



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ « ABESLAGHROUR » DE KHENCHELA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département de Génie Civil

N° de série :

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master (L.M.D)
Spécialité : Voies et Ouvrages D'art

*Étude du dédoublement de la RN80
reliant KHENCHELA - M'TOUSSA
Sur 6 KMS*

Réalisé par :

-Tebib Hamza

-Belaghmas Samah

. Membres de jury :

-Khalfaoui Moustafa Kamel

-Boutrid Abdelaziz

Dirigé par : M. TOUAM Lekhemissi

Année universitaire 2019-2020

Mémoire de fin d'études Pour



2020/2019

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu, notre créateur de nous avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à notre encadreur "**Touam Lakhemissi**" pour ses conseils et ses dirigés et pour avoir fait de lecture notre mémoire, aller l'examiner et ils peuvent évaluer cette mémoire. Nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et pour vos précieux conseils et remarque du début à la fin de ce travail.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude

- **Rebai Billel**
- **Massas Tidjani**
- **Benaddi Hachemi**
- **Mamen Balkacem**
- **Khalfaoui Kamel**
- **Sekiou Somia**
- **Masmodi Mounira**
- **Boutrid Abed Laziz**
- **Badla Oualid**
- **Lakouara Aid**
-

Merci



إهداء

اهدي ثمرة جمدي إلى أختي وأبرز الناس أمي وأبي
أمي الغالية التي عمرتني بحبها وعطفها وحنانها ودعواتها ووقوفها
بجانبي طوال مشواري الدراسي
إلى أبي الذي رباني وأحاطني برعايته وحبه ودعواته
أدعو الله أن يحفظهما ويطول في عمرهما
وزملائي في هذا المشوار إلى إخواني وأصدقائي
الذي تقاسمنا معهم طو ومر الحياة
وإلى من مد لي يد العون في مسيرتي العلمية
راجية من الله تعالى التوفيق في حياتي

2020/2021

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :
A mes très chers parents qui m'ont guidé
Durant les moments les plus pénibles de ce long
Chemin, à mes parents
qui ont sacrifié toute leur vie afin de me voir devenir
Ce que je suis, merci mes parents.
A mes chers frères ; et ma sœurs ,et bien sûr à leurs enfants .Aussi à
mes copins .Et à mes camarades de classe .
Et surtout à la plus proche amie .
A tout ma famille **TEBIB** et **LATRACHE**
A tous mes professeurs ; merci bouceaup.
Et à toute la promotion de **VOA : 2019/2020**

Tebib Hamza

Liste des Symbole

Présentation de l'ouvrage

h/l : Le dénivelé cumulé moyen.

Si : La sinuosité.

E : L'environnement de la route.

C : La catégorie de la route.

Vr : La vitesse de référence (ou de base).

Etude du trafic

$TJMA_n$: Trafic journalier moyen à l'année n .

$TJMA_0$: Trafic journalier moyen à l'année 0.

τ : *taux* d'accroissement annuel.

n : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

T_{eff} : Le trafic effectif.

Z : Le pourcentage de poids lourds.

P : Coefficient d'équivalence.

Q : Débit de pointe horaire normale.

Q_{adm} : Le débit admissible.

C_{th} : La capacité théorique.

K_1 : Coefficient qui dépend de l'environnement.

K_2 : Coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

N : Nombre de voies.

S : coefficient de dissymétrie.

Tracé en plan

L_{max} : La longueur maximale d'alignements.

L_{min} : La longueur minimale d'alignements.

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

R : rayon de l'axe de la route.

A : paramètre de clothoïde.

F_c : Force centrifuge.

P : Poids de véhicule.

Liste des Symbole

G : Accélération de la pesanteur.

d : Devers.

RH_{min} : Rayon horizontal minimal absolu.

RHN : Rayon minimal normal.

RHd : Rayon au dévers minimal.

$RHnd$: Rayon minimal non déversé.

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

S : Sur largeur.

D_{min} : distance D min Appelée longueur de gauchissement.

D_{min} : Devers minimal (%).

D_{max} : Devers maximal (%).

t_1 : Temps de perception réaction (s).

f_l : Frottement longitudinal.

f_t : Frottement transversal.

d_0 : Distance de freinage (m).

d_1 : Distance d'arrêt (m).

d_m : Distance de visibilité de dépassement minimale (m).

d_n : Distance de visibilité de dépassement normale (m).

Dmd : Distance de visibilité de manœuvre dépassement (m)

Le profile en long

I_{min} : Déclivité Minimum.

g : La pesanteur.

Rv : rayon vertical (m).

h_0 : hauteur de l'oeil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

Rvm : Rayon minimal absolu calculé pour une vitesse V_r .

Rvn : Rayon minimal normal calculé pour une vitesse $+ 20V_r$.

Les cubatures

Liste des Symbole

V_{pn} : Le volume entre les deux profile en travers consécutifs, distants de dn .

S_n : Surface de profile P_n .

L'étude géotechnique

K_i : numérotation des puits.

P_k : Point kilométrique.

W : Teneur en eau naturelle.

ρ_s : Masse volumique réelle du sol (g/cm^3).

ρ_{as} : Masse volumique apparente sèche du sol (g/cm^3).

WL : La limite d e liquidité.

Wp : La limite d e plasticité.

Ws : La limite d e retrait.

δd_{max} : Le poids volumique sec maximum.

W_{opt} : La teneur en eau optimum.

D_{max} :Le diamètre max des granulats.

I_p : L'indice de plasticité.

S_i : La classe de portance du sol.

Dimensionnement du corps de chaussée

T : Trafic poids lourds.

N : Trafic cumulé.

A : Facteur d'agressivité globale du trafic.

C : Facteur de cumul.

τ : Taux de croissance du trafic.

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

E_{eq} : Epaisseur équivalente.

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

Log : Logarithme décimal.

I : Indice CBR (sol support).

N : Désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

TH : Trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

Liste des Symbole

T_j : Trafic cumulé de poids lourds à la 20ème année

S_j : Les caractéristiques de sol.

TPL_i : La classe de trafic poids lourd.

RP : Le réseau principal noté.

RS : Le réseau secondaire.

EV : La déflexion en MPA.

dc : Déformation en 1/100mm.

Teq : La température équivalente en 0.

Teq : Trafic équivalent par essieu de 13 tonnes.

TGMA : Trafic à l'année de mise en service de la route.

a : Coefficient qui dépend du nombre de voies.

τ : Taux d'accroissement annuel.

n : Durée de vie de la

P : Pourcentage de poids lourds.

Si : Classe de portance de sol support.

EV2 : Module à la plaque.

Dc : Déflexion caractéristique en 11100 mm.

E : Module de Young (MPa).

Les carrefours

R_g : Le rayon extérieur.

R_i : Le rayon intérieur.

R_e : Les rayons d'entrée.

R_s : et de sortie.

L_e : La largeur des entrées.

L_s : La largeur des sorties.

Signalisation et éclairage

u : Une largeur unité pour définir la a largeur des lignes de marquage .

T1 : Type de modulation des lignes discontinues .

E : L'espace entre luminaires .

Liste des Symbole

H : La hauteur du luminaire .

L : La largeur de la chaussée.

P: La porte à faux du foyer par rapport au support.

S:L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb par rapport au bord de la chaussée.

Titres des tableaux	page
Chapitre II : Paramètres fondamentaux	
Tableau II.1: Dénivelée des routes	08
Tableau II. 2 : Sinuosité des routes	09
Tableau II. 3 : L'environnement des routes	09
Tableau II. 4 : Vitesse de référence	10
Tableau II. 5 : Pour notre projet	10
Tableau II.6 : Hauteur de l'œil	10
Tableau II. 7 : Coefficient de frottement longitudinal f_L	13
Tableau II. 8 : Coefficient de frottement longitudinal f_L	14
Chapitre III : Etude du Trafic	
Tableau III.1: coefficient d'équivalence	20
Tableau III.2: valeurs de k_1	20
Tableau III.3 : valeurs k_2	21
Tableau III.4: valeurs de la capacité théorique	21
Tableau III.5: Les résultats des calculs	23
Chapitre IV : Tracé en plan	
Tableau IV.1 :Rayon non déversé ($R_{hm}, R_{HN}, R_{HD}, R_{HnD}$)	35
Chapitre V : Profil en long	
Tableau V.1 :la déclivité maximale	42
Tableau V.2:le tracé de la ligne rouge	45
Chapitre VIII : Etude géotechnique	
Tableau VIII.1: Analyses granulométriques	57
Tableau VIII.2: les valeurs des essais Proctor	59
Tableau VIII.3: les valeurs des essais C.B.R	60
Chapitre IX : Dimensionnement du corps de la chaussée	
Tableau IX.1: Les coefficients d'équivalent	67
Tableau IX.2: classe du trafic	69
Tableau IX.3 : classe du sol	69
Tableau IX.4: les valeurs des Couche de fondation	71
Chapitre X : Assainissement	
Tableau X.1: Coefficient de ruissellement 'C'	77
Tableau X.2: les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence	78
Tableau X.3: les ouvrages d'assainissement buses	80
Tableau X.4: les ouvrages d'assainissement dalots	80
Chapitre XII : Signalisation et éclairage	
Tableau XII.2: les caractéristiques des lignes discontinues	91

Titres des figures	Page
Chapitre I : Présentation du projet	
Figure I.1 : localisation géographique de la wilaya de Khenchela	03
Figure I.2 : Localisation du projet	03
Figure I.3 : Zone d'étude	04
Figure I.4 : Début du projet	05
Figure I.5 : Fin du projet	06
Chapitre II : Paramètres fondamentaux	
Figure II.1 : profil en long	08
FigureII.2 :La sinuosité des routes	09
Figure II. 3: la force de pesanteur force centrifuge	13
Chapitre IV : Tracé en plan	
Figure IV.1: Zone de dérasement	29
Figure IV.2: Elément de la clothoïde	30
Figure IV.3: Courbe en S	32
Figure IV.4: Courbe à sommet	33
Figure IV.5: Courbe en c	33
Figure IV.6: Courbe en ove	33
FigureIV.7: Les gisements	36
Figure IV.8: Les points particuliers	37
Figure IV.9: Tracé en plan	38
Chapitre V : Profil en long	
Figure V.1 : Profil en long	40
Figure V.2: Raccordements en profil en long	43
Figure V.3 : Raccordements convexes (angle saillant)	44
Figure V.4: Détermination pratiques du profil en long	46
Figure V.5: Profil en long	47
Chapitre VI : Profil en travers	

Figure VI.1: Profil en travers type	49
Figure VI.2: Profil en travers	50
Chapitre VII : Les cubatures	
Figure VII.1 :MÉTHODES UTILISÉES	53
Figure VII.2 :Méthode de GULDEN	54
Chapitre VIII : Etude géotechnique	
Figure VIII.1:Équivalent de sable	58
Figure VIII.2:Limites d'Atterberg	58
Chapitre IX : Dimensionnement du corps de chaussé	
Figure IX.1 : Structure type d'une chaussée souple	64
Figure IX.2: Structure type d'une chaussée rigide	64
Figure IX.3: Structure type d'une chaussée semi - rigide	65
Figure IX.4: Schéma récapitulatif	65
Figure IX.5 : démarche catalogue	68
Figure IX.6: Couche de fondation	71
Chapitre XI : Etude de carrefours	
Figure XI.1 : Carrefour à trois branches	82
8Figure XI.2: Carrefour à quatre branches	83
Figure XI.3: Schéma de carrefour giratoire	84
Figure XI.4: Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire	85
Figure XI.5 : Intersection(Khenchela-Ain Touila-Beghai-Ain Beida)	86
Chapitre XII : Signalisation et éclairage	
Figure XII.1: Types de modulation	90
Figure XII.2: flèche de rabattement et de sélection	91
Figure XII.3: exemple des panneaux utilisés au projet	93
Figure XII.4: signalisation de Carrefour	94

SOMMAIRE

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	01
Chapitre I: PRESENTATION DE PROJET	03
I-1- Introduction	03
I -2-Présentation de la zone d'étude.	04
I-3. Objectifs principaux du projet	04
I-4. Caractéristiques de la route existante	05
Chapitre II : PARAMETRES FONDAMENTAUX	06
II.1 Elément de base	07
II.1.1 Niveau de service	07
II.1 .2 Catégorie de route	07
II.1.3 L'environnement de la route (E_i)	07
II.1.4 La vitesse de référence (V_r)	10
II.1.5 Hauteur de l'œil et de l'obstacle	10
II.1.6 Temps de perception- réaction	11
II.2. Paramètres cinématiques	11
II .2.1. Mouvement des véhicules	11
Chapitre III : ETUDE DU TRAFIC	16
III -1- Introduction	17
III -2- Vocabulaire a connaitre	17
III -3- L'analyse des trafics existants	18
III -4- Modèles de présentation de trafic	18
III -5-la procédure de détermination de nombre de voies	19
III -6- Application au projet.....	21
chapitre IV :TRACE EN PLAN	24
IV -1- définition	25
IV -2- règles a respecter dans le trace en plan	25
IV -3- les éléments géométriques du trace en plan	25

SOMMAIRE

IV -3-1- les alignements	25
IV -3-2- Arc de cercle	26
IV -3-3- Les raccordements progressifs (CLOTHOIDE)	29
IV -4- Vitesse de référence	34
IV.4.1- Définition	34
IV.4.2- Choix de la vitesse de référence	34
IV.4.3- Vitesse de projet	34
IV -5- Application au projet	34
IV -6- Calcul d'axe	35
Chapitre V : PROFIL EN LONG	39
V-1- Définition	40
V-2- Les principes paramètres du choix d'un profil en long	40
V-3- Les règles a respecter pour le tracé de la ligne rouge	40
V-4- Coordination du trace en plan et du profil en long	41
V-5- La déclivité	41
V-6- Raccordements en profil en long	42
V-6-1- Raccordements convexes (angle saillant)	43
V-6-2- Raccordements concaves (angle rentrant)	44
V-7- Détermination pratiques du profil en long	45
Chapitre VI : Profil en travers	48
VI-1- Définition	48
VI-2- Les éléments constitutifs du profil en travers	48
VI-3- Différent type de profil en travers	49
VI-4- Profil en travers applique au projet	50
Chapitre VII : LES CUBATURES	51
VII .1. Introduction	52
VII .2. Méthodes utilisées	52
VI-2-1- Méthodes des moyennes des aires : (méthode linéaire)	52

SOMMAIRE

VII.2.2.Méthode de GULDEN	54
Chapitre VIII : ETUDE GEOTECHNIQUE	55
VIII -1-Introduction	56
VIII -2-Les différents essais en laboratoire	56
VIII -3- Conditions d'utilisation des sols en remblais	60
Chapitre IX : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSE	61
IX-1- Introduction	62
IX-2- La chaussée	62
IX-3- les différents facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée	66
IX-4- Les principales méthodes de dimensionnement	66
IX-4-1-Méthode de C.B.R California - Bearing - Ratio	66
IX-4-2-Méthode du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)	68
IX-5- Application au projet	70
IX-5-1- Méthode CBR	70
Chapitre X : ASSAINISSEMENT	72
X -1- Introduction	73
X -2- Objectif de l'assainissement	73
X -3- Assainissement de la chaussée	74
X -4- Quelques définitions	75
X-5- Dimensionnement du réseau d'assainissement à projeter	76
X-5-2- Estimation des débits de saturation des ouvrages	79
Chapitre XI : ETUDE DES CARREFOURS	81
XI-1- Introduction	82
XI -2- Les principaux types de Carrefour	82
XI .2.1- Carrefour à trois branches (en T)	82
XI .2.2- Carrefour à trois branches (en Y)	82
XI .2.3 Carrefour à quatre branches	82
XI .2.3.1 Carrefour en croix	82

SOMMAIRE

XI .2.4 Carrefour a plus de quatre branches	83
XI .2.5 Carrefour giratoire	83
XI .2.5.1 Avantages et inconvénients du Carrefour giratoire	83
XI .2.5.2 Les éléments propres au Carrefour giratoire	84
XI .2.5.3 Le dimensionnement optimal du Carrefour giratoire	85
XI .2.5.4 Les caractéristiques géométriques du Carrefour giratoire	85
XI- 3- Choix de type de Carrefour	86
XI- 4- Application au projet	86
XI- 5-. Conclusion	86
Chapitre XII : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE	87
XII-1- Introduction	88
XII-2- L'objet de la signalisation routière	88
XII- 3- Catégories de signalisation	88
XII-4- règles à respecter pour la signalisation	88
XII-5- types de signalisation	89
XII-5- 1- Signalisation vertical	89
XII-5- 2- Signalisation horizontale	89
XII-6-1- Eclairage - Introduction-	95
XII-6-2- Eclairage d'un point singulier	95
XII-7- Paramètre de l'implantation des luminaires	95
CONCLUSION GENERALE	96
Liste des références	97
Résumé	122

INTRODUCTION GENERALE

L'analyse de la situation des pays équipés et développés, montre que le secteur du transport constitue une base au plan du développement national et de la croissance économique.

Cela montre bien que le secteur du transport est un secteur stratégique sur les plans économique et social, et de l'intégrité du territoire. Il concourt à la satisfaction des besoins essentiels de la population et impulse et conforte le reste de l'économie nationale, dont il constitue une véritable locomotive ; comme cela a été le cas dans l'histoire des pays actuellement développés, ou en voie de développement.

En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic marchandises et voyageur.

La croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation de ses moyens de communication notamment dans le domaine des infrastructures routières les préoccupations dominantes des responsables d'infrastructures routières ont tendues progressivement à des techniques de réalisation nouvelles qui peuvent faciliter la circulation et amortir l'augmentation du trafic prenant conscience du problème.

La direction politique de notre pays a inscrit plusieurs projets routiers (dans le programme du développement) portant sur la réalisation des tracé routiers neuf, l'aménagement des carrefours, des rocades et le dédoublement des routes excitantes, c'est dans ce contexte qu'on peut classer notre projet.

L'évolution de la demande de transport générée par le développement et l'extension du tissu urbain, s'est traduite par des niveaux de trafic très élevés sur la route nationale n°80 (RN 80). Cet état a conduit à la nécessité de concevoir un dédoublement entre Khenchela et M'toussa.

Chapitre I :

Présentation de projet



I-1- INTRODUCTION^[2]:

La **wilaya de Khenchela** est une wilaya algérienne située à l'Est du pays dans les Aurès. Elle est délimitée , et se trouve à 1122 mètres d'altitude moyenne.

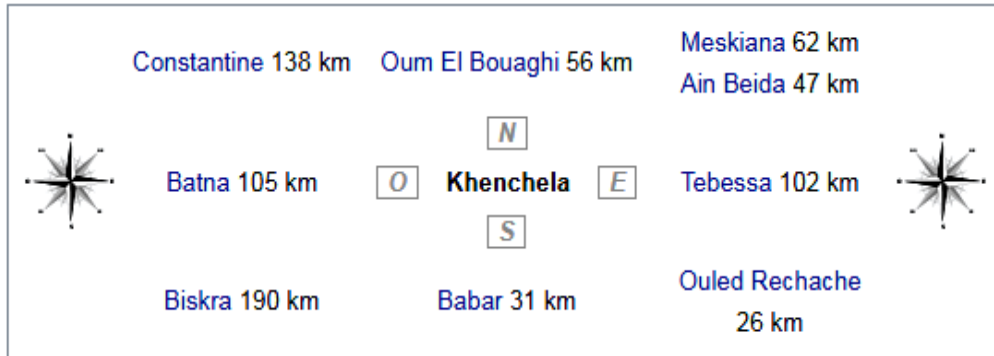


Figure I.1: localisation géographique de la wilaya de Khenchela^[2] .

