transport, notamment les routes, sont essentielles pour assurer une efficacité économique et sociale. Elles favorisent les échanges et la communication entre les populations, et jouent un rôle crucial dans l'intégration des activités économiques au sein de la vie locale. Les projets d'infrastructure routière sont souvent motivés par l'insuffisance ou la saturation du réseau existant. Il est donc nécessaire de définir clairement les contours de cette problématique, d'envisager des solutions appropriées et de quantifier précisément les différentes composantes. Ceci pousse à mener des études de dédoublement. Dans ce contexte, notre étude revêt une grande importance. Elle vise à concevoir le dédoublement d'un tronçon routier (RN20) sur une distance de 6 km, situé dans la wilaya de Guelma.

Chapitre I :

Présentation du projet et

Calcul du trafic

Chapitre I : Présentation du projet et calcul du trafic

I. Présentation du projet

I.1. Introduction :

Dans le cadre du programme de développement des régions de l'Est, la direction des travaux publics de la wilaya de Guelma, a procédé à l'étude du dédoublement de la RN20 reliant Medjez Amar et Oued Zenati, dont le tronçon sur 6 km PK52+000 au PK58+000 fait l'objet de notre présente étude, le dédoublement de cette voie devient une urgence à concrétiser très rapidement. La conception des réseaux routiers repose en partie sur la prévision des trafics, qui est nécessaire pour :

- 1- Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- 2- Estimer les coûts d'entretiens.
- 3- Estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.
- 4- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

I.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 MEDJEZ AMAR au **PK82+000** tous en traversant les localités de RAS EL AGBA, SOULAOUA ANNOUNA, Ain AMARA et l'agglomération de HOUARI BOUMEDIENE. La longueur du tronçon globale est estimée à près de 30 Km ;

Localisation du projet :

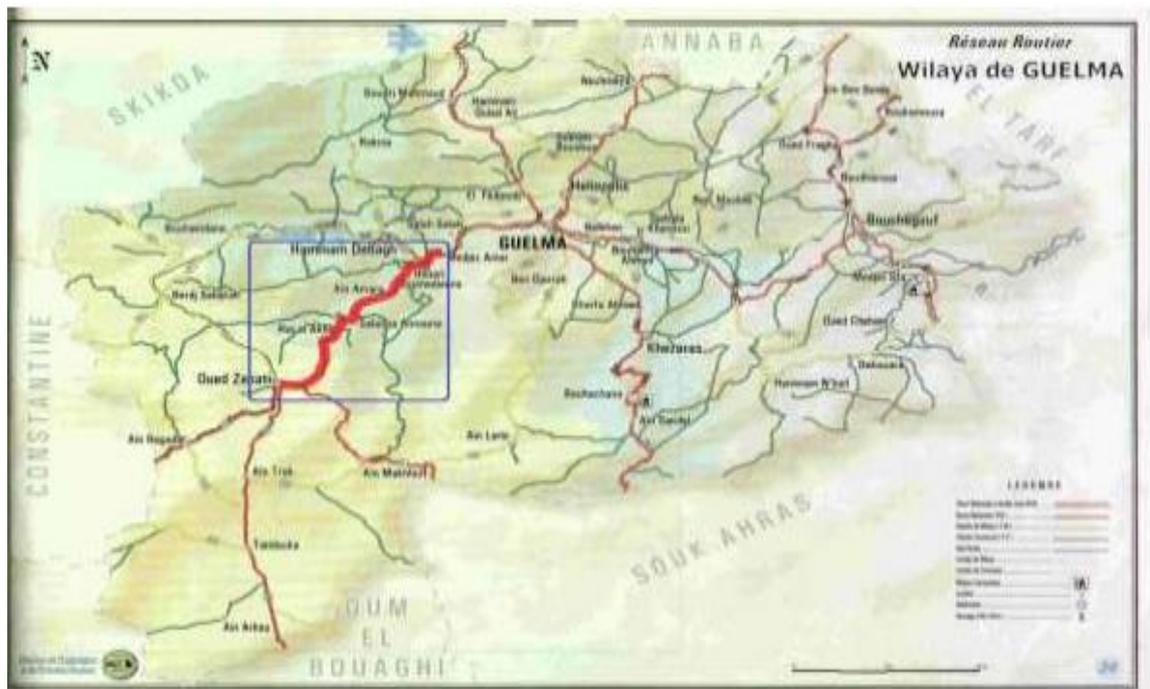


Figure. I. 1 : Extrait d'une carte réseau routier de wilaya de GUELMA



Figure. I. 3: Fin du projet. (Pk 52+000)



Figure. I. 2: Début du projet. (PK 58+000)



Figure. I. 4: Situation du projet (PK52+000 au PK58+000)

I.3. Objectifs de l'étude :

Les grands axes d'actions stratégiques qui découlent de la réalisation du dédoublement de la RN20 sur 30 kms 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

I.4. Contenu de l'Etude :

L'étude en cette phase d'avant-projet détaillé contient les pièces suivantes :

- ✓ Tracé en plan à l'échelle 1 /1000.

- ✓ Profil en long à l'échelle 1 /1000 et 1/100.
- ✓ Profils en travers courants à l'échelle 1 /100.
- ✓ Profils en travers types à l'échelle 1 /150.
- ✓ Listing d'implantation.
- ✓ Plan de signalisation.
- ✓ Liste des ouvrages d'arts.
- ✓ Les cubatures.
- ✓ Les plans des ouvrages courants.
- ✓ Les plans d'assainissement.
- ✓ Devis quantitatifs et estimatifs.

I.5. données générales :

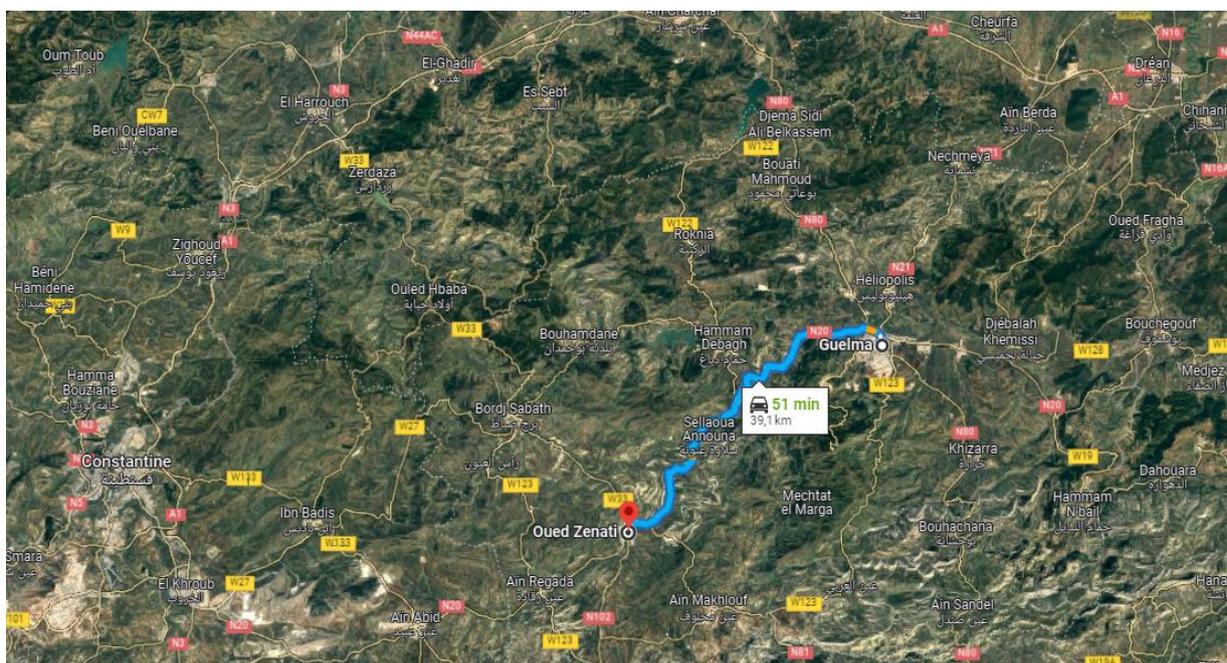


Figure. I. 5 : vue aérienne Guelma-Oued Zenati

La wilaya de Guelma se caractérise par un relief montagneux. Le climat est humide à subhumide avec une pluviométrie de 450 à 600 mm/an. Le principal Oued de la région est l'Oued Seybouse.

L'industrie dans la wilaya s'appuie sur : carrière de Kaolin de Djebel Debbagh, la carrière d'antimoine de Hammam N'Bails, la carrière d'Onyx de Maouna, les différentes carrières d'agrégats et l'usine céramique de Guelma. L'agriculture est représentée par la culture de céréales, les légumes secs, les maraîchages et les fourrages. Le tourisme

pourrait être bien développé dans cette wilaya, vu le nombre important de sites, monuments historiques datant de l'époque punique (tombeau et dolmens) ou l'époque romaine (théâtre antique de Guelma, vestiges de Sellaoua Anouna) et la mosquée El Attik, témoin de l'enracinement civilisation arabo – islamique de cette wilaya.

I.6. Sismicité :

La région de Guelma est située dans la zone (II) de moyenne sismicité, la conception et la réalisation des projets devront tenir en compte la sismicité de la région et au règlement parasismique Algérien en vigueur (RPOA 2008).

II. Étude de trafic

II.1. Introduction :

Les études de trafic constituent un élément fondamental qui intervient en amont de toute réflexion relative à l'aménagement des infrastructures de transport, depuis le simple traitement d'un carrefour jusqu'à la grande liaison autoroutière. Elles constituent une approche essentielle, tant de la conception que de l'entretien et l'exploitation des réseaux routiers. La conception des routes repose sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, ou empruntant d'autres modes susceptibles de venir en concurrence avec la route. Les prévisions de trafic sont nécessaires :

- Pour définir les caractéristiques techniques (caractéristiques géométriques et structures de chaussées) des différents tronçons de route doivent être adaptés au volume et à la nature des circulations attendues et déterminer ainsi le coût de l'investissement ;
- Pour estimer les coûts d'entretien du réseau routier et les coûts d'exploitation des véhicules, et en particulier, effectuer les calculs économiques.
- L'objectif de cette étude est de définir les volumes circulant sur la RN 20 ainsi que leurs projections aux horizons futurs.

II.2. Analyse des trafics existants :

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

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour

L'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, la Détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux Projétés.

Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatiques).
- Enquêtes de circulation. (Origine, destination).

II.3. La mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différent procédés complémentaires :

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

a. Les comptages :

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

- Les comptages manuels.
 - Les comptages automatiques.
- ✚ **Les comptages manuels** : Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en communs. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).
- ✚ **Les comptages automatiques** : Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :
- ✚ **Les comptages permanents** : sont réalisés en certain point choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes (réseau autoroutier, réseau routier national et les chemins de Wilaya Les plus circulés).
- ✚ **Les comptages temporaires** : s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les tronçons des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournants.

✚ **L'inconvénient de cette méthode** : est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et poids lourds.

b. Les Enquêtes Origine Destination :

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

II.4. Différents types de trafics :

II.4.1 Trafic Normal :

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

II.4.2 Trafic Dévie :

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

II.4.3 Trafic non Dévie :

C'est le trafic qui résulte :

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

II.4.4 Trafic total :

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

II.5. calcul de la capacité :

II.5.1 Définition de la capacité :

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

La capacité dépend :

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

II.5.2 Projection future du trafic :

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

$$TMJA_h = TMJA_0 (1+\tau)^n$$

TMJA_h : Le trafic à l'année horizon.

TMJA₀ : Le trafic à l'année de référence.

n : Nombre d'année.

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

II.5.3 Calcul De Trafic Effectif :

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

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

Le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + (P \times Z)] \times TMJA_h$$

T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (UVP).

Z : Pourcentage de poids lourd.

p : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend.

Tableau .I 1 : Coefficient d'équivalence (P)

Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies ou plus	2	4	8

II.5.4 Catégorie et environnement de la route :

II.5.4.1 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.

II.5.4.2 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.

Tableau .I 2 : Environnement de la route

Relief \ Sinuosité	faible	moyenne	forte
plat	E1	E2	////////
vallonné	E2	E2	E3
montagneux	////////	E3	E3

II.5.4.3 Débit de pointe horaire normal :

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

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

Avec :

- **Q** : Débit de pointe horaire.
- **n** : Nombre d'heure, (en général $n = 8$ heures) d'après le B20 on prend

$$\left(\frac{1}{n}\right) = 0.12.$$

- T_{eff} : Trafic effectif.

II.5.4.4 Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times Cth$$

Avec :

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

Tableau .I 3 : coefficient de K1

Environnement	<u>E1</u>	<u>E2</u>	<u>E3</u>
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

- Valeurs de K2 :

Tableau .I 4 : coefficient K2

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

- **Valeurs de Cth :**

Tableau .I 5 : Valeurs de Cth

Route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1800 UVP/h des 2 voies cumulées
Route à 3 voies de 3,5 m	2800 UVP/h des 2 voies cumulées
Route à chaussées séparées	1800 UVP/h des 2 voies cumulées

II.5.4.5 Détermination du nombre de voie (N) :

➤ **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 :

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

Avec :

- ✓ S : Coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en général égale à 2/3.
- ✓ Q_{adm} : débit admissible par voie.

II.5.5 Application au projet :

1. Les données du trafic :

- Année de comptage 2013

$$\gg TMJA_{2013} = 7300 \text{ v/j/sens}$$

- Le pourcentage de poids lourds : $Z = 10\%$.
- Année de mise en service 2023
- Durée de vie 20 ans
- Le taux de croissance est de 4 %
- $V_b = 80 \text{ Km/h}$
- $K1 = 0.9$ à 0.95 pour E3
- $K2 = 0.91$ pour E3 - Cat 1
- Capacité théorique : 1800 UVP/h des 2 voies cumulées.

2. Application numérique :

a. Calcul du TMJA 2013 :

$$\text{TMJA}_{2013} = 7300 \text{ v/j}$$

$$\text{TMJA}_{2023} = \text{TMJA}_{2013} (1 + \tau)^n$$

$$\text{TMJA}_{2023} = 7300 \times (1+0.04)^{10} \Rightarrow \text{TMJA}_{2023} = 10806 \text{ v/j/sens}$$

b. Calcul de TMJA de l'année horizon (2043) :

$$\text{TMJA}_{2043} = (1 + \tau)^{20} \times \text{TMJA}_{2023}$$

$$\text{TMJA}_{2043} = 10806 \times (1 + 0.04)^{20} \Rightarrow \text{TMJA}_{2043} = 23677 \text{ v/j}$$

c. Calcul des trafics effectifs T_{eff} :

Environnement	E1	E2	E3
Route de bonnes caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Route étroite on a visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

D'après le Tableau suivant on prend comme coefficient d'équivalence $P = 8$ (Route de bonnes caractéristiques $\rightarrow E3$)

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + (P \times Z)] \times \text{TMJA}_{2043}$$

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.1) + (8 \times 0.1)] \times 23677 \Rightarrow T_{\text{eff}} = 40251 \text{ UVP/j}$$

d. Débit de pointe horaire normale :

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

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

$$\text{Donc : } Q = 0.12 \times 40251 \Rightarrow Q = 4830 \text{ UVP/h}$$

e. Calcul du débit admissible :

D'après :

- Le Tableau 3 pour un environnement **E3** on a : $k1 = 0.95$
- Le Tableau 4 pour un environnement **E3** et une catégorie **C1** : $K2 = 0.91$
- le B40 pour un environnement **E3**, une catégorie **C1** et une Route à 2 chaussées séparées, on prend $Cth = 1800 \text{ uvp/h/voie}$.

Le débit horaire admissible par voie sera donc :

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th} \Rightarrow Q_{adm} = 0.95 \times 0.91 \times 1800 = 1556 \text{ UVP/h/sens}$$

f. Détermination du nombre de voies :

$$n = S \times \left(\frac{Q}{Q_{adm}}\right)$$

Avec $S = 2/3 \Rightarrow n = (2/3) \times \left(\frac{4830}{1556}\right)$

$$n = 2.07 \approx 2 \text{ voies/sens}$$

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

g. Calcul de l'année de saturation :

$$T_{eff} (2023) = [(1 - Z) + (P \times Z)] \times TJMA_{2023}$$

$$T_{eff} (2023) = [(1 - 0.1) + (8 \times 0.1)] \times 10806 = 18370 \text{ uvp/h}$$

$$Q (2023) = 0.12 \times 18370 = 2205 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{sat} = 4 \times 1556 = 6224 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{sat} = (1 + \tau)^n \cdot Q(2023) \rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q_{2023}}\right)}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{6224}{2205}\right)}{\ln(1 + 0.04)} = 26 \text{ ans}$$

$$n = 26 \text{ ans}$$

» La saturation surviendra 26 ans après l'année de mise en service soit en **2049**.

JMA ₂₀₂₃	TJMA ₂₀₄₃	T _{eff} 2023	T _{eff} 2043	Q ₂₀₂₃	Q ₂₀₄₃	N
(v/j/sens)	(v/j/sens)	(uvp/j/sens)	(uvp/j/sens)	(uvp/h)	(uvp/h)	(voies)
10806	23677	18370	40251	2205	4830	2

II.6. Conclusion :

- Après l'analyse des résultats, il a été déterminé qu'une conception conforme à la norme B40 permettrait de créer une route comprenant deux voies dans chaque direction (2x2) voies.
- Le profil en travers retenu pour le projet est constitué :
 - ☞ Chaussée : $2 \times 2 \times 3.8$ m
 - ☞ Terre-plein central : 1 m
 - ☞ Accotement : 2 m
 - ☞ Largeur plate-forme : 15.2 m

Chapitre II :

Caractéristiques géométriques

- ↵ Tracé en plan
- ↵ Profil en long
- ↵ Profil en travers
- ↵ Les carrefours.

Chapitre II : Caractéristiques géométriques

I- Tracé Général :

I.1 Introduction :

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace qui est géométriquement définie par trois groupes d'éléments :

- Le tracé de l'axe de la route, que ce soit en situation réelle ou sur le plan.
- Le tracé de cet axe en élévation, également appelé profil en long.
- Le profil en travers, qui représente la forme transversale de la route.

Les caractéristiques géométriques de ces éléments doivent correspondre à la solution la plus économique et satisfaire certaines conditions minimales dictées par :

- La nature, en particulier la topographie et la géologie.
- Le trafic futur prévu.

Les problèmes liés à la topographie, c'est-à-dire ceux imposés par la nature, nécessitent la recherche d'un tracé qui minimise les travaux de terrassement. Cette étude spécifique, centrée sur les mouvements de terre, sera traitée séparément.

Quant au critère du trafic, les conditions à remplir sont les suivantes :

1. Permettre aux véhicules de circuler rapidement à grande vitesse, correspondant à la vitesse maximale recommandée pour le type de route considéré.
2. Permettre aux véhicules longs de négocier les virages.
3. Permettre aux véhicules lourds de gravir les pentes.

Ces trois conditions s'appliquent dans le cas d'un faible trafic où les véhicules ne se gênent pas mutuellement.

Cependant, lorsque la circulation est dense, les mouvements des véhicules sont interdépendants, ce qui entraîne de nouvelles exigences résumées comme suit :

Assurer un écoulement fluide du débit maximum prévu dans des conditions acceptables.

Les problèmes posés par les trois premières conditions concernent principalement les véhicules circulant individuellement, et ils sont liés principalement au tracé sur le plan et en élévation.

La quatrième condition, relative au débit, détermine essentiellement la largeur de la chaussée et donc le profil en travers.

II- Trace En Plan :

II.1. Introduction :

Lors de la planification d'un projet routier, l'ingénieur doit commencer par rechercher l'emplacement optimal de la route dans la zone concernée.

Le tracé en plan de la route est une série de segments droits reliés par des transitions. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal, qui peut être une carte topographique ou une représentation simplifiée du relief à l'aide de courbes de niveau. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent garantir les conditions de confort et de stabilité, et elles sont directement définies dans les codes routiers en fonction de la vitesse de référence et du coefficient de frottement assuré par la couche de roulement.

II.2. définition :

Le tracé en plan d'une route correspond à la projection verticale de la route sur un plan horizontal. Il fait partie des trois éléments essentiels, avec le profil en travers et le profil en long, qui permettent de décrire la géométrie d'une route.

Le tracé en plan est obtenu en projetant horizontalement sur un système de coordonnées cartésiennes topographiques l'ensemble des points qui définissent le tracé de la route. Cela permet de représenter graphiquement la position et la configuration de la route par rapport à la topographie environnante.

II.3. Particularité de conception du dédoublement :

L'approche d'étude pour un dédoublement de route diffère des études réalisées sur des sites vierges ainsi que des études de renforcement et de réhabilitation. Ainsi, l'approche suivante a été adoptée :

- Il est préférable d'utiliser des rayons de courbure supérieurs ou égaux à la valeur de rayon horizontal normalement recommandée (RHnd), à condition que cela

n'entraîne pas de surcoût significatif. Cela permet d'améliorer le confort des usagers de la route et de faciliter le respect des règles de visibilité.

- L'élargissement de la route doit être effectué autant que possible d'un seul côté. Cette approche permet de réduire les coûts du projet, de préserver la chaussée existante et de minimiser les perturbations pour les usagers (maintien de la circulation). De plus, cela facilite également la réalisation des travaux d'assainissement.

Cependant, il y a des inconvénients à prendre en compte. Par exemple, il peut être difficile de s'aligner au maximum sur la chaussée existante tout en respectant la largeur minimale requise pour la voie de circulation. De plus, il peut être nécessaire d'adapter le nouvel axe au tracé existant, qui peut ne pas être conforme aux normes techniques en termes de rayons de courbure minimum.

En ce qui concerne les sections bordées d'habitations, il est recommandé de suivre les mesures suivantes :

- Utiliser au maximum la plateforme existante en s'alignant sur l'existant autant que possible.
- Si ces mesures s'avèrent insuffisantes, élargir la route des deux côtés peut être envisagé.

Ces approches visent à optimiser les coûts, à minimiser les perturbations pour les usagers et à prendre en compte les contraintes spécifiques liées aux sections bordées d'habitations.

II.4. Règlements de la trace en plan :

Dans notre projet, les normes exigées et utilisées sont résumées dans le document B40, et il est essentiel de respecter ces normes lors de la conception et de la réalisation. Voici certaines exigences qui nous semblent pertinentes :

- Adapter le tracé en plan au terrain naturel afin de limiter les terrassements importants.
- Assurer une bonne connexion du nouveau tracé avec le réseau routier existant.
- Éviter de traverser des terrains agricoles et des zones forestières.
- Minimiser autant que possible l'empiétement sur les propriétés privées.

- Éviter le franchissement des cours d'eau autant que possible, afin de réduire les coûts liés aux ouvrages d'art.
- Éviter les sites présentant des problèmes géologiques.
- Respecter la cote des plus hautes eaux (niveau maximum d'inondation).
- Utiliser des rayons de courbure plus larges lorsque les conditions du terrain le permettent.
- Respecter la pente maximale autorisée et essayer de s'inscrire dans une même courbe de niveau autant que possible.
- Limiter la longueur des alignements droits entre 40% et 60% de la longueur totale du tracé.

Ces exigences visent à optimiser la conception du tracé en plan en minimisant les coûts de terrassement, en préservant les zones sensibles, en évitant les problèmes géologiques et en assurant une bonne intégration dans l'environnement existant.

II.5. vitesse de référence (de base) :

La vitesse de référence (V_b) est un paramètre essentiel qui permet de définir les caractéristiques géométriques minimales des points singuliers pour assurer le confort et la sécurité des usagers de la route. Il est souhaitable que la vitesse de référence reste relativement constante d'une section à l'autre. Tout changement de cette vitesse ne devrait être autorisé que lorsqu'il est accompagné d'une discontinuité perceptible pour l'utilisateur, telle que le passage à travers une ville ou une modification significative du relief.

II.5.1. Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

En tenant compte de ces quatre critères on a porté le choix sur une vitesse de base égale à 60 Km/h sur tout le tronçon routier étudié.

II.6. 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.

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

Tableau II- 1 : Dévers

	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
d_{min}	-2.5%	-2.5%	-3%	-3%	-4%
d_{max}	7%	7%	8%	8%	9%

- **Détermination du coefficient transversal f_t :**

Tableau II- 2 : 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 II- 3 : Valeur du coefficient "F"

catégorie	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
F	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

- **Tableau récapitulatif :**

Tableau II- 4 : Paramètres fondamentaux

Paramètres	Symboles	Unité	Valeurs
Vitesse de base	V_b	Km/h	80
Longueur minimale	L_{min}	m	111.11
Longueur maximale	L_{max}	m	1333.33
Divers minimale	d_{min}	%	2.5
Divers maximale	d_{max}	%	7
Temps de perception réaction	T_{pr}	S	1.8
Coefficient de Frottement longitudinal	f_L	-	0.39
Coefficient de Frottement transversal	f_t	-	0.13
Distance de visibilité de dépassement minimal	d_m	m	320
Distance de visibilité de dépassement normal	d_n	m	480
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	d_{md}	m	200

II.7. Les éléments géométriques du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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

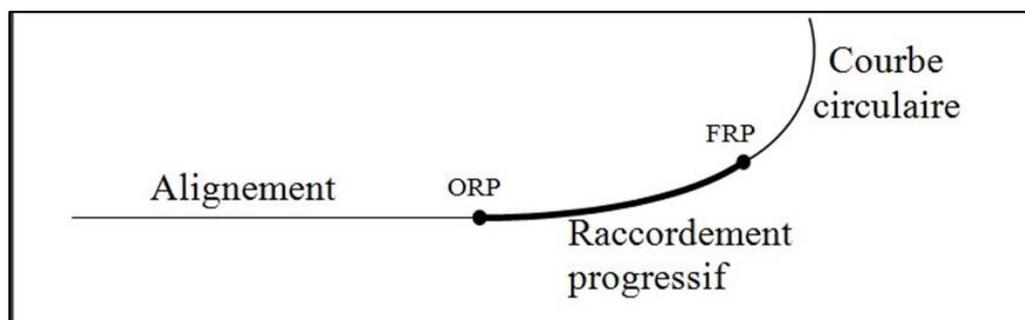


Figure. II. 2: Les éléments de la trace en plan

II.7.1. Les Alignements :

Bien que la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son utilisation dans la conception des routes est limitée en raison de certains inconvénients, notamment :

- Éblouissement prolongé des phares la nuit, ce qui peut affecter la visibilité des conducteurs.
- Difficultés de conduite, car les routes droites peuvent être monotones et ennuyeuses, ce qui peut entraîner une baisse de l'attention des conducteurs.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage, car les routes droites ne suivent pas les contours naturels du terrain, ce qui peut avoir un impact négatif sur l'esthétique et l'intégration environnementale.
- Difficulté à estimer les distances entre les véhicules éloignés, car les références visuelles sont moins nombreuses sur les routes droites.

Cependant, il existe des cas exceptionnels où l'utilisation d'alignements droits est justifiée, par exemple :

- Dans les zones plates où des sinuosités ne sont pas nécessaires d'un point de vue fonctionnel.
- Dans les vallées étroites et rectilignes où les contraintes topographiques limitent les options de tracé.

- Le long d'infrastructures existantes telles que les voies ferrées, les cours d'eau ou les canaux, où un alignement droit peut être nécessaire pour des raisons d'ingénierie ou de coûts.
- En zone urbaine, où les contraintes foncières et la densité de circulation peuvent limiter les possibilités de tracé sinueux.

La longueur des alignements droits dépend de plusieurs facteurs, tels que la vitesse de référence (V_B), la configuration des sinuosités avant et après l'alignement, ainsi que le rayon de courbure de ces sinuosités. Ces paramètres doivent être pris en compte pour assurer une transition en douceur entre les sections droites et les sections courbes de la route.

II.7.2. Règles concernant la longueur des alignements :

II.7.2.1. La longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation.

$$L_{\min} = v \cdot t \quad \text{Avec} \quad t = 5 \text{ sec} \quad \text{Soit :} \quad L_{\min} = 5 \times \frac{V_B}{3,6}$$

V_B : vitesse de base en Km/h

v : vitesse véhicule (m/s).

II.7.2.2. La longueur maximale :

Celle qui correspond au chemin parcouru pendant 60 secondes à la vitesse v .

$$L_{\max} = 60 \cdot v \quad \text{Soit :} \quad L_{\max} = 60 \times \frac{V_B}{3,6}$$

II.7.2.3. Arcs de cercle :

Il existe trois facteurs qui contribuent à limiter les courbures :

- La stabilité des véhicules lors des virages ;
- La visibilité dans les virages ;
- L'adaptation des véhicules longs aux courbes de faible rayon.

a) Stabilité des en courbe :

Lorsqu'un véhicule traverse un virage de rayon R , il est soumis à l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité dans le système. Pour atténuer cet effet, la chaussée est inclinée transversalement vers l'intérieur de la courbe, ce qui permet d'éviter le phénomène de dérapage. Cette inclinaison de la chaussée est appelée dévers et est exprimée par sa tangente.

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

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

Avec :

V_r : Vitesse de référence (m/s).

g : Gravitation (m/s^2).

f_t : Coefficient de frottement transversal.

d : Dévers.

II.7.2.4. Rayon horizontal minimale 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.

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

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

Avec : $d_{max} = 7\%$ en catégorie 1 - 2

$d_{max} = 8\%$ en catégorie 3 - 4

$d_{max} = 9\%$ en catégorie 5

II.7.2.5. Rayon minimal normal (RHn) :

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

Le dévers associé : $d = d_{max} - 2\%$ en catégorie 1 à 4

$d = d_{max} - 3\%$ en catégorie 5

$$RHn = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d)}$$

II.7.2.6. Rayon au dévers minimal (RHd) :

Le rayon au dévers minimal correspond au point où les chaussées commencent à être inclinées vers l'intérieur du virage de telle manière que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r soit équivalente à celle subie par un véhicule roulant à la même vitesse en ligne droite.

Le dévers associé à ce rayon minimal est alors déterminé :

$d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1 - 2.

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

$$RHd = \frac{V_r^2}{127x2xd_{min}}$$

II.7.2.7. Rayon minimal non déversé (RHnd) :

Lorsque le rayon de courbure est très grand, la route conserve son profil en forme de toit et le dévers devient négatif pour l'un des sens de circulation. Le rayon minimal qui permet cette configuration sans dévers est appelé le rayon minimal non déversé (RHnd)

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

Avec :

$$d_{min} = 0,025 \quad \text{Catégorie 1 - 2.}$$

$$d_{min} = 0,030 \quad \text{Catégorie 3-4-5.}$$

II.7.3. Règles à retenir pour la projection des traces en plan :

a - Rayon :

Pour une catégorie de route donnée, il n'existe aucun rayon de courbure inférieur à RHm. Dans la mesure du possible, on privilégie des valeurs de rayon supérieures à RHN. L'utilisation de RHm est restreinte aux routes à faible vitesse où des considérations économiques justifient son utilisation. En général, il est recommandé d'éviter l'utilisation de RHm.

b - Détermination des dévers associés aux rayons en plan :

Pour les valeurs des dévers intermédiaire on interpolera linéairement entre les limites définis (RHN, RHm, RHd, RHnd).

- $R \geq RHnd$: le dévers d associé est celui de l'alignement droit. Le profil en travers adopté est équivalent à celui de l'alignement droit (en toit).
- $RHd \leq R < RHnd$: le dévers d associé est le dévers minimum de l'alignement droit. En profil en travers la chaussée est déversée vers l'intérieur du virage avec d_{min} .
- $RHN \leq R < RHd$: La chaussée est déversée vers l'intérieur avec un dévers d calculer par interpolation linéaire $1/R$ entre le dévers associé à RHd et celui associé à RHN.

$$\frac{d - d_{RHd}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d_{RHN} - d_{RHd}}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}}$$

- $RHm \leq R < RHN$: La chaussée est déversée vers l'extérieur et d est calculé par interpolation linéaire $1/R$ entre le dévers associé à RHN et celui associé à RHm .

$$\frac{d - d_{RHN}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHN}} = \frac{d_{RHm} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

Pour notre projet, objet d'étude (dédoublé de la RN20 sur 7 km) situé dans un environnement (E3), et classé en catégorie 1 (C1) avec une vitesse de base de 80 (km/h), le règlement (B40) préconise les rayons suivant :

Tableau II- 5 : Les Rayons

paramètres	symboles	valeurs	Valeur normalisé
Vitesse (km/h)	V	80	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm	252	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN	437	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd	1008	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd	1440	1400

i. Sur largeur :

Lorsqu'un long véhicule à deux essieux circule dans un virage, il empiète en plan sur une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à son propre gabarit, en particulier pour les rayons de courbure inférieurs à 200 mètres. Afin d'éviter que certaines parties de sa carrosserie ne débordent sur la voie adjacente, la voie parcourue par ce véhicule est élargie par rapport à sa largeur normale en ligne droite.

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

Avec :

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

II.8. Courbe de raccordement :

Ce tracé en plan qui, en première approximation, il composé de droites et d'arcs de cercle, présente une discontinuité de courbure aux points de tangence, ce qui n'est plus adapté aux vitesses élevées pratiquées aujourd'hui. Un tracé de route moderne et rationnel doit donc inclure des sections droites, des virages en arcs de cercle, et des transitions progressives entre ces éléments. Ces transitions permettent de passer en douceur d'une courbure nulle ($R = \text{infini}$) à l'extrémité de la section droite, à une courbure de $1/R$ au début de l'arc de cercle du virage.

II.8.1. Rôles et nécessités dès les courbes de raccordement :

L'utilisation des courbes de raccordement (CR) est justifiée par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition harmonieuse du profil de la chaussée.
- Création d'un tracé élégant, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

II.8.2. Types de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbe, on a retenu les trois (03) courbes suivantes :

- Parable cubique Lemniscate ;
- Clothoïde.

a Parabolique cubique :

La courbure de la courbe de raccordement est proportionnelle à l'abscisse mesurée à partir du point d'inflexion sur la tangente en ce point. La courbure augmente jusqu'à atteindre un maximum, puis diminue, ce qui signifie que le rayon de courbure augmente à nouveau. Cette courbe est utilisée de manière limitée, étant donné son importante courbure maximale, et convient uniquement aux raccordements de très grands rayons. Elle est principalement utilisée dans la conception des voies ferrées.

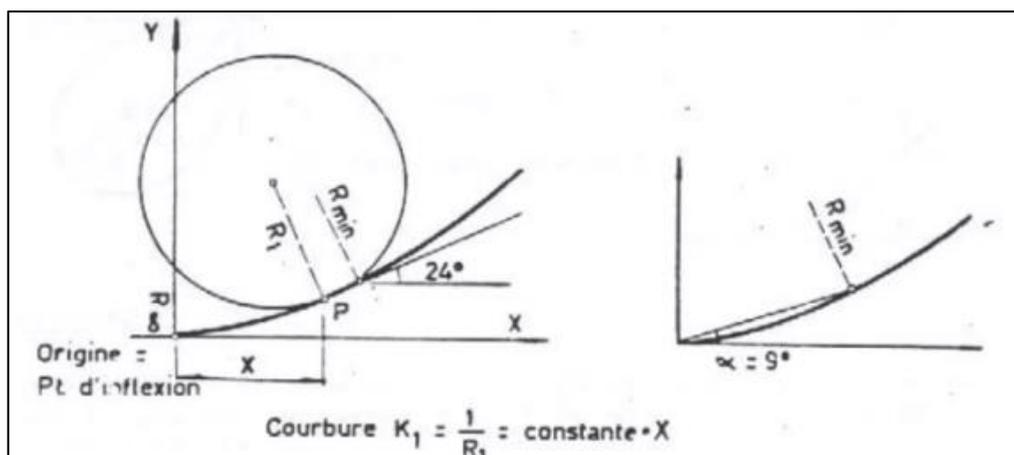


Figure. II. 3: CR-parabole cubique

b Lemniscate :

La courbure de la courbe de raccordement est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur, mesurée à partir du point d'inflexion ou du centre de symétrie de la courbe. Le maximum de courbure se produit sur la bissectrice des axes de coordonnées, pour un angle de tangente de 135° ou un angle polaire de 45° .

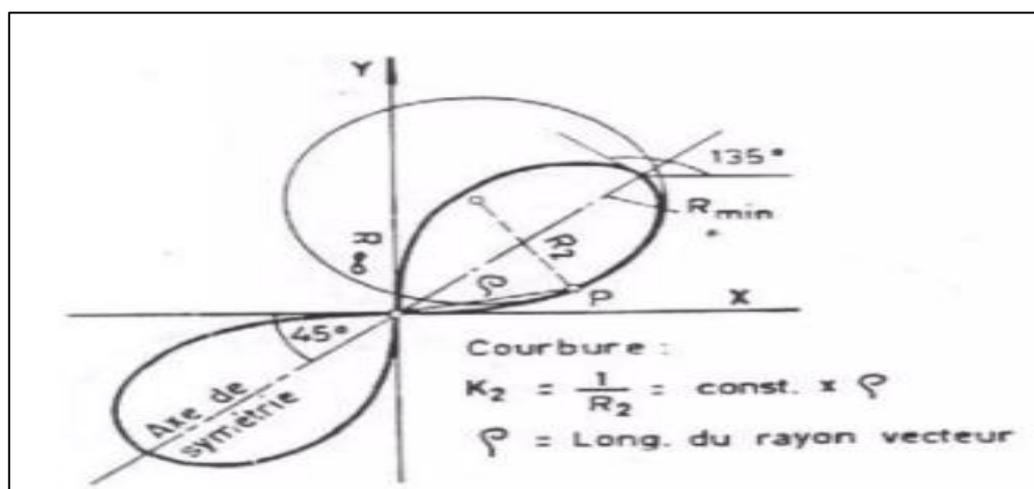


Figure. II. 4: CR-Lemniscate

c Clothoïde :

La courbure de la courbe de la Clothoïde est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc), mesurée à partir du point d'inflexion. Il y a une variation continue de la courbure dans le même sens, allant de la courbure 0 à la courbure infinie ($R=0$). Cela permet de raccorder deux éléments géométriques du tracé, formant un angle quelconque.

Du point de vue dynamique, la Clothoïde est une courbe idéale. Lorsqu'un conducteur maintient une vitesse constante et tourne le volant de direction à une vitesse angulaire

constante, le véhicule décrit une véritable Clothoïde. La longueur de l'arc parcouru "L" est linéairement proportionnelle à la courbure "K".

$$K = C * L \quad (C : \text{constante}).$$

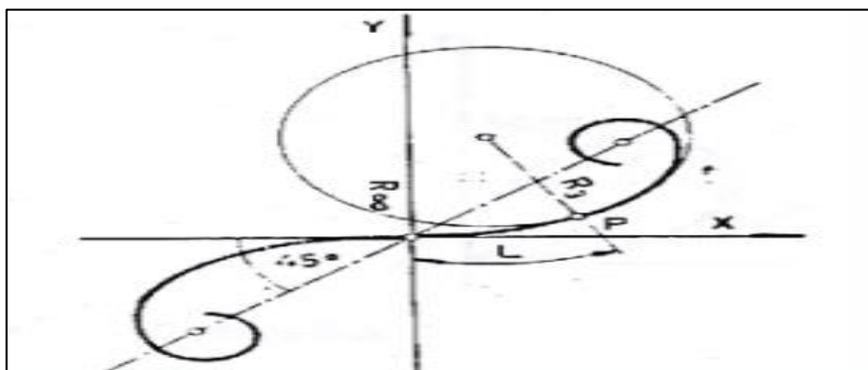


Figure. II. 5: CR-Clothoïde

II.8.3. Expression de la Clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L.

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

Pour l'homogénéité de la formule, on pose : $\frac{1}{C} = A^2$

Equation fondamentale : $L.R = A^2$

R : rayon de courbure en ce point (rayon de cercle osculateur).

L : longueur le long de la courbe entre l'origine et P.

A : paramètre.

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

➤ Les éléments de Clothoïde :

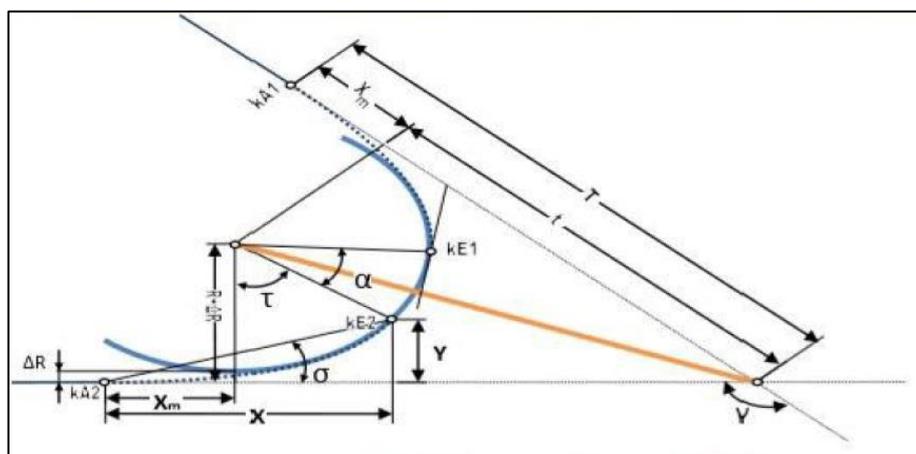


Figure. II. 6: éléments de Clothoïde

γ : Angle entre alignement.

T : Grande tangente.

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

KA : Début de Clothoïde.

KE : Fin de Clothoïde.

σ : Angle polaire.

Xm : Abscisse du centre de cercle.

X : Abscisse de KE.

Y : Ordonnée de KE.

α : Angle d'arc de cercle.

τ : Angle de tangente.

II.8.4. Les Conditions De Raccordement :

Le choix d'un Clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

II.8.4.1 Condition de confort optique :

L'objectif de cette condition est de garantir aux utilisateurs une vue adéquate de la route et de ses éventuels obstacles. Il s'agit notamment de rendre la courbure du tracé suffisamment visible à l'avance afin d'assurer une conduite en toute sécurité. Pour cela, il est généralement accepté qu'une transition progressive doit être perceptible lorsqu'il y a un changement de direction $\leq 3^\circ$, ce qui équivaut à 1/18 rd de tour complet.

$$\tau = \frac{L}{2R} \geq \frac{1}{18} rd \Rightarrow L \geq \frac{2R}{18} = \frac{R}{9}$$

Condition applicable pour les grands rayons

$$\Delta R : \text{Ripage} \quad \text{d'où} \quad RL \geq \frac{R^2}{9} \Rightarrow A^2 \geq \frac{R^2}{9} \Rightarrow A \geq \frac{R}{3}$$

Cette condition n'impose que le paramètre $A \geq \frac{R}{3}$

ΔR représente l'écart entre le cercle et l'alignement droit :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} \Rightarrow L_{r1} = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} \quad \text{AVEC : } L, R \text{ et } R \text{ en } m$$

➤ **Règle générale (B40) :**

- Pour tout rayon $R \leq 1500 \text{ m}$, le ripage $\Delta R = 1 \text{ m}$ (éventuellement 0.5 m) et $L_{r1} = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$.
- $1500 < R \leq 5000 \text{ m} \rightarrow L = \frac{R}{9}$ ($\tau = 3^\circ$)
- $R > 5000 \text{ m}$ ΔR limité à 2.50 m soit $L = 7.75\sqrt{R}$

II.8.4.2 Condition de confort dynamique :

L'objectif de cette condition est d'introduire progressivement le dévers et la courbure de manière à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique du véhicule. Cette condition vise à limiter la variation par seconde de l'accélération transversale du véhicule lorsqu'il parcourt le raccordement

Cette variation est limitée à : $kg = \frac{5g}{v} \Rightarrow k = \frac{5}{v}$

Cette accélération donc à pour valeur :

$$\frac{\frac{v^2}{R} - g \cdot \Delta d}{t} \leq \frac{5g}{V} \Rightarrow L = \frac{\frac{v^2}{R} - g \cdot \Delta d}{\frac{L}{v}} \leq \frac{5g}{V}$$

Avec : $t = \frac{L}{v}$ et $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

$$\frac{v \left(\frac{v^2}{R} - g \cdot \Delta d \right)}{L} \leq \frac{5g}{V} \Rightarrow L \geq \frac{V}{5g} v \left(\frac{v^2}{R} - g \cdot \Delta d \right)$$

Avec : $v = \frac{V}{3.6} \Rightarrow L_{r2} \geq \frac{V^2}{18} \left(\frac{V^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right)$

V_r : vitesse de référence (km/h).

R : Rayon (m).

Δd : Variation de dévers.

II.8.4.3 Condition de gauchissement :

L'objectif de cette condition est de garantir un aspect satisfaisant de la route, en particulier dans les zones où le dévers varie. Cela se traduit par une limitation de la pente relative du profil en long du bord de la chaussée inclinée par rapport à son axe. La pente de chaque bord de la chaussée ne doit pas dévier de plus de $+\Delta p$, en valeur absolue, par rapport à la pente du profil en long de la chaussée.

Dévers maximum $\Delta d = (7+2.5)\%$

$$\frac{\frac{1}{2}\Delta d}{L} = \frac{0.5l\Delta d}{L} = \Delta p$$

$$h1 + h2 = \frac{1}{2}(7\% + 2.5\%)$$

Pour les routes rapides les valeurs admises pour $\Delta p = \frac{0.5}{V}$ ($\Delta p \geq 0.5\%$) ;

Avec : V en Km/h

$$0.5 \frac{l\Delta d}{L} = \frac{0.5}{V} \Rightarrow L_{r3} \geq (l.\Delta d.V)$$

Δd : Différence de dévers en (%).

V_r : vitesse de référence en (km/h).

l : Distance axe de rotation bord de chaussée.

L_{r3} : Longueur de raccordement.

NB : A cet effet on limite la pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe, qui consiste à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation, par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq \frac{(5.\Delta d.Vr)}{36}$$

• Vérification de non chevauchement :

Tableau II- 6 : vérification de non chevauchement

Les cas	Les schémas		Clothoïde
$\tau = \frac{\beta}{2}$	L1 : 1 ^{ère} branche 	L2 : 2 ^{ème} branche 	Clothoïde sans arc de cercle.
$\tau < \frac{\beta}{2}$	L1 : 1 ^{ère} branche 	L2 : 2 ^{ème} branche 	Clothoïde avec arc de cercle.
$\tau > \frac{\beta}{2}$	L1 : 1 ^{ère} branche L2 : 2 ^{ème} branche 		Clothoïde impossible

II.9. Combinaison des éléments du tracé en plan :

II.9.1. Courbe en S :

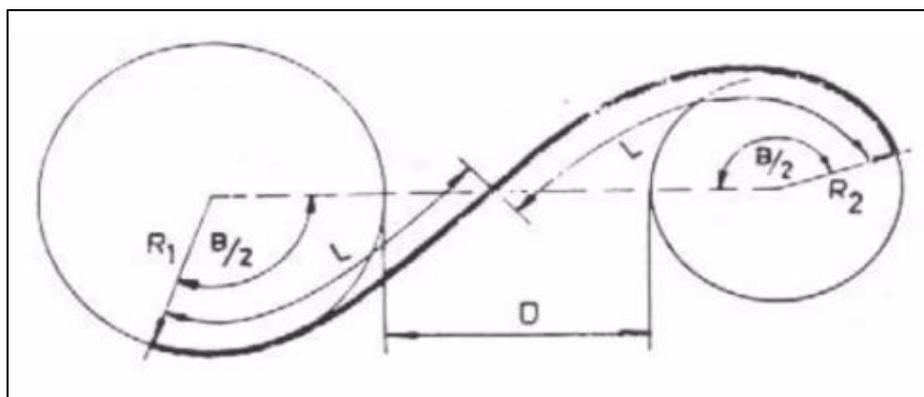


Figure. II. 7: courbe en S

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

II.9.2. Courbe à sommet :

Lorsque la longueur circulaire diminue, le cercle se réduit à un point, ce qui correspond au cercle osculateur de rayon R_0 . Les deux branches de la Clothoïde se rejoignent, formant une tangente commune au point de jonction (sommet), qui est situé sur la bissectrice de l'angle entre les deux alignements. Cela donne une Clothoïde à sommet ou une Clothoïde de transition.

Les deux branches peuvent avoir le même paramètre ou des paramètres légèrement différents, proches l'un de l'autre. Le rayon R_0 du cercle osculateur doit être au moins 1,4 fois plus grand que le rayon minimum requis en fonction de la vitesse de base.

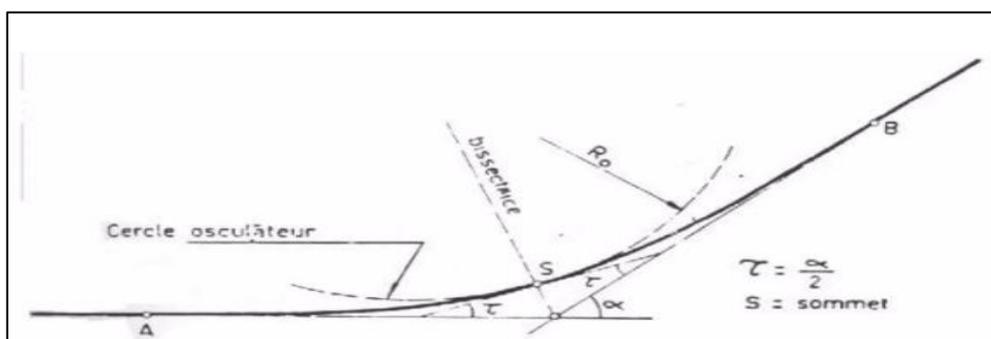


Figure. II. 8: Courbe à sommet

II.9.3. Courbe en C :

Une courbe formée par deux arcs de Clothoïde, ayant la même concavité, se rejoignant en un point de courbure identique, et reliant deux arcs de cercle qui se croisent ou sont extérieurs l'un à l'autre.

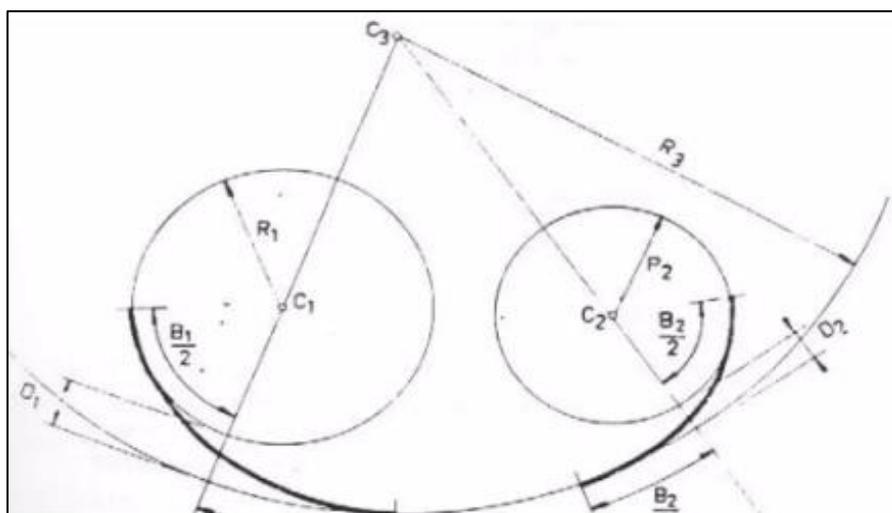


Figure. II. 9 : Courbe en C

II.9.4. Courbe en Ove :

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

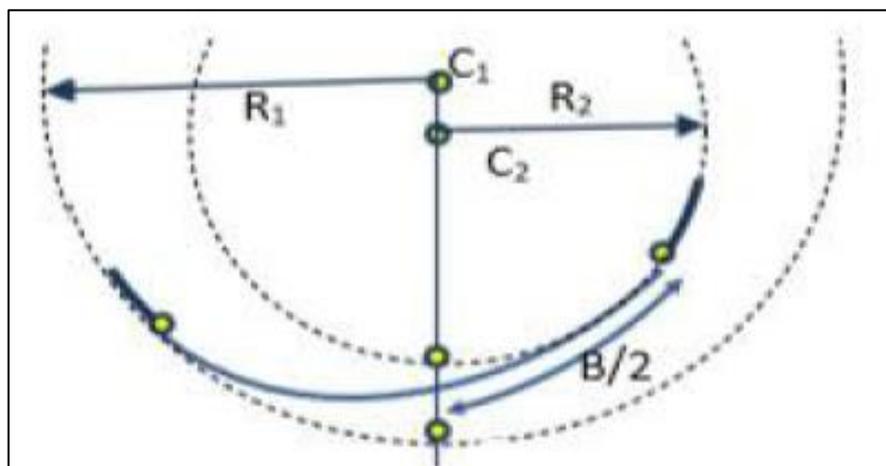


Figure. II. 10: Courbe en Ove

II.10. La visibilité :

II.10.1 Définition :

La visibilité se réfère à la capacité de percevoir visuellement quelque chose. Dans le contexte routier, la visibilité se réfère à la qualité d'une route qui permet aux usagers de se voir mutuellement physiquement ou pour un usager donné de voir des informations utiles pour son confort et sa sécurité lors de ses déplacements, comme les obstacles, la signalisation, les îlots, etc.

II.10.2 Objectif et méthode :

Le conducteur adapte sa conduite en fonction de ce qu'il voit.

Le code de la route établit les règles de comportement à suivre par le conducteur lorsque les conditions de visibilité sont insuffisantes. Cela peut être dû aux conditions météorologiques défavorables telles que la pluie ou le brouillard, ou à des configurations physiques particulières telles que les sommets de côte, les intersections ou les virages.

Dans un souci de sécurité et de confort, la conception géométrique des routes doit permettre de garantir des conditions de visibilité adéquates à la fois aux points singuliers et aux tronçons droits.

L'une des responsabilités du concepteur routier est de trouver un équilibre approprié entre les besoins en visibilité et les contraintes spécifiques du projet. Ces exigences

dépendent de la vitesse pratiquée, du temps de réaction du conducteur et de la distance nécessaire pour effectuer les manœuvres prévues.

II.10.3 La distance d'arrêt :

Elle est égale à la distance parcourue pendant le temps de réaction + la distance de freinage.

Pour les vitesses moyennes, la distance d'arrêt peut se calculer facilement, en multipliant par lui-même le chiffre des dizaines de la vitesse.

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

Dans notre cas la distance d'arrêt est estimée :

La vitesse de base est 80 km/h :

$$d_0 = \frac{v^2}{260 \times f_L} = \frac{80^2}{260 \times 0.39} = 63.11 \text{ m} \approx 64 \text{ m}$$

En alignement direct :

$$d_1 = d_0 + 0.5V \Rightarrow V \leq 80 \text{ km/h}$$

$$d_1 = 64 + 0.5 \times 80 = 104 \text{ m}$$

En courbe :

$$d_2 = d_1 + 0.25 d_0 \Rightarrow d_2 = 104 + 0.25 \times 64 = 120 \text{ m}$$

Tableau II- 7 : la distance d'arrêt

Catégorie	distance	V				
		40	60	80	100	120
C 1-2	Coefficient f_L	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33
	- Distance de freinage d_0 (m)	14	34	65	111	175
	- distance d'arrête d_1 (m)	36	67	109	161	235

II.10.4 La distance de freinage :

La distance de freinage est la distance parcourue par un véhicule depuis le moment où le conducteur commence à freiner jusqu'à ce que sa vitesse initiale soit entièrement annulée.

Cette distance dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- La vitesse du véhicule.
- L'état du véhicule, y compris le système de freinage, les pneumatiques et la suspension.
- L'état de la route, y compris le revêtement de la chaussée.
- La pente de la route.
- Le coefficient d'adhérence de la chaussée, qui varie en fonction des conditions météorologiques telles que le temps sec, l'humidité, la pluie intense, la neige ou le verglas.

Il est important de noter que la distance de freinage est proportionnelle au carré de la vitesse. Cela signifie que lorsque la vitesse du véhicule double, la distance de freinage est multipliée par 4. De plus, sur une route mouillée, la distance de freinage est généralement multipliée par 2 par rapport à une route sèche.

$$df = \frac{V^2}{2g (c_{fl} \pm p)}$$

V : vitesse en m/s.

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

c_{fl} : Coefficient de frottement longitudinal.

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

II.10.5 La visibilité sur un virage :

La distance nécessaire peut être estimée en utilisant la distance parcourue en 3 secondes à la vitesse V85 (exprimée en mètres par seconde). Cette distance est mesurée entre le point d'observation, c'est-à-dire l'œil du conducteur situé à une hauteur de 1 mètre et à

2 mètres du bord droit de la chaussée, et le point observé situé à une hauteur de 0 mètre sur l'axe de la chaussée au début de la partie circulaire du virage.

II.11. Notion de devers :

Des études de cas démontrent que le dévers inversé est un facteur explicatif important des accidents. Dans ces cas, la correction du dévers améliore la sécurité du site et modifie considérablement les trajectoires des véhicules.

Un changement de dévers dans la partie circulaire de la courbe est un facteur qui entraîne des accidents pour les raisons suivantes :

- Il perturbe la trajectoire des véhicules, ce qui peut entraîner une mauvaise tenue de route et rendre la conduite plus difficile.
- Il favorise l'accumulation d'eau sur la chaussée dans la courbe, ce qui réduit l'adhérence des pneus et peut provoquer une perte de contrôle du véhicule.

La correction du dévers dans ces situations est donc essentielle pour améliorer la sécurité routière et réduire les risques d'accidents.

II.11.1. Devers en alignement :

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

Il est égal à : $d_{\min} = 2.5\%$

II.11.2. Devers en courbe :

En courbe, le devers permet de :

- assurer un bon écoulement des eaux superficielles ;
- compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules ;
- améliorer le guidage optique.

II.11.3. Rayon de courbure :

Afin d'assurer la stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge dans une courbe, il est nécessaire d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur en utilisant une pente appelée dévers, exprimée par sa tangente. Cette inclinaison permet de déterminer le rayon de courbure de la route. En d'autres termes, le dévers est utilisé

pour compenser la force centrifuge et maintenir la stabilité du véhicule lorsqu'il circule dans une courbe.

II.11.4. Calcul des dévers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq R_{Hnd}$ le dévers est égal à 2,5% et pour les courbes de rayon $R < R_{Hnd}$ un calcul de dévers peut être fait par l'interpolation en « $1/R$ ».

- Si $R_{Hm} < R < R_{Hn}$ on a :

$$(d - d_{RHN}) / \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}} \right) = (d_{RHm} - d_{RHN}) / \left(\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}} \right)$$

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

- si $R_{Hn} < R < R_{Hd}$ on a :

$$\frac{d - d_{RHd}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d_{RHn} - d_{RHd}}{\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

$$d = d_{RHd} + \frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}} \right) (d_{RHn} - d_{RHd})}{\left(\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}} \right)}$$

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

II.11.5. Raccordement de dévers :

En ligne droite, les dévers sont de type unique et ont des valeurs constantes (par exemple 2,5%). En courbe, les dévers ont des valeurs supérieures (de 3% à 7%). Pour raccorder les tronçons droits aux courbes, on utilise des Clothoïde :

- Lorsque les dévers sont de même sens, le raccordement se fait de manière progressive depuis le début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Lorsque les dévers sont opposés, le défi consiste à passer d'un dévers en ligne droite à un dévers dans l'arc de cercle. Pour cela, il est nécessaire de passer par un dévers nul, qui est généralement placé à une distance minimale D_{min} . Cette distance minimale est calculée à l'aide de la formule $D_{min} = 5/3.6V_r \Delta d$, où V_r est la vitesse de référence et Δd est la différence de dévers entre l'alignement

droit et l'arc de cercle. Cette distance est souvent appelée "longueur de gauchissement".

- Pour les courbes en forme de S, il est préférable de prendre un dévers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes reliant deux courbes de même sens, le dévers unique peut être conservé pour assurer la continuité.

II.11.6. Calcul d'axe :

Le calcul d'axe est une étape fondamentale à entreprendre lors de l'étude d'un projet routier. Il consiste à déterminer l'axe de la route point par point, depuis le début du tronçon jusqu'à sa fin.

Pour effectuer le calcul d'axe, nous disposons d'un tableau de coordonnées (x, y) des points de repère, qui peuvent être relevés à partir d'une carte topographique.

Le calcul d'axe s'effectue en suivant les étapes suivantes :

- Détermination la longueur de Clothoïde L ;
- Calcul du paramètre ;
- Calcul des gisements ;
- Calcul de l'angle γ compris entre les alignements ;
- Calcul de la tangente T ;
- Vérification de non- chevauchement ;
- Calcul de l'arc du cercle ;
- Calcul des coordonnées de points particuliers.