Khenchela est considérée également comme étant une ville d'équilibre des Hauts plateaux avec liaisons aux territoires Sud et du Tell au Nord. Elle est aussi sujette aux influences des échanges transfrontaliers sur la partie Est en relation avec la wilaya de Tébessa, cet état a conduit à la nécessité d'envisager des nouvelles infrastructures routières susceptible de prendre en charge les surplus de trafics et par la même une meilleure prise en charge de la fluidité de la circulation.



Figure I.2 : Localisation du projet ^[4]

I -2-Présentation de la zone d'étude

La daïra de **Khenchela** et la ville de **M'toussa** sont des collectivités publiques territoriales algériennes situées au nord de la Wilaya de Khenchela

Nous avons choisi un tronçon comme échantillon de notre étude qu' est appliquée **sur 06km** de linéaire. Cette tronçon s'étale du PK **RN80** (PK. 192+553 km) au (PK 198+ 553km).



Figure I.3: Zone d'étude[3]

I-3.Objectifs principaux du projet

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

- L'augmentation de la capacité de la route.
- Définir une manifestation d'intérêt pour l'économie nationale.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et future.
- L'amélioration du niveau de service de la route.
- Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- Aider L'activité des zones agricoles.
- Réduire le coût d'exploitation du véhicule (C.E.V).
- Etudier l'assainissement du projet.

- Signalisation et éclairage.

I-4. Caractéristiques de la route existante

Nous adoptons un profil en travers type pour la route unidirectionnel de (2x2voies) , par ailleurs, les éléments géométriques du tracé correspondent à une :

- Vitesse de référence :100Km/h.
- Début de projet : RN80 (PK. 192+553 km).
- Fin de projet: M'toussa .
- Sinuosité de la section: Faible.
- Environnement de la section: E1.
- Catégorie de la route :C1.



Figure I.4: Début du projet [4]



Figure I.5: Fin du projet [4]

Chapitre II:

Paramètres fondamentaux



II.1 Elément de base :

II.1.1 Niveau de service[1] :

Dans chaque catégorie de liaison, la route est caractérisée par des conditions minimales d'aménagement dépendant de :

- La qualité du service assuré aux usagés.
- L'intensité du trafic et de sa composition.
- Caractéristiques topographiques ou plutôt de l'environnement, il permet de fixer la catégorie et l'environnement.

II.1 .2 Catégorie de route [1]:

L'infrastructure routière en Algérie est classée en 5 catégories fonctionnelles aux conditions économiques, géométriques et administratives fixées par la politique d'aménagement routier .

- Catégorie 1 (**C1**) : Liaison entre deux grands centres économiques et de centre d'industries lourds, ce sont des routes à grand trafic et à grande vitesse de circulation.
- Catégorie 2 (**C2**) : Liaison des pôles d'industrie de transformation entre eux.
- Catégorie 3 (**C3**) : Liaison des chefs lieux de daïra et ceux de wilaya.
- Catégorie 4 (**C4**) : Liaison de tous les centres de vie avec le chef lieux de daïra.
- Catégorie 5 (**C5**) : Routes et pistes non comprises dans la catégorie précédente.

Les normes routières qui fixent les caractéristiques géométriques et cinématique dans la route Algérienne généralement sont :

- I. B40 : norme technique d'aménagement des routes.
- II. B40 : manuel du projecteur.
- III. B40 : manuel d'application.

Le manuel (B40), établit les normes techniques régissant les routes algériennes. Elles sont classées en Cinq (05) catégories, correspondant aux buts économiques et administratifs des itinéraires retenus.

Cette section a été conçue en phase préliminaire suivant la catégorie **C1**.

II.1.3 L'environnement de la route (E_i) [1]:

L'environnement de la route définit l'état actuel de la route et caractérisé par d'indicateurs :

- La dénivelée cumulée moyenne .
- La sinuosité de la route.

➤ La dénivelée cumulée moyenne (DCM) [1]:

C'est la somme des dénivelées en valeur absolue en pourcentage

$$DCM = \frac{h}{L}$$

.....1

$L = \sum l$: longueur total.

$h = \sum_{i>0} Pl_i - \sum_{i<0} Pl_i$: dénivelée totale

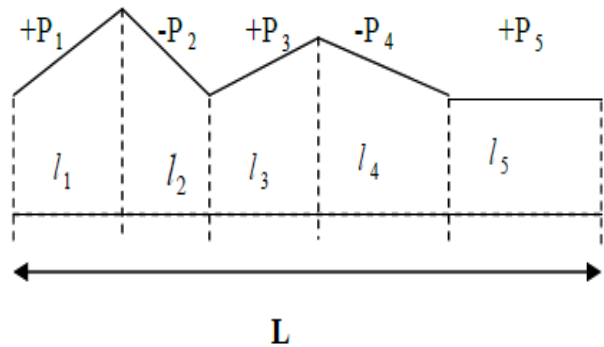


Figure II.1 : profil en long[6].

N° Code	Classification	Dénivelée cumulée moyenne
1	Plat	$h/L \leq 1.5\%$
2a	Plat mais inondable	$h/L \leq -1.5\%$
2b	Vallonné	$1.5\% < h/L \leq 4\%$
3	Montagneux	$4\% < h/L$

Tableau II.1 : Dénivelée des routes[1]

Pour notre projet :

on a : $\frac{H}{L} = \frac{690.8702}{60000} = 0.012 \%$

Ce qui nous conduit à **un terrain Plat.**

➤ **La sinuosité des routes (σ) [1]:**

La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse à la longueur totale de l'itinéraire en pourcentage.

$$\sigma = \frac{L_s}{AB}$$

.....2

Avec :

$LS : \sum R l < 200m$: La somme des longueurs des courbures de rayon.

AB : Longueur total de la route.

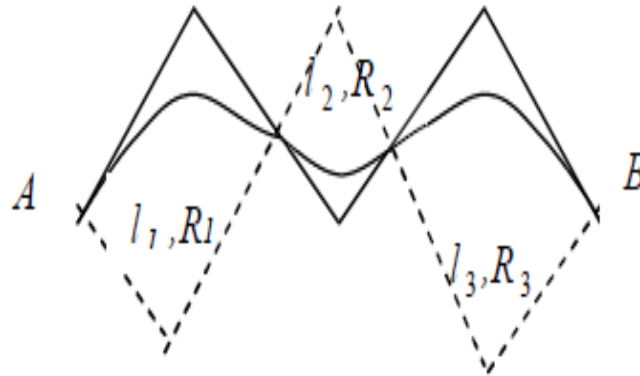


Figure II.2: La sinuosité des routes

N° Code	Classification	Valeur de la Sinuosité moyenne
1	Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.1$
2	Sinuosité moyenne	$0.1 < \sigma \leq 0.3$
3	Sinuosité forte	$0.3 < \sigma$

Tableau II. 2 : Sinuosité des routes. [1]

Pour notre projet :

$S = 0$ (il n'est y a pas des rayons inférieur a 200 m) Sinuosité faible.

Les trois types d'environnements E_i désignés résultant du : croisement de deux paramètres précédents selon le tableau suivant :

Sinuosité Relief	1	2	3
	Faible	Moyenne	Forte
1. Plat	E_1	E_2	-
2a Plat et inondable			
2b Vallonné	E_2	E_2	E_3
3. Montagneux	-	E_3	E_3

Tableau II.3 : L'environnement des routes.[1]

Pour notre projet :

On déduit que nous sommes dans un environnement E_1 .

II.1.4 La vitesse de référence (V_r) [1]:

La vitesse de référence (V_r) est la vitesse qui peut être pratiquée en tout point de la section considérée. La vitesse de référence d'une section de route est la vitesse qui permet de définir la caractéristique minimale d'aménagement de ses particuliers. Elle dépend de la catégorie de la route et l'environnement.

Catégorie Environnement					
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
E ₁	120-100-80	120-100-80	120-100-80	120-100-80	120-100-80
E ₂	100-80-60	100-80-60	100-80-60	100-80-60	100-80-60
E ₃	80-60-40	80-60-40	80-60-40	80-60-40	80-60-40

Tableau II.4 : Vitesse de référence [1]

Pour notre projet :

Notre projet se situe dans l'environnement **E1, C1**

Le long de notre route nous allons utiliser la vitesse **100km/h**

Vitesse de base	Catégorie	Environnement
100 km/h	C1	E2

Tableau II.5 : Pour notre projet

II.1.5 Hauteur de l'œil et de l'obstacle[1] :

Les hauteurs de l'œil et de l'obstacle sont des paramètres intervenant dans les calculs de distance de visibilité en point haut en bas, elles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel dans le plan vertical.

Catégorie	Hauteur de l'œil	Hauteur de l'obstacle Eventuel(h_1)	Hauteur de l'obstacle permanent (h_2)
	1.1m	0.15m	1.20m

Tableau II.6 : Hauteur de l'œil [1].

II.1.6 Temps de perception- réaction [1]:

Le temps de perception – réaction est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement.

$$t_i = 1.8 \text{ s} \quad \text{pour} \quad V > 80 \text{ km/h}$$

$$t_i = 2.0 \text{ s} \quad \text{pour} \quad V \leq 80 \text{ km/h}$$

Dans notre cas :

$$t_i = 2.0 \text{ s}$$

II.2. Paramètres cinématiques [1]:

C'est Le comportement des véhicules sur la route :

II .2.1. Mouvement des véhicules :➤ **Mouvement des véhicules isolés [1]:**

Il est toute fois essentiel de remarquer l'effort moteur F, ou l'effort résistance en cas defreinage, est limité par les lois de frottement.

a . Puissance de moteur et du couple moteur (p) [1]:

Dans le cas le plus général d'un moteur thermique à quatre temps la puissance fournie parle moteur a pour expression :

et

$$P = \frac{1}{120} RTLCN \quad \dots \rightarrow 3$$

$$Cm = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{20} RTLC \quad \dots \rightarrow 4$$

R : Rendement du moteur.

T : Taux de remplissage (par rapport au cycle théorique)

L : Pouvoir calorifique du carburant (variable avec altitude; à 2000 m est réduite avec 20%).

N : Nombre de tours /minute.

Cm : Couple de moteur.

Les facteurs variables R, T, N ne sont pas indépendants. On peut agir par exemple sur T par l'accélération mais il fléchit avec la vitesse, et généralement deux variables indépendantes suffisent pour définir un régime donné on moteur.

b . L'effort moteur (F):

L'effort moteur ou la force qui s'exerce au contact de la chaussée et de zones motrices à l'expression :

$$F = \frac{1}{r} \times Cm \times \frac{f}{d} \quad \dots \quad \Rightarrow \quad 5$$

f : Le rendement de transmission entre le moteur et la zone.

r : Etant le rayon des roues motrices.

d : Le rapport de multiplication qui varie quand on change la vitesse.

c . La résistance de l'aire R_a [1]:

La résistance de l'aire donnée par cette expression :

$$R_a = kSV^2 \quad \dots \quad \Rightarrow \quad 6$$

K : Coefficient de finesse.

V : La vitesse du véhicule par rapport à l'aire en m/s.

S : Le maître couple c'est-à-dire surface du véhicule projeté sur un plan vertical Perpendiculaire à l'axe.

d . La résistance au roulement (R) [1] :

$$R = \phi \times P_i \quad \dots \quad \Rightarrow \quad 7$$

Φ : Coefficient de frottement.

P_i : Poids sur un essieu.

e .La force de pesanteur :

$$P_T = m. g. \sin(\alpha) \quad \dots \quad \Rightarrow \quad 8$$

$$P_m = m. g. \cos(\alpha) \quad \dots \quad \Rightarrow \quad 9$$

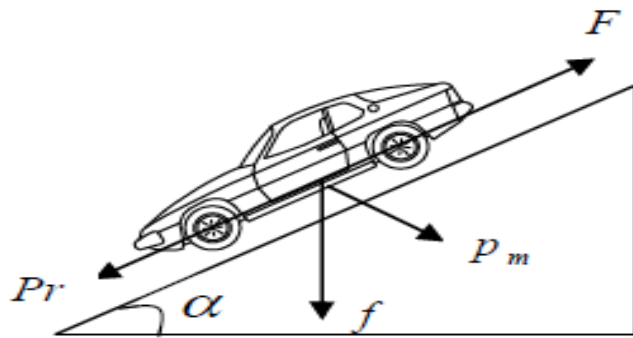


Figure II.3: la force de pesanteur force centrifuge[6].

$$F = \frac{mV^2}{R}$$

..... ➡ 10

➤ **Adhérence de freinage [1]:**

En effet, l'explication du mouvement du véhicule donnée plus haute, suppose que la roue motrice ne peut glisser sur la chaussée. Mais celle-ci peut patiner, en tournant sur place, ou pendant un freinage peut se bloquer en glissant sur la chaussée.

F : effort de moteur.

f : Coefficient de frottement.

$P1$: poids porté par les roues motrices

Si $F > P1f$ action d'avancement de véhicule.

Si $F < P1f$ glissement sous forme de patinage, les roues motrice tournent sur place.

F' : effort de freinage.

$P'1$: poids porté par les roues

Si $F' > P'1f$ action de freinage effectif.

Si $F' < P'1f$ glissement, les roues freinées ploquées ne tournent pas.

- En va déterminer le coefficient de frottement longitudinal f_L :

Propriétés des chaussées	Coefficient de Frottement f_L
Chaussée séché + pneu bon état	0.8 – 0.9
Chaussée maillées + pneu bon état	0.6 – 0.8
Chaussée séché + pneus usés	0.3 – 0.4
Chaussée maillées+ pneus usés	0.1 – 0.2
L'effet du gel	0.09 – 0.1

Tableau II.7 : Coefficient de frottement longitudinal f_L [1].

➤ **Coefficient de frottement longitudinal ($L f$) [1] :**

Le coefficient de frottement longitudinal admissible ($L f$) variable avec la vitesse sera à définir les valeurs minimales à la distance théorique de freinage par conséquent des paramètres des projets qu'ils

lies :

$L f$: Le coefficient de frottement longitudinal.

V_r (Km /h)	40	60	80	100	120	140
Cat 1,2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
Cat 3,4,5	0.45	0.46	0.43	0.40	0.36	X

Tableau II.8 : Coefficient de frottement longitudinal f_L [1].

➤ **Distance minimum de freinage (d_0) [1] :**

Le freinage d'un véhicule est réalisé par le frottement des garnitures des freins sur les disques de frein et par le frottement des pneumatiques sur la chaussée. Les possibilités de freinage sont limitées, du fait du jeu de l'adhérence ; il existe une distance minimum pour obtenir l'arrêt complet du véhicule.

Si on admet le cas le cas général que toutes les roues sont freinées, et que le conducteur freine en permanence à la limite de ses possibilités, l'équation de force vive sont :

* **1^{ere} cas :**

$\alpha = 0$ Distance de freinage **sur une route plate**

$$\frac{1}{2} mV^2 = P f_L d_0$$

$$\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = P f_L d_0$$

$$d_0 = \frac{V^2}{2 g f_L} = \frac{V^2}{2 \cdot 10 \cdot (3,6)^2 f_L} = \frac{V^2}{260 f_L}$$

$$d_0 = \frac{V^2}{260 f_L} \quad \dots \quad \Rightarrow \quad 11$$

* **2^{eme} cas :**

$\alpha < 0$ Lorsqu'il y a une pente (décente).

$$\Delta E_C = \Sigma W_i$$

$$0 - \frac{1}{2} m v^2 = p \sin \alpha - p F = 0$$

$$p d_0 (\sin \alpha - F) = m g d_0 (\sin \alpha - F).$$

$$d_0 = \frac{v^2}{2g(F - \sin \alpha)}$$

..... ➡ 12

* 3^{eme} cas :

$\alpha > 0$ lorsqu'il y a une rampe :

$$d_0 = \frac{v^2}{2g(F + \sin \alpha)}$$

..... ➡ 13

d_0 : La distance de freinage.

➤ **Distance d'arrêt [1]:**

La distance d'arrêt est la distance parcourue par le véhicule entre le moment dans le quel l'œil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule, elle est obtenue a la distance minimum de freinage (d) l'espace parcouru durant le temps de perception réaction.

a. En alignement droit (d_1) [1]:

$$t = 2S \text{ POUR } V \leq 100\text{Km/h} \rightarrow d_1 = d_0 + 0.55V$$

$$t = 1.8S \text{ POUR } V > 100\text{Km/h} \rightarrow d_1 = d_0 + 0.50V$$

d_1 : Distance d'arrêt.

d_0 : La distance de freinage.

La distance d_a resultera en **m** si **d** est prie en **m** et **V** en **Km/h**.

b. En courbe (d_1) [1]:

En doit majorer la distance d'arrêt de 25% car le freinage est moins énergique afin de ne pas perdre le contrôle du véhicule :

$$t = 2S \text{ POUR } V \leq 100\text{Km/h} \rightarrow d_1 = 1.25d_0 + 0.55V$$

$$t = 1.8S \text{ POUR } V > 100\text{Km/h} \rightarrow d_1 = 1.25d_0 + 0.50V$$

Chapitre III:

Etude du trafic



III -1- INTRODUCTION [6] :

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale, au travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés.

L'étude du trafic est une donnée nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport. Elle influera directement sur le choix des caractéristiques des voies à créer ainsi que les chaussées.

Il est donc nécessaire de quantifier ces déplacements existants et à venir. La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des :

- Trafic de transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération.
- la nature des flux, pour déterminer les points d'échange.
- le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les investissements.
- les mouvements directionnels permettent de définir les caractéristiques des échanges.
- Le niveau du trafic poids lourds détermine directement le dimensionnement de la structure de chaussée. Une étude du trafic se mène en général en cinq étapes :
- la définition du réseau.
- l'analyse des trafics existants.
- la détermination des conditions de circulation.
- l'évaluation de l'évolution des trafics.
- l'affectation des trafics.

III -2- Vocabulaire à connaître[6]:

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés:

- **Trafic de transit** : origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation) .
- **Trafic d'échange** : origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange) .
- **Trafic local** : trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié**: C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

III -3- L'analyse des trafics existants[6]:

Plusieurs méthodes permettent de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics. On veille, cependant, à adapter le niveau de connaissances aux besoins.

Le coût des investigations conduit à limiter celles-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause.

Il est également nécessaire de choisir l'outil de mesure susceptible de fournir les informations nécessaires. Enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet.

Les méthodes utilisées peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : *les comptages* (automatiques, manuels).
- Celles qui permettent en outre d'obtenir des renseignements qualitatifs: *les enquêtes de circulation*.