II.12. Application au projet :

	X (m)	Y (m)
P	1598.141	192505.969
P _{S1}	2999.779	194000.485
P _{S2}	3035.593	194374.381

a) Détermination de A :

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

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

On prend : $R = 280m$

b) Détermination de L :

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

$$\frac{R}{3} \leq A_{min} \leq R \Rightarrow \frac{280}{3} \leq A_{min} \leq 280 \Rightarrow 93.33 \text{ m} \leq A_{min} \leq 280$$

$$L_{r1} = \sqrt{24.R.\Delta R} \quad \text{soit : } R=280 \text{ m} < 1500 \text{ m} \Rightarrow \Delta R = 1$$

$$L_{r1} = \sqrt{24.280.1} = 81.97 \text{ m}$$

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

$\Delta d = ?$

$R = 280 \text{ m}$, $RHm = 250m$, $RHn = 450m$

$$\Rightarrow RHm < R < RHn : \frac{d - d_{RHn}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHn}} = \frac{d_{RHm} - d_{RHn}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}}$$

$$\Rightarrow d = d_{RHn} + \frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHn}\right)(d_{RHm} - d_{RHn})}{\left(\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}\right)} = 0.0652$$

$d = 6.52\%$

$\Delta d = 6.52 (-2.5) = 9.02\%$

$$L_{r2} \geq \frac{v^2}{18} \left(\frac{v^2}{127.R} - \Delta d \right) \Rightarrow L_{r2} \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.280} - 0.0902 \right)$$

$\Rightarrow L_{r2} = 31.92m$

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

$L_{r3} \geq (7,6.0,0902.80) \Rightarrow L_{r3} \geq 54.84 \text{ m}$

De (Lr1) (Lr2) (Lr3) on aura : $L = 82m$

$$\text{Donc : } L = \frac{A^2}{R} \Rightarrow A^2 = L \cdot R \Rightarrow A = \sqrt{L \cdot R} \Rightarrow A = 151.52 \text{ m}$$

$$\text{On prend : } A = 151.52 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L = \frac{151.52^2}{280} = 82 \text{ m}$$

c) Calcul de ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{82^2}{24 \times 280} = 1 \text{ m}$$

d) Calcul des gisements :

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

$$P_1P_{S1} = \begin{cases} |\Delta X| = |XP_{S1} - XP_1| = 1401.638 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |YP_{S1} - YP_1| = 1494.516 \text{ m} \end{cases}$$

$$P_{S1}P_{S2} = \begin{cases} |\Delta X_1| = |XP_{S2} - XP_{S1}| = 35.814 \text{ m} \\ |\Delta Y_1| = |YP_{S2} - YP_{S1}| = 373.896 \text{ m} \end{cases}$$

$$|\Delta X| = +1401.638 \text{ m} < |\Delta Y| = +1494.516 \text{ m} \Rightarrow G_{S0}^{S1} = g$$

$$G_{S0}^{S1} = \text{arctg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 47.96 \text{ grades}$$

$$|\Delta X| = +35.814 \text{ m} < |\Delta Y| = +373.896 \text{ m} \Rightarrow G_{S1}^{S2} = g$$

$$G_{S1}^{S2} = \text{arctg} \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 6.08 \text{ grades}$$

e) Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S0}^{S1} - G_{S1}^{S2}| = |47.96 - 6.08| = 41.88 \text{ grades}$$

f) Calcul de L'angle τ :

$$\text{L'angle } \tau : \quad \tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi}$$

$$\tau = \frac{82}{2 \cdot 280} \times \frac{200}{3.14}$$

$$\tau = 9.33 \text{ grades}$$

g) Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 9.33 \text{ grades}$$

$$\frac{\gamma}{2} = \frac{41.88}{2} = 20.94 \text{ grades}$$

$$\tau = 9.33 \text{ grades} < \frac{\gamma}{2} = 20.94 \text{ grades} \rightarrow \text{pas de chevauchement}$$

h) Calcul des distances :

$$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{1401.638^2 + 1494.516^2} = 2048.94 \text{ m}$$

$$\overline{S_2 S_1} = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} = \sqrt{35.814^2 + 373.896^2} = 375.60 \text{ m}$$

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

$$X_m = \frac{A^2}{2 \cdot R} = \frac{L}{2} = \frac{82}{2} = 41 \text{ m}$$

j) Abscisse de K_E :

$$X = L \left(1 - \frac{L}{40 \cdot L^2} \right) = 82 \left(1 - \frac{82}{40 \cdot 82^2} \right) = 81.975 \text{ m}$$

k) Origine de K_E :

$$Y = \frac{L^2}{6 \cdot R} = \frac{82^2}{6 \cdot 280} = 4 \text{ m}$$

l) Calcul de la tangente T :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \cdot \text{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) \quad \text{On a : } \frac{L}{R} = 0.29$$

$$T = 41 + (280 + 1) \cdot \text{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 136.912 \text{ m}$$

m) Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{81.975^2 + 4^2} = 82.07 \text{ m}$$

n) Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) = \arctg\left(\frac{4}{81.975}\right) = \mathbf{3.10 \text{ grades}}$$

o) Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 41.88 - 2 * 9.33 = \mathbf{23.22 \text{ grades}}$$

$$KE1 - KE2 = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200} = \frac{280 \times 3.14 \times 23.22}{200} = \mathbf{102.075 \text{ m}}$$

p) Calcul des coordonnées des points singuliers :

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

$$K_{A1} = \begin{cases} X_{KA1} = 1598.141 + (2048.94 - 136.912) \cdot \sin(47.96) = 2906.138m \\ Y_{KA1} = 192505.969 + (2048.94 - 136.912) \cdot \cos(47.96) = 193900.60m \end{cases}$$

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

$$K_{A2} = \begin{cases} X_{KA2} = 2999.779 + 136.912 \times \sin(6.08) = 3012.835m \\ Y_{KA2} = 194000.485 + 136.912 \times \cos(6.08) = 194136.773m \end{cases}$$

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

$$K_{E1} = \begin{cases} X_{KE1} = 2906.138 + 82.07 \sin(47.96 - 3.10) = 2959.3 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 193900.60 + 82.07 \cos(47.96 - 3.10) = 193963.123m \end{cases}$$

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

$$K_{E2} = \begin{cases} X_{KE2} = 3012.835 + 82.07 \sin(6.08 + 3.10) = 3024.628 \text{ m} \\ Y_{KE2} = 194136.773 + 82.07 \cos(6.08 + 3.10) = 194218 \text{ m} \end{cases}$$

Axe En Plan

Axe : Axe

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	97.34gr	45.972	52+000.000	-929.801	192336.354
Clothoïde 1	Paramètre	-209.141	124.971	52+045.972	-883.870	192338.278
Arc 1	Rayon	-350.000 m	148.844	52+170.942	-759.096	192336.077
	Centre X	-806.781 m				
	Centre Y	191989.341 m				
Clothoïde 2	Paramètre	209.141	124.971	52+319.786	-620.292	192285.519
Droite 2	Gisement	147.14gr	27.630	52+444.757	-523.332	192206.956
Clothoïde 3	Paramètre	229.632	131.827	52+472.387	-502.937	192188.315
Arc 2	Rayon	400.000 m	94.676	52+604.214	-401.016	192104.956
	Centre X	-183.253 m				
	Centre Y	192440.485 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-229.632	131.827	52+698.890	-316.268	192063.248
Droite 3	Gisement	111.09gr	21.377	52+830.718	-188.041	192033.343
Arc 3	Rayon	-1400.000 m	229.151	52+852.094	-166.988	192029.638
	Centre X	-409.647 m				
	Centre Y	190650.828 m				
Droite 4	Gisement	121.51gr	1.742	53+081.245	54.445	191971.668
Clothoïde 5	Paramètre	178.896	114.300	53+082.987	56.089	191971.091
Arc 4	Rayon	280.000 m	36.759	53+197.287	166.047	191940.674
	Centre X	203.394 m				
	Centre Y	192218.172 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-178.896	114.300	53+234.046	202.695	191938.173
Droite 5	Gisement	87.17gr	259.879	53+348.345	315.766	191953.369
Arc 5	Rayon	-2000.000 m	99.233	53+608.224	570.381	192005.408
	Centre X	970.870 m				
	Centre Y	190045.916 m				
Droite 6	Gisement	90.32gr	302.368	53+707.457	668.057	192022.860
Clothoïde 7	Paramètre	244.643	133.000	54+009.825	966.939	192068.640
Arc 6	Rayon	450.000 m	148.364	54+142.825	1097.128	192095.199
	Centre X	964.244 m				
	Centre Y	192525.131 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-244.643	133.000	54+291.188	1229.165	192161.377
Droite 7	Gisement	50.52gr	428.568	54+424.188	1328.354	192249.786
Clothoïde 9	Paramètre	-221.533	129.150	54+852.756	1633.859	192550.348
Arc 7	Rayon	-380.000 m	107.349	54+981.906	1730.778	192635.458
	Centre X	1947.628 m				
	Centre Y	192323.407 m				
Clothoïde 10	Paramètre	221.533	129.150	55+089.255	1826.359	192683.537
Droite 8	Gisement	90.14gr	31.943	55+218.405	1952.469	192710.615
Clothoïde 11	Paramètre	302.933	133.000	55+250.348	1984.029	192715.543
Arc 8	Rayon	689.986 m	42.486	55+383.348	2114.656	192740.259
	Centre X	1943.111 m				
	Centre Y	193408.580 m				
Clothoïde 12	Paramètre	-302.933	133.000	55+425.833	2155.457	192752.082
Droite 9	Gisement	73.95gr	16.306	55+558.833	2279.062	192801.034
Clothoïde 13	Paramètre	194.326	119.833	55+575.139	2294.021	192807.522
Arc 9	Rayon	315.127 m	141.145	55+694.972	2400.549	192861.979
	Centre X	2222.785 m				
	Centre Y	193122.181 m				
Clothoïde 14	Paramètre	-194.326	119.833	55+836.117	2495.701	192964.630

Chapitre II : Caractéristiques géométriques

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 10	Gisement 21.23gr	95.399	55+955.949	2541.936	193074.975	
Clothoïde 15	Paramètre -262.983	133.000	56+051.348	2573.158	193165.120	
Arc 10	Rayon -520.000 m Centre X 3087.611 m Centre Y 193057.275 m	46.722	56+184.348	2621.965	193288.737	
Clothoïde 16	Paramètre 262.983	133.000	56+231.070	2644.613	193329.585	
Droite 11	Gisement 43.23gr	120.722	56+364.070	2723.600	193436.470	
Clothoïde 17	Paramètre 229.632	131.827	56+484.792	2799.418	193530.412	
Arc 11	Rayon 400.000 m Centre X 2528.100 m Centre Y 193834.013 m	28.143	56+616.619	2876.364	193637.258	
Clothoïde 18	Paramètre -229.632	131.827	56+644.762	2889.334	193662.227	
Droite 12	Gisement 17.77gr	131.870	56+776.589	2932.502	193786.618	
Arc 12	Rayon 1400.000 m Centre X 1623.013 m Centre Y 194299.092 m	272.616	56+908.459	2968.833	193913.384	
Droite 13	Gisement 5.37gr	25.998	57+181.075	3018.031	194181.086	
Arc 13	Rayon -1400.000 m Centre X 4415.240 m Centre Y 194088.986 m	197.812	57+207.073	3020.223	194206.992	
Droite 14	Gisement 14.37gr	1.645	57+404.884	3050.743	194402.268	
Clothoïde 19	Paramètre 244.643	133.000	57+406.529	3051.111	194403.871	
Arc 14	Rayon 450.000 m Centre X 2625.797 m Centre Y 194569.702 m	26.470	57+539.529	3074.432	194534.680	
Clothoïde 20	Paramètre -244.643	133.000	57+565.999	3075.715	194561.115	
Droite 15	Gisement 391.81gr	53.441	57+698.999	3065.171	194693.567	
Clothoïde 21	Paramètre -209.141	124.971	57+752.440	3058.312	194746.566	
Arc 15	Rayon -350.000 m Centre X 3399.249 m Centre Y 194853.625 m	157.216	57+877.411	3049.683	194871.061	
Clothoïde 22	Paramètre 209.141	124.971	58+034.626	3091.931	195021.124	
Droite 16	Gisement 43.13gr	20.399	58+159.597	3164.243	195122.832	
			58+179.996	3177.031	195138.725	
Longueur totale de l'axe 6179.996 mètre(s)						

III- Profil en long :

III.1. Définition :

Le profil en long d'une route représente de manière continue la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de sa position le long de la route. Il est obtenu en imaginant une coupe longitudinale fictive de la route.

III.2. Règles à respecter dans la trace du profil en long :

Voici les règles à prendre en compte, sauf dans des cas exceptionnels, lors de la conception du profil en long :

- Respecter les paramètres géométriques recommandés par les règlements en vigueur.
- Éviter les angles entrants en déblai pour prévenir l'accumulation des eaux et assurer leur écoulement.
- Privilégier un profil en long en léger remblai plutôt qu'un profil en long en léger déblai, car cela facilite l'évacuation des eaux et maintient une bonne intégration de la route dans le paysage.
- Placer les zones de dévers nuls dans une pente du profil en long pour favoriser un bon drainage des eaux.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une coordination harmonieuse entre le tracé en plan et le profil en long. L'alignement et les courbes du profil en long doivent respecter certaines règles.
- Éviter les lignes brisées composées de nombreux segments de pentes voisines. Les remplacer par un seul cercle ou une combinaison de cercles et d'arcs à courbures progressives de grand rayon.
- Regrouper deux cercles voisins de même sens en un seul cercle.
- Adapter le profil en long aux principales caractéristiques du paysage.

III.3. Eléments de composition du profil en long :

Le profil en long est composé d'une séquence de segments de lignes droites (rampes et pentes) reliés par des courbes circulaires. Pour chaque point du profil en long, les éléments suivants doivent être déterminés :

- L'altitude du terrain naturel à ce point.
- L'altitude de la ligne du projet à ce point.
- La déclivité de la ligne du projet.

III.4. Coordination de la trace en plan et profil en long :

La coordination ou la combinaison des deux éléments, à savoir le tracé en plan et le profil en long, est extrêmement importante car elle conditionne l'image réellement perçue par l'utilisateur et, par conséquent, influence son comportement. En plus des objectifs d'intégration dans l'environnement, cette coordination revêt également une importance cruciale en termes de sécurité pour l'utilisateur. Cela permet notamment :

- D'avoir une vue satisfaisante de la route, en plus de garantir des conditions de visibilité minimales pour anticiper les évolutions du tracé à distance.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers tels que les carrefours, les échangeurs, etc., afin d'éviter les problèmes résultant d'une mauvaise coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

Les règles suivantes doivent être respectées :

- Augmenter le ripage du raccordement lors de l'introduction d'une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- Amorcer la courbe en plan avant un point haut lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- Faire coïncider autant que possible les raccordements du tracé en plan et ceux du profil en long (les rayons de raccordement vertical doivent être au moins 6 fois plus grands que le rayon en plan).

Ces règles contribuent à assurer une transition harmonieuse entre le tracé en plan et le profil en long, garantissant ainsi la sécurité et le confort des usagers de la route.

III.5. Eléments constituant la ligne rouge

III.5.1. Les alignements :

III.5.1.1. Déclivités :

La déclivité est définie comme la tangente de l'angle formé par le profil en long de la route par rapport à l'horizontale. On utilise le terme "rampe" lorsque la route s'élève dans le sens du kilométrage, et le terme "pente" lorsque la route descend dans le sens du kilométrage.

Ainsi, une rampe indique une montée le long de la route, tandis qu'une pente indique une descente.

a) Déclivité minimale :

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de **0.5 %** et de préférence **1%** si possible.

- **I_{min} = 0,5 %** dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profond.
- **I_{min} = 0,5 %** dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

b) Déclivité maximale :

La déclivité maximale est généralement acceptée sur de courtes distances, inférieures à 1500 mètres, en raison des raisons suivantes :

- Réduction de la vitesse et augmentation des dépenses de carburant : Une pente maximale entraîne une diminution de la vitesse des véhicules, ce qui peut augmenter les coûts de circulation en termes de consommation de carburant.
- Effort de freinage et usure des pneumatiques : Sur une pente maximale, les poids lourds doivent fournir un effort de freinage important pour ralentir ou maintenir leur vitesse. Cela peut entraîner une usure accrue des pneumatiques en raison de la contrainte exercée lors du freinage.

Il est donc important de prendre en compte ces facteurs lors de la conception de routes avec des déclivités maximales, en particulier sur de courtes distances, afin de minimiser les impacts négatifs sur la vitesse, la consommation de carburant et l'usure des véhicules. Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

Donc, La déclivité maximale dépend de :

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

Tableau II- 8 : Valeur de déclivité maximale

V _r (km/h)	40	60	80	100	120	140
Déclivité max (%)	8	7	6	5	4	4

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

Remarque : l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- ↳ Effort de traction est considérable.
- ↳ Consommation excessive de carburant

- ↪ Faibles vitesses.
- ↪ Gène des véhicules.

III.6. 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 doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types de raccords :

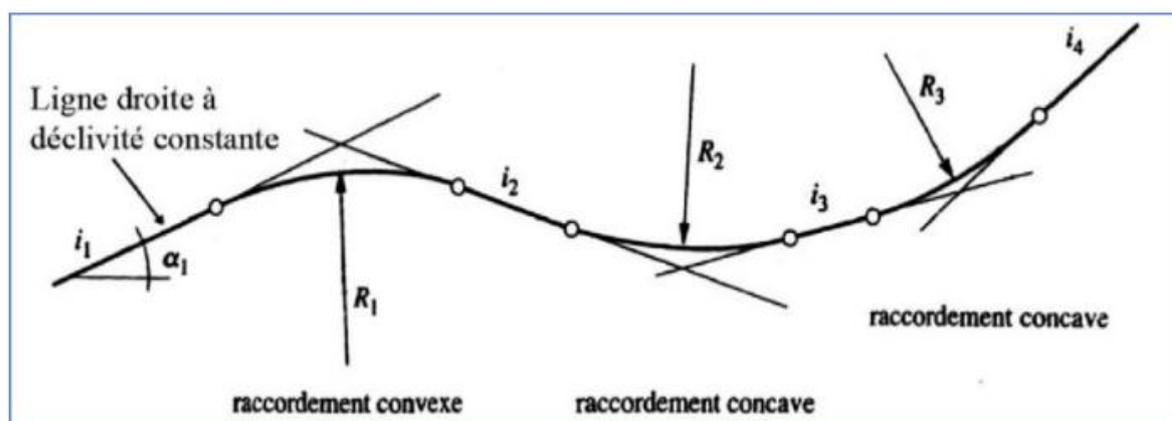


Figure. II. 12 : les deux types de raccordement

III.6.1. Raccordement convexe (angle saillant) :

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

- a) Condition de confort dynamique.
- b) Condition de visibilité.
- c) Condition esthétique.

a) Condition de confort dynamique :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qui est limitée à :

$$\frac{V_r^2}{R_V} < \frac{g}{40} \quad \text{Pour : } g = 10 \text{ m/s}^2.$$

$$R_{V\min} = \begin{cases} (R_V \geq 0,3 V_r^2 (\text{cat. 1 - 2})) \\ (R_V \geq 0,23 V_r^2 (\text{cat 3 - 4 - 5})). \end{cases}$$

RV : C'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km/h).

Dans notre cas pour C1 on a $R_{vmin} = 0,3 V_r^2$

b) Condition de visibilité :

Effectivement, l'obtention d'une visibilité adéquate est une considération essentielle lors de la détermination du profil en long d'une route. Il est important que deux véhicules se déplaçant en sens opposés puissent se voir mutuellement à une distance équivalente à deux fois la distance d'arrêt minimale.

Le rayon de raccordement dans ce contexte est déterminé en utilisant la formule suivante :

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

Avec : d_1 : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'oeil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

Pour Chaussées unidirectionnelles :

Cat 1 - 2 : ($h_0 = 1.10$ m, $h_1 = 0.15$ m) $\implies R_{V_{m1}} = 0.24 (d_1)^2$

Cat 3 - 4 et 5 : ($h_0 = 1.10$ m, $h_1 = 0.15$ m) $\implies R_{V_{m1}} = 0.22 (d_1)^2$

Dans notre cas pour C1 on trouve : $R_{V_{m1}} = 0.24 (d_1)^2$

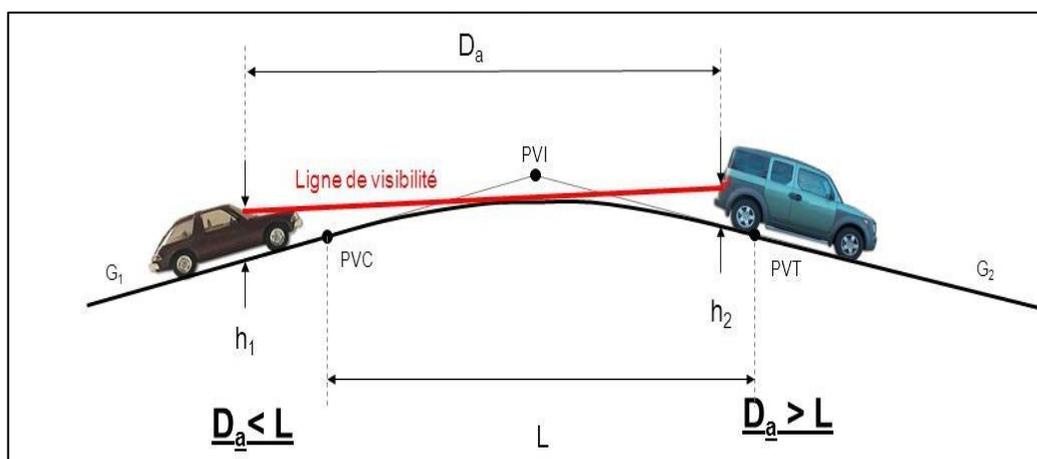


Figure. II. 13 : Visibilité en raccordement convexe

c) Condition esthétique :

En effet, lors de la conception d'une route, l'aspect esthétique joue un rôle important. Il est essentiel de créer un profil en long qui procure aux usagers une impression d'harmonie et une sensation d'équilibre.

Pour cela, il est préférable d'éviter de concevoir un profil en long sinusoïdal qui présente des changements fréquents et brusques d'allure et de sens de déclivité sur une distance réduite. Un profil en long trop sinueux peut donner une impression de déséquilibre visuel et rendre la conduite inconfortable pour les usagers.

III.6.2. Raccordement concave (angle rentrant) :

a) Le confort dynamique :

Lorsqu'il s'agit d'un angle rentrant dans le profil en long d'une route, le problème de visibilité est moins préoccupant car il n'y a pas de véhicules circulant en sens opposés à prendre en compte. Cependant, il peut y avoir une accélération importante, également appelée accélération centrifuge, qui peut avoir un impact sur le confort des véhicules. :

- R_{Vm} : rayon minimal absolu calculé pour une vitesse V_r .
- R_{Vn} : rayon minimal normal calculé pour vitesse V_{r+20} .

Pour assurer le confort dynamique des véhicules, on admet qu'une telle accélération est supportable si elle ne dépasse pas :

$$\begin{cases} \frac{g}{40} & (g : \text{la gravité}) \text{ pour les cat } 1 - 2 ; \\ \frac{g}{30} & (g : \text{la gravité}) \text{ pour les cat } 3 - 4 - 5 ; \end{cases}$$

$$\gamma_c \leq \frac{g}{40} \text{ Ou } \frac{g}{30} \Leftrightarrow V^2 R'_v \leq \frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30} \Leftrightarrow R'_v \geq V^2 / \left(\frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30} \right)$$

Si on prend $g = 10\text{m/s}^2$ et V_r en (km/h) :

- $R'_v > 0.3V^2$ pour les catégories 1 et 2.
- $R'_v > 0.25V^2$ pour les catégories 3, 4, 5.

b) La visibilité nocturne :

Dans le cas des raccords dans les points bas du profil en long d'une route, la visibilité pendant la journée n'est pas un facteur déterminant. Cependant, pendant la nuit, il est important de s'assurer que les phares du véhicule éclairent un tronçon suffisamment long pour permettre au conducteur de percevoir les obstacles à temps. La visibilité pendant la nuit dépend du rayon de courbure du raccordement. Pour assurer une visibilité adéquate, la relation suivante est utilisée :

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

Avec :

R'_v : Rayon minimum du cercle de Raccordement.

d_1 : Distance d'arrêt.

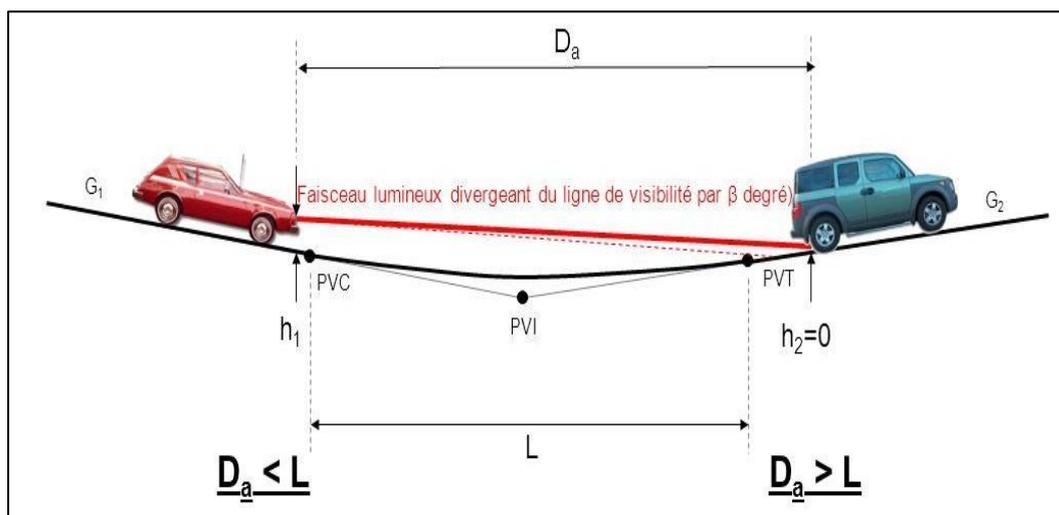


Figure. II. 14 : visibilité en raccordement concaves.

c) Condition esthétique :

Pour éviter l'effet d'une allure sinusoïdale dans le profil en long de la route, caractérisée par des changements fréquents de sens de déclivités sur de courtes distances, il est recommandé d'imposer une longueur minimale de raccordement. Ainsi, pour des dévers inférieurs à 10% (en particulier dans le cas des échangeurs), il est essentiel de respecter un paramètre "b" > 50, garantissant une transition progressive et fluide sans discontinuités brusques.

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

Avec :

d : Changement des devers.

R_{v_min} : Rayon vertical minimal.

III.7. Caractéristiques des profils en long :

III.7.1 Angle saillant :

a) Condition de confort :

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

b) Condition de visibilité :

On a $d_1 = 104 \text{ m}$

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

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

$$RVm1 = 0.24 \times 104^2 = 2596 \text{ m}$$

III.7.2 Angle rentrant :

a) Le confort dynamique :

✓ Rayon minimal absolu :

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

✓ Rayon minimal normal :

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

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

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

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

b) La visibilité nocturne :

$$R'v = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)} = R'v = \frac{104^2}{(1.5 + 0.035 \times 104)} = 2104.28 \text{ m}$$

Pour le cas de RN20, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants (*selon le B40*) :

Tableau II- 9 : le paramètre géométrique

Catégorie	C1	
Environnement	E3	
Vitesse de référence (km/h)	80	
Rayon en angle saillant RV (m)	Route unidirectionnelles (2x2)	
	RVm1 (rayon minimal absolu)	2500
	RVn1 (rayon minimal normal)	6000
Rayon en angle rentrant RV (m)	Route unidirectionnelles (2x2)	
	R'vm (rayon minimal absolu)	2400
	R'vn (rayon minimal normal)	3000

III.8. Détermination pratiques du profil en long :

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

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0$$

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

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

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

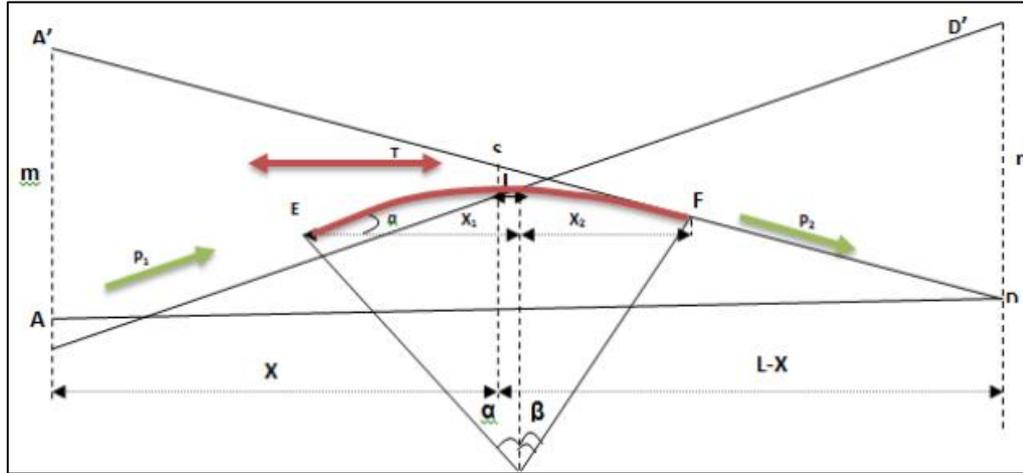


Figure. II. 15 : raccordement de deux alignements par une parabole

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

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

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

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

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

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

- **Calcul des pentes :**

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta X_1} \quad P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta X_2}$$

- **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 **E** et **F**.

$$E = \begin{cases} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T.P_1 \end{cases} \quad F = \begin{cases} X_F = X_S - T \\ Z_F = Z_S - T.P_2 \end{cases}$$

- Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR=2T$$

- Calcul de la flèche :

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

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

$$\begin{cases} H_x = \frac{x^2}{2R} \\ Z_M = Z_B + X \cdot P_1 - \frac{x^2}{2R} \end{cases}$$

- Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :

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

$$X_1 = RP_1 ; X_2 = RP_2J$$

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

III.9. Application au projet :

Profil En Long Projet

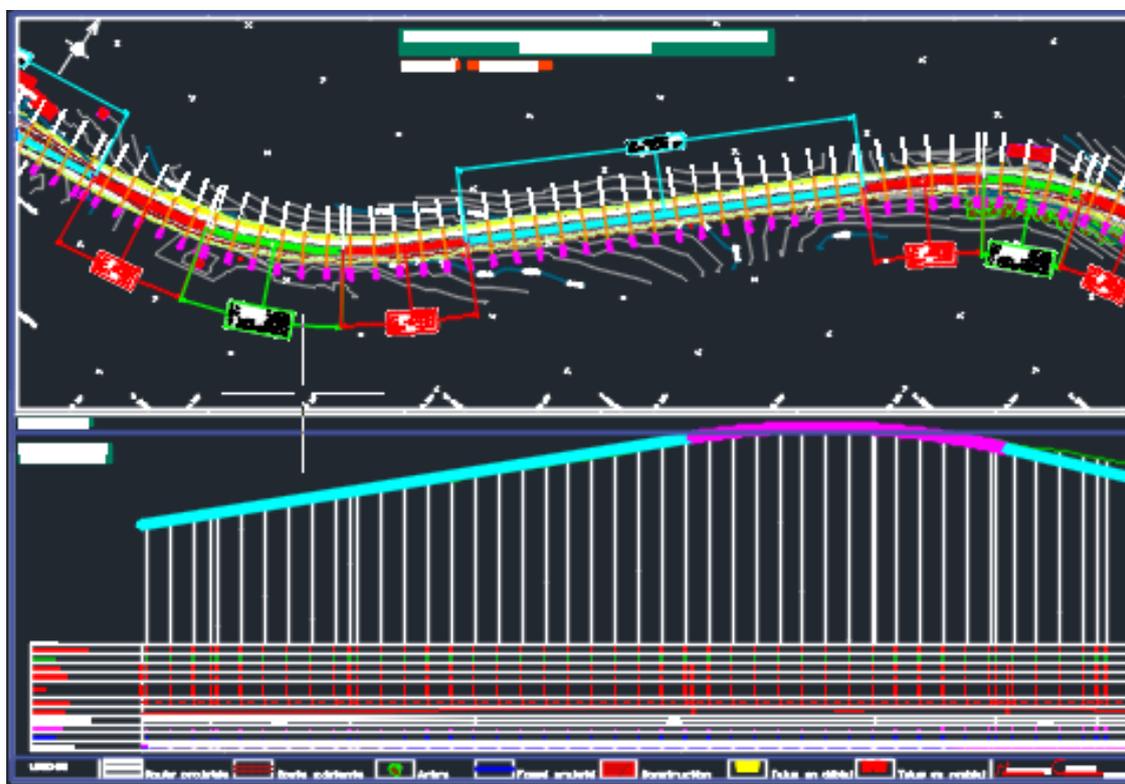
Axe : Axe

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 2.62 %	880.898	52+000.000	593.084
Parabole 1	Rayon 8000.000m	138.203	52+880.898	616.134
	Sommet Absc. 52+671.561 m			
	Sommet Alt. 613.395 m			
Pente 2	Pente 4.34 %	115.439	53+019.102	620.944
Parabole 2	Rayon -5000.000 m	111.203	53+134.540	625.959
	Sommet Absc. 53+351.753 m			
	Sommet Alt. 630.677 m			
Pente 3	Pente 2.12 %	431.922	53+245.743	629.554
Parabole 3	Rayon 10000.000m	171.709	53+677.665	638.711
	Sommet Absc. 53+465.645 m			
	Sommet Alt. 636.464 m			
Pente 4	Pente 3.84 %	219.544	53+849.375	643.826
Pente 5	Pente 3.23 %	588.573	54+068.919	652.251
Parabole 4	Rayon -4200.000 m	336.606	54+657.492	671.288
	Sommet Absc. 54+793.340 m			
	Sommet Alt. 673.485 m			

Chapitre II : Caractéristiques géométriques

Pente 6	Pente	-4.78 %	234.383	54+994.098	668.687
Parabole 5	Rayon	8000.000 m	241.117	55+228.481	657.483
	Sommet Absc.	55+610.878 m			
	Sommet Alt.	648.344 m			
Pente 7	Pente	-1.77 %	175.147	55+469.598	649.592
Parabole 6	Rayon	18000.000 m	645.215	55+644.745	646.499
	Sommet Absc.	55+962.625 m			
	Sommet Alt.	643.692 m			
Pente 8	Pente	1.82 %	297.430	56+289.960	646.668
Parabole 7	Rayon	12000.000 m	161.595	56+587.391	652.077
	Sommet Absc.	56+369.167 m			
	Sommet Alt.	650.093 m			
Pente 9	Pente	3.17 %	794.467	56+748.986	656.104
Parabole 8	Rayon	12000.000 m	72.152	57+543.453	681.250
	Sommet Absc.	57+163.634 m			
	Sommet Alt.	675.239 m			
Pente 10	Pente	3.77 %	210.940	57+615.606	683.750
Parabole 9	Rayon	-7000.000 m	220.070	57+826.546	691.695
	Sommet Absc.	58+090.196 m			
	Sommet Alt.	696.660 m			
Pente 11	Pente	0.62 %	133.380	58+046.616	696.525
				58+179.996	697.355
Longueur totale de l'axe 6179.996 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 6182.521 mètre(s)					



IV- Profil en travers

IV.1. Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est une représentation perpendiculaire à l'axe de la route qui montre l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical. Dans un projet routier, il est nécessaire de dessiner de nombreux profils en travers, mais afin d'éviter de reporter les dimensions sur chacun d'entre eux, on établit tout d'abord un profil unique appelé "profil en travers". Ce profil en travers regroupe toutes les dimensions et les détails constructifs essentiels tels que les largeurs des voies, des chaussées et des autres bandes, les pentes des surfaces et des talus, les dimensions des couches de la superstructure, ainsi que le système d'évacuation des eaux, et bien d'autres éléments. En créant ce profil en travers, toutes les informations nécessaires sont réunies en un seul endroit, facilitant ainsi la compréhension et la mise en œuvre du projet routier dans son ensemble.

IV.2. Différent type de profils en travers :

Dans une étude d'un projet routier l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers :

a) Profil en travers type :

Le profil en travers type comprend tous les éléments constructifs de la future route, qu'elle soit en remblai, en déblai, en alignement ou en courbe. Il représente la configuration standard de la chaussée dans toutes les situations.

En appliquant ce profil en travers type sur le profil correspondant du terrain tout en respectant les côtes du projet, on peut calculer l'avant-mètre des terrassements.

b) Profil en travers courants :

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

IV.3. Les éléments de composition du profil en travers :

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

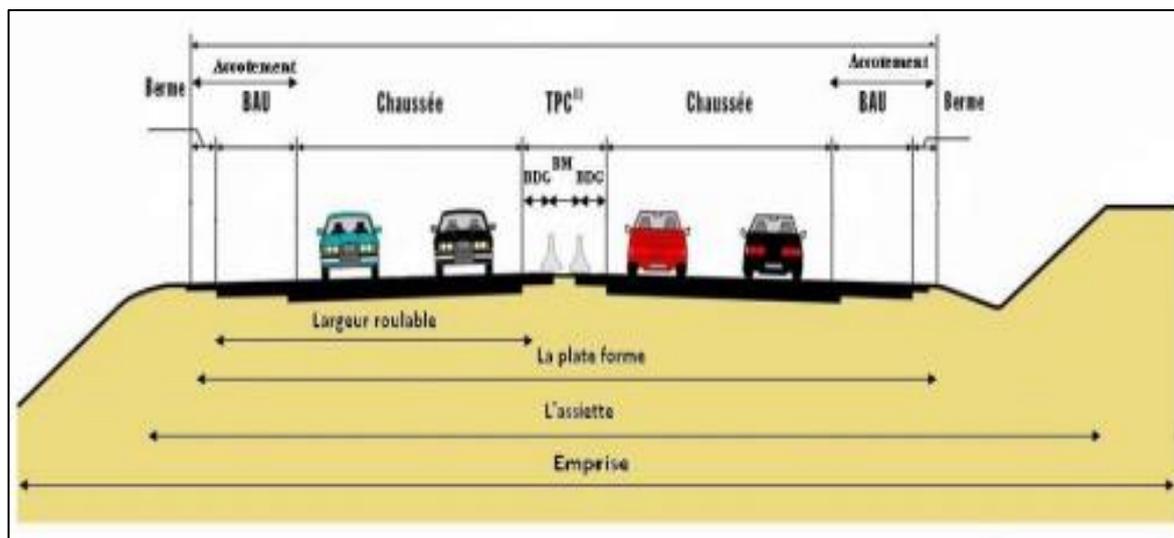


Figure. II. 16 : élément du profil en travers

1. La chaussée :

La chaussée fait référence à la partie de la voie publique qui est spécifiquement aménagée pour la circulation des véhicules. Elle est conçue pour permettre le déplacement sûr et fluide des véhicules sur la route. La largeur de la chaussée est généralement déterminée en prenant en compte la taille maximale des véhicules, avec une largeur minimale de 2,50 mètres pour chaque voie de circulation.

2. La largeur roulable :

La largeur roulable englobe les différents éléments de la chaussée, tels que les sur-largurs de chaussée, la chaussée elle-même et la bande d'arrêt.

3. La plateforme :

C'est la surface de la route située entre le fossé ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terrepleins et les bandes d'arrêts.

4. L'emprise :

L'emprise de la route désigne la surface de terrain qui appartient à la collectivité et se situe à l'intérieur des limites du domaine public.

5. L'assiette :

L'assiette de la route correspond à la surface réellement aménagée et construite pour créer la voie de circulation. Elle englobe les limites des terrassements, c'est-à-dire les parties du terrain qui ont été excavées ou remblayées afin de créer la structure routière

6. Accotements :

Les accotements sont les zones situées de chaque côté de la chaussée, en bordure extérieure, qui peuvent être soit dérasées, c'est-à-dire au même niveau que la chaussée, soit surélevées. Ils servent à fournir un espace supplémentaire le long de la chaussée et peuvent jouer un rôle important en termes de sécurité et de drainage.

7. Terre-plein centrale :

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

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

8. Le fossé :

Il s'agit d'une structure hydraulique conçue pour recueillir les eaux de ruissellement issues de la chaussée, des talus adjacents et des précipitations pluviales.

9. Le talus :

Le talus fait référence à l'inclinaison du terrain qui est déterminée par la cohésion des sols qui le composent. Cette inclinaison est exprimée sous forme d'une fraction (A/B), où :

A : représente la distance horizontale sur la base du talus,

B : représente la hauteur du talus.

En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (3/2) pour les remblais et (1/1) Pour les déblais.

10. Bande dérasée :

La bande contiguë à la chaussée, qu'elle soit stabilisée ou non, peut être revêtue ou non et est exempte de tout obstacle. Elle est équipée du marquage en rive.

11.B.D.G :

La B.D.G (Bande Dérasée à Gauche) fait référence à la zone dérasée située à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.

12. Berme :

Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une **B.A.U** ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.

13.B.A.U :

La partie de l'accotement adjacente à la chaussée, exempte d'obstacles et revêtue, est spécialement aménagée pour permettre aux véhicules de s'arrêter en cas d'urgence hors de la chaussée. Cette zone inclut également la sur largeur structurelle de la chaussée, offrant un espace supplémentaire pour la sécurité et le stationnement temporaire des véhicules.

14.Sur largeur S :

La sur largeur structurelle de chaussée fait référence à la partie élargie de la chaussée qui soutient le marquage de rive. Cette zone supplémentaire permet d'offrir une marge de sécurité et d'espace pour la circulation des véhicules, tout en assurant une visibilité et une délimitation claires grâce au marquage de rive.

15.La largeur de la chaussée :

La largeur de la chaussée est principalement déterminée par le volume de trafic à accommoder. Étant donné que la largeur des véhicules est généralement de 2,50 m, cette dimension est considérée comme le minimum pour la largeur d'une voie. Dans le cas des routes à forte circulation et à grande vitesse, une largeur de voie de 2,50 m est insuffisante, et il est recommandé d'avoir au moins 3 m, voire idéalement 3,50 m, afin que les véhicules de différentes tailles puissent se croiser et se dépasser en toute.

Dans les cas de routes peu fréquentées, la largeur de voie peut être réduite à 3,00 m (exceptionnellement 2,50 m).

16. Pente transversale :

La pente transversale de la chaussée est conçue pour favoriser le drainage des eaux de surface. En ligne droite, le profil en travers de la chaussée présente une pente transversale qui varie de 2% à 5% vers l'extérieur.

En courbe, la pente transversale de la chaussée varie de manière linéaire en fonction de $1/R$, où R représente le rayon de courbure de la route. Cette variation de la pente transversale est communément appelée "le dévers".

Il est important que les dévers restent constants tout au long de la partie circulaire des virages, car la valeur de $1/R$ reste constante. Cela garantit une transition régulière et sécurisée pour les véhicules lorsqu'ils circulent en courbe.

17. Point de rotation de dévers :

Le choix de point de rotation des dévers dépend essentiellement de la disposition des lieux.

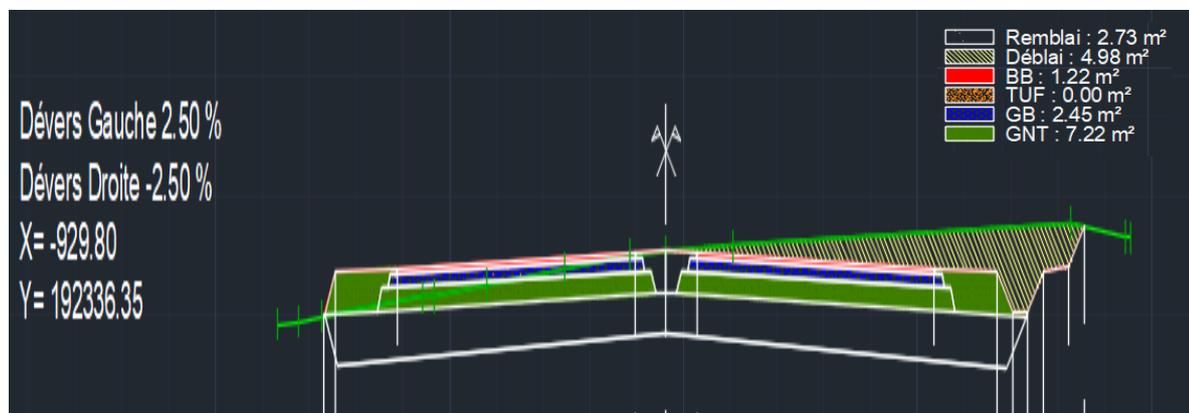
Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plateforme, sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord de la chaussée.

IV.4. Profil en travers type de notre projet :

Le dédoublement de la RN 20 est constituée de :

- Deux chaussées de deux voies de 3.80m chacune : $(2 \times 3.80) \times 2 = 15.20 \text{ m}$
- Un terre-plein central de 1.00m ;

Largeur des accotements 2.00m à chaque côté droit de la chaussée.



V- Etude d'aménagement des carrefours

V.1. introduction :

L'efficacité d'un réseau routier dépend en grande partie de la performance de ses carrefours, qui sont des points d'intersection où plusieurs routes se croisent au même niveau. Ces carrefours sont des zones d'échange et de conflits où la fluidité du trafic et la sécurité routière sont essentielles.

L'analyse des carrefours repose sur les données collectées lors d'enquêtes directionnelles, qui fournissent les informations nécessaires pour diagnostiquer leur fonctionnement. Ces enquêtes permettent d'obtenir des données sur les mouvements de circulation, les volumes de trafic, les temps de traversée, les taux de saturation, etc.

En se basant sur ces données, il est possible de comprendre le fonctionnement actuel des carrefours, d'identifier les problèmes de circulation et de sécurité, et de proposer des solutions d'amélioration. L'objectif est d'optimiser la fluidité du trafic, de réduire les congestions, de minimiser les temps d'attente et d'améliorer la sécurité des usagers de la route.

Une analyse approfondie des carrefours permet de prendre des décisions éclairées en matière de conception, de signalisation, de priorités de circulation et de gestion du trafic, contribuant ainsi à l'efficacité globale du réseau routier.

V.2. Données essentielle pour l'aménagement d'un carrefour :

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

- ❖ Les valeurs de débit de circulation sur les différentes branches, l'intensité des mouvements tournant et leur évolution prévisible dans le futur.
- ❖ Les types et les causes des accidents constatés dans les cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- ❖ Des caractéristiques de section adjacente et des carrefours voisins.
- ❖ Respect de l'homogénéité du tracé.
- ❖ De la surface neutralisée par l'aménagement.
- ❖ La vitesse d'approche à vide (V_0) sur les différentes voies.
- ❖ La composition des trafics.

- ❖ Les conditions topographiques et la visibilité.

V.3. Choix de l'aménagement :

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

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

V.4. Les différents types de carrefour :

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

a) Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

b) Carrefour à trois branches (en Y) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°).

c) Carrefour à quatre branches :

1. Carrefour en croix :

Le carrefour à quatre branches plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

2. 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.

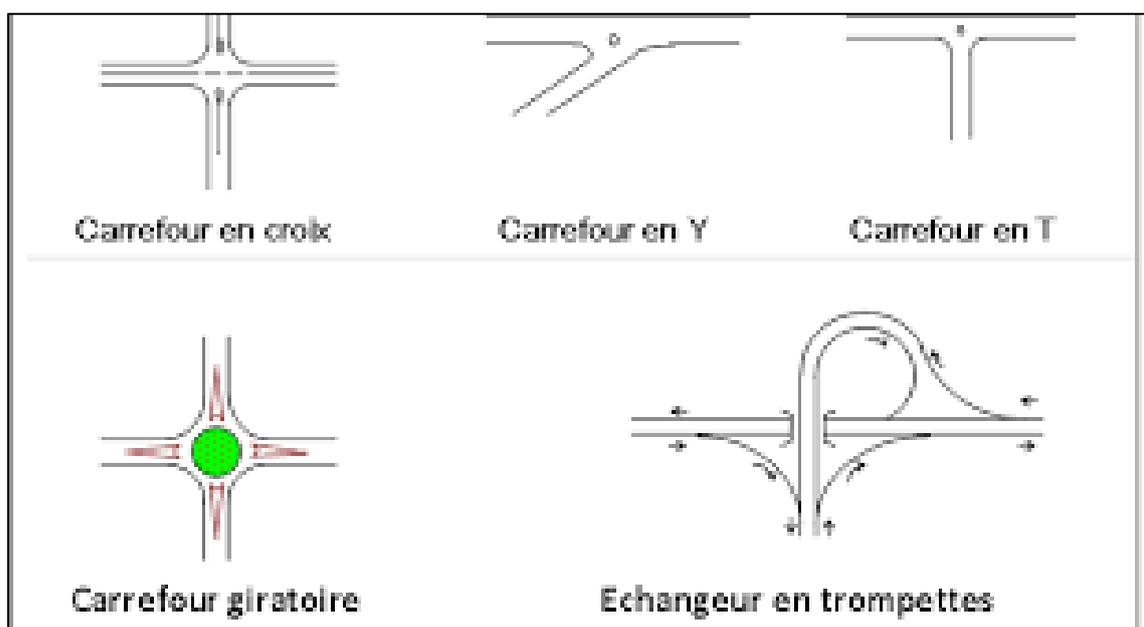


Figure. II. 17 : différents types de carrefours

V.5. Principes Généraux D'aménagement D'un Carrefour :

- Il est recommandé de réaliser les cisaillements avec un angle de 90 ± 20 degrés afin d'obtenir de meilleures conditions de visibilité et une meilleure estimation des vitesses sur l'axe transversal. De plus, il est préférable d'avoir une largeur de traversée minimale.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Il convient d'éviter les carrefours équipés de feux de signalisation à deux couleurs.
- Utiliser les caractéristiques géométriques pour ralentir la circulation sur les voies non prioritaires
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.

1. La visibilité dans un carrefour :

Lors de l'aménagement d'un carrefour, il est essentiel de garantir les meilleures conditions de visibilité possibles en prenant en compte les vitesses d'approche à vide. En cas de visibilité insuffisante, il convient de prévoir des mesures supplémentaires pour améliorer la sécurité :

- Une signalisation adéquate peut être utilisée pour imposer une limitation de vitesse ou changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).

2. Triangle de visibilité dans un carrefour :

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

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

3. Données de base :

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

4. Les îlots :

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

a) Ilot directionnel :

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

b) Ilot séparateur :

Les éléments principaux de dimensionnement sont :

- ❖ Décalage entre la tête d'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.
- ❖ Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.

- ❖ Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5m à 1m.
- ❖ Longueur de l'îlot : 15m à 30m.

Tableau II- 10 : Vitesse d'approche à vide V_0

Environnement	E1		E2		E3	
	Sur un alignement	Près d'un point parti	Sur un alignement	Près d'un point parti	Sur un alignement	Près d'un point parti
Cat 1.2	120	100	100	80	80	60
Cat 3	110	90	90	80	80	60
C 4	100	80	80	60	60	60
C 5	80	60	60	60	60	60

Tableau II- 11 : Distance de visibilité des véhicules prioritaires et non prioritaires : cas de la priorité droite.

Vitesse d'approche à vide V_P (km/h)	Vitesse d'approche V_{np}	60	80	90	100	110	120
	d_{np} (m)	70	110	130	160	190	235
60		70	80	90	100	105	120
80		95	110	120	130	140	155
90		105	120	130	145	160	175
100		120	135	145	160	175	195
110		130	150	160	175	190	210
120		140	160	175	195	210	235

Tableau II- 12 : Distance de visibilité des véhicules non prioritaires : cas de balise B1 (cédez le passage) ou signal de STOP B2

Type de route	Manœuvre véhicule non prioritaire		Vitesse d'approche à vide V_p (km/h) (vitesse de la manœuvre $V_{p'}$)					
			60 (45)	80 (60)	90 (67)	100 (75)	110 (80)	120 (85)
2 voies	traversées	<i>V.L</i>	100	130	150	165	180	200
		<i>P.L</i> (1)	130	175	200	220	245	265
	Tourne à gauche		110	175	215	260	310	350
3 voies	traversées	<i>V.L</i>	115	155	175	195	215	235
		<i>P.L</i> (1)	150	200	225	250	275	300
	Tourne à gauche		115	180	220	265	315	355
4voies	traversées	<i>V.L</i>	135	175	200	220	245	265
		<i>P.L</i> (1)	165	220	250	275	305	335
	Tourne à gauche		120	185	225	270	320	360
4 voies avec îlot <5m	traversées	<i>V.L</i>	150	200	225	250	275	300
		<i>P.L</i> (1)	180	240	275	305	335	365
	Tourne à gauche		125	190	230	275	325	365
Toutes routes	Tourne à droite		100	165	205	250	300	340
(1) Plus de 10 traversées P.L/jour								

V.6. Application au projet :

Notre projet est classé en catégorie C1 et l'environnement E3 avec une vitesse de base $V_B = 80\text{km/h}$, une distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt $a = 2.5\text{m}$. Et une vitesse d'approche $V_0 = 100\text{ km/h}$.

Description des carrefours :

- **Carrefour N°= 01 :**

Situé au PK 53 + 250, le carrefour N° = 01 est un carrefour GIRATOIRE.

Ce carrefour relie la RN81 route menant à AIN MAKHLOUF 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 RN81

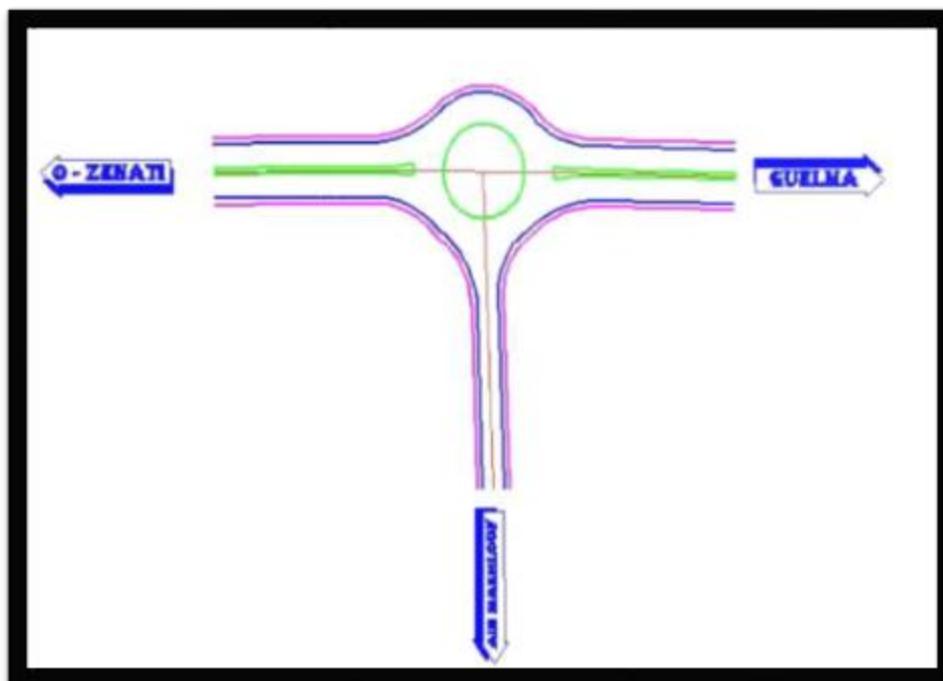


Figure. II. 18 : La figure ci-dessous représente l'aménagement du carrefour N°01.

- **Carrefour N°= 02 :**

Situé au PK 55+100, le carrefour N°=02 est un carrefour en T.

Ce carrefour relie la route menant à 'AIN GHRABE 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 AIN GHRABE desservant ces localités.

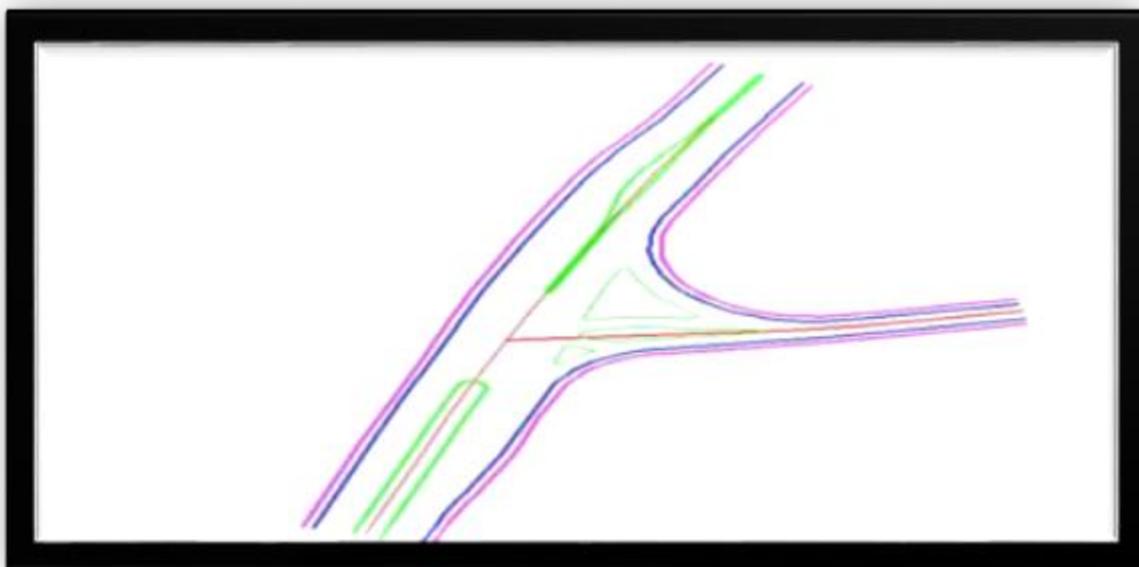


Figure. II. 19 : La figure ci-dessous représente l'aménagement du carrefour N°02

• **Carrefour N°= 03 :**

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 AIN EL HOTA desservant ces localités.

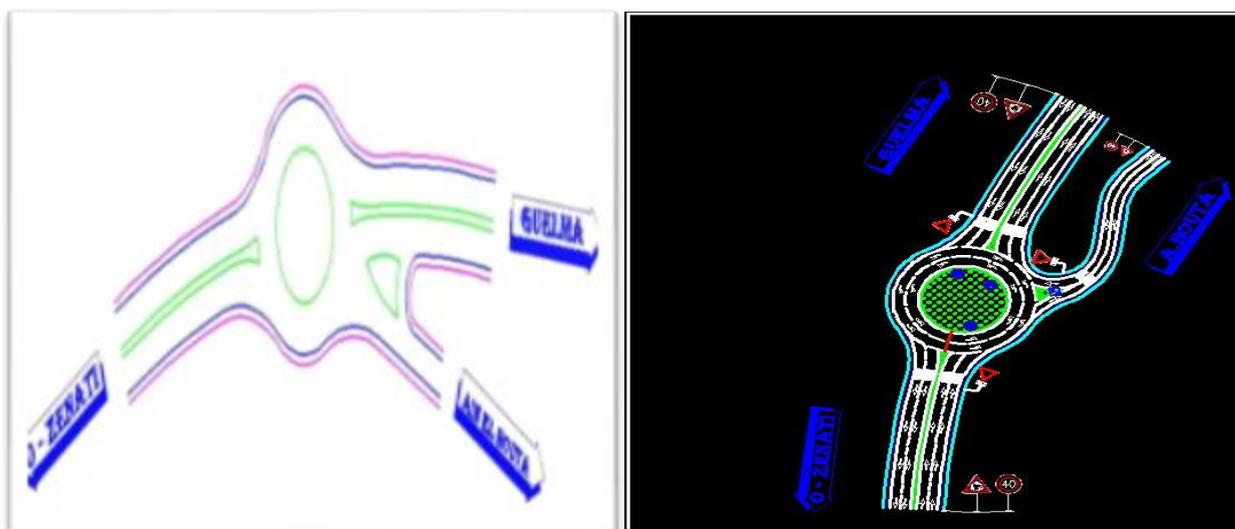


Figure. II. 20 : La figure ci jointe représente l'aménagement du carrefour N°03

Chapitre III :

Géotechnique Routière

- ↪ Etude géotechnique.
- ↪ Dimensionnement corps de chaussées
- ↪ Cubature

Chapitre III : Géotechnique Routière

I. Etude géotechnique.

I.1. Introduction :

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région .Après, une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs. Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés Ce qui exige des connaissances géotechniques

I.2. Utilité de l'étude géotechnique :

L'étude géotechnique permet de dimensionner la couche de chaussée ainsi que de fixer les pentes de remblai et de déblai. En effet, un talus en remblai doit être vérifié à la stabilité au glissement et au poinçonnement. On regroupe deux types d'essai, celui du laboratoire et celui sur terrain (in situ).

I.3. Les Etapes De La Reconnaissance Géotechnique...