III -4- Modèles de présentation de trafic[6]:

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

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

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

➤ *Prolongation de l'évolution passée:*

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé.

On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic « T_n » à l'année « n » sera :

$$T_n = T_0 \times (1 + \tau)^n \dots \dots \dots \Rightarrow 14$$

Soit : T_0 : Le trafic à l'arrivée pour origine (à l'année zéro).

T_n : Le trafic à l'année horizon,

τ : Etant le taux de croissance annuel du trafic

➤ *Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :*

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

- Produit nationale brute (PNB).

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

➤ **Modèle gravitaire :**

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

➤ **Modèle de facteur de croissance :**

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine - destination.

La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

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

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

Conclusion:

Pour notre étude, nous utilisons la première méthode *prolongation de l'évolution passée*, parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

III -5- La procédure de détermination de nombre de voies [6] :

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

Le *Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A)* égal au trafic total de l'année divisé par le nombre de jour ; on l'exprime en *véhicules par jour*.

➤ **Trafic à un horizon donné ($T.J.M.A_h$) :**

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le *TJMA* évolue d'une année à l'autre.

Soit $TJMA_h$ le trafic à l'année horizon.

Soit $TJMA_0$ le trafic à l'année zéro.

On a:

$$TJMA_h = TJMA_0 \times (1 + \tau)^n \quad \dots \dots \dots \Rightarrow 15$$

τ, n Sont définies précédemment.

➤ **Trafic effectif (T_{eff}):**

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (*UVP*) en fonction de type de routes et de l'environnement (en plaine, vallonné ou montagneux).

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence (**P**) pour convertir les **PL** en **UVP** (tableau ci-dessous). Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_0 \quad \dots \dots \dots \Rightarrow 16$$

Z: pourcentage de poids lourds.

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

Valeurs de P :

Environnement	E1	E2	E3
Routes de bonnes caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Routes étroites	3-6	6-12	16-24

Tableau III.1: coefficient d'équivalence [1].

➤ **Débit de pointe horaire normal :**

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon h. Il est donné par la formule :

$$Q = (1/n) \times T_{eff} \quad \dots \dots \dots \Rightarrow 17$$

En général, on retient $(1/n) = 0,12$.

Soit :

$$Q = 0,12 \times T_{eff} (UVP/h) \quad \dots \dots \dots \Rightarrow 18$$

➤ **Débit horaire admissible :**

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

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th} (UVP/h) \quad \dots \dots \dots \Rightarrow 19$$

Avec :

Valeurs de K1 :

Environnement	E1	E2	E3
K ₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau III.2 : valeurs de **k₁**[1].

Valeurs de K_2 :

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E_2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E_3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau III.3 : valeurs k_2 [1].

k_1 : coefficient qui dépend de l'environnement.

k_2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

C_{th} : La capacité théorique pour des conditions normales de trafic prend les valeurs

Moyennes suivantes :

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

Tableau III.4: valeurs de la capacité théorique [1].

➤ *Calcul du nombre de voies :*

- *Cas d'une chaussée bidirectionnelle :*

On compare Q à Q_{adm} ,

On prend le profil permettant d'avoir : $Q \leq Q_{adm}$

- *Cas d'une chaussée unidirectionnelle :*

Le nombre de voie par chaussée est le nombre entier :

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

Avec

S : coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en général égale à $2/3$.

III -6 - Application au projet

➤ *Données de trafics :*

Le trafic à l'année 2015 $TJMA_{2015} = 13508$ v/J

- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 3,3\%$
- Le pourcentage de poids lourds PL=30 %
- L'année de mise en service 2020
- Durée de vie de la route 15 ans.

➤ *Application numérique :*

- *Calcul de TJMA horizon :*

$$TJMA_n = (1 + \tau)^n \times TJMA_{2015}$$

$$TJMA_{2020} = (1 + 0.033)^5 \times 13508$$

$$TJMA_{2020} = 15888,85 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2035} = (1 + 0.033)^{15} \times 15888,85 \text{ v/j}$$

Donc : $TJMA_{2035} = 25858,14 \text{ v/j}$

- *Calcul des trafics effectifs :*

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P \cdot Z] T J M A_h$$

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon.

Z : pourcentage de poids lourds (30%)

P : coefficient d'équivalence

$P = 3$ (route de bonnes caractéristiques, E1)

$$T_{eff} = [(1 - 0.3) + (3 \times 0.3)] \times 25858,14$$

$$T_{eff} = 41373,02 \text{ uvp/j.}$$

- *Débit de pointe horaire normal :*

Le débit de pointe normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon h, il est exprimé en uvp/h.

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

Avec :

(1/n) coefficient de pointe prise égale 0.12

$$Q = (1/n) T_{eff} = 0.12 \times T_{eff}$$

$$Q = 0.12 \times 41373,02$$

$$Q = 4964,76 \text{ uvp/h}$$

- *Calcul du Débit admissible :*

$$Q_{adm} = k_1 \times k_2 \times C_{th}$$

D'après les tableaux de valeur k_1 et k_2 , on $k_1 = 0,75$ et $k_2 = 1$

$C_{theo} = 1800 \text{ uvp/h}$ (pour une chaussée séparée)

$$Q_{adm} = 0,75 \times 1 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h}$$

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

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

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

$$N = (2/3) \times (4964,76/1350) = 2,45$$

Donc : $N = 2$ voies /sens.

Donc le profil 2x2 voies

III -7- Conclusion

Les résultats des calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA ₂₀₁₅ (v/j)	TJMA ₂₀₂₀ (v/j)	TJMA ₂₀₃₅ (v/j)	T _{eff 2035} (uvp/j)	Q (uvp/j)	N nombre de voie par sens
13508	15888,85	25858,14	41373,02	4964,76	2

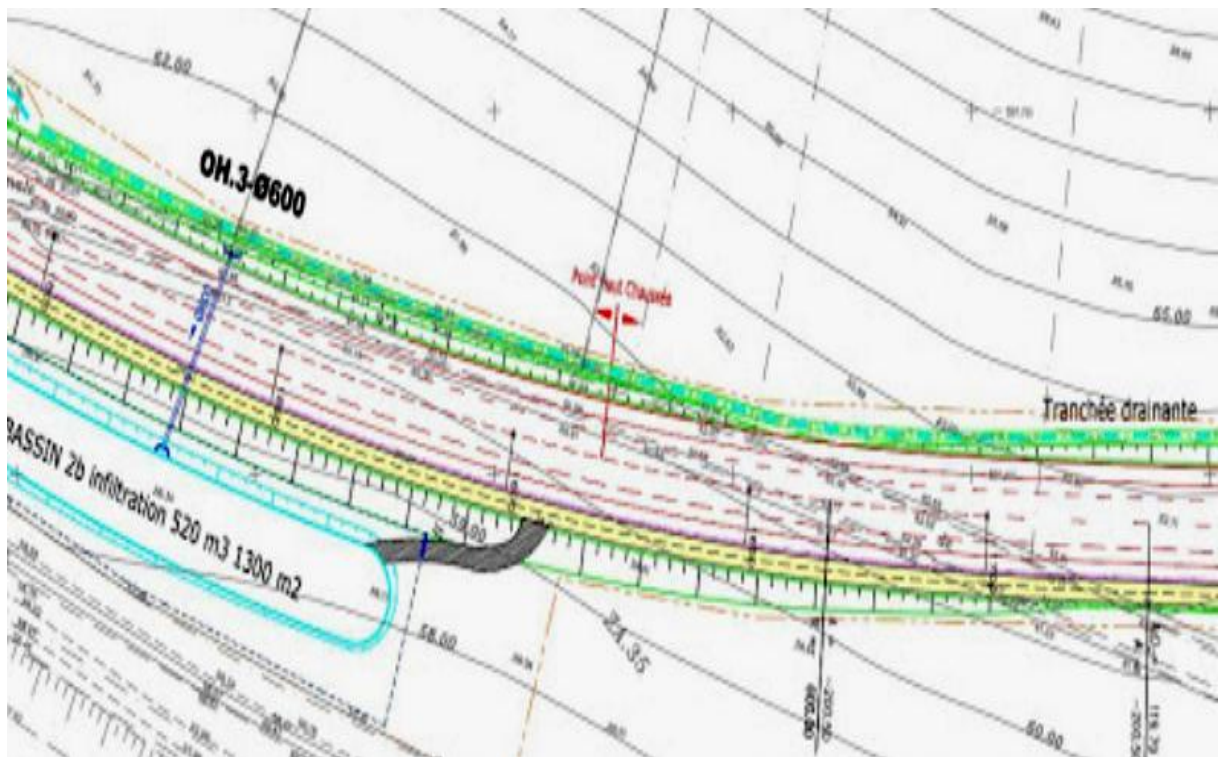
Tableau III.5: Les résultats des calculs

Etant donné l'importance du projet et la classification de la route le profil en travers type retenue est le suivant :

- **Largeur roulable (chaussée) (2x7, 60) m**
- **Largeur des accotements (2x2) m**
- **Terre plain central 2m**

Chapitre IV:

Tracé en plan



IV -1- Définition [6]

Le tracé en plan représente une reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal. Ce plan horizontal est en générale une carte topographique ou un plan de situation, ou model numérique qui peut représenter un terrain naturel en conception plane par des courbes de niveaux.

Il est constitué généralement par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles reliés entre eux par des courbes de raccordements progressifs. Il est caractérisé par la vitesse de référence qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

IV -2- Règles a respecter dans le trace en plan[1]

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.

IV -3- Les éléments géométriques du trace en plan [1]

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Droits (alignements)
- Arc de cercle
- Courbe de raccordement

IV -3-1- les alignements :

Peuvent être utilisés comme éléments du tracé, dans des conditions topographiques particulières, par exemple dans les plaines ou dans les larges vallées.

a. Avantage :

- Ligne la plus courte.
- Absence de forces centrifuges.
- Bonnes conditions de visibilité.
- Dépassement aisé.
- Construction facile.
- Bonne adaptation aux constructions et aux ouvrages.

b. Inconvénients :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficulté de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou malaise chez le conducteur.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage. Il n'y a pas d'harmonie avec l'aspect des reliefs.

Donc la longueur des alignements dépend de :

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

c. Règles concernant la longueur des alignements :

➤ Une **longueur minimale** d'alignement L_{\min} devra séparer deux courbe circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5secondes a la vitesse maximal permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercle.

➤ Si cette **longueur minimal** ne peut pas être obtenue, la solution a retenir sur un raccordement de deux cercles par une courbe en **C** ou en **Ove**.

Avec **VB**: vitesse de base en (km/h).

$$L_{\min} = \frac{5VB}{3.6} (m)$$

➔ 20

Pour notre projet : $L_{\min} = 5 \times (100/3.6) = \mathbf{138.88 \text{ m}}$

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

$$L_{\max} = \frac{60VB}{3.6} (m)$$

➔ 21

Pour notre projet : $L_{\max} = 60 \times (100/3.6) = \mathbf{1722.22 \text{ m}}$

IV -3-2- Arc de circle:

Trios elements intervenient pour limiter la courbe:

- La stabilité sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant a grande vitesse.
- L'inscription des véhicules longs dans les courbes de faibles rayons.
- la visibilité dans les tranchées en courbe .

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

a. Stabilité en courbes :

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

✓ **Rayon horizontal minimal absolu :**

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal.

$$RH_m = \frac{VB^2}{127(ft + d_{max})}$$

..... → 22

Avec:

ft: coefficient de frottement transversal.

✓ **Rayon minimal normal :**

Le rayon minimal normal (RHN) permet à des véhicule dépassant VR de 20 km/h de roulés en sécurité.

$$RH_n = \frac{(VB + 20)^2}{127(ft + d_{max})}$$

..... → 23

✓ **Rayon au dévers minimal :**

Le rayon au dévers minimal est le rayon au-dessus duquel les chaussée sont déversée vers l'intérieure du virage tel que l'effet centrifuge résiduel soit équivalent à celui subi par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RH_d = \frac{VB^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

..... → 24

Avec :

$$d_{min} = 2.5\% \text{ cat } 1 - 2$$

$$d_{min} = 3\% \text{ cat. } 3 - 4 - 5$$

✓ **Rayon non diverse minimal :**

C'est le rayon non déversé, tel que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée par un véhicule parcourant à la vitesse VR une courbe de dévers égale à d_{\min} vers l'extérieur reste inférieure à une valeur limitée.

$$RH_{nd} = \frac{VB^2}{127 \times 0.035} \longrightarrow \text{cat 1-2}$$

$$RH_{nd} = \frac{VB^2}{127(f' - d_{\min})} \longrightarrow \text{cat 3-4-5}$$

Avec:

$$f'' = 0.07 \text{ cat. 3}$$

$$f'' = 0.075 \text{ cat. 4 - 5}$$

Remarque :

- ✓ Il n'y a aucun rayon inférieur à **RHm**.
- ✓ On utilise autant que possible des rayons supérieurs à **RHn**.
- ✓ Les courbes de rayon inférieur à **RHd** sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente transversale dont la valeur est fixée par interpolation linéaire en fonction de $1/R$ entre **2,5%** pour **RHd** et **7%** pour **RHm**
- ✓ Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont en dévers minimal d_{\min} .
- ✓ Les rayons supérieurs à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

b. Visibilité masquée dans une sinuosité :

Un virage d'une route peut être masqué du côté intérieur de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou une forêt, pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule. Il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Une autre solution envisageable qui serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit bonne. Mais nous partons de l'idée que pour le tracé adopté il est nécessaire de « déraser » l'intérieur du virage. En plan, la limite de ce dérasement sera donnée par la projection verticale de la courbe enveloppe des rayons visuels partant de l'œil du conducteur. Le niveau du dérasement tiendra compte du niveau admis de l'œil du conducteur ou du niveau des obstacles à percevoir « objet ou voiture » prendre une marge pour la végétation la largeur de dérasement est compté à partir de l'axe de la route, mais le calcul se fait au droit de la trajectoire des véhicules côté intérieur du virage.

Avec: d: longueur de visibilité =Md (chaussée bidirectionnel) et $R_t = R - 2,50 \text{ m}$

$d = d_{\text{arrér}} = d_l$ (chaussée unidirectionnel) et $E = E_t + 2.50\text{m}$

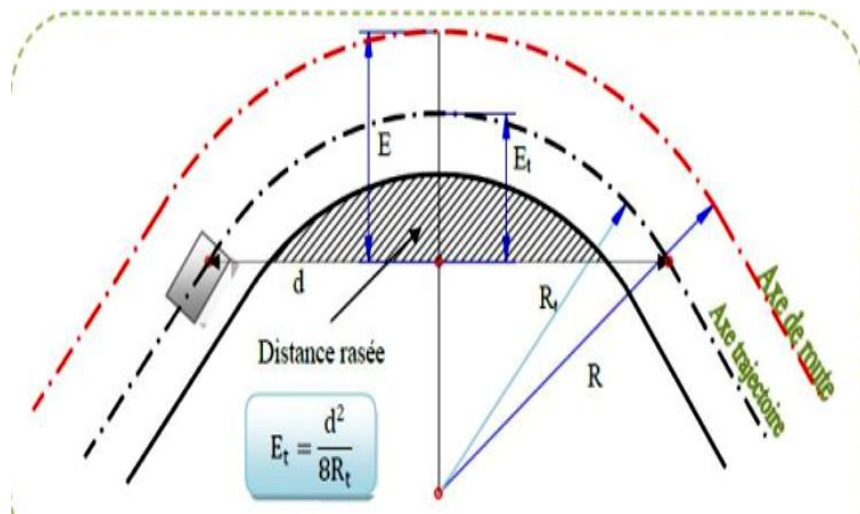


Figure IV.1: Zone de dérasement [6]

Les distances en question devraient en réalité se mesurer selon l'arc de trajectoire. Mais pour simplifier on peut admettre (comme le fait la norme) qu'elles sont mesurées sur la corde de l'arc.

c. Sur largeur :

Un long véhicule à deux essieux, circule dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, On donne à la voie parcourue par ce véhicule une Sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement L'inscription des véhicules dans les virages, s'adresse aux sinuosités de faible rayon, généralement inférieur ou égal à 200 m.

Avec :

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

R : rayon de l'axe de la route.

IV -3-3- Les raccords progressifs (CLOTTOIDE):

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de $R = \infty$ jusqu'à $R = \text{constant}$), pour assurer :

- stabilité transversale du véhicule
- Le confort des passages de véhicule.
- transition de la forme de la chaussée.
- Tracé souple et élégant fluide optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Expression de la clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne $L \rightarrow K = C \cdot L = 1/R$ on pose

$$1/C = A^2 \rightarrow L \cdot R = A^2$$

Equation fondamentale $L \cdot R = A^2$

Avec:

L : longueur de clothoïde.

R: Rayon de la courbe de raccordement

A : Paramètre de clothoïde.

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

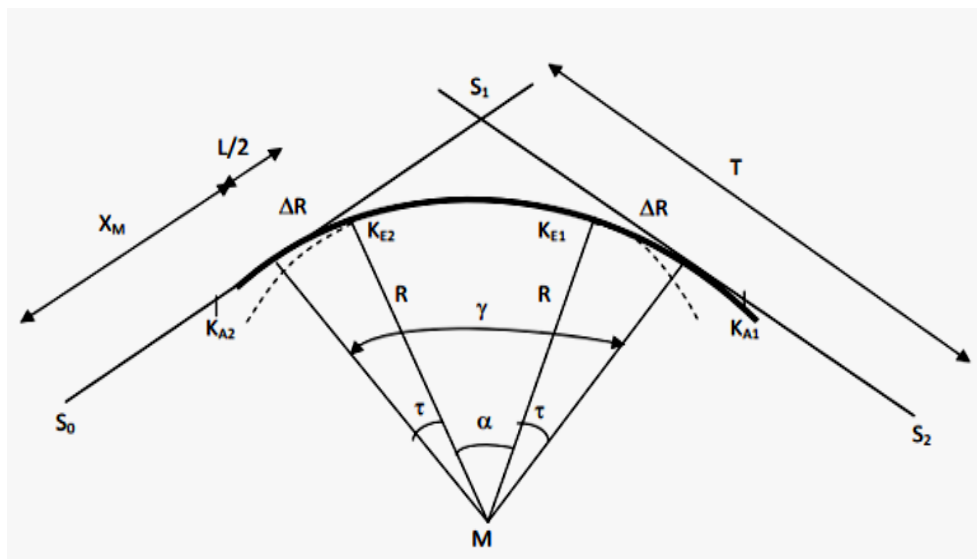


Figure IV.2: Elément de la clothoïde [7]

Les éléments de la clothoïde

- **R** : Rayon de cercle.
- **L** : Longueur de la branche de clothoïde.
- **A** : Paramètre de la clothoïde.
- **KA** : Origine de la clothoïde.
- **KE** : Extrémité de la clothoïde.
- **ΔR** : Ripage.
- **τ**: Angle des tangentes.
- **TC** : Tangente courte.
- **TL** : Tangente longue.
- **σ**: Angle polaire.

- **SL**: Corde $K_E - K_A$.
- **M** : Centre du cercle d'abscisse X_M .
- **X_M** : Abscisse du centre du cercle M à partir de K_A .
- **Y_M** : Ordonnée du centre du cercle M à partir de K_A .