I.3.1 Les différents essais en laboratoire :

- Les essais réalisés au laboratoire sont :

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

- Assai Micro Deval.
- L'indice CBR, issu de l'essai CBR, permettra de calculer l'épaisseur de la chaussée par la méthode dite CBR.

Les essais seront réalisés à différentes teneurs en eau énergies de compactage afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés par l'essai PROCTOR. La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

- **Les essais d'identification :**

- Analyse granulométrique.
- Équivalent sableux.
- Contenu et densité de l'eau.
- Limites d'Atterberg.

- **Les essais mécaniques :**

- Essai CBR.
- Essai PROCTOR.
- Essai Micro DEVAL.
- Essai Los ANGELES.

Les objectifs :

- Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :
- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement
- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

I.3.2 définitions des essais d'identification

I.3.2.1. Analyse granulométrique.

Est un essai qui est effectué généralement par un tamisage et qui a pour but la détermination des répartitions et la dimension des grains. Les résultats de l'analyse sont donnés sous la forme d'une courbe connue sous le nom de courbe granulométrique.

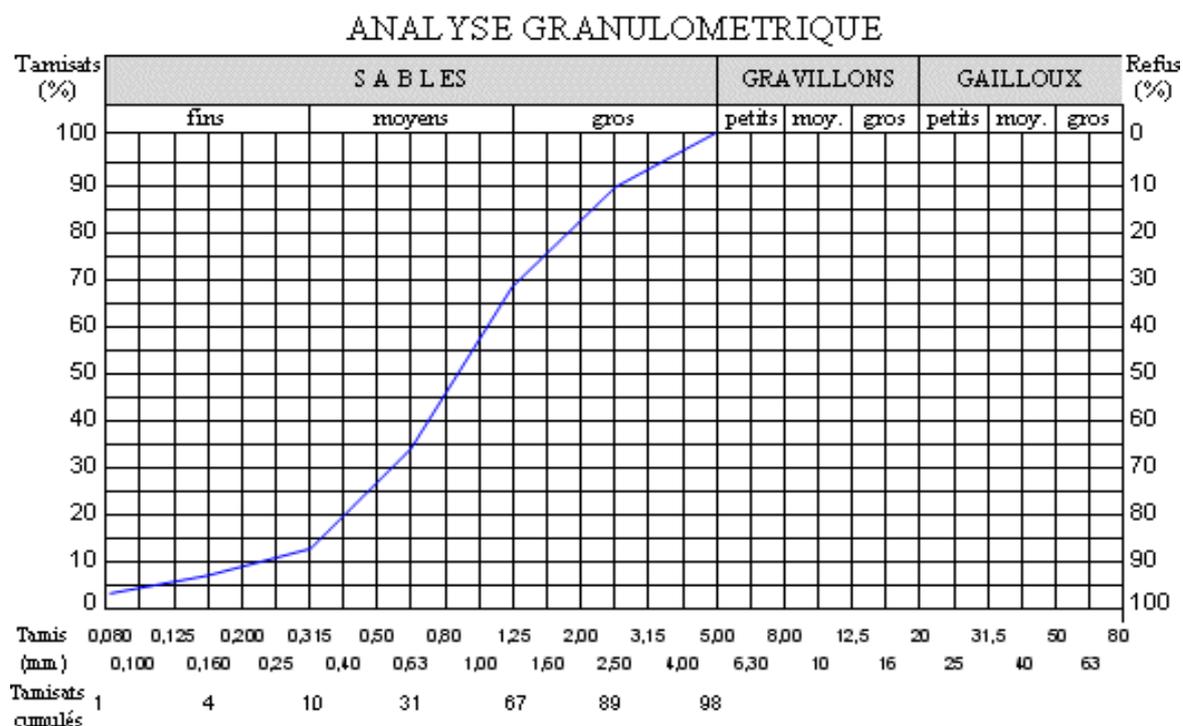


Figure III- 1 : Courbe granulométrique d'un sable

Domaine d'utilisation :

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

I.3.2.2. Equivalent de sable :

Exemple d'un essai d'équivalent de sable NF p 18-598

Objectif

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

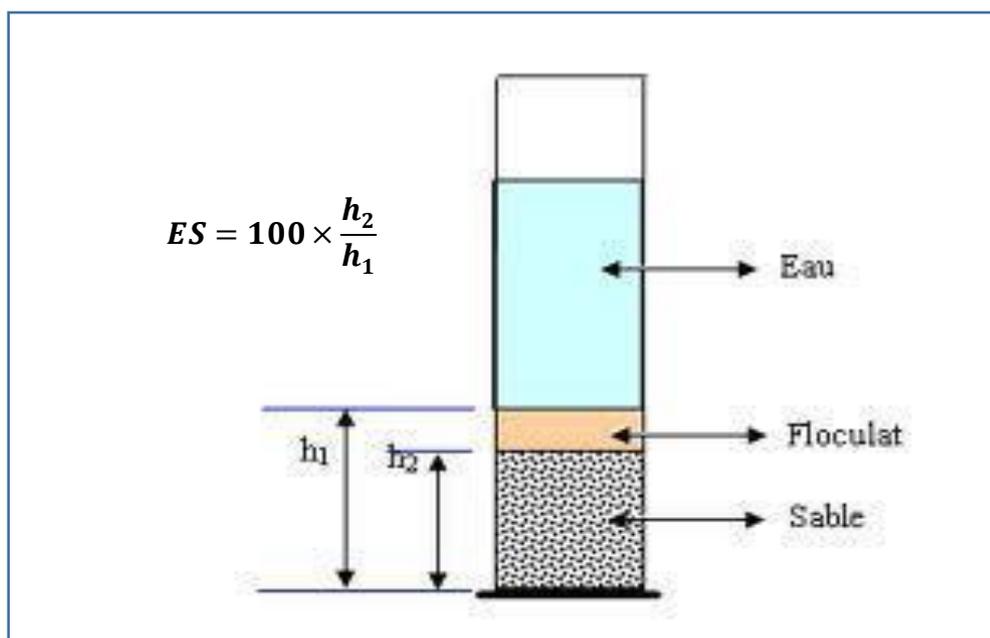


Figure III- 3 : Classification des sols selon Leur Équivalent de sable

Domaine d'utilisation :

Cet essai s'applique dans de nombreux domaines, notamment :

- classification des sols.
- Etude des sables et sols fins peu plastique.
- choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.
- choix et contrôle des sables à béton.

But de l'essai :

Cet essai est réalisé pour déterminer le degré de pollution (présence de particules fines) d'un sol ou d'un sable.

Mode opératoire :

L'essai se déroule sur un échantillon (sable) qui a été passé au tamis afin d'obtenir une fraction de 0-2mm.

- L'éprouvette est remplie d'une solution flocculant normalisée.
- Puis, on verse environ 120 g du matériau sec.

- Après un petit intervalle d'attente, le mélange est soumis à 90 cycles de 20 cm d'amplitude en 30 secondes (norme).
- Vu qu'on ne dispose pas de l'appareillage nécessaire, l'agitation est entamée manuellement.
- On laisse la solution se décanter. Le sable vrai se dépose dans le fond de la burette jusqu'à un niveau $h_2 = 42.9$. Au-dessus du sable, se dépose le flocula gonflé par la solution. On distingue un deuxième niveau $h_1 = 65.1$ qui sépare le liquide contenant le floculat du liquide transparent de solution lavante décantée.
- *On calcule par la suite l'équivalent de sable $\Rightarrow ES = (h_2 / h_1) * 100$*

ES	Qualité de sable
ES=100	Sable parfaitement propre (pur)
ES > 90	Sables très propre
69 < ES < 90	Sables propre
10 < ES < 69	Sable mauvais
ES < 10	Sable très mauvais
ES=0	Argile pure (pas de sable)

I.3.2.3. Limite d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg caractérisent la conduite des sols fins en présence d'eau. Pratique on détermine à l'aide de l'appareil de Casa-grande Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau :



Figure III- 4 : Schéma de la boîte de Casa-grande.

La limite de plasticité WP : caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique.

La limite de liquidité WL : Lest caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide.

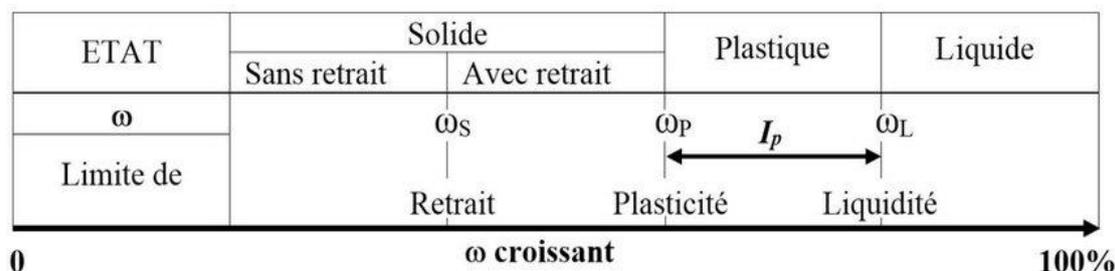


Figure III- 5 : les différents états de consistance.

On définit alors l'indice **de plasticité IP** : $IP = WL - WP$

Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement au cours du terrassement.

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

- $IP < 12$: *Faiblement argileux.*
- $12 \leq IP < 25$: *Moyennement argileux.*
- $25 \leq IP < 40$: *argileux.*
- $IP \geq 40$: *Très argileux.*

I.3.2.4. Teneur en eau et masse volumique :

- **Teneur en eau :** détermination de la quantité d'eau contenue dans un sol, elle est exprimée par le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit :

$$Ww : \text{Poids de l'eau. } Ws : \text{Poids du sol sec. } \omega = Ww/Ws$$

Masse volumique : (\tilde{a}) est la masse d'un volume unité de sol : $\tilde{a} = W/V$

On calcul aussi la masse volumique sèche : $\tilde{a}_d = WS/V$

a. Principe de l'essai :

On mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec la connaissance du poids des grains soli.

b. But de l'essai :

Le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

c. Domaine d'utilisation :

Cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

I.3.3 Les essais mécaniques :

I.3.3.1 Essai PROCTOR :

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale Les remblais pose à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer :

- La stabilité des talus.
- La résistance des talus à l'érosion.
- Le tassement.
- Et le compactage.

Le « compactage » est le procédé le plus économique toujours utilisé dans la construction des remblais pour améliorer la densité sèche du sol (γ_d). Le « compactage » est une réduction pratiquement instantanée du volume du sol dû à la réduction des vides d'air. Il n'y a aucune expulsion d'eau ce qui différencie le compactage de la consolidation. L'étude du compactage afin une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ». L'essai Proctor s'effectue généralement pour deux compactages d'intensités différentes :

Proctor normal : rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

Proctor modifié : le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

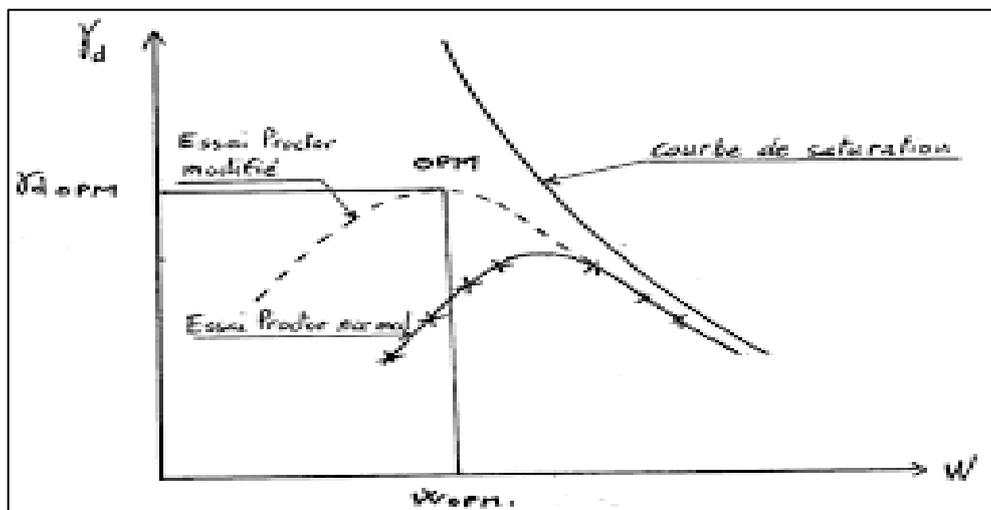


Figure III- 6 : exemple de courbes Proctor normal et modifié

I.3.3.2 Essai Micro-Deval :

Il est effectué dans deux états :

MDS : Coefficient Micro-Deval sèche

MDE : Coefficient Micro-Deval à la présence de l'eau.

Tableau III- 1 : Caractéristique des granulats par le MDE

Valeur MDE	Appréciation
≤ 13	Très bon à bon
13-20	Bon à moyen
20-25	Moyen faible
> 25	Médiocre

- **But de l'essai :**

Cet essai a pour but la détermination de la résistance à l'usure des roches par frottement leur sensibilité à l'eau .Cette résistance à l'usure n'est pas la même en présence d'eau ou à sec.

- **Domaine d'utilisation :**

Cet s'applique dans le domaine des travaux publics pour le choix des matériaux utilisés dans les couches de chaussées.



Figure III- 7 :Machine Micro-Deval

I.3.3.3 Essai Los Angeles :

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

L'essai consiste à mesurer la masse P_2 d'éléments inférieurs à 1.6mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50mm) et que l'on soumet aux chocs de boulet normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

$$AL = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

P_1 : C'est la prise d'essai.

P_2 : Le refus sur le tamis 1.6mm.

Tableau III- 2 : Interprétation de LA

LA	Appréciation
≤ 15	Très bon à bon
15-20	Bon à moyen
20-30	Moyen faible
> 30	Médiocre

I.3.3.4 Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :

a But de l'essai :

D'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassement, et détermination de l'indice I_{CBR} .

b Définition :

L'indice CBR (I_{CBR}) exprime en % le rapport entre les pressions produites dans le même temps un enfoncement donné dans le sol étudié d'une part et dans un matériau type d'autre part (grave concassée).

c Principe de l'essai :

L'indice CBR est déterminé pour des sols à vocation routière de manière purement empirique.

Après avoir compacté le matériau dans les conditions de l'essai proctor modifié, on lui applique les conditions hydriques prévues :

- Immersion pendant 4 jours dans l'eau.
- Immersion pendant 2 jours dans l'eau.
- Pas d'immersion : essai immédiat.

Le matériau à étudier étant placé dans un moule dans un état donné de densité et de teneur en eau, on applique ensuite une charge voisine de ce que sera la charge de service, puis on le poinçonne par un piston tout en mesurant les efforts et déplacements résultant.

Tableau III- 3 : Interprétation d'essai CBR

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

I.3.4 Condition d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

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

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

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 20cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

NB : A défaut du rapport géotechnique, nous n'avons pas pu traiter la partie géotechnique à l'application de notre projet, et ceci parce qu'il n'a pas encore été établi complètement.

II. Dimensionnement corps de chaussées

1. Introduction

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier car la qualité de ce projet ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisé, la chaussée devra résister aux agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation: action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,... Etc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie. Les différentes méthodes de dimensionnements seront exposées avec une application au projet.

2. la chaussée

2.1 définition la chaussée

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet à la suite, la chaussée est appelée « comme nous avons vu », à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- En reporter le poids sur le terrain de fondation. Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable.

La chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière. Au sens structurel la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

2.2 Les différents types de chaussées :

Il existe trois types de chaussée :

1. Chaussée souple.
2. Chaussée semi - rigide.
3. Chaussée rigide

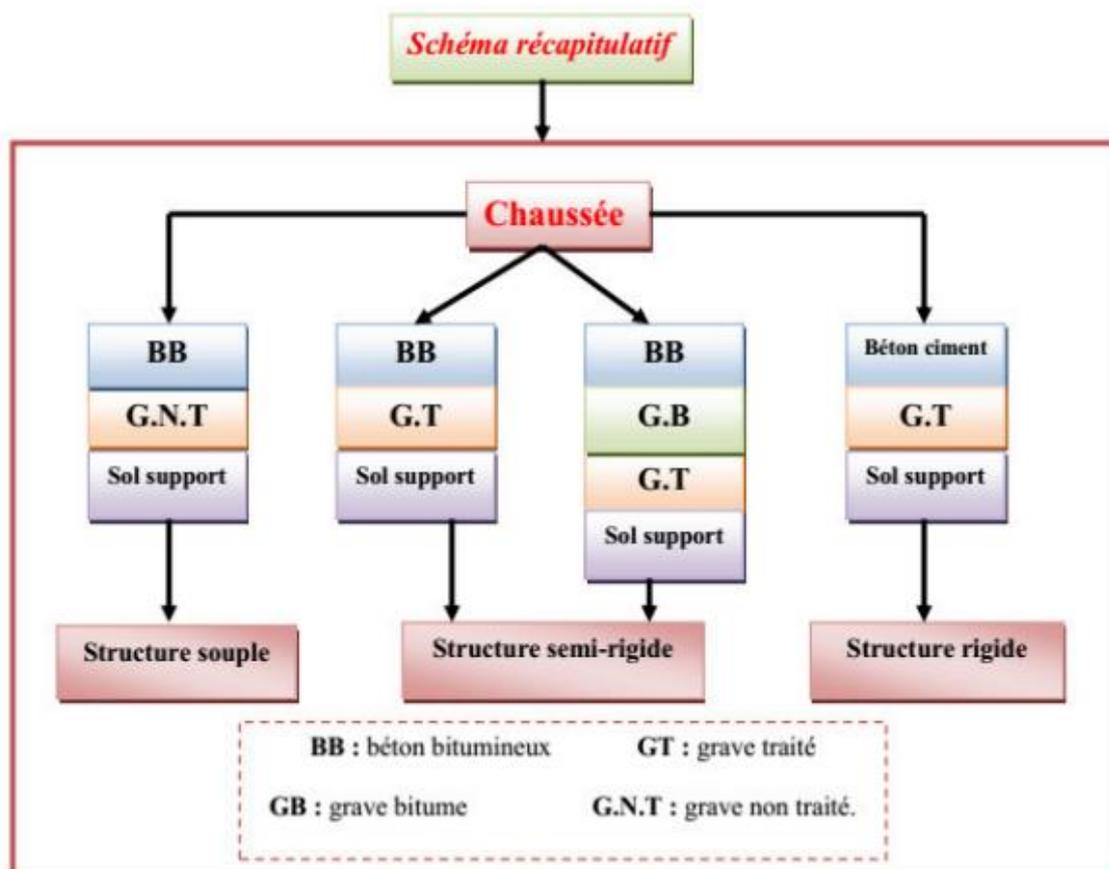


Figure III- 8 : les différents types de chaussée

1. Chaussée souple.

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

- ✓ Couche de roulement (de surface ou encore d'usure)
- ✓ Couche de base
- ✓ Couche de fondation
- ✓ Couche de forme

2. Chaussée semi –rigide :

On distingue :

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

3. Chaussée rigide :

Elles sont constituées d'une dalle de béton de ciment, 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 hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

2.3 Les différentes couches de la chaussée

a) Couche de roulement :

- Usure due aux efforts tangentiels exercés par les charges roulantes,
- Orniérage par fluage dans des conditions excessives de température et de sollicitations par le trafic,
- Fissuration de fatigue par suite d'une mauvaise adhérence de la couche de roulement bitumineuse à l'assise,
- Fissuration par remontée des fissures des couches d'assise de chaussée,
- Fissuration par fatigue thermique suite à un vieillissement du bitume.

b) Couche de base :

Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

c) Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

d) Couche de forme :

Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs à court terme :

- Aplanir, cas de sol rocheux ;
- Améliorer la portance du sol support, quand celle-ci est mauvaise (argileux à teneur

En eau élevée), est permet d'améliorer l'accessibilité au chantier.

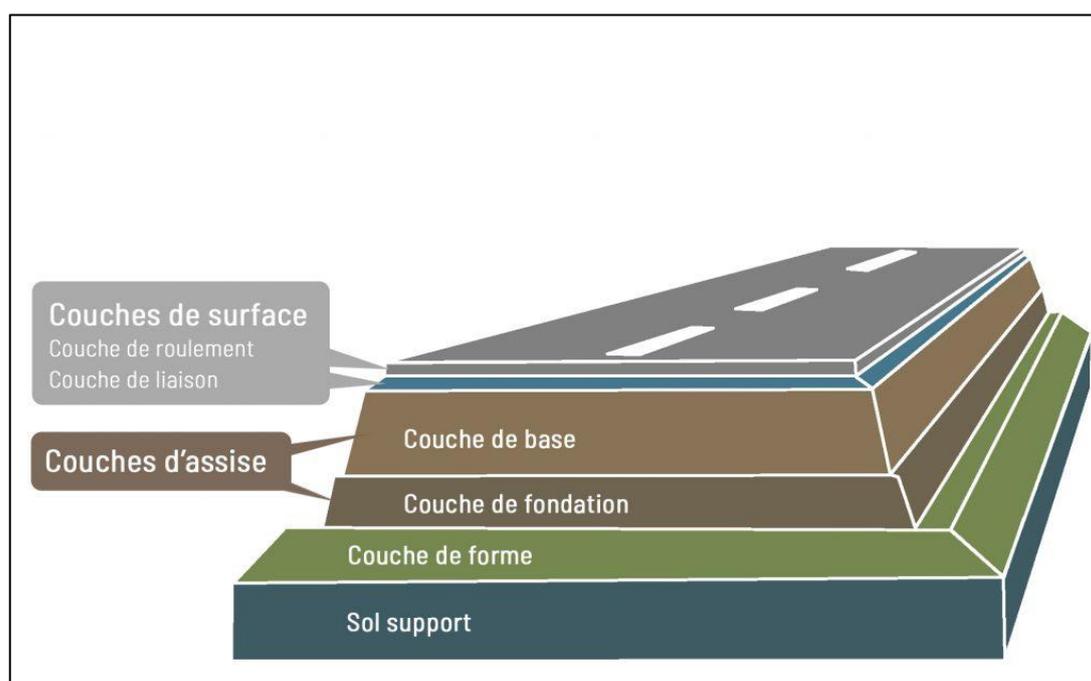


Figure III-9 : coupe type d'une chaussée

2.4 Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée.

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

2.4.1 Trafic

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à **3.5 tonnes**).il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussée 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 comptage sur les voies existantes :

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

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

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

Ou :

- **τ** : Taux de croissance du trafic.
- **p** : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

2.4.2 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.

2.4.3 Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « *plate-forme Support de chaussée* » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates-formes sont définies à partir :

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

2.4.4 Matériaux :

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

2.5 Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances de chaussées.
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.
- Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :
- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio) :
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Méthode du catalogue des structures.
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux

Méthodes qui sont : la méthode dite CBR et la méthode de catalogue algérienne.

a. La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio) :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm.

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

I_{CBR} :Indice CBR

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

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

- 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

b. Coefficient d'équivalence :

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

Tableau III- 4 : les coefficients d'équivalence.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.70
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.6
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

c. Méthode du catalogue de la chaussée neuve :

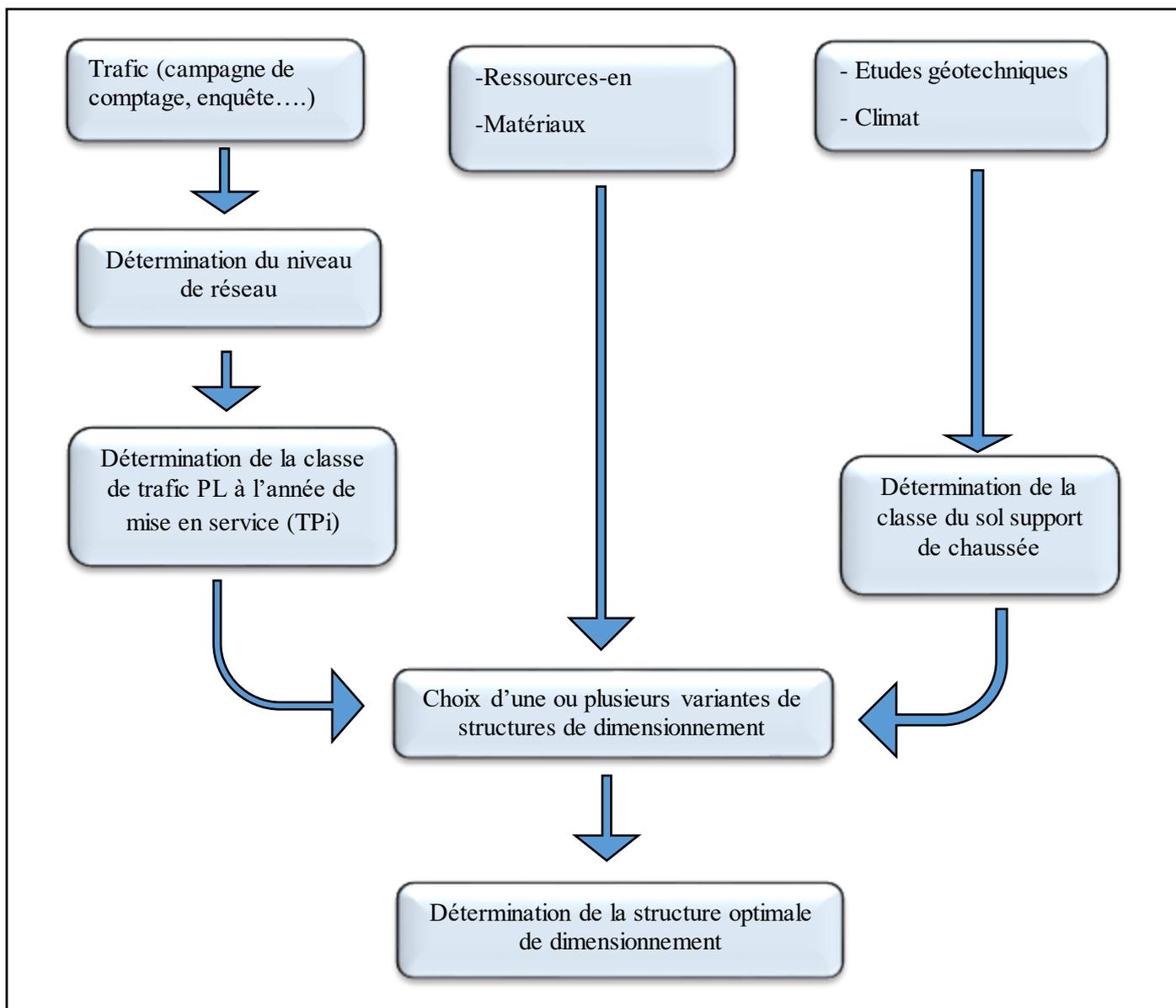


Figure III- 10 : la démarche du catalogue de dimensionnement des chaussées neuve

Cette méthode se base essentiellement sur quatre paramètres :

- le trafic
- la portance de sole support de la chaussée
- la zone climatique
- matériaux

d. Détermination de la classe du trafic TPL_I :

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- 5 : 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- 6 : 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- 7 : classe de portance des sols.

Portance Si	I_{CBR}
S4	< 5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	> 40

NB : pour avoir la portance S2 il est recommandé de faire une couche de forme de (60 cm En deux couches) sous la couche de fondation.

Donc notre nouvelle portance est S2.

Tableau III- 8 : les caractères des zones climatique en Algérie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Température Equivalente (C°)	Région
I	> 600	Très humide	20	Nord
II	350 – 600	humide	20	Nord haut-plateaux
III	100 – 350	Semi-aride	25	Haut-plateaux
IV	> 100	Aride	0	Sud

2.6 Application au projet :

1. Méthode CBR :

Donnée de l'étude : (retenue des formations de DTP de Guelma).

- Année de comptage 2013
- Année de mise en service 2023
- Durée de vie 20 ans
- Le taux de croissement est de 4 %

Les données

- $TMJA_{2013} = 14600 \text{ v/j}$
- $TMJA_{2013} = 7300 \text{ v/j/sens/voie plus chargée.}$
- $TMJA_{2023} = 10806 \text{ v/j/sens (Année de mise en service).}$
- $PL = 10 \%$ $TPL = 892 \text{ PL/j/sens/voie + chargé}$
- $n = 26 \text{ ans}$ $\tau = 4 \%$
- $I_{BCR} = 15$
- $P : \text{ charge par roue } P = 6.5 \text{ t (essieu 13 t)}$
- $N_{PL2023} = 10806 \times 10\% = 1080.6 \text{ PL/j}$
- $N_{PL2043} = 1080.6 \times (1 + 0.04)^{20} = 11838.6 \text{ PL/j./sens}$

L'épaisseur est donc :

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{11838.6}{10})}{15 + 5} = \mathbf{34.14 \text{ CM}}$$

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

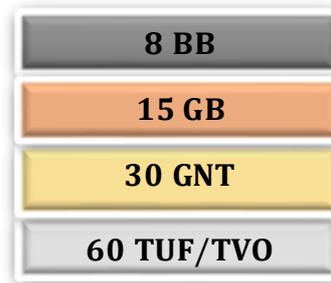
$$e = 8 \times 2 + 15 \times 1.5 + 30 \times 1 = \mathbf{68.5 \text{ CM}}$$

Tableau III- 9 : épaisseur réelle et équivalence de la chaussée

Couches	épaisseur réelle (CM)	ai	eeq (cm)
<i>BB</i>	08	02	16
<i>GB</i>	15	1.5	22.5
<i>GNT</i>	30	01	30
Total	53	//	68.5

C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de : **8 (BB) + 15 (GB) + 30(GNT) = 53cm**

- Couche de roulement
- Couche de base
- Couche de fondation
- Couche de forme



III. Cubature :

1. Introduction :

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

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

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

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

2. Définition :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

3. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont des calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes qui simplifient le calcul des cubatures. Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblais et des déblais, parmi lesquelles on peut citer :

- ❖ Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- ❖ Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- ❖ Méthode de la longueur applicable.
- ❖ Méthode approchée

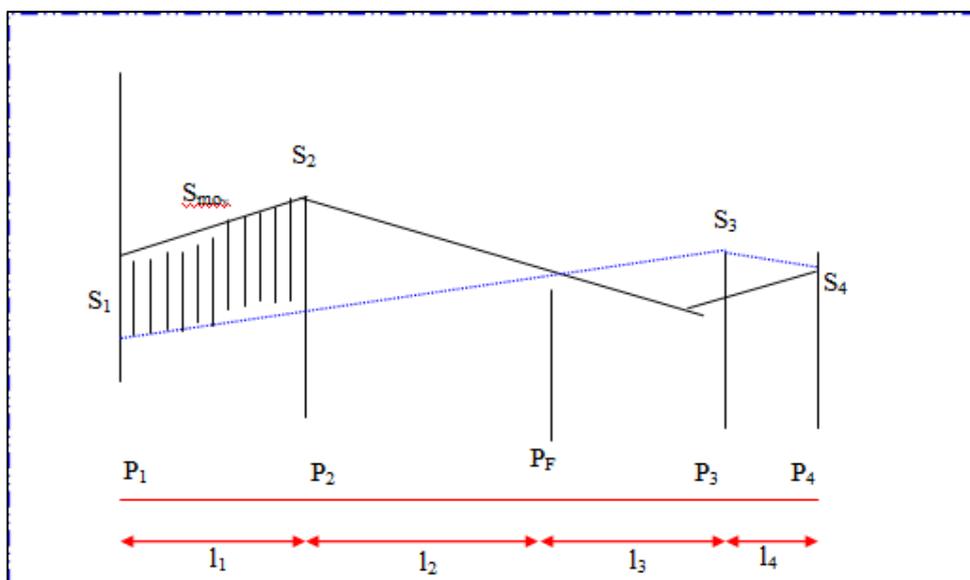


Figure III- 11 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

Avec :

PF : Profil fictive, surface nulle.

Si : Surface de profil en travers Pi.

Li : Distance entre ces deux profils.

SMOY : Surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

4. méthode utilisée :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs :

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

Voisines les deux expressions SMOY et $(\frac{S_1+S_2}{2})$ ceci donne :

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

Avec :

V : Volume (m³).

S_i et S_{i+1} : Surface de deux profils en travers successifs (m²).

L_i : Distance entre ces deux profils (m).

Donc les volumes seront :

a. Volume des déblais :

$$V_1 = \frac{L_1}{2} (S_1 + S_2) \text{ Entre } P_1 \text{ et } P_2$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} (S_2 + 0) \text{ Entre } P_2 \text{ et } P_F$$

b. Volume des remblais :

$$V_3 = \frac{L_3}{2} (0 + S_3) \text{ Entre } P_F \text{ et } P_3$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} (S_3 + S_4)$$

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

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

5. Calcul des cubatures de terrassement :

a Méthode classique :

Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de **GULDEN** où les quantités des profils sont multipliées par la

longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

b Application au projet :

Le calcul automatique des cubatures a donné lieu à un volume de remblai et de déblai comme suit :

Volume de remblai (m³)	12479.9
Volume de déblai (m³)	198028.3
La différence R&D (m³)	185548.4

Chapitre IV :

Assainissement en dépendance de la route

- ↪ Assainissement
- ↪ Signalisation
- ↪ Eclairage

Chapitre IV : Assainissement en dépendance de la route

I. Assainissement :

I.1 Introduction :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est la première ennemie de la route car sa présence engendre plusieurs inconvénients sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

➤ **Pour les chaussées :**

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

➤ **Pour les talus :**

- Glissement.
- Erosion.
- Affouillement des pieds de talus.



Figure IV- 2 : Affaissement



Figure IV- 1: Nids de poule



Figure IV- 3: Glissement



Figure IV- 4 : affouillement du pied de talus

I.2 l'objectif d'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée. (danger d'aquaplaning)
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).

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

I.3 Types de canalisations :

Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire. Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

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

I.4 Définitions de quelques termes hydrauliques :

1.4.a Bassin versant :

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

1.4.b Collecteur principal (canalisation) :

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

1.4.c 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.

1.4.d Fossés de crêtes :

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 plateforme.

1.4.e Décente d'eau :

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

1.4.f 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 .

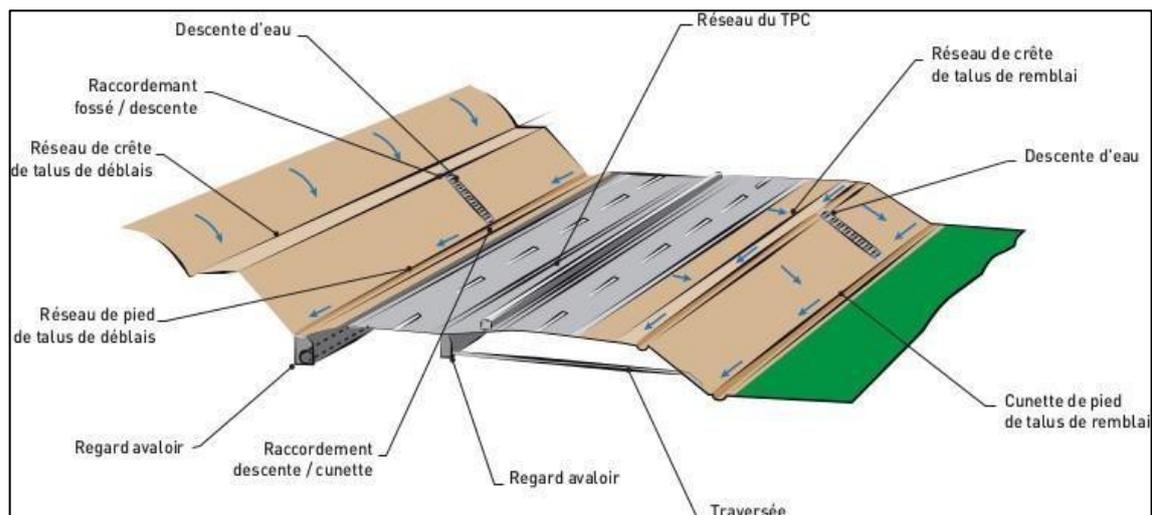


Figure IV- 5: L'emplacement des ouvrages d'assainissement

➤ *Evaluation des débits des eaux pluviales :*

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

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

Avec :

- Q : Débit de crue de période de retour voulue (m^3 / s).
- I : Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h).

- C_r : coefficient de ruissellement.
- S : surface du bassin versant (Km^2).

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

Démonstration de la formule (*)

Le passage des pluies journalières maximales (P_{jmax}) aux pluies de durée égale au temps de concentration ($P_{Tc\%}$), s'effectue à 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.
- $P_{Jmax}(\%)$: Pluie journalière maximale fréquentielle.
- T : Temps de concentration. o
- b : Coefficient climatique.

L'intensité de pluie est définie suivant la relation :

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

Donc :

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

Avec :

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

- T_c : temps de concentration.
- (b) : Paramètre de MONTANA provient des données qui nous ont été remises par l'ANRH (Agence National des Ressources Hydrauliques).
- P_{24} : la précipitation maximale en 24 heures (mm), pour ce projet on prend une précipitation de **90 mm/h** pour une période de 50 ans.

Les valeurs adoptées du coefficient ruissellement ont été les suivantes :

↳ $C_r = 0,40$. Dans des zones de plantations, sols de haute infiltration et des grandes surfaces.

↳ $C_r = 0,50$. Dans des zones de plantations, sols de haute infiltration et pentes moyennes des bassins versants.

↳ $C_r = 0,75$. Dans de zones forestières, sols d'infiltration moyenne et hautes pentes des bassins versants.

↳ $C_r = 0,90$. Dans de zones de roches et sols imperméables ou urbaines.

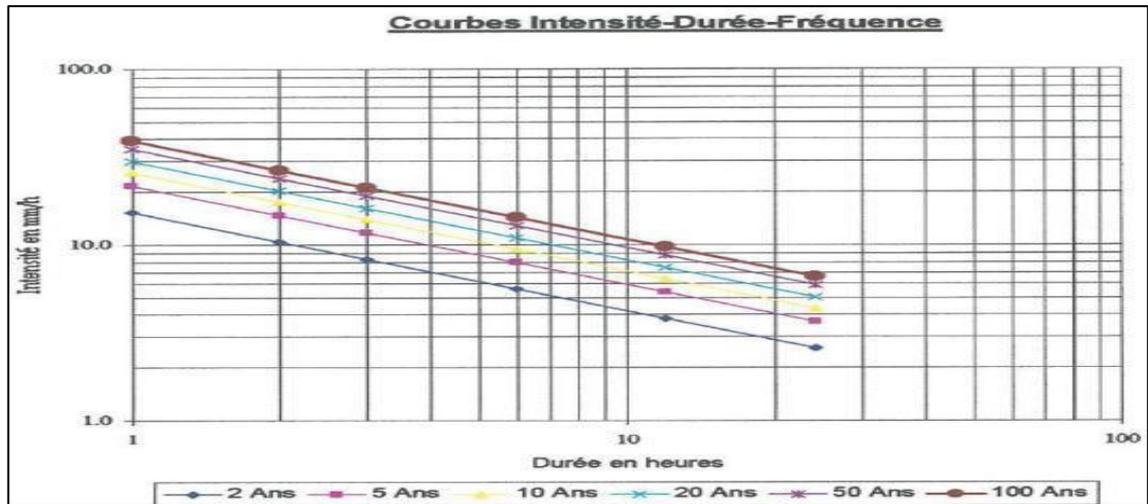


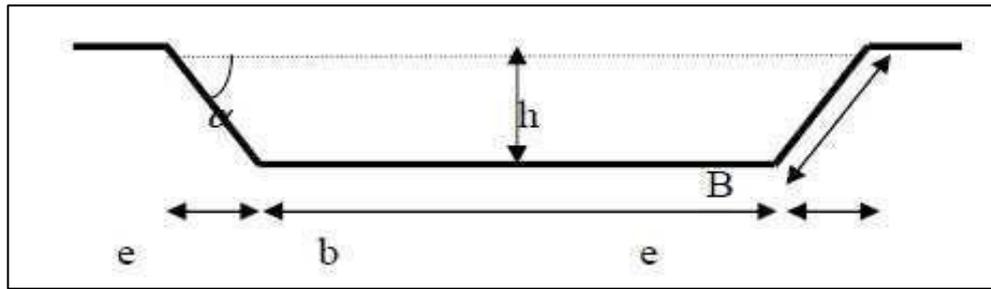
Figure IV- 6: Courbe Intensité-Durée-Fréquence

II. Dimensionnement des fosses :

II.1 Fosse trapézoïdale en béton arme :

- Un fossé trapézoïdal sera projeté le long du projet particulièrement du côté talus déblais

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



On fixe la base du fossé à ($b = 40$ cm) et la pente du talus à ($1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

- a. **Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = (b \times h) + 2 \times \left(\frac{e \times h}{2}\right)$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ D'ou } e = n \times h$$

$$S_m = (b \times h) + (n \times h^2) = h \times [b + (n \times h)]$$

$$S_m = h \times [b + (n \times h)]$$

Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

Avec :

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (h^2 \times n^2)} = h \times \sqrt{1 + n^2}$$

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

- b. **Calcul des dimensions des fossés :**

$$Rh = \frac{S_m}{P_m} = \left(\frac{h + (b + nh)}{b + 2h \sqrt{1 + n^2}}\right)$$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue par l'égalisation du flux d'entrée au flux de saturation.

$$Qa = Qs = K.I.C.A = S_m \times K_{ST} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$$

D'où $Q = F(h)$. et calcul se fera par itération.

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

Avec : $K_{ST} = 70$ (béton armé) $I = 1.55 \%$

III. Signalisation

III.1 Introduction :

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité). Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

III.2 L'objectif de la signalisation :

La signalisation routière a pour objet de :

- Assurer la sécurité de l'utilisateur de la route.
- De faciliter et de rendre plus sûr la circulation routière.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions du code de la route.
- donner des informations relatives à l'usage de la route.
- Signaler un danger.

III.3 Catégories de signalisation :

On distingue :

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

- La signalisation par bornage.

III.4 Type de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- ❖ Signalisation verticale.
- ❖ Signalisation horizontale

III.4.1 Signalisation verticale

La signalisation verticale est désignée par des panneaux, elle sert à transmettre des renseignements sur le trajet empruntés par usagers grâce à son emplacement se forme, sa couleur ou son type. Elles peuvent être classées dans quatre classes :

a) Signaux de danger :

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

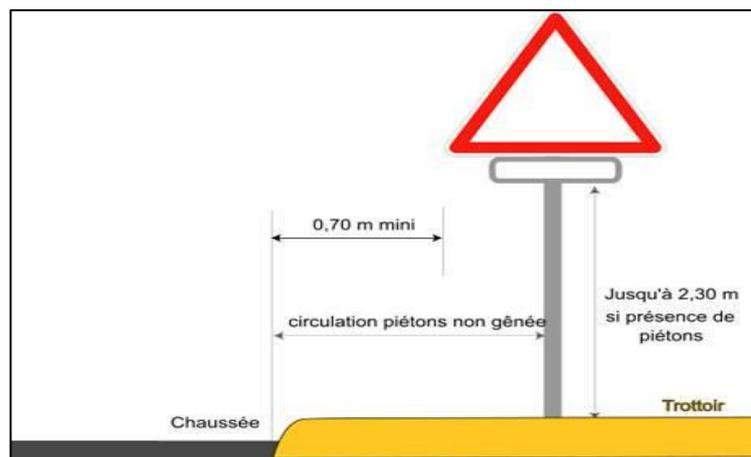


Figure IV- 7: Panneaux verticaux triangulaire

b) Signaux de position des dangers :

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



Figure IV- 8: Panneaux Signaux des dangers



Figure IV- 9: Panneaux Signalisation de position

c) Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

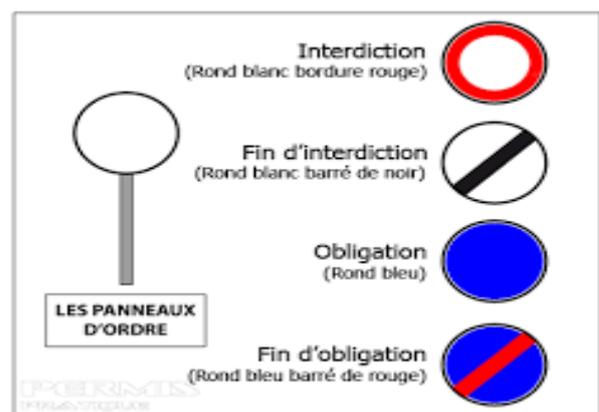


Figure IV- 10: Panneaux de forme circulaire

d) 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.

III.4.2 Signalisation horizontale

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

a)- Marquage longitudinal :

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



Figure IV- 11: Ligne Continue Blanche

Ces lignes utilisées sont marquées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

- **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.

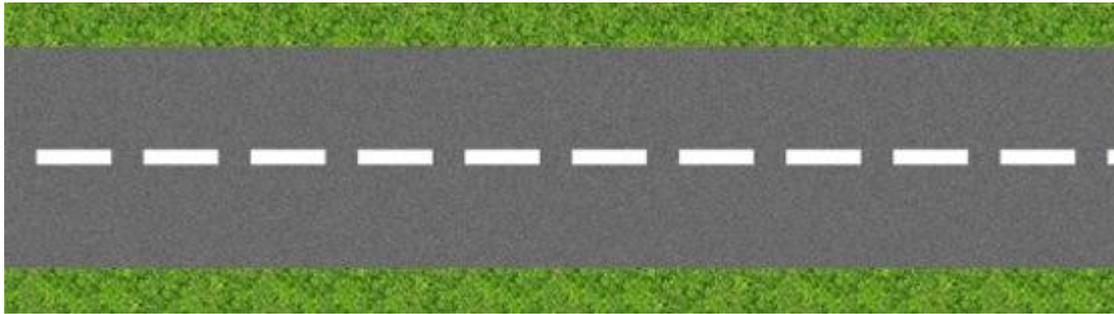


Figure IV- 12: Lignes discontinue

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

• **Modulation des lignes discontinues :**

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

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

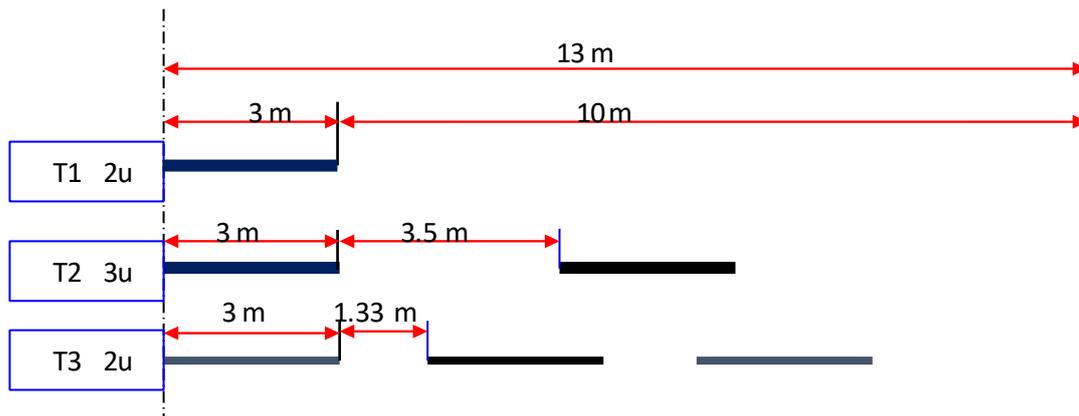


Figure IV- 13: Types de modulation

b)- Marquage transversal :

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

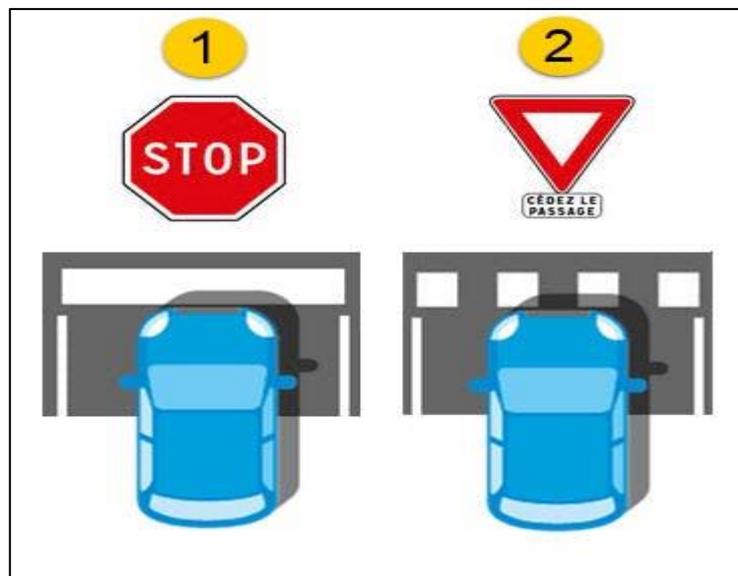


Figure IV- 14: Types des lignes transversales

c)-Autre marquage :

- **Flèche de rabattement** : une flèche un peu incurvée signalant aux usagers la direction ou la voie qu'ils doivent emprunter.



Figure IV- 15: flèche de rabattement

- **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.

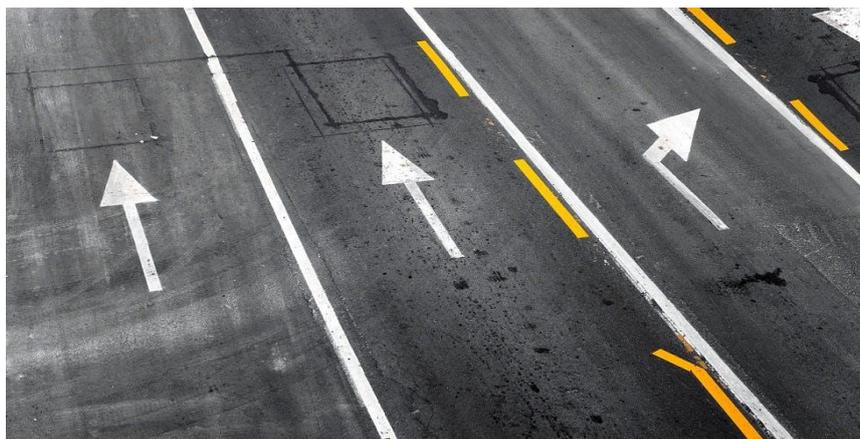
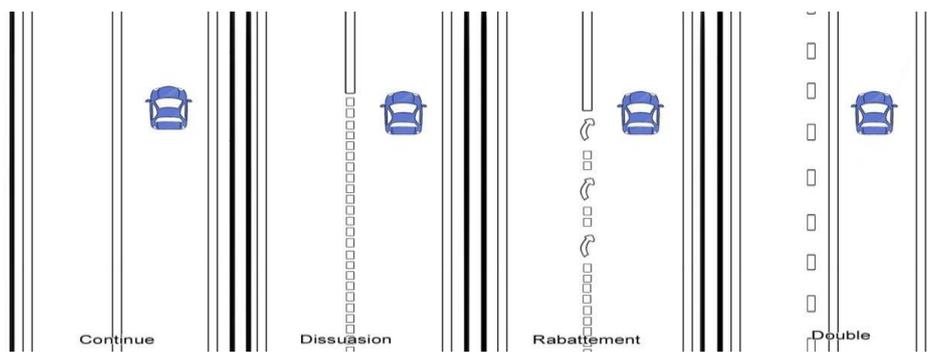


Figure IV- 16: Flèche de section

Les zèbres :

Si le marqueur blanc couvre toute la zone de la voie que l'utilisateur ne peut pas traverser. Il est donc interdit d'y circuler en voiture et il est interdit de s'y garer ou s'arrêter là. Ils sont particulièrement présents aux sorties d'autoroute et aux carrefours.



Figure IV- 17: marquage par hachure

III.5 Caractéristiques générales des marques :

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

IV. Eclairage

IV.1 Introduction :

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

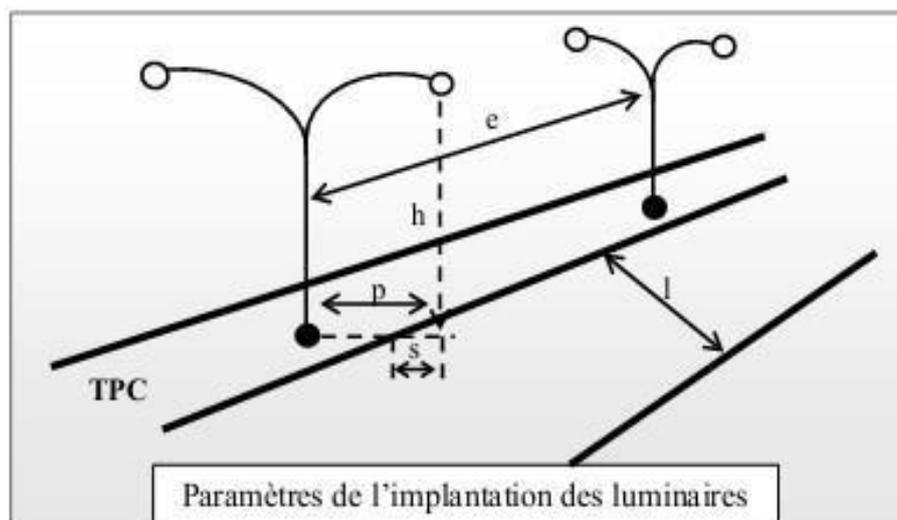
certitude et dans un temps utile . Pour les piétons, il offre une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

IV.2 Paramètre de l'implantation des luminaires :

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



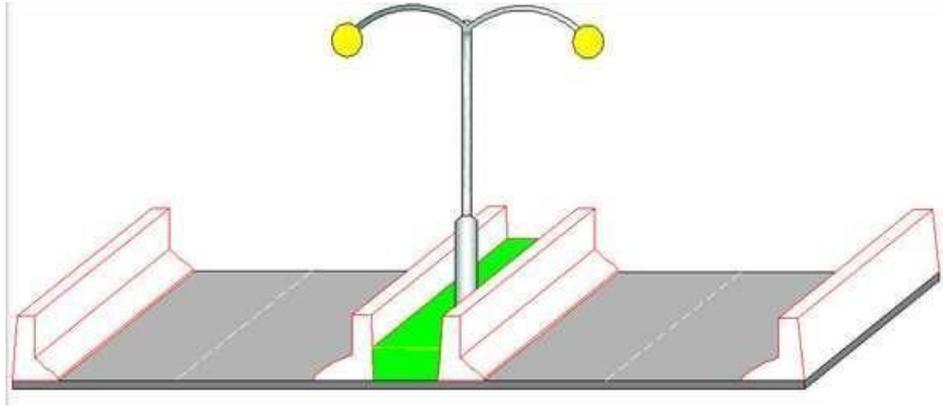


Figure IV- 18: Paramètres de l'implantation des luminaire

Dans notre étude, nous avons pris soin de respecter toutes les contraintes et normes existantes, car nous reconnaissons leur importance et leur impact sur le confort, la sécurité des usagers, ainsi que sur les aspects économiques et environnementaux. Cette étude nous a permis d'appliquer les connaissances théoriques acquises pour aborder les problèmes réels liés à l'étude et à la réalisation de projets routiers. De plus, elle nous a offert l'opportunité d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser les logiciels AutoCAD et Covadis, qui sont des outils informatiques essentiels.

On était limité par le temps, le manque de salles de calcul et d'autres défis auxquels nous avons été confrontés, nous avons réussi à mener à bien ce travail grâce aux orientations de nos professeurs. Nous espérons maintenant pouvoir acquérir davantage d'expérience dans notre vie professionnelle, nous impliquer dans des projets d'envergure et avoir l'opportunité de les observer de près

BIBLIOGRAPHIE

Règlement

↳ B40 : Normes techniques d'aménagement des routes.

Documents

↳ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).

↳ Les cours des routes (UNIVERSITE MED KHEIDER).

Autres

↳ Aides mémoire Routes.

↳ https://essai-laboratoire.blogspot.com/2013/03/essai-de-proc-tor.html#google_vignette

Outils informatiques

↳ Logiciel Covadis.

↳ Auto CAD 2008.

↳ Microsoft Excel.

↳ Microsoft Word.

Annexe

- ❖ Devis quantitatif et estimatif de la route
- ❖ Axe en plan
- ❖ Profil en long
- ❖ Cubatures déblai remblai
- ❖ Cubature décapage

Devis quantitatif et estimatif de la route

Déviaton RN 20 Ville de Guelma

Lot N° : Dédoublment de la RN 20 du PK 57+900 AU 52+900 sur 05 KM

N° d'opération	désignation des travaux	unité	quantité	prix unitaire	montant
I- Installation du chantier et terrassement					
1	installation de chantier y compris amenée et repli du matériel.	F	1	5 000 000.00	5000000
2	abatage et arrachage et dessouchage des arbres de diamètre supérieur à 30 cm y compris évacuation vers un lieu indiqué par maître d'ouvrage.	U	5	3 000.00	15000
3	décapage de la terre végétale, enlèvement des racines, y compris débroussaillage des arbres de diamètre inférieur ou égal à 20 cm et mis en dépôt en un lieu indiqué par le service contractant.	M ³	10000	100.00	1000000
4	déblais en terrains meubles et mis en dépôt y compris arrosage et compactage de l'assiette et toute sujétion de bonne exécution	M ³	111000	110.00	12210000
5	scarification de la chaussée y compris mis en dépôt et toutes sujétion.	M ³	36000	50.00	1800000
6	remblais en tout venant provenant d'une zone d'emprunt sur un rayon de 20 km y compris arrosage, compactage et toute sujétion de bonne exécution.	M ³	7550	400.00	3020000
II- Construction du corps de chaussée					
7	fourniture et mise en place d'une couche de forme en TVC 0/60 sur 40 cm d'épaisseur y compris compactage et arrosage et toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	27100	1 200.00	32520000
8	fourniture et pose d'une couche de fondation en grave concassée 0/31,5 sur 30 cm d'épaisseur y compris compactage, arrosage toutes sujétions de bonne exécution	M ³	17500	1 400.00	24500000
9	fourniture et pose d'une couche d'imprégnation en cut-back 0/1 dosé à 1 kg/m ²	M ²	80000	80.00	6400000
10	fourniture et pose d'une couche de base en grave bitume sur 15 cm y compris toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	43290	5 400.00	233766000

11	fourniture et pose d'une couche d'accrochage en émulsion cationique dosée à 0,3 Kg/m ²	M ²	78000	75.00	5850000
12	fourniture et pose d'une couche de roulement en béton bitumineux sur 08 cm y compris toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	27261	5 700.00	155387700
III- Accotements					
13	rechargement des accotements en 1ere couche sur une épaisseur de 30cm en TVC, y compris toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	5000	1 200.00	6000000
14	rechargement des accotements en 2eme couche sur une épaisseur de 23 cm en grave concassée, y compris toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	5000	1 500.00	7500000
15	revêtement des accotements en bicouches (8/15-3/8) d'enduit superficiel.	M ²	12500	180.00	2250000
IV- Assainissement					
16	fossés longitudinaux triangulaires en béton.	ML	3000	2 200.00	6600000
17	fossé longitudinaux triangulaire en terre	ML	2000	80.00	160000
18	FTMO ouvrages busés CAO Ø1000 série 9000 Y COMPRIS (déblais, radier murs de têtes, murs en ails, puisard et l'enrobage de buses) en béton armé ou treillis soudé dosé a 350kg/m ³ et toutes sujétion de bonne exécution.	ML	290	33 000.00	9570000
19	FTMO ouvrages busés CAO Ø600 série 9000 Y COMPRIS (déblais, radier murs de têtes, murs en ails, puisard et l'enrobage de buses) en béton armé ou treillis soudé dosé a 350kg/m ³ et toutes sujétion de bonne exécution.	ML	120	12 000.00	1440000
20	béton armé n°01 dosé a 350 Kg/m ³ pour dalot.	M ³	220	35 000.00	7700000
21	béton n°02 dosé a 250 Kg/m ³ pour dalot.	M ³	100	12 000.00	1200000
22	remblaiement autour de buses et dalot.	M ³	550	600.00	330000
23	F.P du gabion en pierre sèche, y compris la fouille en tranche, remblai en matériau sélectionné entre gabion et accotements avec toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	1000	4 200.00	4200000