Les condition de raccordement :

- **Condition optique :**

C'est une condition qui permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

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

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

$$\mathbf{R > A \geq R/3}$$

Règle générale (B40)

Pour $R < 1500 \text{ m} \longrightarrow \Delta R = 1 \text{ m}$ (éventuellement 0.5 m) d'ou $L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$

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

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

- **Condition de confort dynamique :**

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

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

..... ➡ 25

Avec :

L : longueur de clothoïde.

V_B : Vitesse de base (km/h).

R : Rayon de virage.

Δd : La variation de dévers. $\Delta d = (d_{\text{final}} - d_{\text{init}}) \%$

- **Condition de gauchissement :**

Cette condition a pour objet d'assurer a la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zone de variation de dévers. Elle est donnée par :

$$L = 1 \times \Delta d \times V_r$$

..... ➡ 26

Avec :

L : longueur de clothoïde.

V_r : Vitesse de référence (km/h).

l : longueur de chaussée.

Δd : La variation de dévers.

Nota:

La vérification des deux conditions de (gauchissement + confort dynamique), peut ce faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq 5/36 \cdot \Delta d \cdot V_B$$

✓ **Combinaison des éléments du tracé en plan :**

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

1-Courbe en S :

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

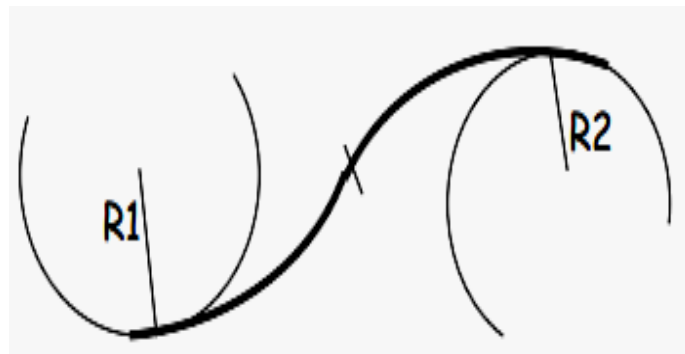


Figure IV.3: Courbe en S[6].

2- Courbe à sommet :

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

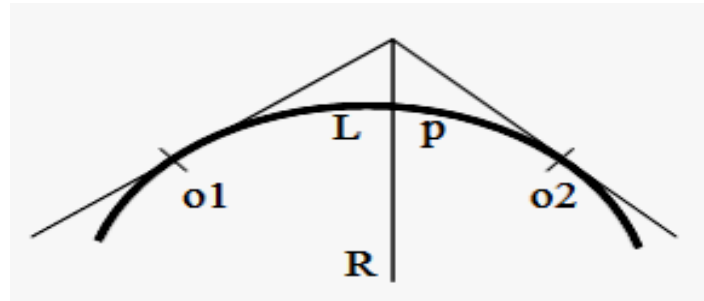


Figure IV.4:Courbe à sommet[6]

3- Courbe en c :

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

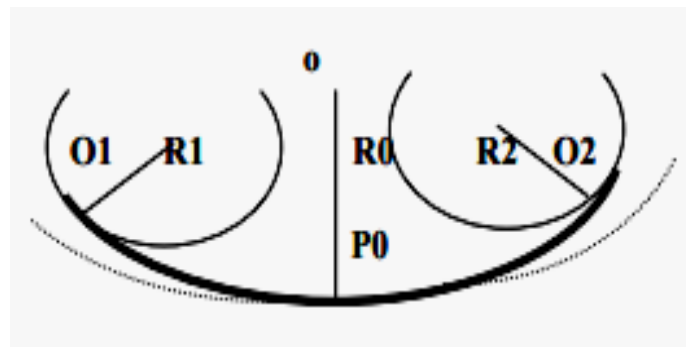


Figure IV.5:Courbe en c[6].

4-Courbe en ove :

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



Figure IV.6:Courbe en ove[6].

IV -4- Vitesse de référence [1]:**4.1- Définition :**

La vitesse de référence (**VR**) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route. Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traversée d'une ville, modification du relief, ...etc.)

4.2- Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

4.3- Vitesse de projet :

La vitesse de projet VP est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en un point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort, lorsque ces facteurs ne rapportent à un point particulier du tracé on détermine en ce point les éléments géométriques nécessaires pour que la sécurité et le confort soient assurés (conditions de visibilité).

IV -5- Application au projet

Suivant la nature du projet :

Terrain Plat et sinuosité faible. La catégorie de la route C1, et l'environnement E1, la vitesse de référence $V_r = 100 \text{ Km/h}$

✓ **Rayon minimal absolu :**

$$d_{\max} = 7\% , ft = 0.13$$

$$R_{hm} = \frac{V_r^2}{127(ft + d_{\max})} = \frac{100^2}{127(0.13 + 0.07)} = 328.08 \text{ m}$$

$$R_{hm} = 328.08 \text{ m}$$

✓ **Rayon minimal normal :**

$$d = d_{\max} - 2\% = 7\% - 2\% = 5\%$$

$$ft = 0.13$$

$$ft (V_r + 20) = 0.11$$

$$R_{hn} = \frac{(20 + v_r)^2}{127(d + ft (V_r + 20))} = \frac{100^2}{127(0.05 + 0.11)} = 492.1259 \text{ m}$$

$$R_{hn} = 492.1259 \text{ m}$$

✓ **Rayon ou dévers minimal :**

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

$$R_{hd} = \frac{Vr^2}{127(2.d_{\min})} = \frac{100^2}{127(2 \times 0.025)} = 1574.80m$$

$$R_{hd} = 1574.80m$$

✓ **Rayon non déversé :**

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

$$R_{HND} = \frac{Vr^2}{127 \times 0.035} = \frac{100^2}{127 \times 0.035} = 2249.72m$$

$$R_{HND} = 2249.72 \text{ m}$$

Cat (1), E1 Rayons	Valeur de calcul en (m)	Valeur de tableau (m)	Dévers en %
Minimal absolu (R_{hm})	328.08m	330	7
Minimal normal (R_{HN})	492.12	450	5
Au dévers min (R_{HD})	1574.80m	1600	2.5
Non dévers (R_{Hnd})	2249.72	2300	2.5

Tableau IV.1 : Rayon non déversé (R_{hm} , R_{HN} , R_{HD} , R_{Hnd})

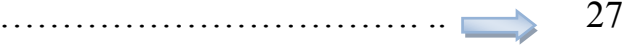
IV -6- Calcul d'axe :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

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

- **Détermination des coordonnées de sommets :**
Par simple lecture à partir de la carte topographique .
- **Calcul de gisements :**

$$G_{s_0}^{ts1}, G_{s_1}^{ts2}, G_{s_2}^{ts3}, \dots \dots \dots \text{ect}$$



$$G_{s_1}^{ts2} = 200 + \text{arctg } \Delta x / \Delta y \text{ en (grad)}$$

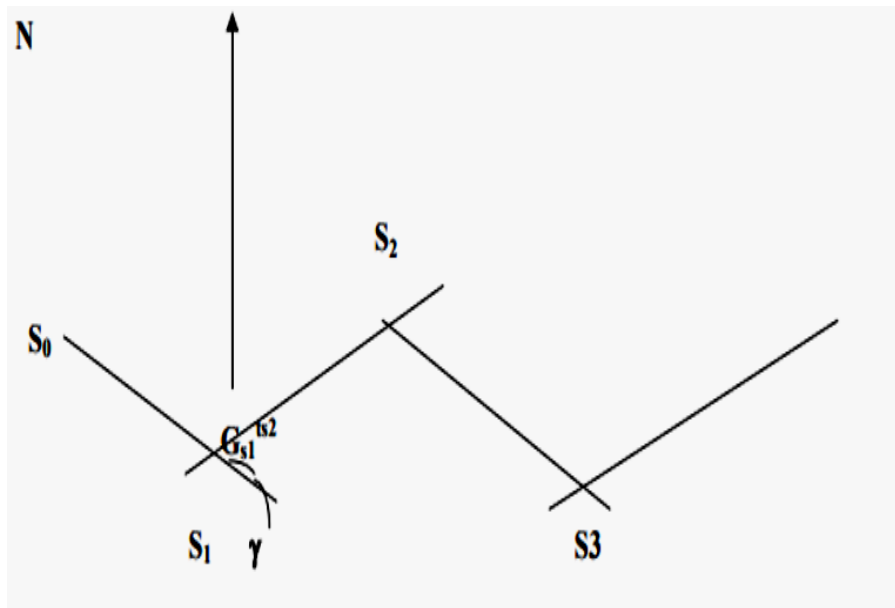


Figure IV.7: Les gisements[8].

- Calcul de l'angle γ entre alignements :
- Calcul de la tangente T :

$$T = X_M + (R + \Delta R) \cdot \text{tg} \gamma / 2$$

..... ➡ 28

$$\Delta R = Y_M - R$$

$$X_M = L^2 / 24 R$$

$$\gamma = |G_{S_{i-1}}^{tsi} - G_{S_i}^{tsi+1}|$$

- Calcul de cord SL :

$$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$$

..... ➡ 29

$$X_{KE} = L$$

$$Y_{KE} = L^2 / 6R$$

- Calcul de l'angle polaire σ :

$$\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$$

..... \Rightarrow 30

- Vérification de non chevauchement :

$$\tau = L/2R$$

..... \Rightarrow 31

$$\tau \leq \gamma/2$$

1^{ère} cas : $\tau = \frac{\alpha}{2}$

Les deux alignements sont raccordés des branches de clothoïde symétrique. (Sans arc de cercle).

2^{ème} cas : $\tau < \frac{\alpha}{2}$

Les deux alignements sont raccordés par les branches clothoïde symétrique séparé par un arc de cercle (cas idéal).

3^{ème} cas : $\tau > \frac{\alpha}{2}$

La construction est impossible dans ce cas on diminue (l) on augmente (R)

- Calcul des coordonnées des points particuliers :

$$K_A \begin{cases} X_{K_A} = X_{S_0} + (S_0 K_A) \cdot \sin G_{S_0}^{ts1} \\ Y_{K_A} = Y_{S_0} + (S_0 K_A) \cdot \cos G_{S_0}^{ts1} \end{cases}$$

$$K_E \begin{cases} X_{K_E} = X_{K_A} + (S L) \cdot \sin G_{K_E}^{tKA} \\ Y_{K_E} = Y_{K_A} + (S L) \cdot \cos G_{K_E}^{tKA} \end{cases}$$

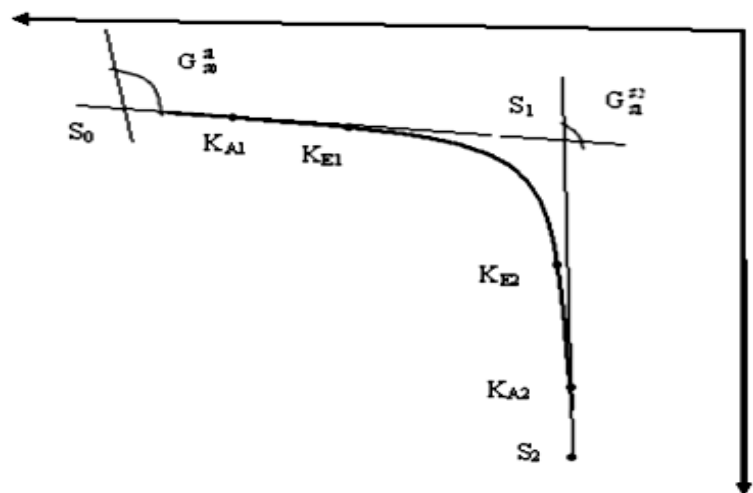


Figure IV.8: Les points particuliers[9].

$$K_{A'} \begin{cases} X_{K_{A'}} = X_{S1} + T \cdot \sin G_{S1}^{ts2} \\ Y_{K_{A'}} = Y_{S1} + T \cdot \cos G_{S1}^{ts2} \end{cases}$$

$$K_{E'} \begin{cases} X_{K_{E'}} = X_{K_{A'}} - SL \cdot \sin G_{KE}^{tKA'} \\ Y_{K_{E'}} = Y_{K_{A'}} - SL \cdot \cos G_{KE}^{tKA'} \end{cases}$$

Avec:

K_A : début de clothoïde.

K_E : Fin clothoïde début arc de cercle.

$K_{E'}$: Fin arc de cercle début clothoïde.

K_A : Fin clothoïde.

T: Grande tangente.

$K_E, K_{E'}$: Développé.

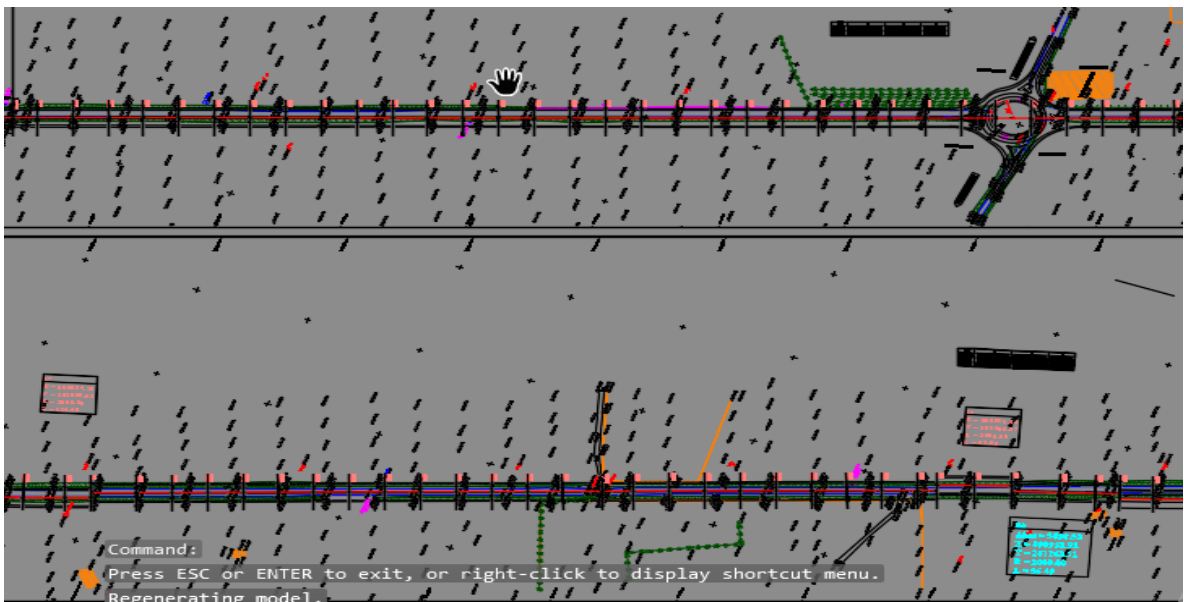


Figure IV.9:Tracé en plan[10].

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

V-1- DEFINITION [9]:

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et des raccordements circulaires, ou parabolique. Ces pentes et rampes peuvent être raccordé entre elles soit par des angles Saillants ou par des angles rentrants.

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

V-2- Les principes paramètres du choix d'un profil en long [9]:

Un bon écoulement des eaux pluviales

- Une limitation des déclivités suivant les normes.
- Un rayon de courbure minimum (condition de confort pour les angles

Rentrants et condition de visibilité pour les angles saillants).

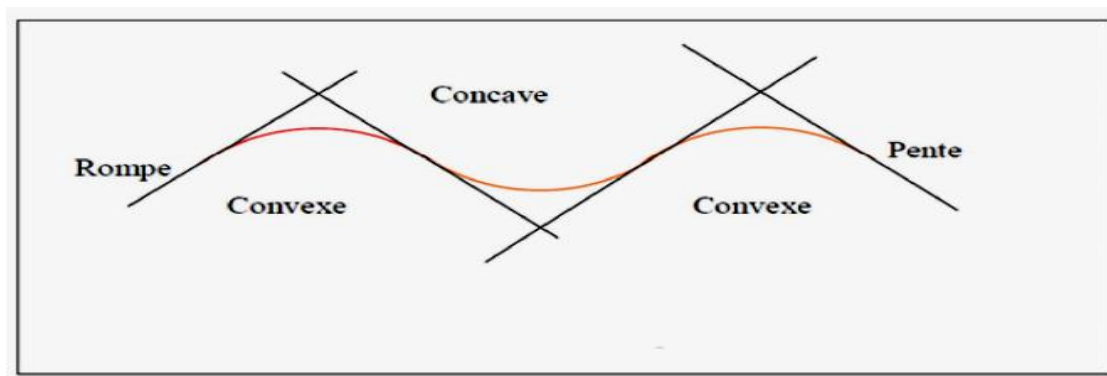


Figure V.1 : Profil en long [6].

V-3- Les règles a respecter pour le tracé de la ligne rouge [1]:

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il y a lieu :

- ✓ De s'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ D'éviter les angles rentrants en déblai, pour éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.

- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ✓ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou bien par une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

V-4- Coordination du trace en plan et du profil en long[1]:

Pour qu'une route présente des caractéristiques satisfaisantes, il ne suffit pas que son tracé en plan et son profil en longs, considérés isolément, soient aux règles qui leur sont propres. Il faut aussi que le tracé en plan et le profil en long de la route aient l'objet d'une étude d'ensemble assurant leur coordination.

La coordination du tracé en plan et du profil en long a pour objectif principal d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route (conditions de visibilité et autant que possible un certain confort visuel).

Les règles qu'il faut suivre pour éviter les défauts résultants, d'une mauvaise coordination tracée en plan et profil en long sont :

- ✓ Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- ✓ Le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- ✓ Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long, puis respecter la condition :

$R_{vertical} > 6 \times R_{horizontal}$ pour éviter un défaut d'inflexion.

V-5- La déclivité[11]:

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

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

➤ **Déclivité minimum :**

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 afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la chaussée.

➤ **Déclivité maximum :**

La déclivité maximale dépend de :

- ✓ Condition d'adhérence.
- ✓ Vitesse minimum de **PL** (vitesse minimum).
- ✓ Condition économique (coût des transports, coût de construction)

Valeur de la déclivité maximale B40

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

Tableau V.1 : la déclivité maximal [1].

Pour notre projet la vitesse **V_r=100 Km/h** donc la pente maximale **I_{max} =5%**.

➤ **Déclivité dans les sinuosités:**

Dans une courbe en plan il est nécessaire de considérer que le développement de la trajectoire du véhicule qui circule du côté intérieur d'une courbe est pour les faibles rayons nettement plus court que celui de l'axe d'où la rampe réelle plus forte que celle de l'axe où est situé le profil en long. Il est donc indiqué de **réduire la rampe du profil en long dans les sinuosités prononcées.**

V-6- Raccordements en profil en long [1]:

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

On distingue deux types de raccordements :

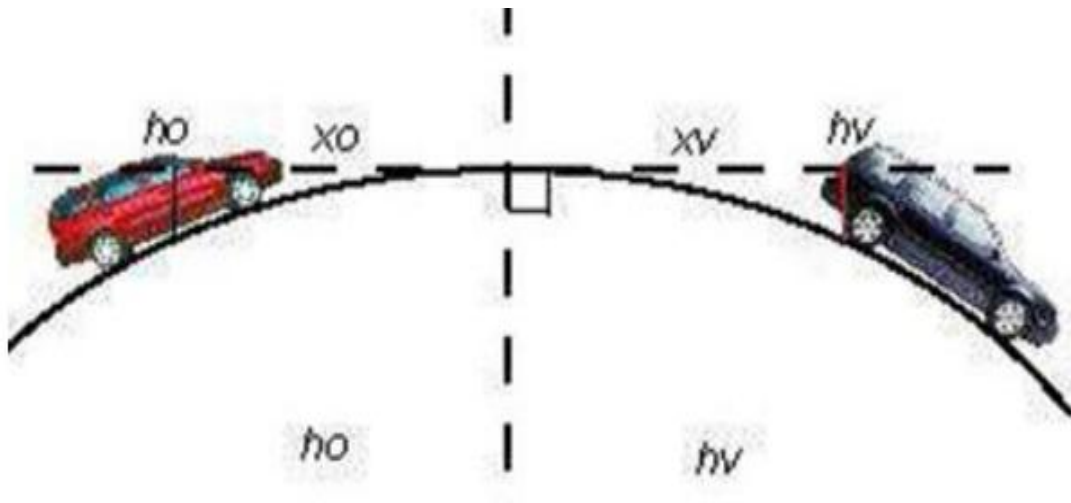


Figure V.2: Raccordements en profil en long [9].

V-6-1- Raccordements convexes (angle saillant) :

Leur rayon vertical R_v doit satisfaire deux conditions.

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

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

D'où

$$R_v \geq 0,30 V^2 \text{ (cat 1-2).}$$

$$R_v \geq 0,23 V^2 \text{ (cat 3-4-5)}$$

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

V : vitesse de référence (km/h)

- ✓ **Condition de visibilité** : Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition suppléant à celle de condition confort. Il faut que pour deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

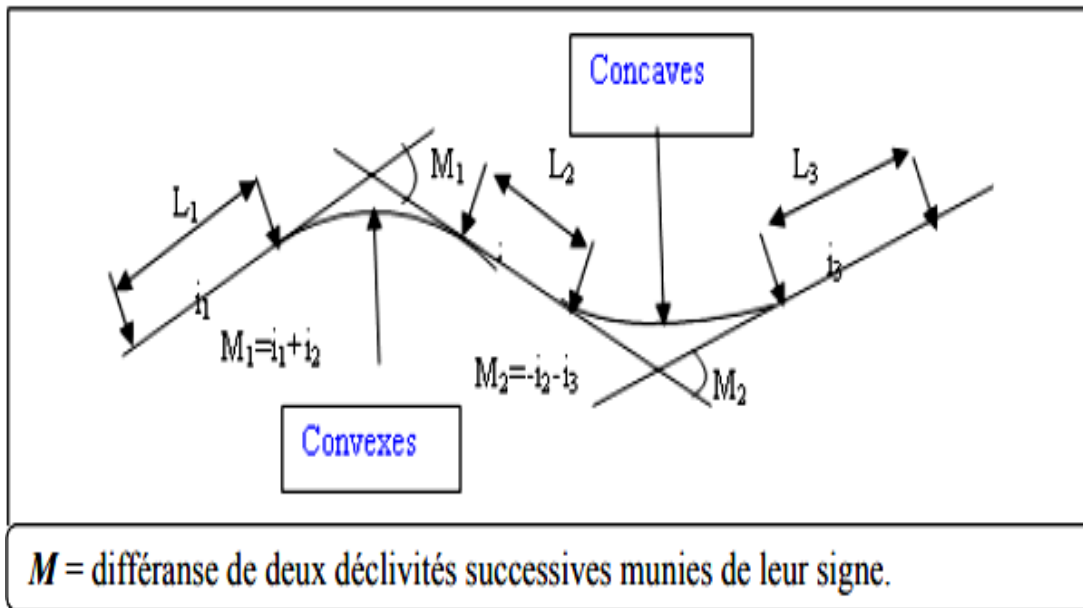


Figure V.3: Raccordements convexes (angle saillant)[9].

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante

$$R_V = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})} \quad \dots \quad \Rightarrow \quad 32$$

- D1:** distance d'arrêt (m),
- h0 :** hauteur de l'œil (m),
- h1 :** hauteur de l'obstacle (m),

V-6-2- Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.0035 \times d_1)} \quad \dots \quad \Rightarrow \quad 33$$

Les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivant(**selon le B40**) :

Catégorie		C ₁
Environnement		E ₁
Vitesses de base (Km/h)		100
Rayon en angle saillant	Route unidirectionnelle :(2×2 voies)	
R_V	R_VM (minimal absolu) en m	2500
	R_VN (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant	Route unidirectionnelle :(2×2 voies)	
R_V	R_VM (minimal absolu) en m	2400
	R_VN (minimal normal) en m	3000

Tableau V.2:le tracé de la ligne rouge [1]

Pour notre projet on utilise les paramètres suivant:

Rayon min :**5000 m**

Rayon max : Rayon min : **50000 mm**

Déclivité max :**5.84%**

Déclivité min :**2.91%**

V-7- Détermination pratiques du profil en long [11]:

Ce calcul consiste à déterminer toutes les coordonnées des points particuliers du raccordement, tout calcul des éléments du profil en long doit suivre les étapes suivantes :

- ✓ 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.

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

$$X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0.$$

$$\text{A l'équation de la parabole } X^2 - 2 R Y = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2.R}$$

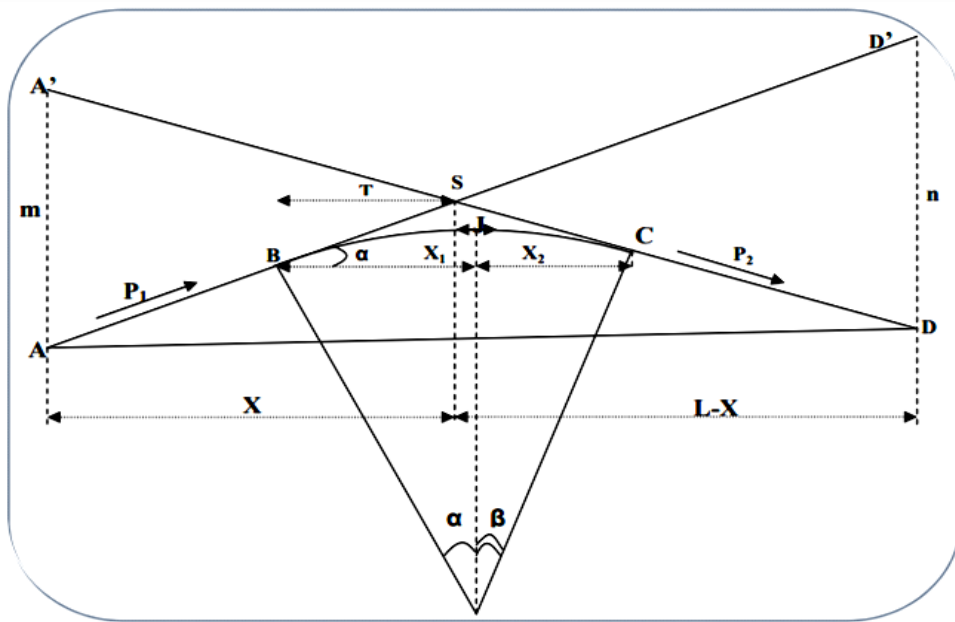


Figure V.4: Détermination pratique du profil en long [11].

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

On a :

$$ZA = ZD' + L \cdot p_2, m = ZA' - ZA$$

$$ZD = ZA' + L \cdot p_1, n = ZD - ZD'$$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc :

$$x = m \cdot L / (n + m) \Rightarrow m/n = x / (L - x)$$

$$S \begin{cases} XS = X + XA \\ ZS = p_1 X + ZA \end{cases} \dots \Rightarrow 34$$

✓ **Calculs de la tangent:**

$$T = R \cdot (p_1 + p_2) / 2$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens. La tangente **T** permet de positionner les pentes de tangentes **B, C**.

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 \end{cases} \dots \Rightarrow 35$$

$$C \begin{cases} X_C = X_S - T \\ Z_C = Z_S - T \cdot P_2 \end{cases} \dots \Rightarrow 36$$

✓ **Projection horizontale de la longueur de raccordement :** LR=2T

Calcul de la flèche : $H=T^2 / 2R$

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

$$M \begin{cases} B = T^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X P_1 - T^2 / 2R \end{cases} \dots \Rightarrow 37$$

✓ **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T):**

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

$X_1=R.p_1$

$X_2= R.p_2$

$$J \begin{cases} X_J = X_B - R . P_1 \\ Z_J = Z_B + X_1 . P_1 - T_1^2 / 2R \end{cases} \dots \Rightarrow 38$$

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

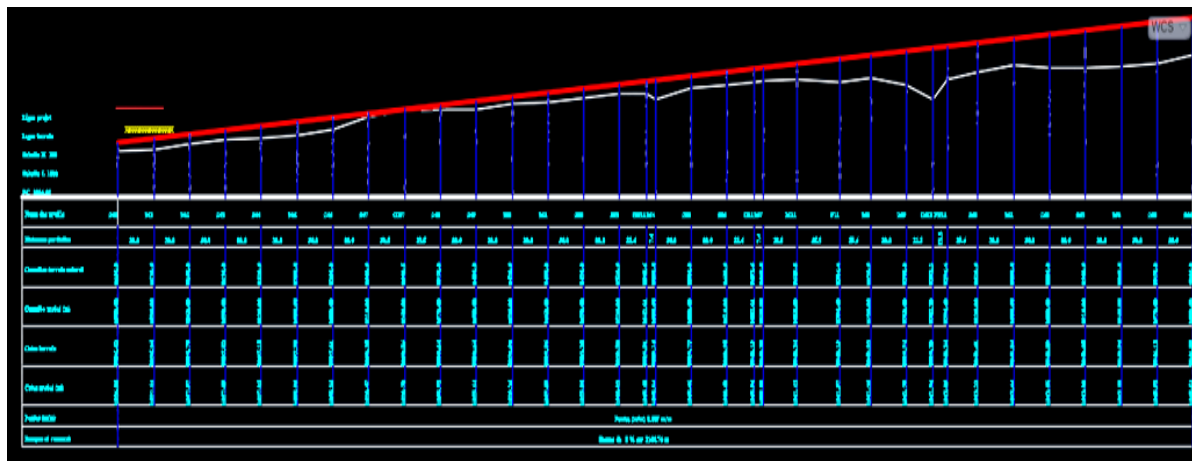


Figure V.5:Profil en long [10]

Les résultats de calcul d'axe de profil en long sont joints en annexe

VI-1- Définition [6]:

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe transversale selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « **profil en travers** » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

VI-2- Les éléments constitutifs du profil en travers [11]:

- ✓ **L'emprise:** C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- ✓ **L'assiette:** C'est la surface totale de terrain nécessaire à la réalisation de la route délimitée par les terrassements.
- ✓ **Plate forme :** C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- ✓ **Chaussée :** Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.
- ✓ **Accotement :** Ce sont les zones latérales de la plate forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.
- ✓ **Fossé :** Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies par la route et les talus.
- ✓ **Terre plein central (TPC) :** Le terre plein central, s'étend entre les limites intérieures de deux chaussées (au sens géométrique) du point de vue structural, il comprend :
 - Les deux sur-largeurs de chaussées supportant des bandes de guidages.
 - Une partie centrale.
- ✓ **Bande Dérasée :** Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle ; elle comporte le marquage en rive.
- ✓ **B.D.G :** Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.
- ✓ **Bande médiane:** Partie non roulable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées de gauche.

- ✓ **Berme** :Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, est généralement en gazonné.
- ✓ **Bonde d'arrêt d'urgence (B.A.U)** :C'est une partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclue la sur-largeur structurelle de la chaussée.
- ✓ **Sur-largeur (S)** :C'est la sur-largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

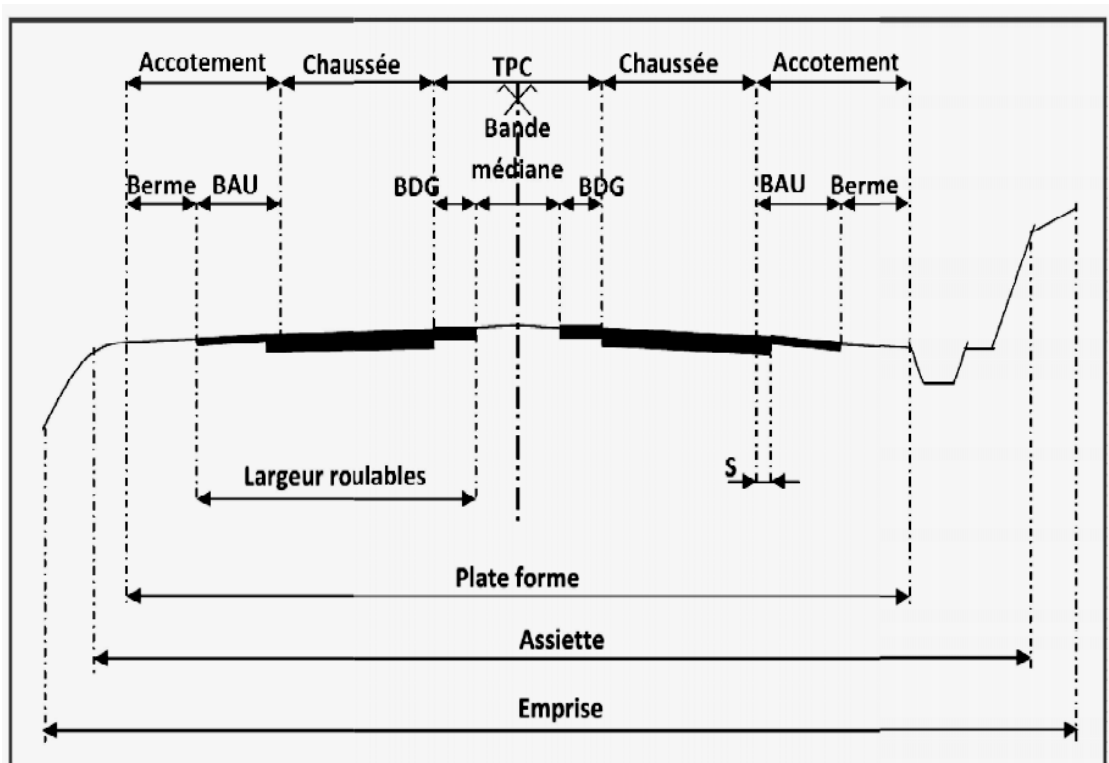


Figure VI.1: Profil en travers type [12].

VI-3- Différent type de profil en travers [11]:

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

- ✓ **Profil en travers type**: Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).
- ✓ **Profil en travers courants**: Se sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

V-4- Profil en travers applique au projet [10]:

Notre tronçon comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivants :

- Deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune : $(2 \times 3.5) \times 2 = 14.00\text{m}$
- un terre-plein central de 1.5 m
- un accotement de 1.5m pour chaque coté. : $2 \times 1.5 = 3.00 \text{ m}$

La largeur total de notre plate forme de route et égale à 24m.

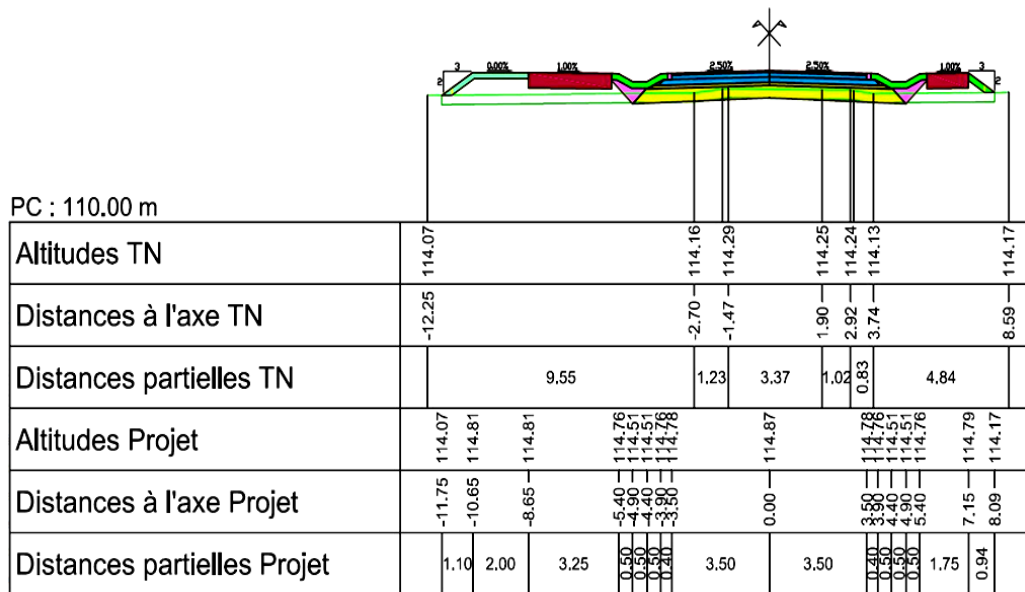


Figure VI.2: Profil en travers [10].

Les résultats de calcul d'axe de profil en travers sont joints en annexe

Chapitre VII:

Les cubatures



VII .1. Introduction [1]:

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne Projet:

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

VII .2. Méthodes Utilisées:**VI-2-1-Méthodes des moyennes des aires :(méthode linéaire)**

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi les quelles il y a celle de la moyenne des aires qui est une méthode très simple, mais elle présente un inconvénient 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.

$$V = \frac{1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

..... →

39

Où L, S₁, S₂ et S₀ désignent respectivement :

L : distance entre deux profils.

S₁, S₂ : les surfaces verticales des profils en travers P1 et P2.

S₀ : Surface à mi-distances des profils p1 et p2

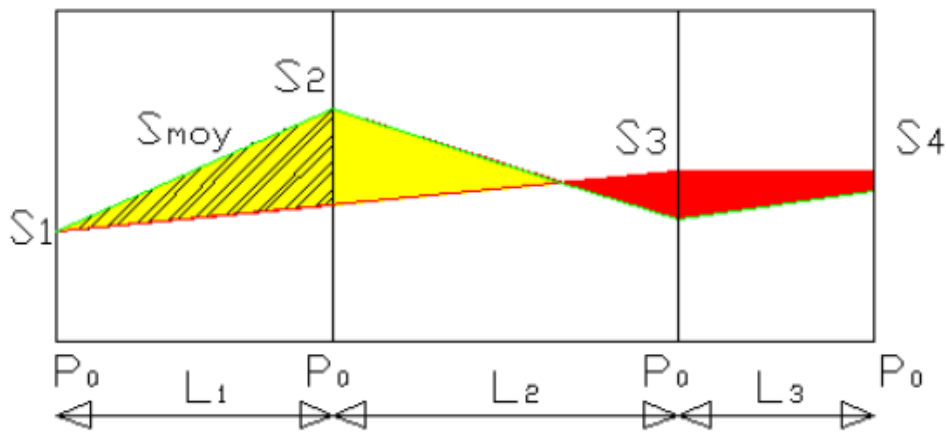


Figure VII.1 : Méthodes utilisées [6].