V- Divers					
24	réalisation d'un séparateur double en béton armé (GBA) dosé à 350 Kg/M ³ , 15 cm en têtes de 60 cm de base et 80 cm de hauteur avec un socle en béton sous séparateur y compris cataphotes et toutes sujétions de mise en œuvre	ML	4000	4 200.00	16800000
25	réalisation d'un mini séparateur simple en béton armé pour giratoire et ilots dosé à 350 Kg/M ³ , 15 cm en tête et 40 de base et 50 cm de hauteur avec un socle en béton sous séparateur y compris cataphotes et toutes sujétion de mise en œuvre.	ML	700	3 000.00	2100000
26	F et pose des glissières de sécurité	ML	1000	4 300.00	4300000
27	F et mise en place de bordure de trottoirs, y compris toutes sujétions de bonne exécution.	ML	1000	1 100.00	1100000
28	fourniture et mise en œuvre de terre végétale dans giratoires et les ilots de carrefours	M ²	1000	300.00	300000
29	plantation des talus par d'arbustes	U	800	3 000.00	2400000
30	plantation du gazon naturel dans les giratoires et les ilots des carrefours	M ²	1000	2 500.00	2500000
VI- Signalisation					
31	les signaux de danger type A	U	12	20 000.00	240000
32	les signaux d'intersection et de priorité type B	U	12	20 000.00	240000
33	les signaux d'intersection type C	U	15	20 000.00	300000
34	les signaux d'obligation type D	U	12	20 000.00	240000
35	les signaux d'identification des routes type E	U	10	33 000.00	330000
36	marquages longitudinaux continus type 3U	ML	10000	80.00	800000
37	marquages longitudinaux discontinus type T1-2U	ML	10000	80.00	800000
38	marquages longitudinaux discontinus type T2-3U	ML	10000	80.00	800000

Axe En Plan

Axe : Axe

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 97.34gr	45.972	52+000.000	-929.801	192336.354
Clothoïde 1	Paramètre -209.141	124.971	52+045.972	-883.870	192338.278
Arc 1	Rayon -350.000 m Centre X -806.781 m Centre Y 191989.341 m	148.844	52+170.942	-759.096	192336.077
Clothoïde 2	Paramètre 209.141	124.971	52+319.786	-620.292	192285.519
Droite 2	Gisement 147.14gr	27.630	52+444.757	-523.332	192206.956
Clothoïde 3	Paramètre 229.632	131.827	52+472.387	-502.937	192188.315
Arc 2	Rayon 400.000 m Centre X -183.253 m Centre Y 192440.485 m	94.676	52+604.214	-401.016	192104.956
Clothoïde 4	Paramètre -229.632	131.827	52+698.890	-316.268	192063.248
Droite 3	Gisement 111.09gr	21.377	52+830.718	-188.041	192033.343
Arc 3	Rayon -1400.000 m Centre X -409.647 m Centre Y 190650.828 m	229.151	52+852.094	-166.988	192029.638
Droite 4	Gisement 121.51gr	1.742	53+081.245	54.445	191971.668
Clothoïde 5	Paramètre 178.896	114.300	53+082.987	56.089	191971.091
Arc 4	Rayon 280.000 m Centre X 203.394 m Centre Y 192218.172 m	36.759	53+197.287	166.047	191940.674
Clothoïde 6	Paramètre -178.896	114.300	53+234.046	202.695	191938.173
Droite 5	Gisement 87.17gr	259.879	53+348.345	315.766	191953.369
Arc 5	Rayon -2000.000 m Centre X 970.870 m Centre Y 190045.916 m	99.233	53+608.224	570.381	192005.408
Droite 6	Gisement 90.32gr	302.368	53+707.457	668.057	192022.860
Clothoïde 7	Paramètre 244.643	133.000	54+009.825	966.939	192068.640
Arc 6	Rayon 450.000 m Centre X 964.244 m Centre Y 192525.131 m	148.364	54+142.825	1097.128	192095.199
Clothoïde 8	Paramètre -244.643	133.000	54+291.188	1229.165	192161.377
Droite 7	Gisement 50.52gr	428.568	54+424.188	1328.354	192249.786
Clothoïde 9	Paramètre -221.533	129.150	54+852.756	1633.859	192550.348
Arc 7	Rayon -380.000 m Centre X 1947.628 m Centre Y 192323.407 m	107.349	54+981.906	1730.778	192635.458
Clothoïde 10	Paramètre 221.533	129.150	55+089.255	1826.359	192683.537
Droite 8	Gisement 90.14gr	31.943	55+218.405	1952.469	192710.615
Clothoïde 11	Paramètre 302.933	133.000	55+250.348	1984.029	192715.543
Arc 8	Rayon 689.986 m Centre X 1943.111 m Centre Y 193408.580 m	42.486	55+383.348	2114.656	192740.259
Clothoïde 12	Paramètre -302.933	133.000	55+425.833	2155.457	192752.082
Droite 9	Gisement 73.95gr	16.306	55+558.833	2279.062	192801.034
Clothoïde 13	Paramètre 194.326	119.833	55+575.139	2294.021	192807.522
Arc 9	Rayon 315.127 m Centre X 2222.785 m Centre Y 193122.181 m	141.145	55+694.972	2400.549	192861.979
Clothoïde 14	Paramètre -194.326	119.833	55+836.117	2495.701	192964.630

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 10	Gisement 21.23gr	95.399	55+955.949	2541.936	193074.975
Clothoïde 15	Paramètre -262.983	133.000	56+051.348	2573.158	193165.120
Arc 10	Rayon -520.000 m Centre X 3087.611 m Centre Y 193057.275 m	46.722	56+184.348	2621.965	193288.737
Clothoïde 16	Paramètre 262.983	133.000	56+231.070	2644.613	193329.585
Droite 11	Gisement 43.23gr	120.722	56+364.070	2723.600	193436.470
Clothoïde 17	Paramètre 229.632	131.827	56+484.792	2799.418	193530.412
Arc 11	Rayon 400.000 m Centre X 2528.100 m Centre Y 193834.013 m	28.143	56+616.619	2876.364	193637.258
Clothoïde 18	Paramètre -229.632	131.827	56+644.762	2889.334	193662.227
Droite 12	Gisement 17.77gr	131.870	56+776.589	2932.502	193786.618
Arc 12	Rayon 1400.000 m Centre X 1623.013 m Centre Y 194299.092 m	272.616	56+908.459	2968.833	193913.384
Droite 13	Gisement 5.37gr	25.998	57+181.075	3018.031	194181.086
Arc 13	Rayon -1400.000 m Centre X 4415.240 m Centre Y 194088.986 m	197.812	57+207.073	3020.223	194206.992
Droite 14	Gisement 14.37gr	1.645	57+404.884	3050.743	194402.268
Clothoïde 19	Paramètre 244.643	133.000	57+406.529	3051.111	194403.871
Arc 14	Rayon 450.000 m Centre X 2625.797 m Centre Y 194569.702 m	26.470	57+539.529	3074.432	194534.680
Clothoïde 20	Paramètre -244.643	133.000	57+565.999	3075.715	194561.115
Droite 15	Gisement 391.81gr	53.441	57+698.999	3065.171	194693.567
Clothoïde 21	Paramètre -209.141	124.971	57+752.440	3058.312	194746.566
Arc 15	Rayon -350.000 m Centre X 3399.249 m Centre Y 194853.625 m	157.216	57+877.411	3049.683	194871.061
Clothoïde 22	Paramètre 209.141	124.971	58+034.626	3091.931	195021.124
Droite 16	Gisement 43.13gr	20.399	58+159.597	3164.243	195122.832
			58+179.996	3177.031	195138.725
Longueur totale de l'axe 6179.996 mètre(s)					

Profil En Long Projet

Axe : Axe

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 2.62 %	880.898	52+000.000	593.084
Parabole 1	Rayon 8000.000 m	138.203	52+880.898	616.134
	Sommet Absc. 52+671.561 m			
	Sommet Alt. 613.395 m			
Pente 2	Pente 4.34 %	115.439	53+019.102	620.944
Parabole 2	Rayon -5000.000 m	111.203	53+134.540	625.959
	Sommet Absc. 53+351.753 m			
	Sommet Alt. 630.677 m			
Pente 3	Pente 2.12 %	431.922	53+245.743	629.554
Parabole 3	Rayon 10000.000 m	171.709	53+677.665	638.711
	Sommet Absc. 53+465.645 m			
	Sommet Alt. 636.464 m			
Pente 4	Pente 3.84 %	219.544	53+849.375	643.826
Pente 5	Pente 3.23 %	588.573	54+068.919	652.251
Parabole 4	Rayon -4200.000 m	336.606	54+657.492	671.288
	Sommet Absc. 54+793.340 m			
	Sommet Alt. 673.485 m			
Pente 6	Pente -4.78 %	234.383	54+994.098	668.687
Parabole 5	Rayon 8000.000 m	241.117	55+228.481	657.483
	Sommet Absc. 55+610.878 m			
	Sommet Alt. 648.344 m			
Pente 7	Pente -1.77 %	175.147	55+469.598	649.592
Parabole 6	Rayon 18000.000 m	645.215	55+644.745	646.499
	Sommet Absc. 55+962.625 m			
	Sommet Alt. 643.692 m			
Pente 8	Pente 1.82 %	297.430	56+289.960	646.668
Parabole 7	Rayon 12000.000 m	161.595	56+587.391	652.077
	Sommet Absc. 56+369.167 m			
	Sommet Alt. 650.093 m			
Pente 9	Pente 3.17 %	794.467	56+748.986	656.104
Parabole 8	Rayon 12000.000 m	72.152	57+543.453	681.250
	Sommet Absc. 57+163.634 m			
	Sommet Alt. 675.239 m			
Pente 10	Pente 3.77 %	210.940	57+615.606	683.750
Parabole 9	Rayon -7000.000 m	220.070	57+826.546	691.695
	Sommet Absc. 58+090.196 m			
	Sommet Alt. 696.660 m			
Pente 11	Pente 0.62 %	133.380	58+046.616	696.525
			58+179.996	697.355
Longueur totale de l'axe 6179.996 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 6182.521 mètre(s)				

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : Axe

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Num	Abs- cisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.01	52+000. 000	12.500	26.53	0.00	331.7	0.0	331.7	0.0
P.02	52+025. 000	22.986	18.78	0.15	431.7	3.5	763.3	3.5
P.03	52+045. 972	12.500	14.10	0.25	176.2	3.1	939.6	6.7
P.04	52+050. 000	14.514	14.28	0.10	207.3	1.5	1146.9	8.2
P.05	52+074. 000	25.000	16.69	0.05	417.6	1.2	1564.5	9.4
P.06	52+100. 000	25.000	19.35	0.12	484.3	2.9	2048.8	12.3
P.07	52+125. 000	25.000	21.23	0.12	531.5	3.1	2580.3	15.4
P.08	52+150. 000	22.971	22.85	0.04	526.1	1.0	3106.4	16.4
P.09	52+170. 942	12.500	19.23	0.14	239.9	1.7	3346.2	18.1
P.10	52+175. 000	14.529	19.12	0.13	277.3	2.0	3623.5	20.1
P.11	52+200. 000	25.000	20.74	0.19	516.7	4.6	4140.3	24.8
P.12	52+225. 000	25.000	18.31	0.01	457.5	0.3	4597.7	25.0
P.13	52+250. 000	25.000	13.43	0.06	336.0	1.6	4933.7	26.6
P.14	52+275. 000	25.000	14.03	0.00	351.5	0.1	5285.2	26.7
P.15	52+300. 000	22.393	13.58	0.11	304.9	2.4	5590.2	29.1
P.16	52+319. 786	12.500	14.69	0.07	184.2	0.8	5774.4	29.9
P.17	52+325. 000	15.107	14.80	0.08	224.3	1.1	5998.6	31.0
P.18	52+350. 000	25.000	21.09	0.15	530.8	3.6	6529.4	34.7
P.19	52+375. 000	25.000	19.20	0.15	482.5	3.6	7012.0	38.3
P.20	52+400. 000	25.000	20.28	0.25	508.6	6.4	7520.5	44.6
P.21	52+425. 000	22.378	20.34	0.09	455.9	2.1	7976.4	46.7
P.22	52+444. 757	12.500	18.12	0.33	226.5	4.2	8202.9	50.9
P.23	52+450. 000	13.815	19.96	0.19	275.7	2.6	8478.7	53.5
P.24	52+472. 387	12.500	21.98	0.01	274.7	0.2	8753.4	53.7

P.25	52+475. 000	13.807	22.05	0.01	304.4	0.2	9057.8	53.9
P.26	52+499. 000	25.000	22.90	0.01	572.3	0.3	9630.1	54.2
P.27	52+525. 000	25.000	24.80	0.02	618.5	0.6	10248.6	54.8
P.28	52+550. 000	25.000	25.93	0.08	646.0	2.0	10894.6	56.7
P.29	52+575. 000	25.000	26.09	0.11	649.8	2.8	11544.4	59.5
P.30	52+600. 000	14.607	30.72	0.00	446.1	0.0	11990.5	59.5
P.31	52+604. 214	12.500	26.52	0.00	328.2	0.0	12318.7	59.6
P.32	52+625. 000	22.893	24.78	0.00	563.9	0.0	12882.6	59.6
P.33	52+650. 000	25.000	26.71	0.00	663.1	0.0	13545.7	59.6
P.34	52+675. 000	24.445	23.68	0.00	573.8	0.0	14119.4	59.6
P.35	52+698. 890	25.000	24.21	0.00	600.5	0.0	14719.9	59.6
P.36	52+725. 000	25.555	27.42	0.04	698.0	1.0	15417.9	60.6
P.37	52+750. 000	25.000	28.60	0.01	713.1	0.1	16131.0	60.8
P.38	52+775. 000	25.000	28.96	0.07	723.8	1.6	16854.9	62.4
P.39	52+800. 000	25.000	31.81	0.00	795.0	0.0	17649.9	62.4
P.40	52+825. 000	15.359	33.30	0.00	511.5	0.0	18161.3	62.4
P.41	52+830. 718	12.500	32.71	0.00	408.9	0.0	18570.2	62.4
P.42	52+850. 000	10.688	30.93	0.01	330.5	0.1	18900.8	62.4
P.43	52+852. 094	12.500	30.77	0.01	384.9	0.1	19285.7	62.5
P.44	52+875. 000	23.953	30.80	0.07	738.4	1.7	20024.1	64.3
P.45	52+900. 000	25.000	27.91	0.01	698.7	0.2	20722.8	64.5
P.46	52+925. 000	25.000	24.34	0.13	609.5	3.1	21332.3	67.6
P.47	52+950. 000	25.000	18.84	1.28	472.3	31.7	21804.6	99.3
P.48	52+975. 000	25.000	16.34	0.57	409.5	14.3	22214.1	113.6
P.49	53+000. 000	25.000	15.02	1.64	376.6	40.7	22590.6	154.3
P.50	53+025. 000	25.000	13.76	2.18	345.1	54.0	22935.8	208.3

Num	Abs- cisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.01	52+000. 000	12.500	26.53	0.00	331.7	0.0	331.7	0.0
P.02	52+025. 000	22.986	18.78	0.15	431.7	3.5	763.3	3.5
P.03	52+045. 972	12.500	14.10	0.25	176.2	3.1	939.6	6.7
P.04	52+050. 000	14.514	14.28	0.10	207.3	1.5	1146.9	8.2
P.05	52+074. 000	25.000	16.69	0.05	417.6	1.2	1564.5	9.4
P.06	52+100. 000	25.000	19.35	0.12	484.3	2.9	2048.8	12.3
P.07	52+125. 000	25.000	21.23	0.12	531.5	3.1	2580.3	15.4
P.08	52+150. 000	22.971	22.85	0.04	526.1	1.0	3106.4	16.4
P.09	52+170. 942	12.500	19.23	0.14	239.9	1.7	3346.2	18.1
P.10	52+175. 000	14.529	19.12	0.13	277.3	2.0	3623.5	20.1
P.11	52+200. 000	25.000	20.74	0.19	516.7	4.6	4140.3	24.8
P.12	52+225. 000	25.000	18.31	0.01	457.5	0.3	4597.7	25.0
P.13	52+250. 000	25.000	13.43	0.06	336.0	1.6	4933.7	26.6
P.14	52+275. 000	25.000	14.03	0.00	351.5	0.1	5285.2	26.7
P.15	52+300. 000	22.393	13.58	0.11	304.9	2.4	5590.2	29.1
P.16	52+319. 786	12.500	14.69	0.07	184.2	0.8	5774.4	29.9
P.17	52+325. 000	15.107	14.80	0.08	224.3	1.1	5998.6	31.0
P.18	52+350. 000	25.000	21.09	0.15	530.8	3.6	6529.4	34.7
P.19	52+375. 000	25.000	19.20	0.15	482.5	3.6	7012.0	38.3
P.20	52+400. 000	25.000	20.28	0.25	508.6	6.4	7520.5	44.6
P.21	52+425. 000	22.378	20.34	0.09	455.9	2.1	7976.4	46.7
P.22	52+444. 757	12.500	18.12	0.33	226.5	4.2	8202.9	50.9
P.23	52+450. 000	13.815	19.96	0.19	275.7	2.6	8478.7	53.5
P.24	52+472. 387	12.500	21.98	0.01	274.7	0.2	8753.4	53.7
P.25	52+475. 000	13.807	22.05	0.01	304.4	0.2	9057.8	53.9
P.26	52+499. 000	25.000	22.90	0.01	572.3	0.3	9630.1	54.2
P.27	52+525. 000	25.000	24.80	0.02	618.5	0.6	10248.6	54.8
P.28	52+550.	25.000	25.93	0.08	646.0	2.0	10894.6	56.7

	000							
P.29	52+575. 000	25.000	26.09	0.11	649.8	2.8	11544.4	59.5
P.30	52+600. 000	14.607	30.72	0.00	446.1	0.0	11990.5	59.5
P.31	52+604. 214	12.500	26.52	0.00	328.2	0.0	12318.7	59.6
P.32	52+625. 000	22.893	24.78	0.00	563.9	0.0	12882.6	59.6
P.33	52+650. 000	25.000	26.71	0.00	663.1	0.0	13545.7	59.6
P.34	52+675. 000	24.445	23.68	0.00	573.8	0.0	14119.4	59.6
P.35	52+698. 890	25.000	24.21	0.00	600.5	0.0	14719.9	59.6
P.36	52+725. 000	25.555	27.42	0.04	698.0	1.0	15417.9	60.6
P.37	52+750. 000	25.000	28.60	0.01	713.1	0.1	16131.0	60.8
P.38	52+775. 000	25.000	28.96	0.07	723.8	1.6	16854.9	62.4
P.39	52+800. 000	25.000	31.81	0.00	795.0	0.0	17649.9	62.4
P.40	52+825. 000	15.359	33.30	0.00	511.5	0.0	18161.3	62.4
P.41	52+830. 718	12.500	32.71	0.00	408.9	0.0	18570.2	62.4
P.42	52+850. 000	10.688	30.93	0.01	330.5	0.1	18900.8	62.4
P.43	52+852. 094	12.500	30.77	0.01	384.9	0.1	19285.7	62.5
P.44	52+875. 000	23.953	30.80	0.07	738.4	1.7	20024.1	64.3
P.45	52+900. 000	25.000	27.91	0.01	698.7	0.2	20722.8	64.5
P.46	52+925. 000	25.000	24.34	0.13	609.5	3.1	21332.3	67.6
P.47	52+950. 000	25.000	18.84	1.28	472.3	31.7	21804.6	99.3
P.48	52+975. 000	25.000	16.34	0.57	409.5	14.3	22214.1	113.6
P.49	53+000. 000	25.000	15.02	1.64	376.6	40.7	22590.6	154.3
P.50	53+025. 000	25.000	13.76	2.18	345.1	54.0	22935.8	208.3

Num	Abs- cisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.51	53+050. 000	25.000	12.33	0.64	308.6	16.0	23244.4	224.3
P.52	53+075. 000	15.623	43.40	0.00	680.3	0.0	23924.7	224.3
P.53	53+081. 245	12.500	49.22	0.00	615.6	0.0	24540.3	224.3
P.54	53+100. 000	21.877	62.62	0.00	1364.1	0.0	25904.4	224.3
P.55	53+124. 000	25.000	107.86	0.01	2664.3	0.3	28568.7	224.6
P.56	53+149. 000	25.000	111.03	0.01	2718.0	0.3	31286.7	224.9
P.57	53+175. 000	23.643	107.81	0.02	2478.8	0.6	33765.5	225.4
P.58	53+197. 287	12.500	73.63	0.04	891.2	0.6	34656.8	226.0
P.59	53+200. 000	13.857	67.35	0.04	903.4	0.6	35560.2	226.5
P.60	53+225. 000	17.023	37.92	0.02	629.7	0.4	36189.9	227.0
P.61	53+234. 046	12.500	37.56	0.09	458.4	1.2	36648.3	228.1
P.62	53+250. 000	20.477	38.20	0.26	766.9	5.4	37415.1	233.6
P.63	53+275. 000	25.000	30.44	0.56	752.9	14.3	38168.1	247.9
P.64	53+300. 000	25.000	18.18	3.02	451.7	76.7	38619.8	324.6
P.65	53+325. 000	24.173	22.59	3.17	543.8	77.3	39163.5	401.8
P.66	53+348. 345	25.000	20.60	1.38	514.8	34.6	39678.3	436.4
P.67	53+375. 000	25.827	15.62	0.09	403.4	2.3	40081.7	438.8
P.68	53+400. 000	25.000	10.94	1.51	273.5	37.8	40355.2	476.5
P.69	53+425. 000	25.000	5.56	3.61	138.9	90.3	40494.1	566.8
P.70	53+450. 000	25.000	11.51	2.96	287.9	74.0	40782.0	640.8
P.71	53+475. 000	25.000	9.12	1.35	228.1	33.7	41010.1	674.5
P.72	53+500. 000	25.000	19.77	0.01	494.3	0.3	41504.4	674.8
P.73	53+525. 000	25.000	34.08	0.01	852.1	0.1	42356.4	674.9
P.74	53+550. 000	25.000	36.60	0.01	915.1	0.2	43271.5	675.1
P.75	53+575. 000	25.000	38.35	0.00	958.8	0.0	44230.3	675.1
P.76	53+600. 000	16.612	47.09	0.00	782.2	0.0	45012.6	675.1
P.77	53+608. 224	12.500	49.66	0.00	620.8	0.0	45633.3	675.1
P.78	53+625.	20.888	52.00	0.00	1086.4	0.0	46719.7	675.1

	000							
P.79	53+650. 000	25.000	52.57	0.00	1315.1	0.0	48034.8	675.1
P.80	53+675. 000	25.000	48.49	0.02	1214.4	0.4	49249.3	675.6
P.81	53+700. 000	16.228	47.46	0.37	772.4	6.0	50021.7	681.6
P.82	53+707. 457	12.500	49.90	0.37	624.4	4.7	50646.1	686.2
P.83	53+725. 000	21.272	54.05	0.73	1149.7	15.5	51795.8	701.7
P.84	53+750. 000	25.000	52.45	3.99	1311.2	99.6	53107.0	801.4
P.85	53+775. 000	25.000	58.29	3.33	1457.3	83.2	54564.3	884.6
P.86	53+800. 000	25.000	60.92	2.76	1523.1	69.1	56087.4	953.7
P.87	53+825. 000	25.000	58.15	2.90	1453.8	72.6	57541.2	1026.4
P.88	53+850. 000	25.000	52.53	5.48	1313.3	137.1	58854.5	1163.5
P.89	53+875. 000	25.000	47.50	7.45	1187.4	186.3	60041.9	1349.7
P.90	53+900. 000	25.000	52.29	1.96	1307.2	49.1	61349.1	1398.8
P.91	53+925. 000	25.000	39.68	0.14	992.0	3.5	62341.1	1402.3
P.92	53+950. 000	25.000	41.27	0.05	1031.8	1.2	63372.9	1403.5
P.93	53+975. 000	25.000	37.85	0.01	946.3	0.2	64319.2	1403.7
P.94	54+000. 000	17.412	46.05	0.32	801.9	5.6	65121.1	1409.3
P.95	54+009. 825	12.500	47.32	0.00	591.5	0.0	65712.5	1409.3
P.96	54+025. 000	20.088	46.33	0.00	930.3	0.0	66642.8	1409.3
P.97	54+049. 000	25.000	59.37	0.00	1480.6	0.0	68123.5	1409.3
P.98	54+075. 000	25.000	45.05	0.00	1123.4	0.0	69246.8	1409.3
P.99	54+100. 000	25.000	74.41	0.00	1840.5	0.0	71087.3	1409.3
P.10 0	54+125. 000	21.412	88.32	0.56	1866.0	12.3	72953.3	1421.6
P.10 1	54+142. 825	12.500	77.28	0.69	952.5	8.9	73905.7	1430.4
P.10 2	54+150. 000	16.088	62.75	0.68	996.8	11.3	74902.6	1441.7
P.10 3	54+175. 000	25.000	62.42	0.14	1540.2	3.6	76442.8	1445.4
P.10 4	54+200. 000	25.000	70.93	0.00	1745.2	0.0	78187.9	1445.4
P.10 5	54+225. 000	25.000	64.57	0.00	1591.9	0.0	79779.9	1445.4
P.10 6	54+250. 000	25.000	59.88	0.03	1477.5	0.7	81257.3	1446.1
P.10	54+275.	20.594	58.56	0.01	1191.7	0.3	82449.0	1446.4

7	000							
P.10	54+291.	12.500	51.68	0.01	638.8	0.1	83087.8	1446.5
8	188							
P.10	54+300.	16.906	47.08	0.00	788.2	0.0	83876.0	1446.6
9	000							
P.11	54+325.	25.000	40.76	0.00	1012.7	0.0	84888.7	1446.6
0	000							
P.11	54+350.	25.000	32.35	0.00	805.3	0.0	85694.0	1446.6
1	000							
P.11	54+375.	25.000	31.52	1.01	786.4	25.6	86480.3	1472.2
2	000							
P.11	54+400.	24.594	31.60	3.06	776.1	75.5	87256.4	1547.7
3	000							

Num.	Abs-cisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.11	54+424.	25.000	45.16	0.00	1128.7	0.0	88385.1	1547.7
4	188							
P.11	54+450.	25.406	46.00	0.00	1168.6	0.0	89553.8	1547.7
5	000							
P.11	54+475.	25.000	45.69	0.09	1142.3	2.1	90696.1	1549.9
6	000							
P.11	54+500.	25.000	41.94	0.14	1048.4	3.4	91744.5	1553.3
7	000							
P.11	54+525.	25.000	40.72	0.01	1018.1	0.2	92762.6	1553.5
8	000							
P.11	54+550.	25.000	40.93	0.20	1023.2	5.0	93785.8	1558.5
9	000							
P.12	54+575.	25.000	37.22	0.07	930.5	1.9	94716.4	1560.4
0	000							
P.12	54+600.	25.000	34.79	0.03	869.8	0.8	95586.2	1561.2
1	000							
P.12	54+625.	25.000	34.41	0.05	860.3	1.2	96446.4	1562.4
2	000							
P.12	54+650.	25.000	34.64	0.09	866.0	2.3	97312.4	1564.7
3	000							
P.12	54+675.	25.000	37.01	0.13	925.3	3.1	98237.7	1567.8
4	000							
P.12	54+700.	25.000	26.37	0.00	659.4	0.0	98897.1	1567.8
5	000							
P.12	54+725.	25.000	44.89	0.00	1122.4	0.1	100019.4	1567.9
6	000							
P.12	54+750.	25.000	43.83	0.02	1095.7	0.5	101115.1	1568.4
7	000							
P.12	54+775.	25.000	45.78	0.01	1144.5	0.2	102259.6	1568.6
8	000							
P.12	54+800.	25.000	60.84	0.00	1521.1	0.0	103780.7	1568.6
9	000							
P.13	54+825.	25.000	60.21	0.10	1505.2	2.6	105285.9	1571.2
0	000							
P.13	54+850.	13.878	38.33	0.12	531.9	1.7	105817.8	1572.9
1	000							
P.13	54+852.	12.500	36.34	0.10	454.5	1.3	106272.3	1574.1
2	756							
P.13	54+874.	23.622	14.38	0.47	339.0	11.1	106611.3	1585.3
3	000							

P.13 4	54+900. 000	25.000	14.27	6.55	354.5	165.0	106965.7	1750.3
P.13 5	54+924. 000	25.000	18.30	13.69	452.7	346.4	107418.5	2096.7
P.13 6	54+950. 000	25.000	26.59	12.38	656.3	314.6	108074.8	2411.3
P.13 7	54+975. 000	15.953	53.05	0.00	842.0	0.0	108916.8	2411.3
P.13 8	54+981. 906	12.500	53.87	0.01	669.3	0.1	109586.2	2411.3
P.13 9	55+000. 000	21.547	56.26	0.00	1203.1	0.0	110789.3	2411.3
P.14 0	55+025. 000	25.000	58.82	0.00	1454.9	0.0	112244.2	2411.3
P.14 1	55+050. 000	25.000	73.35	0.00	1820.2	0.0	114064.4	2411.3
P.14 2	55+075. 000	19.627	74.89	0.00	1457.3	0.1	115521.7	2411.4
P.14 3	55+089. 255	12.500	77.11	0.06	955.9	0.8	116477.6	2412.2
P.14 4	55+100. 000	17.873	84.45	0.06	1499.8	1.1	117977.4	2413.4
P.14 5	55+125. 000	25.000	92.65	0.00	2305.5	0.0	120283.0	2413.4
P.14 6	55+150. 000	25.000	85.09	0.07	2120.4	1.9	122403.3	2415.2
P.14 7	55+175. 000	25.000	91.41	0.03	2278.5	0.7	124681.9	2416.0
P.14 8	55+200. 000	21.703	72.59	0.01	1573.4	0.3	126255.2	2416.2
P.14 9	55+218. 405	12.500	63.28	0.09	790.8	1.1	127046.1	2417.3
P.15 0	55+225. 000	15.971	60.62	0.15	968.2	2.4	128014.3	2419.7
P.15 1	55+250. 348	25.000	49.27	1.33	1232.1	33.2	129246.3	2452.9
P.15 2	55+275. 000	24.826	43.10	0.71	1071.8	17.6	130318.1	2470.5
P.15 3	55+300. 000	25.000	33.87	2.86	849.8	71.1	131168.0	2541.6
P.15 4	55+325. 000	25.000	22.79	15.43	573.7	383.5	131741.6	2925.1
P.15 5	55+350. 000	25.000	20.03	17.01	505.3	422.3	132246.9	3347.4
P.15 6	55+375. 000	16.674	30.70	0.62	515.3	10.3	132762.3	3357.6
P.15 7	55+383. 348	12.500	32.67	0.25	411.0	3.1	133173.3	3360.7
P.15 8	55+400. 000	21.243	36.50	0.16	778.8	3.4	133952.1	3364.1
P.15 9	55+425. 833	25.000	38.90	0.01	975.9	0.3	134928.0	3364.4
P.16 0	55+450. 000	24.583	36.47	0.06	899.0	1.5	135827.0	3365.9
P.16 1	55+475. 000	25.000	29.49	0.28	738.8	7.0	136565.8	3372.9
P.16 2	55+500. 000	25.000	29.11	0.18	728.5	4.6	137294.4	3377.5