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

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{moy}) \quad \dots \Rightarrow 40$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{moy} et

$$\frac{(s1 + s2)}{2}$$

Ceci donne : $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Donc les volumes seront :

Entre P1 et P2 $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P2 et PF $V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre PF et P3 $V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$

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

$$V = \frac{1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4 \quad \dots \Rightarrow 41$$

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

VII.2.2.Méthode de GULDEN[13]:

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée. Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné. Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

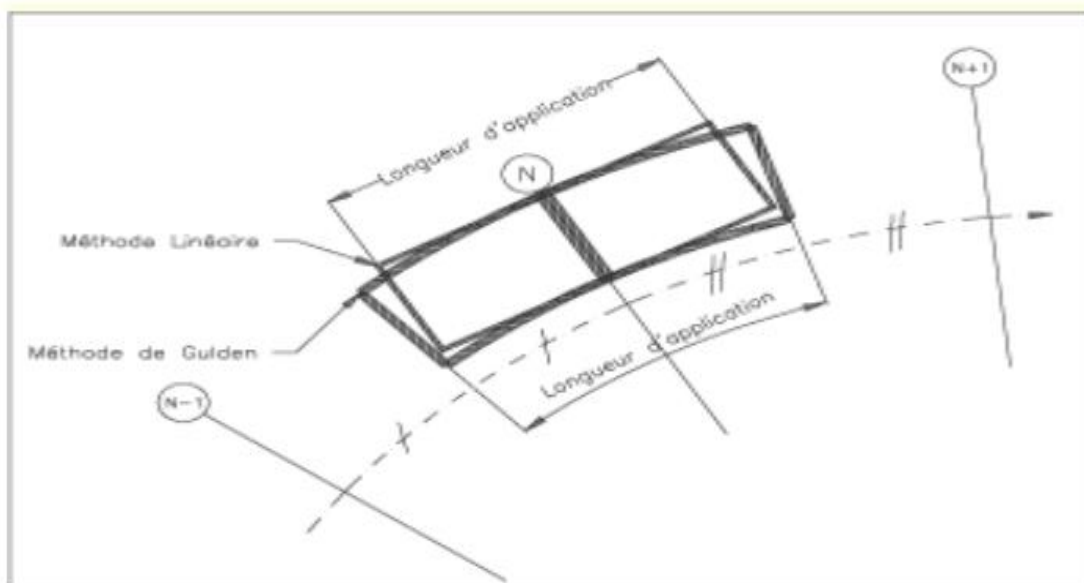


Figure VII.2 :Méthode de GULDEN[6]

Pour notre calcul automatique des cubatures en utilisant le logiciel **Autopiste +** nous avons utilisé la méthode de GULDEN et les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci dessous) nous donnons les résultats final du volume de remblais et déblais.

- Le volume de déblais est de: $VD = 3175381 \text{ m}^3 [10]$.
- Le volume de remblais est de: $VR = 4787121 \text{ m}^3 [10]$.
- Le volume de décapage est de: $Vd = 50380 \text{ m}^3 [10]$.

Pour le calcul des cubatures les résultats sont indiqués dans l'annexe

Chapitre VIII:

Etude géotechnique



VIII -1-Introduction [14]:

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

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

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

Pour cela on a des essais qui se font au laboratoire et qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

VIII -2- Les différents essais en laboratoire [14]:

Les essais réalisés en laboratoire sont :

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

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

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

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

✓ **Les essais d'identification:**

a)Teneur en eau et masse volumique :

La teneur en eau (w%) : La teneur en eau d'un granulat ou d'un sol est le pourcentage d'eau (en masse) par rapport au matériau sec :

$$\omega\% = \frac{\text{masse de l'eau contenue } (Ww)}{\text{masse de matériau sec } (Ws)} \times 100$$

42

Masse volumique: masse du sol par unité de volume du sol (t/m³)

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

On calcule aussi la masse volumique sèche $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

b) Analyses granulométriques :

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

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

Suivant la dimension des particules, les dénominations suivantes ont été adoptées :

Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
D > 20	Cailloux	Sols grenus
20 > D > 2	Graves	Sols grenus
2 > D > 0.2	Gros sable	Sols grenus
0.2 > D > 0.02	Sable fin	Sols grenus
0.02 > D > 2μ	Limons	Sols fin
D < 2μ	Argiles	Sols fin

Tableau VIII.1:Analyses granulométriques [14].

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension supérieure à 80μm et par sédimentométrie pour les « fines » de dimension inférieure à 80μm.

c) Équivalent de sable :

Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments inférieure à 2 ou 5mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution flocculant destinée à argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur h₂ du sable et la hauteur h₁ du sommet du flocculat.

On calcule ensuite :

$$ES = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$$

43

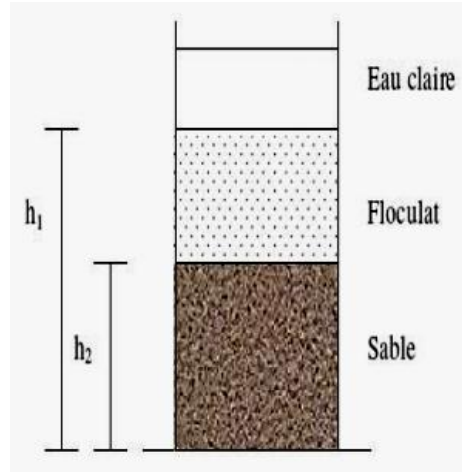


Figure VIII.1:Équivalent de sable[14].

d) Limites d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg caractérisent le comportement des sols fins en présence d'eau en pratique on détermine à l'aide de l'appareil de Casagrande.

Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau :

La limite de plasticité W_P caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique,

La limite de liquidité W_L est caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide,

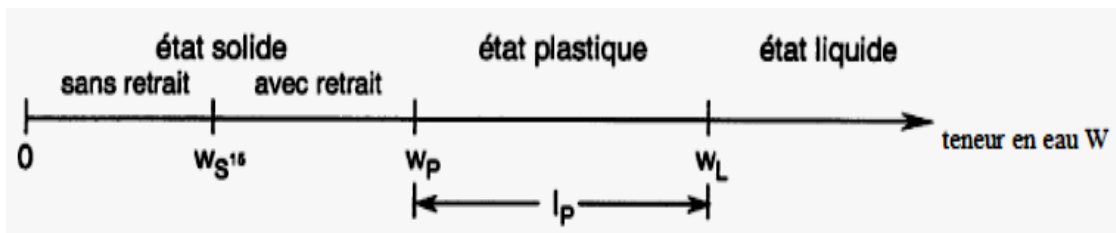


Figure VIII.2:Limites d'Atterberg [14]

On définit alors l'indice de plasticité I_P :

$$I_P = W_L - W_P$$

44

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 en cours de 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

➤ **Les essais mécaniques [14]:**

a) Essai Proctor :

Ces essais permettent de déterminer les caractéristiques de compactage d'un matériau et à rechercher la relation entre la densité sèche γ_d et la teneur en eau ω pour une énergie **E** de compactage donnée.

En pratique l'énergie de compactage E correspond à un nombre de coups de dame standard correspondant soit :

L'essai **Proctor normal** rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

L'essai **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.

	Proctor normal	Proctor modifié
Poids de la dame (Kg)	2.495	4.54
Hauteur de la chute (cm)	30.5	45.7
Nombre de couches	3	5
Nombre coups de dame/ couche	55	55

Tableau VIII.2: les valeurs des essais Proctor [14].

b) Essai C.B.R (California Bearing Ratio) [14]:

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

L'indice portant CBR exprime le rapport, en % entre les pressions produisant un enfoncement donné dans un sol et dans un sol de référence (grave concassée).

Le principe de l'essai consiste à enfoncer un poinçon normalisé de **19.3 cm²** à la vitesse de **1.27 mm/mn** dans le sol compacté selon l'essai Proctor modifié.

I_{CBR}	Portance du sol
<3	Mauvaise
3à8	Médiocre
8à30	Bonne
>30	Très bonne

Tableau VIII.3:les valeurs des essais C.B.R [14].

c) 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 ».

d) Essai Micro Deval :

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

VIII -3- Condition d'utilisation des sols en remblais [14]:

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

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

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

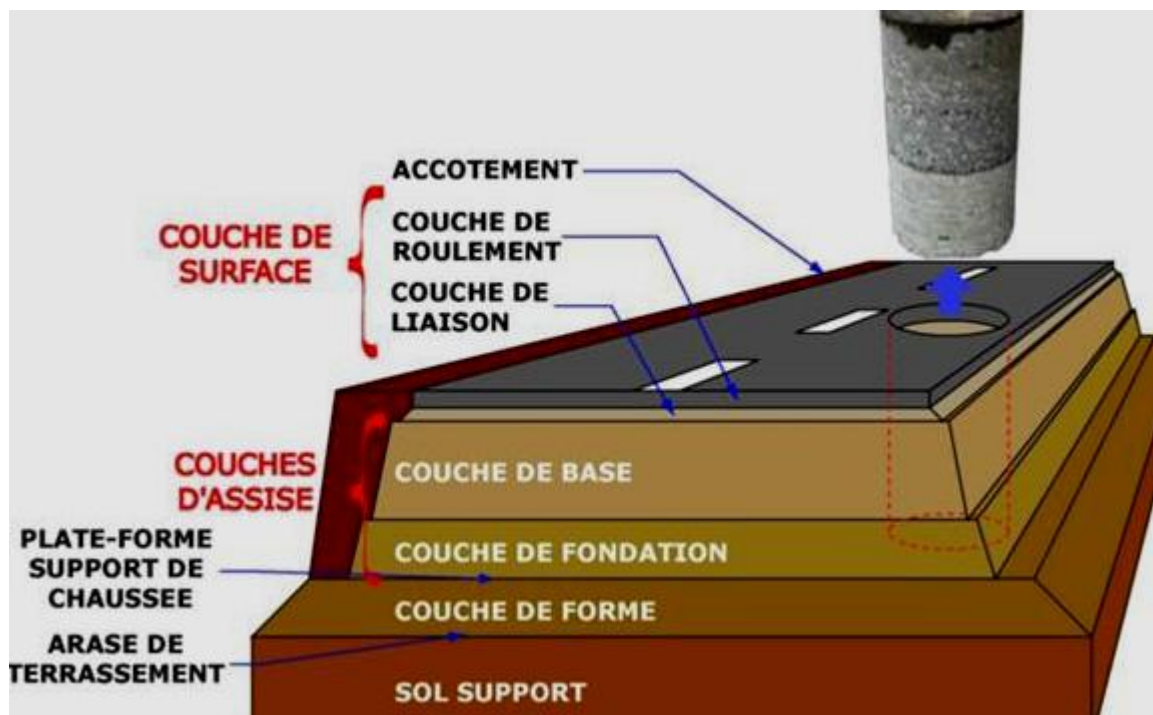
Les matériaux des remblais seront établis par couche de **30cm** d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

NB:

La partie géotechnique nous avons pas approfondie à l'application a cause d'absence des données géotechnique

Chapitre IX:

Dimensionnement du corps de la chaussée



IX-1- Introduction[15]:

La qualité d'un projet routier, ne se limite pas à l'obtention bonne tracée en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résisté aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation; action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds. La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètre très fondamental suivant :

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

IX-2- La chaussée [16]:**IX-2-1-Définition :**

- **Au sens géométrique** : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel** : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

IX-2-2-les différents types de chaussée :

Il existe trois types de chaussée:

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

1-Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

- **Couche de surface**: La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de

cisaillement provoqué par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de **roulement** et d'une couche de **liaison**.

La **couche de roulement** a pour rôle:

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

La **couche de liaison** a pour rôle essentiel :

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

La **couche de liaison** a pour rôle essentiel :

- ✓ d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.
- ✓ étanchéité de l'assise.
- **Couche de base** : Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

- **Couche de fondation** : Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.
- **Couche de forme**: Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs en fonction de nature de sol support.
 - ✓ Sur un sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface .
 - ✓ Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient compte d'améliorer de la portance du sol support à long terme, par la couche de forme.

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

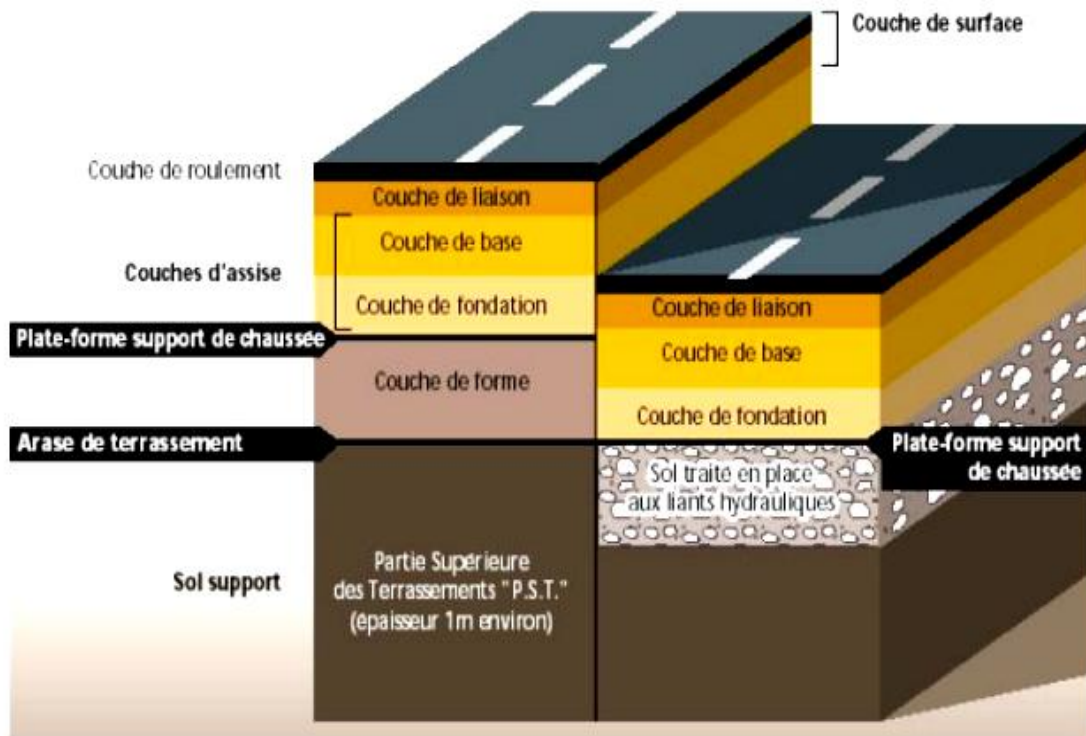


Figure IX.1 : Structure type d'une chaussée souple [17].

2- Chaussée rigide:

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

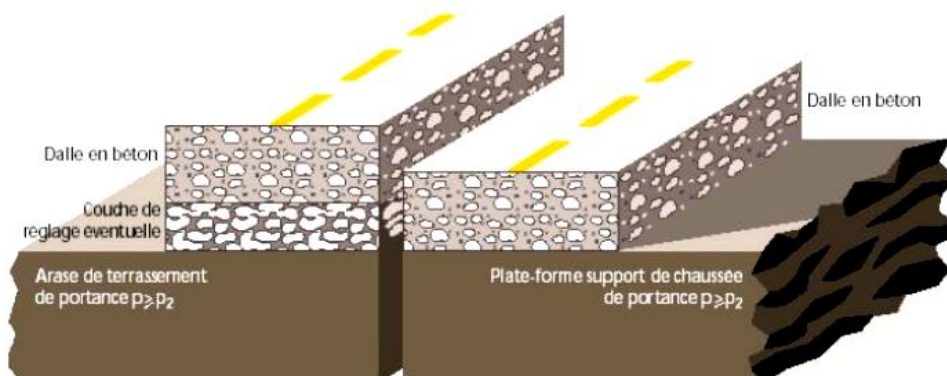


Figure IX.2: Structure type d'une chaussée rigide [17].

3- 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.

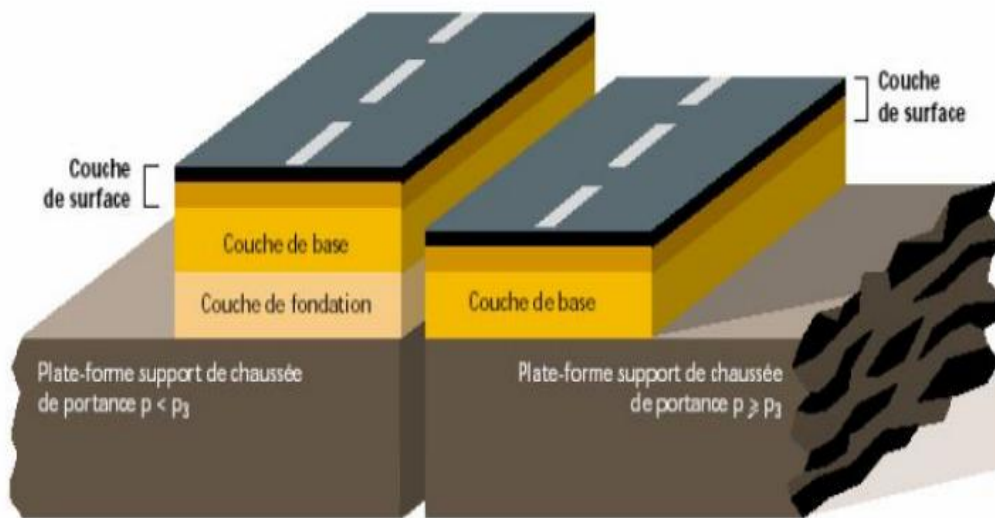


Figure IX.3: Structure type d'une chaussée semi – rigide [17].

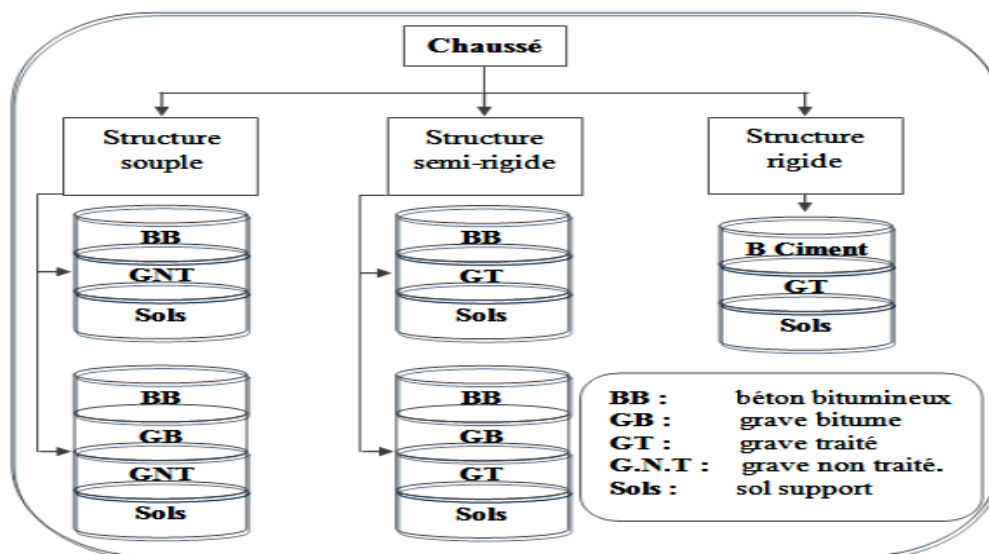


Figure IX.4 : Schéma récapitulatif

IX-3- Les différents facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée [16]:

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

➤ **Trafic :**

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

➤ **Environnement :**

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

➤ **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.