P.16 3	55+525. 000	25.000	24.32	0.23	608.6	5.8	137903.0	3383.2
P.16 4	55+549. 000	16.917	24.30	0.14	411.1	2.4	138314.1	3385.6
P.16 5	55+558. 833	12.570	19.52	0.09	245.4	1.2	138559.5	3386.8
P.16 6	55+575. 139	20.583	10.86	1.36	223.7	28.0	138783.1	3414.8
P.16 7	55+599. 000	24.930	7.48	3.85	187.0	95.4	138970.2	3510.2
P.16 8	55+624. 000	25.000	4.95	2.94	124.5	72.8	139094.6	3582.9
P.16 9	55+650. 000	25.000	2.73	12.98	69.1	319.1	139163.7	3902.0
P.17 0	55+675. 000	22.486	1.68	19.69	38.4	433.5	139202.1	4335.6
P.17 1	55+694. 972	12.500	0.00	25.07	0.0	308.6	139202.1	4644.2
P.17 2	55+700. 000	15.014	0.00	26.54	0.0	392.2	139202.1	5036.4
P.17 3	55+725. 000	25.000	0.00	35.52	0.0	874.6	139202.1	5911.0
P.17 4	55+750. 000	25.000	0.00	23.46	0.0	578.8	139202.1	6489.8
P.17 5	55+775. 000	25.000	0.00	11.51	0.0	284.6	139202.1	6774.4
P.17 6	55+800. 000	25.000	0.00	6.75	0.0	166.7	139202.1	6941.1

Num .	Abs- cisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.17 7	55+825. 000	18.058	0.07	2.10	1.4	37.3	139203.5	6978.4
P.17 8	55+836. 117	12.500	0.84	1.08	10.7	13.3	139214.2	6991.7
P.17 9	55+850. 000	19.442	2.37	1.99	46.9	37.8	139261.0	7029.5
P.18 0	55+875. 000	25.000	7.97	1.33	201.7	32.5	139462.7	7062.0
P.18 1	55+900. 000	25.000	12.58	0.15	317.3	3.6	139780.0	7065.6
P.18 2	55+925. 000	25.000	17.00	0.17	426.6	4.1	140206.6	7069.7
P.18 3	55+950. 000	15.475	20.60	0.09	319.3	1.4	140525.9	7071.1
P.18 4	55+955. 949	12.500	19.25	0.08	240.7	1.0	140766.5	7072.1
P.18 5	55+975. 000	22.025	14.54	0.08	320.2	1.8	141086.8	7073.9
P.18 6	56+000. 000	25.000	14.94	0.19	373.4	4.7	141460.2	7078.6
P.18 7	56+025. 000	25.674	12.30	0.07	315.9	1.7	141776.1	7080.3
P.18 8	56+051. 348	25.000	6.20	0.35	155.1	8.7	141931.2	7089.0
P.18	56+074.	24.326	3.90	16.31	94.9	397.5	142026.1	7486.5

9	000							
P.19 0	56+100. 000	25.000	2.80	15.33	69.8	385.0	142095.9	7871.5
P.19 1	56+125. 000	25.000	3.65	3.96	90.7	99.8	142186.5	7971.3
P.19 2	56+150. 000	25.000	3.25	3.30	80.8	82.9	142267.4	8054.2
P.19 3	56+175. 000	17.174	2.06	20.61	35.0	358.3	142302.4	8412.5
P.19 4	56+184. 348	12.500	1.98	18.71	24.5	237.0	142326.9	8649.4
P.19 5	56+200. 000	20.326	1.53	3.59	30.6	73.8	142357.5	8723.3
P.19 6	56+225. 000	15.535	1.73	20.21	26.5	316.9	142384.0	9040.2
P.19 7	56+231. 070	12.500	1.59	14.40	19.7	181.2	142403.7	9221.4
P.19 8	56+250. 000	21.965	0.61	6.82	13.3	151.4	142416.9	9372.8
P.19 9	56+275. 000	25.000	2.23	1.25	56.3	31.2	142473.2	9403.9
P.20 0	56+300. 000	25.000	2.99	1.99	75.3	49.4	142548.5	9453.3
P.20 1	56+325. 000	25.000	2.21	4.11	55.6	102.4	142604.1	9555.7
P.20 2	56+349. 000	19.535	3.16	3.64	61.9	71.0	142665.9	9626.7
P.20 3	56+364. 070	12.500	8.86	2.90	110.8	36.2	142776.7	9663.0
P.20 4	56+375. 000	17.965	8.55	3.72	153.7	66.8	142930.4	9729.8
P.20 5	56+400. 000	25.000	14.36	1.04	358.9	26.1	143289.3	9755.9
P.20 6	56+425. 000	25.000	23.58	0.18	589.6	4.5	143878.9	9760.3
P.20 7	56+450. 000	25.000	26.95	0.30	673.9	7.6	144552.8	9767.9
P.20 8	56+475. 000	17.396	31.26	0.04	543.8	0.7	145096.6	9768.6
P.20 9	56+484. 792	12.500	33.09	0.01	413.5	0.1	145510.1	9768.7
P.21 0	56+500. 000	20.104	25.36	0.17	508.6	3.5	146018.7	9772.2
P.21 1	56+525. 000	25.000	15.55	0.17	387.5	4.2	146406.2	9776.4
P.21 2	56+550. 000	25.000	11.05	0.16	276.4	4.1	146682.5	9780.5
P.21 3	56+575. 000	25.000	21.33	0.30	530.2	7.7	147212.7	9788.2
P.21 4	56+600. 000	20.809	25.91	0.17	535.3	3.7	147748.0	9791.9
P.21 5	56+616. 619	12.500	33.62	0.06	413.9	0.7	148161.9	9792.7
P.21 6	56+625. 000	14.071	40.78	0.00	564.5	0.0	148726.4	9792.7
P.21 7	56+644. 762	12.500	49.59	0.02	607.8	0.2	149334.2	9792.9
P.21	56+650.	15.119	58.49	0.01	869.9	0.1	150204.0	9793.0

8	000							
P.21	56+675.	25.000	82.61	0.44	2033.5	11.2	152237.5	9804.2
9	000							
P.22	56+700.	25.000	77.37	0.01	1910.3	0.2	154147.9	9804.4
0	000							
P.22	56+725.	25.000	48.78	0.03	1213.0	0.8	155360.9	9805.2
1	000							
P.22	56+750.	25.794	27.81	0.06	716.4	1.6	156077.3	9806.8
2	000							
P.22	56+776.	25.000	12.80	0.19	320.1	4.8	156397.4	9811.6
3	589							
P.22	56+800.	24.206	8.44	0.23	204.3	5.5	156601.7	9817.2
4	000							
P.22	56+825.	25.000	5.50	2.94	137.5	73.4	156739.3	9890.6
5	000							
P.22	56+850.	25.000	2.26	5.51	56.5	137.7	156795.8	10028.3
6	000							
P.22	56+875.	25.000	0.83	4.54	20.6	113.6	156816.4	10141.8
7	000							
P.22	56+900.	16.729	0.48	6.60	8.0	110.4	156824.4	10252.2
8	000							
P.22	56+908.	12.500	0.40	8.51	4.9	106.7	156829.4	10358.9
9	459							
P.23	56+925.	20.771	0.30	11.33	6.3	236.6	156835.7	10595.5
0	000							
P.23	56+950.	25.000	1.46	6.21	36.4	156.3	156872.1	10751.8
1	000							
P.23	56+975.	25.000	10.34	0.26	257.2	6.5	157129.3	10758.2
2	000							
P.23	57+000.	25.000	25.53	0.37	635.0	9.3	157764.3	10767.5
3	000							
P.23	57+025.	25.000	40.87	0.00	1016.4	0.0	158780.7	10767.5
4	000							
P.23	57+050.	25.000	64.52	0.43	1602.6	10.9	160383.3	10778.4
5	000							
P.23	57+075.	25.000	58.67	0.03	1457.8	0.7	161841.1	10779.1
6	000							
P.23	57+100.	25.000	80.37	0.52	1994.7	13.1	163835.8	10792.3
7	000							
P.23	57+125.	25.000	79.84	0.14	1981.2	3.5	165817.0	10795.8
8	000							
P.23	57+150.	25.000	64.84	0.38	1609.8	9.4	167426.7	10805.2
9	000							

Num	Abs- cisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.24 0	57+175. 000	15.537	41.97	0.38	648.1	5.9	168074.8	10811.2
P.24 1	57+181. 075	12.500	32.11	0.13	400.9	1.7	168475.7	10812.8
P.24 2	57+200. 000	12.999	2.17	0.58	28.3	7.6	168504.0	10820.4
P.24 3	57+207. 073	12.500	2.79	1.19	35.0	14.8	168538.9	10835.2
P.24 4	57+225. 000	21.464	0.00	12.78	0.0	273.6	168538.9	11108.8
P.24 5	57+250. 000	25.000	0.46	8.55	11.6	213.0	168550.6	11321.8
P.24 6	57+275. 000	25.000	0.00	14.48	0.0	360.9	168550.6	11682.8
P.24 7	57+300. 000	25.000	0.18	10.14	4.6	252.5	168555.1	11935.2
P.24 8	57+325. 000	25.000	2.37	3.75	59.6	93.3	168614.8	12028.5
P.24 9	57+350. 000	25.000	1.15	1.85	29.0	46.1	168643.7	12074.6
P.25 0	57+375. 000	25.000	8.60	0.19	216.1	4.7	168859.9	12079.3
P.25 1	57+400. 000	14.942	21.70	0.20	326.1	3.0	169186.0	12082.3
P.25 2	57+404. 884	12.500	23.82	0.17	298.0	2.2	169484.0	12084.5
P.25 3	57+424. 000	22.558	35.28	0.44	793.4	10.0	170277.4	12094.4
P.25 4	57+450. 000	25.000	42.88	5.45	1064.4	136.0	171341.9	12230.4
P.25 5	57+475. 000	25.000	70.67	0.15	1749.5	3.7	173091.3	12234.1
P.25 6	57+500. 000	25.000	55.54	0.00	1368.7	0.0	174460.0	12234.1
P.25 7	57+525. 000	19.765	41.34	0.04	805.3	0.7	175265.4	12234.9
P.25 8	57+539. 529	12.500	44.19	0.34	545.2	4.3	175810.5	12239.2
P.25 9	57+550. 000	13.235	37.46	0.69	490.3	9.3	176300.9	12248.5
P.26 0	57+565. 999	12.500	16.69	0.52	209.2	6.6	176510.1	12255.1
P.26 1	57+575. 000	17.000	10.55	10.09	181.2	170.5	176691.2	12425.6
P.26 2	57+600. 000	25.000	35.16	0.03	874.2	0.8	177565.5	12426.4
P.26 3	57+625. 000	25.000	32.68	0.05	813.7	1.2	178379.2	12427.6
P.26 4	57+650. 000	25.000	31.74	0.42	792.3	10.6	179171.5	12438.2
P.26 5	57+675. 000	24.500	29.90	0.00	731.9	0.0	179903.3	12438.2
P.26 6	57+698. 999	25.000	26.05	0.00	651.1	0.1	180554.4	12438.3
P.26	57+725.	25.500	33.26	0.10	848.2	2.5	181402.6	12440.8

7	000							
P.26	57+750.	13.720	37.61	0.02	516.1	0.3	181918.7	12441.1
8	000							
P.26	57+752.	12.500	37.79	0.02	472.6	0.2	182391.3	12441.4
9	440							
P.27	57+774.	23.780	36.28	0.07	864.4	1.7	183255.7	12443.1
0	000							
P.27	57+800.	25.000	31.99	0.05	801.9	1.3	184057.6	12444.3
1	000							
P.27	57+824.	25.000	28.46	0.04	713.9	1.0	184771.4	12445.4
2	000							
P.27	57+850.	25.000	20.55	0.07	513.6	1.6	185285.0	12447.0
3	000							
P.27	57+875.	13.705	21.44	0.34	292.8	4.6	185577.8	12451.6
4	000							
P.27	57+877.	12.500	21.55	0.30	268.2	3.7	185846.0	12455.3
5	411							
P.27	57+900.	23.795	13.03	0.93	305.0	22.4	186151.1	12477.7
6	000							
P.27	57+925.	25.000	22.08	0.04	549.2	0.9	186700.2	12478.6
7	000							
P.27	57+950.	25.000	23.37	0.02	581.3	0.6	187281.5	12479.2
8	000							
P.27	57+975.	25.000	27.90	0.00	696.0	0.0	187977.6	12479.2
9	000							
P.28	58+000.	25.000	39.16	0.00	981.1	0.0	188958.6	12479.2
0	000							
P.28	58+025.	17.313	55.68	0.00	971.2	0.0	189929.8	12479.2
1	000							
P.28	58+034.	12.500	68.98	0.00	869.1	0.0	190799.0	12479.2
2	626							
P.28	58+050.	20.187	69.72	0.00	1422.8	0.0	192221.8	12479.2
3	000							
P.28	58+075.	25.000	73.82	0.00	1859.8	0.0	194081.6	12479.2
4	000							
P.28	58+100.	25.000	57.66	0.00	1446.9	0.0	195528.5	12479.2
5	000							
P.28	58+125.	25.000	36.26	0.03	910.3	0.6	196438.8	12479.8
6	000							
P.28	58+149.	17.299	40.61	0.00	702.6	0.0	197141.4	12479.8
7	000							
P.28	58+159.	12.500	37.44	0.00	468.1	0.0	197609.5	12479.8
8	597							
P.28	58+175.	10.200	33.28	0.00	339.5	0.0	197948.9	12479.8
9	000							
P.29	58+179.	2.498	31.77	0.02	79.4	0.1	198028.3	12479.9
0	996							

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

Axe : Axe

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Matériau	Volume cumulé
BB	7554.4
GB	15119.1
GNT	43826.2
GNT_0_80	82943.6
TERRE VEGETALE	5274.3

Edition des Dévers

Axe : Axe

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.01	52+000.00 0	2.50	-2.50	Droite 1
P.02	52+025.00 0	2.50	-2.50	Droite 1
P.03	52+045.97 2	2.50	-2.50	Clothoïde 1
P.04	52+050.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 1
P.05	52+074.00 0	2.10	-2.50	Clothoïde 1
P.06	52+100.00 0	0.31	-2.50	Clothoïde 1
P.07	52+125.00 0	-1.48	-2.50	Clothoïde 1
P.08	52+150.00 0	-3.26	-3.26	Clothoïde 1
P.09	52+170.94 2	-4.76	-4.76	Arc 1
P.10	52+175.00 0	-4.76	-4.76	Arc 1
P.11	52+200.00 0	-4.76	-4.76	Arc 1
P.12	52+225.00 0	-4.76	-4.76	Arc 1
P.13	52+250.00 0	-4.76	-4.76	Arc 1
P.14	52+275.00 0	-4.76	-4.76	Arc 1
P.15	52+300.00 0	-4.76	-4.76	Arc 1
P.16	52+319.78 6	-4.76	-4.76	Arc 1
P.17	52+325.00 0	-4.39	-4.39	Clothoïde 2
P.18	52+350.00 0	-2.60	-2.60	Clothoïde 2
P.19	52+375.00 0	-0.81	-2.50	Clothoïde 2
P.20	52+400.00 0	0.97	-2.50	Clothoïde 2
P.21	52+425.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 2
P.22	52+444.75 7	2.50	-2.50	Clothoïde 2
P.23	52+450.00 0	2.50	-2.50	Droite 2
P.24	52+472.38	2.50	-2.50	Clothoïde 3

	7			
P.25	52+475.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.26	52+499.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.27	52+525.00 0	2.50	-1.51	Clothoïde 3
P.28	52+550.00 0	2.50	0.27	Clothoïde 3
P.29	52+575.00 0	2.50	2.06	Clothoïde 3
P.30	52+600.00 0	3.85	3.85	Clothoïde 3
P.31	52+604.21 4	4.15	4.15	Arc 2
P.32	52+625.00 0	4.15	4.15	Arc 2
P.33	52+650.00 0	4.15	4.15	Arc 2
P.34	52+675.00 0	4.15	4.15	Arc 2
P.35	52+698.89 0	4.15	4.15	Arc 2
P.36	52+725.00 0	2.50	2.28	Clothoïde 4
P.37	52+750.00 0	2.50	0.50	Clothoïde 4
P.38	52+775.00 0	2.50	-1.29	Clothoïde 4
P.39	52+800.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.40	52+825.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.41	52+830.71 8	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.42	52+850.00 0	2.50	-2.50	Droite 3
P.43	52+852.09 4	2.50	-2.50	Arc 3
P.44	52+875.00 0	2.50	-2.50	Arc 3
P.45	52+900.00 0	2.50	-2.50	Arc 3
P.46	52+925.00 0	2.50	-2.50	Arc 3
P.47	52+950.00 0	2.50	-2.50	Arc 3
P.48	52+975.00 0	2.50	-2.50	Arc 3
P.49	53+000.00 0	2.50	-2.50	Arc 3
P.50	53+025.00 0	2.50	-2.50	Arc 3

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.51	53+050.00 0	2.50	-2.50	Arc 3
P.52	53+075.00 0	2.50	-2.50	Arc 3
P.53	53+081.24 5	2.50	-2.50	Arc 3
P.54	53+100.00 0	2.50	-1.24	Clothoïde 5
P.55	53+124.00 0	2.50	0.62	Clothoïde 5
P.56	53+149.00 0	2.50	2.47	Clothoïde 5
P.57	53+175.00 0	4.33	4.33	Clothoïde 5
P.58	53+197.28 7	5.98	5.98	Arc 4
P.59	53+200.00 0	5.98	5.98	Arc 4
P.60	53+225.00 0	5.98	5.98	Arc 4
P.61	53+234.04 6	5.98	5.98	Arc 4
P.62	53+250.00 0	4.80	4.80	Clothoïde 6
P.63	53+275.00 0	2.94	2.94	Clothoïde 6
P.64	53+300.00 0	2.50	1.09	Clothoïde 6
P.65	53+325.00 0	2.50	-0.77	Clothoïde 6
P.66	53+348.34 5	2.50	-2.50	Clothoïde 6
P.67	53+375.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.68	53+400.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.69	53+425.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.70	53+450.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.71	53+475.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.72	53+500.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.73	53+525.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.74	53+550.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.75	53+575.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.76	53+600.00 0	2.50	-2.50	Droite 5
P.77	53+608.22 4	2.50	-2.50	Arc 5
P.78	53+625.00 0	2.50	-2.50	Arc 5

P.79	53+650.00 0	2.50	-2.50	Arc 5
P.80	53+675.00 0	2.50	-2.50	Arc 5
P.81	53+700.00 0	2.50	-2.50	Arc 5
P.82	53+707.45 7	2.50	-2.50	Arc 5
P.83	53+725.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.84	53+750.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.85	53+775.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.86	53+800.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.87	53+825.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.88	53+850.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.89	53+875.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.90	53+900.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.91	53+925.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.92	53+950.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.93	53+975.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.94	54+000.00 0	2.50	-2.50	Droite 6
P.95	54+009.82 5	2.50	-2.50	Clothoïde 7
P.96	54+025.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 7
P.97	54+049.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 7
P.98	54+075.00 0	2.50	-1.17	Clothoïde 7
P.99	54+100.00 0	2.50	0.61	Clothoïde 7
P.100	54+125.00 0	2.50	2.40	Clothoïde 7
P.101	54+142.82 5	3.67	3.67	Arc 6
P.102	54+150.00 0	3.67	3.67	Arc 6
P.103	54+175.00 0	3.67	3.67	Arc 6
P.104	54+200.00 0	3.67	3.67	Arc 6
P.105	54+225.00 0	3.67	3.67	Arc 6
P.106	54+250.00 0	3.67	3.67	Arc 6
P.107	54+275.00 0	3.67	3.67	Arc 6

P.108	54+291.18 8	3.67	3.67	Arc 6
P.109	54+300.00 0	3.04	3.04	Clothoïde 8
P.110	54+325.00 0	2.50	1.26	Clothoïde 8
P.111	54+350.00 0	2.50	-0.53	Clothoïde 8
P.112	54+375.00 0	2.50	-2.32	Clothoïde 8
P.113	54+400.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 8

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.114	54+424.18 8	2.50	-2.50	Clothoïde 8
P.115	54+450.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.116	54+475.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.117	54+500.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.118	54+525.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.119	54+550.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.120	54+575.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.121	54+600.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.122	54+625.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.123	54+650.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.124	54+675.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.125	54+700.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.126	54+725.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.127	54+750.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.128	54+775.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.129	54+800.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.130	54+825.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.131	54+850.00 0	2.50	-2.50	Droite 7
P.132	54+852.75 6	2.50	-2.50	Clothoïde 9
P.133	54+874.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 9
P.134	54+900.00 0	1.48	-2.50	Clothoïde 9

P.135	54+924.00 0	-0.31	-2.50	Clothoïde 9
P.136	54+950.00 0	-2.09	-2.50	Clothoïde 9
P.137	54+975.00 0	-3.88	-3.88	Clothoïde 9
P.138	54+981.90 6	-4.37	-4.37	Arc 7
P.139	55+000.00 0	-4.37	-4.37	Arc 7
P.140	55+025.00 0	-4.37	-4.37	Arc 7
P.141	55+050.00 0	-4.37	-4.37	Arc 7
P.142	55+075.00 0	-4.37	-4.37	Arc 7
P.143	55+089.25 5	-4.37	-4.37	Arc 7
P.144	55+100.00 0	-3.60	-3.60	Clothoïde 10
P.145	55+125.00 0	-1.82	-2.50	Clothoïde 10
P.146	55+150.00 0	-0.03	-2.50	Clothoïde 10
P.147	55+175.00 0	1.75	-2.50	Clothoïde 10
P.148	55+200.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 10
P.149	55+218.40 5	2.50	-2.50	Clothoïde 10
P.150	55+225.00 0	2.50	-2.50	Droite 8
P.151	55+250.34 8	2.50	-2.50	Clothoïde 11
P.152	55+275.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 11
P.153	55+300.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 11
P.154	55+325.00 0	2.50	-1.67	Clothoïde 11
P.155	55+350.00 0	2.50	0.12	Clothoïde 11
P.156	55+375.00 0	2.50	1.90	Clothoïde 11
P.157	55+383.34 8	2.50	2.50	Arc 8
P.158	55+400.00 0	2.50	2.50	Arc 8
P.159	55+425.83 3	2.50	2.50	Arc 8
P.160	55+450.00 0	2.50	0.77	Clothoïde 12
P.161	55+475.00 0	2.50	-1.01	Clothoïde 12
P.162	55+500.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 12
P.163	55+525.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 12

P.164	55+549.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 12
P.165	55+558.83 3	2.50	-2.50	Clothoïde 12
P.166	55+575.13 9	2.50	-2.50	Clothoïde 13
P.167	55+599.00 0	2.50	-1.48	Clothoïde 13
P.168	55+624.00 0	2.50	0.30	Clothoïde 13
P.169	55+650.00 0	2.50	2.09	Clothoïde 13
P.170	55+675.00 0	3.87	3.87	Clothoïde 13
P.171	55+694.97 2	5.30	5.30	Arc 9
P.172	55+700.00 0	5.30	5.30	Arc 9
P.173	55+725.00 0	5.30	5.30	Arc 9
P.174	55+750.00 0	5.30	5.30	Arc 9
P.175	55+775.00 0	5.30	5.30	Arc 9
P.176	55+800.00 0	5.30	5.30	Arc 9

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.177	55+825.00 0	5.30	5.30	Arc 9
P.178	55+836.11 7	5.30	5.30	Arc 9
P.179	55+850.00 0	4.31	4.31	Clothoïde 14
P.180	55+875.00 0	2.52	2.52	Clothoïde 14
P.181	55+900.00 0	2.50	0.74	Clothoïde 14
P.182	55+925.00 0	2.50	-1.05	Clothoïde 14
P.183	55+950.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 14
P.184	55+955.94 9	2.50	-2.50	Clothoïde 14
P.185	55+975.00 0	2.50	-2.50	Droite 10
P.186	56+000.00 0	2.50	-2.50	Droite 10
P.187	56+025.00 0	2.50	-2.50	Droite 10
P.188	56+051.34 8	2.50	-2.50	Clothoïde 15
P.189	56+074.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 15
P.190	56+100.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 15

P.191	56+125.00 0	1.08	-2.50	Clothoïde 15
P.192	56+150.00 0	-0.71	-2.50	Clothoïde 15
P.193	56+175.00 0	-2.49	-2.50	Clothoïde 15
P.194	56+184.34 8	-3.16	-3.16	Arc 10
P.195	56+200.00 0	-3.16	-3.16	Arc 10
P.196	56+225.00 0	-3.16	-3.16	Arc 10
P.197	56+231.07 0	-3.16	-3.16	Arc 10
P.198	56+250.00 0	-1.81	-2.50	Clothoïde 16
P.199	56+275.00 0	-0.02	-2.50	Clothoïde 16
P.200	56+300.00 0	1.77	-2.50	Clothoïde 16
P.201	56+325.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 16
P.202	56+349.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 16
P.203	56+364.07 0	2.50	-2.50	Clothoïde 16
P.204	56+375.00 0	2.50	-2.50	Droite 11
P.205	56+400.00 0	2.50	-2.50	Droite 11
P.206	56+425.00 0	2.50	-2.50	Droite 11
P.207	56+450.00 0	2.50	-2.50	Droite 11
P.208	56+475.00 0	2.50	-2.50	Droite 11
P.209	56+484.79 2	2.50	-2.50	Clothoïde 17
P.210	56+500.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 17
P.211	56+525.00 0	2.50	-2.40	Clothoïde 17
P.212	56+550.00 0	2.50	-0.61	Clothoïde 17
P.213	56+575.00 0	2.50	1.17	Clothoïde 17
P.214	56+600.00 0	2.96	2.96	Clothoïde 17
P.215	56+616.61 9	4.15	4.15	Arc 11
P.216	56+625.00 0	4.15	4.15	Arc 11
P.217	56+644.76 2	4.15	4.15	Arc 11
P.218	56+650.00 0	3.77	3.77	Clothoïde 18
P.219	56+675.00 0	2.50	1.99	Clothoïde 18

P.220	56+700.00 0	2.50	0.20	Clothoïde 18
P.221	56+725.00 0	2.50	-1.58	Clothoïde 18
P.222	56+750.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 18
P.223	56+776.58 9	2.50	-2.50	Clothoïde 18
P.224	56+800.00 0	2.50	-2.50	Droite 12
P.225	56+825.00 0	2.50	-2.50	Droite 12
P.226	56+850.00 0	2.50	-2.50	Droite 12
P.227	56+875.00 0	2.50	-2.50	Droite 12
P.228	56+900.00 0	2.50	-2.50	Droite 12
P.229	56+908.45 9	2.50	-2.50	Arc 12
P.230	56+925.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.231	56+950.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.232	56+975.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.233	57+000.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.234	57+025.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.235	57+050.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.236	57+075.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.237	57+100.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.238	57+125.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.239	57+150.00 0	2.50	-2.50	Arc 12

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.240	57+175.00 0	2.50	-2.50	Arc 12
P.241	57+181.07 5	2.50	-2.50	Arc 12
P.242	57+200.00 0	2.50	-2.50	Droite 13
P.243	57+207.07 3	2.50	-2.50	Arc 13
P.244	57+225.00 0	2.50	-2.50	Arc 13
P.245	57+250.00 0	2.50	-2.50	Arc 13
P.246	57+275.00 0	2.50	-2.50	Arc 13

P.247	57+300.00 0	2.50	-2.50	Arc 13
P.248	57+325.00 0	2.50	-2.50	Arc 13
P.249	57+350.00 0	2.50	-2.50	Arc 13
P.250	57+375.00 0	2.50	-2.50	Arc 13
P.251	57+400.00 0	2.50	-2.50	Arc 13
P.252	57+404.88 4	2.50	-2.50	Arc 13
P.253	57+424.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 19
P.254	57+450.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 19
P.255	57+475.00 0	2.50	-0.94	Clothoïde 19
P.256	57+500.00 0	2.50	0.85	Clothoïde 19
P.257	57+525.00 0	2.63	2.63	Clothoïde 19
P.258	57+539.52 9	3.67	3.67	Arc 14
P.259	57+550.00 0	3.67	3.67	Arc 14
P.260	57+565.99 9	3.67	3.67	Arc 14
P.261	57+575.00 0	3.03	3.03	Clothoïde 20
P.262	57+600.00 0	2.50	1.24	Clothoïde 20
P.263	57+625.00 0	2.50	-0.54	Clothoïde 20
P.264	57+650.00 0	2.50	-2.33	Clothoïde 20
P.265	57+675.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 20
P.266	57+698.99 9	2.50	-2.50	Clothoïde 20
P.267	57+725.00 0	2.50	-2.50	Droite 15
P.268	57+750.00 0	2.50	-2.50	Droite 15
P.269	57+752.44 0	2.50	-2.50	Clothoïde 21
P.270	57+774.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 21
P.271	57+800.00 0	0.77	-2.50	Clothoïde 21
P.272	57+824.00 0	-1.01	-2.50	Clothoïde 21
P.273	57+850.00 0	-2.80	-2.80	Clothoïde 21
P.274	57+875.00 0	-4.59	-4.59	Clothoïde 21
P.275	57+877.41 1	-4.76	-4.76	Arc 15

P.276	57+900.00 0	-4.76	-4.76	Arc 15
P.277	57+925.00 0	-4.76	-4.76	Arc 15
P.278	57+950.00 0	-4.76	-4.76	Arc 15
P.279	57+975.00 0	-4.76	-4.76	Arc 15
P.280	58+000.00 0	-4.76	-4.76	Arc 15
P.281	58+025.00 0	-4.76	-4.76	Arc 15
P.282	58+034.62 6	-4.76	-4.76	Arc 15
P.283	58+050.00 0	-3.66	-3.66	Clothoïde 22
P.284	58+075.00 0	-1.87	-2.50	Clothoïde 22
P.285	58+100.00 0	-0.09	-2.50	Clothoïde 22
P.286	58+125.00 0	1.70	-2.50	Clothoïde 22
P.287	58+149.00 0	2.50	-2.50	Clothoïde 22
P.288	58+159.59 7	2.50	-2.50	Clothoïde 22
P.289	58+175.00 0	2.50	-2.50	Droite 16
P.290	58+179.99 6	2.50	-2.50	Droite 16