➤ **Matériaux :**

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

IX-4- Les principales méthodes de dimensionnement [15]:

On distingue deux familles des méthodes :

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

IX-4-1-Méthode de C.B.R California – Bearing – Ratio [15]:

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

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

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P}(7.5 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

45

Avec:**Eeq:** épaisseur équivalente en cm .**ICBR:** indice CBR (sol support) .**N:** nombre de poids lourds par sens par voie la plus chargé.**P:** charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t) .**Log:** logarithme décimal.➤ **notion de l'épaisseur équivalente :**

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

$$E_{eq} = C_i \times e_i$$

46

C_i: coefficients d'équivalence**e_i:** épaisseurs réelles des couches.

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'C'
Béton bitumineux ou enrobe dense	2
Grave bitume	1.5
Grave ciment	1
Sable ciment	1 à 1.2
Grave concasse ou gravier	1
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.5
Tuf	0.6

Tableau IX.1 : Les coefficients d'équivalent [17].

Remarque:

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e 1 » et « e2 » et on calcule « e 3 ». Généralement les épaisseurs adoptées sont :

- Couche de roulement en béton bitumineux BB ép. = 6 cm.
- Couche de base en grave bitume GB ép. = 10 cm.
- Couche de fondation en GNT ép. =25 cm.
- Couche de forme en TVO ép. = 30 .

IX-4-2-Méthode du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) [15]:

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

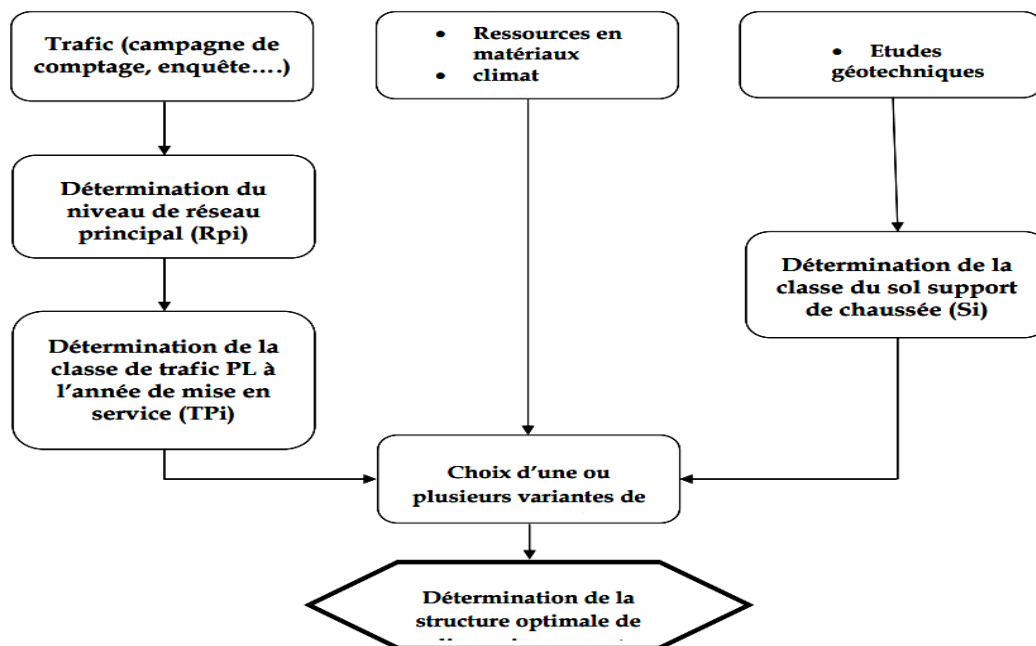


Figure IX.5:démarche catalogue [15].

• **Méthode du catalogue des structures :**

Cette méthode découle du règlement algérien B60-B61 et elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20ème année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

✓ **Détermination de la classe du trafic :**

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

Class du trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T ₁	$T < 7.3 \times 10^5$
T ₂	$3.7 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T ₃	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T ₄	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T ₅	$T > 4 \times 10^7$

Tableau IX.2: Classe de trafic [16].

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans et classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule :

$$T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365 \dots \Rightarrow 47$$

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

n : Durée de vie (n = 15 ans.)

• **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 :

Classe du sol	Indic C.B.R
S ₁	25 -40
S ₂	10 -25
S ₃	5 – 10
S ₄	< 5

Tableau IX.3: classe du sol[16].

• **Méthode L.C.P.C :**

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) (75 + 50 \log \frac{1759}{10})}{4 + 5} \approx 64 \text{ cm}$$

- **Couche de roulement**

e1 = 8cm en béton bitumineux (BB) ⇒ c1 = 2

- **Couche de base**

e2 = 19cm en grave bitume (GB) ⇒ c2 = 1,5

- **Couche de fondation**

e3 = épaisseur en Grave non traité (GNT) ⇒ c3 = 0,6

$$64 = 8 \times 2 + 19 \cdot 1,5 + e_3 \cdot 0,6$$

⇒ e3 ≈ 35cm

Donc on prend **35cm** de GNT pour des raisons stipulées par la norme et vis-à-vis de la mise en œuvre lors de la réalisation. On aura:

Couche	Nature de matériaux	e réelles (cm)	Ci	e _{eq} (cm)
Couche de roulement	BB	8	2	16
Couche de base	GB	18	1.5	27
Couche de fondation	GNT	35	0.6	35
Total		62 cm		78 cm

Tableau IX.4: les valeurs des Couche de fondation [14].

8BB+19GB+35GB

Revêtement : 8cm en béton bitumineux

Couche de base : 18cm en grave bitume

Couche de fondation : 35cm en grave non traité

Plate forme de la route



Figure IX.6: Couche de fondation

Chapitre X:

Assainissement



X -1- Introduction [10]:

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

Les types de dégradations provoquées par les eaux sont engendrés comme suit :

➤ Pour les chaussées:

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

➤ Pour les talus :

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

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

X -2- Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

X -3- Assainissement de la chaussée [10]:

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

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

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

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

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

➤ Fossé de pied du talus de déblai :

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

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

➤ Fossé de crête de déblai :

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

➤ Fossé de pied de talus de remblai :

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

➤ Drain :

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

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

➤ **Descentes d'eau:**

Dans les sections de la pénétrante en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les **2,5 m**, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les **25m** lorsque la pente en profil en long est supérieure à **1%**. Par contre la pente est inférieure à **1%**, leur espacement est varie entre **20m** à **10m**.

X -4- Quelques définitions [10]:

➤ **Bassin versant :**

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

➤ **Collecteur principal (canalisation) :**

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

➤ **Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

➤ **Sacs :**

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

✓ **Fossés de crêtes :**

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

✓ **Décente d'eau :**

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

✓ **Les regards :**

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

X-5- Dimensionnement de réseau d'assainissement a projeter [10]:

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

$$Q_a \leq Q_s \quad \dots\dots\dots 50 \quad \Rightarrow$$

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

XII-5-1- Le débit d'apport : est calculé par la méthode Rationnelle selon la formule suivante:

$$Q_a = K.C.I.A \quad \dots\dots\dots \Rightarrow 51$$

Avec :

Q : Débit maximum d'eau pluviale (m³ /s).

K : Coefficient qui permet la conversion des unités.

I : Intensité moyenne de la pluie (mm/h).

C : Coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m²).

✓ **Air du bassin versant 'A'**: Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes. Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées :

✓ Les surfaces **A** sont mesurées au planimètre en Km².

✓ Les longueurs de talweg principal **L** sont mesurées au curvimètre en Km,

- ✓ La pente **P** est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par longueur **L** en m/m.
- ✓ **Coefficient de ruissellement 'C'**: Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des deux paramètres suivant :
 - ✓ La couverture végétale,
 - ✓ La forme,
 - ✓ la pente et la nature du terrain 'qualité de sol'.

En présence de zones de perméabilités différentes sa valeur est donnée par :

$$c = \frac{\sum_1^n ciAi}{\sum_1^n Ai} \quad \dots \rightarrow \quad 52$$

($A_i, i = 1, n$) étant les surfaces élémentaires aux quelles correspondent les coefficients $c_i, i = 1, n$ et, la surface totale du bassin.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobe	0.80 à 0.95	0.90
Accoutrement: sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.20
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau X.1 : Coefficient de ruissellement 'C' [10].

- ✓ **La hauteur de la pluie journalière maximale annuelle:**

$$P_j = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot \exp(u) \cdot \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \quad \dots \rightarrow \quad 53$$

Avec :

$P_{j\text{moy}}$: pluie moyenne journalier (mm).

C_v : coefficient de variation climatique.

U : variable de Gauss.

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

Fréquence (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss (U)	0.000	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau X.2: les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence [10] :

Remarque :

- ✓ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans,
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans,
- ✓ Les ponts dimensionnés pour une période de retour 100 ans.
- ✓ **La hauteur de la pluie de durée $t = tc$**

$$P_t = 1.13P_j \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

..... → 54

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

tc : Temps de concentration (heure).

✓ **Temps de concentration**

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

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

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

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

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

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

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

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

Tc : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km^2).

L : Longueur de l'affluent ou oued le plus long du bassin versant (km).

P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale(m).

✓ L'intensité horaire

$$i = \frac{P(t)}{tc} \dots \dots \dots \rightarrow 55$$

i : Intensité de la pluie (mm/h).

tc : Temps de concentration (heure).

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

X-5-2- Estimation des débits de saturation des ouvrages [10]:

Lorsque la route projetée forme un obstacle à l'écoulement en cas de crue et dans la mesure où les inondations sont admissibles à l'amont, l'ouverture des ouvrages peut être dimensionnée de façon à se trouver en régime critique. Les tableaux ci-dessous donnent des débits capables et la vitesse associée d'une part au régime critique, d'autre part pour des pentes de radier « standard » inférieures à la pente critique

1-Buses :

Coefficient du MANNING – STRICKLER : 80

Hauteur de remplissage : 0,75 Ø pour Ø ≤ 1 m.

0,80 Ø pour Ø > 1 m.

Ouvrage S Ø (m)	Section (m ²)		Pente Cinétique %	Valeurs maxi admissibles			Débit en fonction de la pente 1			
	totale	utile		Q (m ² /S)	V (m/s)	I (%)	0.10 %	0.25 %	0.50 %	0.25 %
Ø600	0.28	0.23	0.66	0.47	2.1	0.66	0.19	0.29	0.47	-
Ø 800 2 Ø800	0.50	0.40	0.60	0.97	2.4	0.60	0.40	0.63	0.89	-
	1.01	0.81	0.60	1.94	2.4	0.60	0.80	1.25	1.77	-
Ø1000 2x1000	0.78	0.63	0.55	1.69	2.7	0.55	0.73	1.14	1.62	-
	1.57	1.26	0.55	3.38	2.7	0.55	1.46	2.28	3.23	-
Ø1200 2Ø1200	1.13	0.97	0.59	2.91	3.0	0.54	1.27	1.98	2.81	-
	2.26	1.94	0.59	5.82	3.0	0.54	2.54	3.96	5.62	-

Tableau X.3: : les ouvrages d'assainissement buses [10].

2-Dalots :

Coefficient du MANNING – STRICKLER : 70

Hauteur de remplissage : 0,8 H si $H \leq 2,5$ m.

H – 0,5 si $H > 2,5$ m

Ouvrage S Ø (m)	Section (m ²)		Pente Cinétique %	Valeurs maxi admissibles			Débit en fonction de la pente 1			
	totale	utile		Q (m ² /S)	V (m/s)	I (%)	0.10 %	0.25 %	0.50 %	0.25 %
1x1 2x1	1.0	0.8	0.77	2.2	2.8	0.77	0.6	0.8	1.1	1.4
	2.0	1.6	0.47	4.5	2.8	0.47	1.5	2.1	2.9	3.6
1.5x1.5 2x1.5	2.25	1.8	0.67	5.4	3.0	0.51	1.7	2.4	3.4	4.1
	3.0	2.4	0.54	7.2	3.0	0.41	2.5	3.5	5.0	6.1
2x2 3x2 4x3	4.0	3.2	0.61	9.6	3.0	0.35	3.6	5.1	7.2	8.9
	6.0	4.8	0.45	14.4	3.0	0.26	6.3	9.0	12.7	-
	8.0	6.4	0.37	19.2	3.0	0.21	9.3	13.1	18.5	-
3x3 4x3	9.0	7.5	0.55	26.3	3.5	0.27	11.2	15.9	22.5	-
	12.0	10.0	0.43	35.0	3.5	0.22	16.8	23.7	33.6	-
3x4 4x4	12.0	10.5	0.66	42.0	4.0	0.31	17.0	24.0	34.0	41.6
	16.0	14.0	0.51	56.0	4.0	0.24	25.7	36.4	51.5	-

Tableau X.4: les ouvrages d'assainissement dalots [10].

Chapitre XI:

Etude de carrefours



XI-1- introduction [18]:

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau. L'aménagement des carrefours tend à permettre que ces courants puissent se succéder ou s'entrecroiser.

XI -2- Les principaux types de Carrefour [18]**XI .2.1-Carrefour à trois branches (en T)**

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

XI .2.2-Carrefour à trois branches (en Y)

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

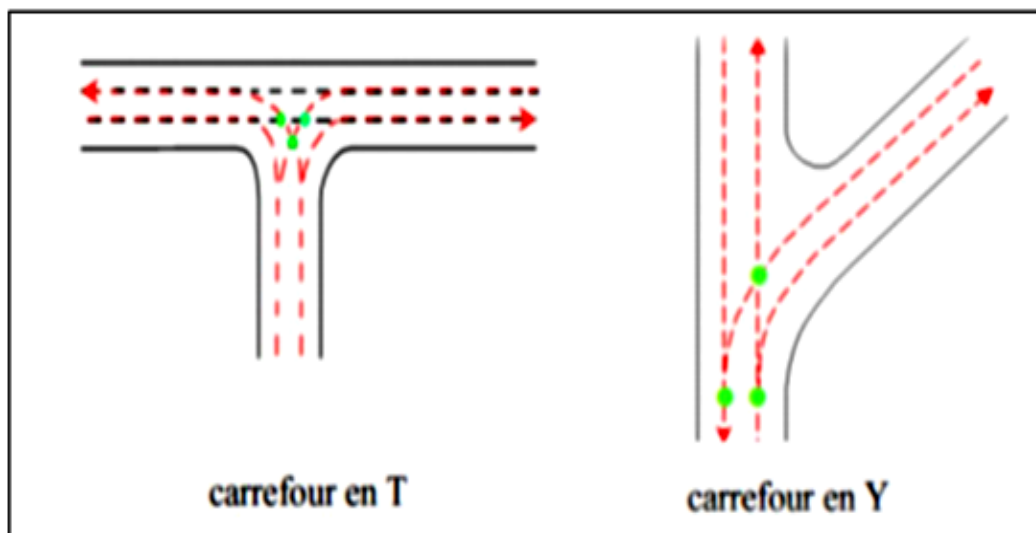


Figure XI.1 : Carrefour à trois branches

XI .2.3 Carrefour à quatre branches [18]:**XI .2.3.1 Carrefour en croix**

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

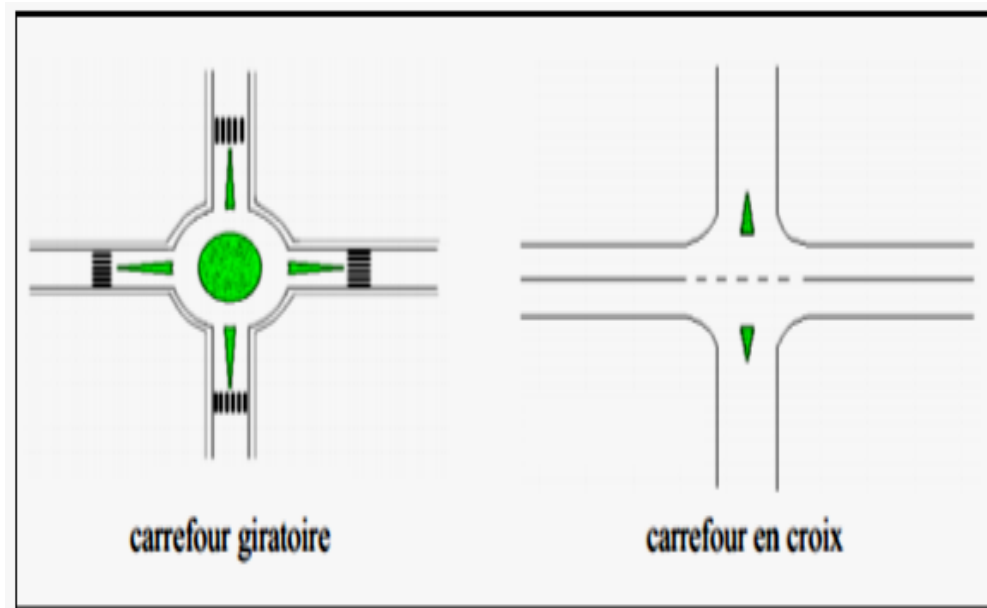


Figure XI.2: Carrefour à quatre branches[18].

XI .2.4 Carrefours a plus de quatre branches[18].

Les carrefours à plus de quatre branches doivent être, autant que possible, ramenés à des intersections à quatre branches au moins par:

- la réunion de branches avant le carrefour.
- la dissociation en deux carrefours.
- l'introduction de sens uniques.
- Si l'espace est suffisant, le carrefour giratoire peut être envisagé.

XI .2.5 Carrefour giratoire [18].

Définition : Un carrefour giratoire comporte un îlot central en principe circulaire, de dimensions suffisantes pour permettre la giration des poids lourds.

La circulation se fait a sens unique autour du terre-plein (circulaire ou ovale) ; aucune intersection ne subsiste, Et permet la convergence sous un angle favorable 30 a 40.en revanche

La sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aise.

XI .2.5.1 Avantages et inconvénients de carrefour giratoire[18].

❖ Les avantages

- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace.
- Modération de la vitesse.
- Amélioration de la sécurité.
- Accroissement de la capacité.

- Diminution des nuisances.
- Faciliter d'insertion d'un grand nombre de branches.
- Économie de régulation et d'exploitation.
- ❖ **Les inconvénient**
- Consommation d'emprise importante.
- Entretien de l'îlot central.
- Transport public non prioritaire.
- Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité).

XI .2.5.2 Les éléments propres au carrefour giratoire[18].

- ✓ **La chaussée annulaire:** partie circulaire où circulent les véhicules, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, autour de l'îlot central .
- ✓ **L'îlot central :** aménagement circulaire, construit ou marqué selon la catégorie du carrefour, situé à l'intersection des voies et autour du quel circulent les véhicules.
- ✓ **La bande franchissable:** Espace aménagé sur le pourtour de l'îlot central, pouvant être utilisé par les véhicules lourds au moment de manœuvres de virage.
- ✓ **Les îlots séparateurs:** Espaces surélevés ou marqués séparant les voies d'entrée et de sortie d'une branche et pouvant servir de refuge aux piétons et aux usagers vulnérables durant leur traversée.
- ✓ **Les lignes de « Cédez le passage »:** lignes de marquage qui indiquent l'endroit où les véhicules entrants doivent céder le passage à tous les véhicules circulant sur la chaussée Annulaire.

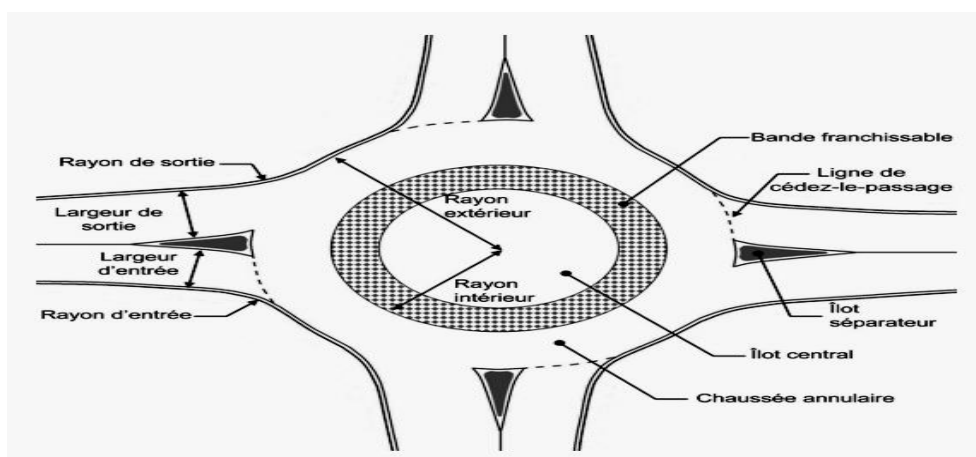


Figure XI.3: Schéma de carrefour giratoire[18].

XI .2.5.3 Le dimensionnement optimal du carrefour giratoire[18].

Les dimensions du carrefour giratoire doivent être adaptées aux éléments de son environnement tels que le milieu, le débit de circulation, la classification de la route, l'emprise disponible, le nombre de branches et la topographie des lieux. L'expérience démontre que plus la taille d'un carrefour giratoire est modeste, plus le gain en sécurité augmente. Surdimensionné un carrefour giratoire accroît les risques pour tous les usagers, mais surtout pour les piétons et les cyclistes.

XI .2.5.4 Les caractéristiques géométriques du carrefour giratoire

- **Le rayon extérieur (Rg):** distance entre le centre du carrefour et la limite extérieure de la chaussée annulaire
- **Le rayon intérieur (Ri):** C'est le rayon de l'îlot central incluant la bande franchissable.
- **La largeur de l'anneau :** C'est la largeur de la chaussée annulaire délimitée par les limites extérieures des rayons extérieur et intérieur.
- **Les rayons d'entrée (Re) et de sortie (Rs):** Ces sont des rayons intérieurs des voies d'entrée et de sortie.

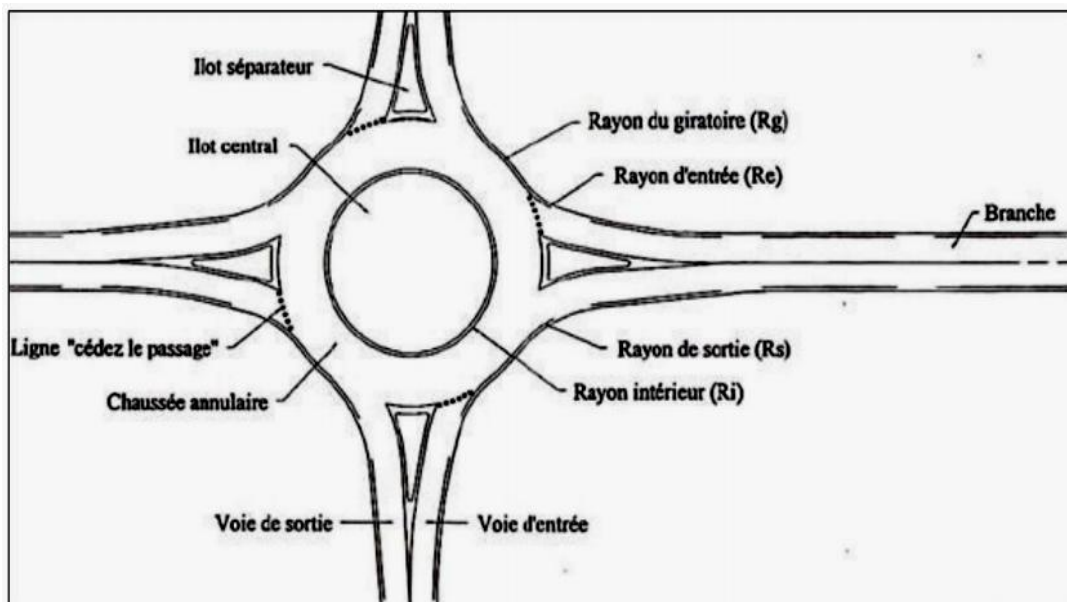


Figure XI.4: Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire [18].

XI- 3- Choix de type de Carrefour[18]:

Les principaux critères à prendre en compte sont :

- La sécurité.
- Les avantages pour les usagers (temps).
- Le bilan financier pour la puissance publique.
- Le bilan coût- avantages monétarisées.
- Le cas échéant l'environnement, la situation initiale exceptionnellement mauvaise, etc....
- La sécurité est une critère prioritaire.

XI- 4- Application au projet

Un carrefour giratoire

A la fin du projet, intersection RN 80 (Khenchela - Ain Touila - Beghai-Ain Beida)

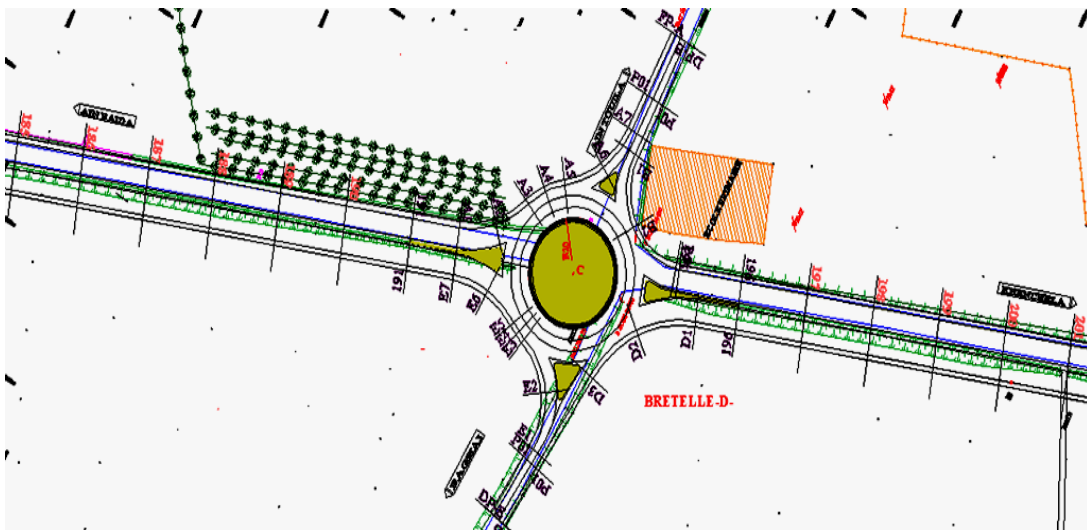


Figure XI.5 : Intersection(Khenchela - Ain Touila - Beghai - Ain Beida) [10].

XI- 5-. Conclusion

L'objectif de l'aménagement du carrefour dans un projet routier permet de garantir la sécurité et la commodité qui spécifie l'endroit de l'intersection.

D'une autre part l'aménagement du carrefour a un but d'esthétique dans ce dédoublement pour obtenir une circulation uniforme.

Chapitre XII:

Signalisation et éclairage



SIGNALISATION [19]**XII-1- Introduction**

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

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

XII-2- L'objet de la signalisation routière

La signalisation routière a pour objet:

- de rendre plus sûre la circulation routière.
- de faciliter cette circulation.
- d'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- de donner des informations relatives à l'usage de la route.
- de bien gérer tout les sens de circulation surtout au voisinage des carrefours.

XII- 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.

XII-4- Règles à respecter pour la signalisation

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation (code de route).
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une sur abondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur

XII-5- Types de signalisation

XII-5- 1-Signalisation vertical

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'usager à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme. Elles peuvent être classées dans quatre classes:

- **Signaux de danger**

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

- **Signaux comportant une prescription absolue**

Panneaux de forme circulaire, on trouve:

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

- **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.

- **Signaux de position des dangers**

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

XII-5- 2-Signalisation horizontale

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

- **Marquage longitudinal**

- ✓ *Lignes continue*

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs aux quels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement. son épaisseur est de 18cm.

✓ **Ligne discontinue**

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

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

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

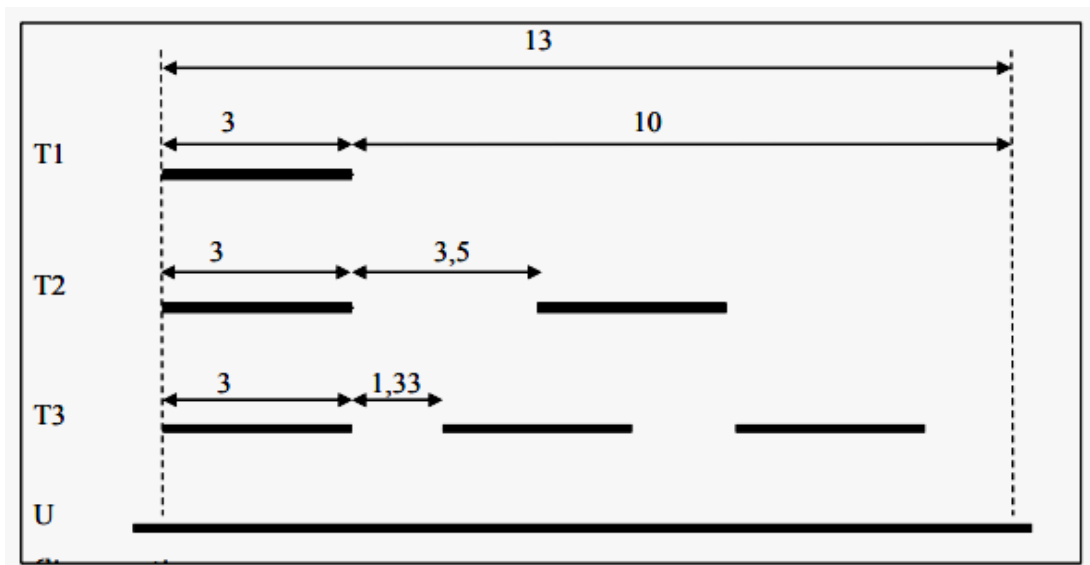


Figure XII.1: Types de modulation [19].

Type de modulation	Rapport Plein/Vid	Intervalle entre deux Traits successifs (m)	Longueur du trait (m)
T1	$\approx 1/3$	10	3
T'1		5	1.5
T2	≈ 1	3.5	6
T'2		0.5	0.5
T3	≈ 3	1.33	3
T'3		6	20

Tableau XII.1: les caractéristiques des lignes discontinues [19].

- **Marquage transversal**

- ✓ **Lignes transversales continue**

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

- ✓ **Ligne transversal discontinue**

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage à l'intersection.

- ✓ **Autre marquage**

- ✓ **Flèche de rabattement**

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

- ✓ **Flèche de sélection**

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

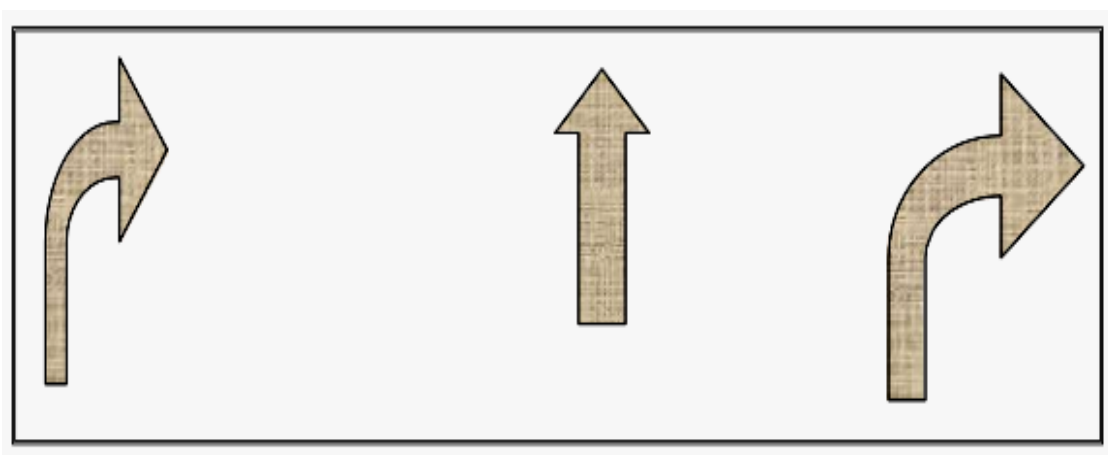


Figure XII.2 : flèche de rabattement et de sélection

Caractéristique générales des marques

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

U = 7,5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5cm pour les autres routes

Application au projet



Figure XII.3: exemple des panneaux utilisés au projet

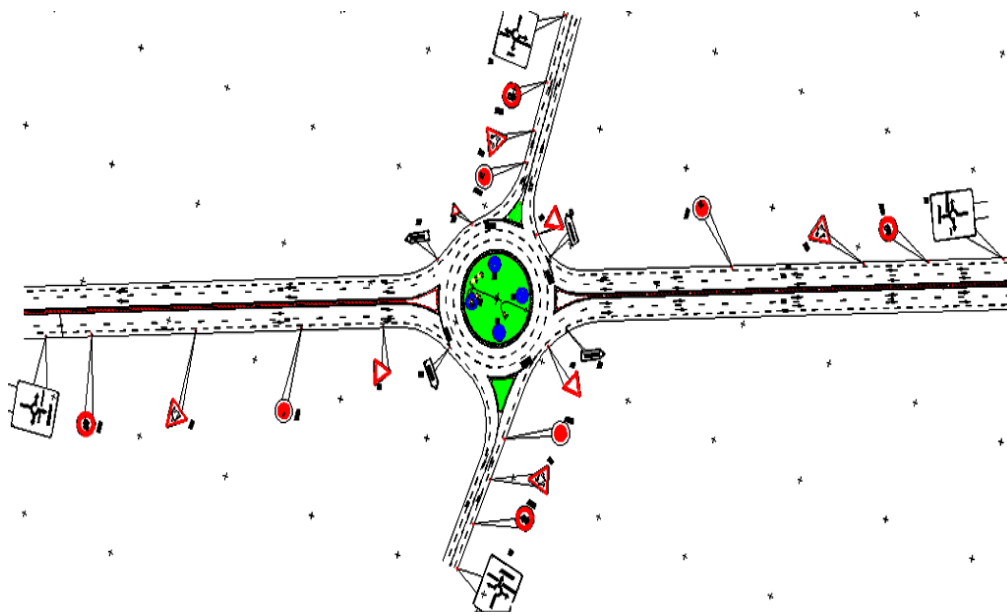


Figure XII.4: signalisation de Carrefour[10].

ECLAIRAGE^[19]

XII-6-1- Introduction

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est-à-dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement : ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours.....etc.). Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons. Il existe quatre classes d'éclairage public :

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

XII-6-2- Eclairage d'un point singulier

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

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

XII-7- 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.
- ✓ Le porte à faux (p) du foyer par rapport au support.
- ✓ L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son sur plomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

CONCLUSION GENERALE

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers puis l'économie. Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation. Cette étude d'APD nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.

Elle est l'occasion pour nous de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet de travaux publics.

Encore une fois, ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels **AUTOCAD 2019 / Covadis**.

Finalement, un réseau routier tout comme un réseau d'eau potable et réseau d'assainissement doit être bien entretenu, il ne suffit pas d'élaborer des calculs du corps de chaussée ou d'ouvrage qui approchent plus au moins la réalité, il est également nécessaire que les choix aboutissent à des solutions techniques compatibles avec la réalité.

Une route, même parfaitement réalisée, nécessite pour son bon fonctionnement, des moyens conséquents en hommes et en matériel.

- [1] B40.Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977.
- [2]https://fr.wikipedia.org/wiki/Khenchela?fbclid=IwAR1jHfHZPZeHItbMINX_xlhh_vmHGcJJS_ebq6iBWTVh2jjZsskma0h-cOrE.
- [3] Google maps.
- [5] google earth.
- [6] les cours de la route 3^{eme} année Lmd < Touam Lakhemissi > 2017/2018.
- [7] <https://www.wikitp.fr/topographie-suite-planimeacutetrie>.
- [8]https://www.google.com/search?q=Les++gisements+trace+en+plan&tbm=isch&ved=2ahUKEwiStMK4y9XrAhUKFBoKHxQqDacQ2-cCegQIABAA&oq=Les++gisements+trace+en+plan&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAQHjoECAAQGFCwSFi4cmCbdGgAcAB4AIABwgKIAeUNkgEIMC4xMy4wLjGYAQCgAQGqAQtd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=IGRVX5KkHYqoaPTUtLgK&bih=937&biw=1920#imgrc=r_GPJd7G6dUWxM
- [9] Fatima Zohra RAHAL ;COURS DE ROUTES CONCEPTION DES TRACÉS ROUTIERS - NORMES- ; 5282 ; OPU ;2014 ;176, 978.9661.0.1526.1.
- [10] RAPPORT D'ETUDE DE DEDOUBLEMENT DE LA RN 80 APD Khenchela M'toussa 26 km de Travaux Publics Khenchela .
- [11] Michel, Faure. Route les cours de L'ENTP. tome1.Lyon : ELEAS, 1997. ISBN: 978-2908016895.
- [12] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Profil_en_travers_\(route\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Profil_en_travers_(route))
- [13]SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme, guide technique Fascicule 1et2, édition 1994.
- [14] TP mécanique des sols 3^{eme} année Lmd < Lakouara Laid >2017/2018.
- [15] Dimensionnement des chaussées G Joeffory, R, Sautery, édition1991.
- [16] les cours de la route M1 VOA < Somia Sakiou > 2018/2019.

[17]<https://www.wikip.fr/structure-de-chausseacutes>

[18] les cours des dimensionnement des ponts (Etude de carrefours) *M1 VOA* < Somia Sakiou >2018/2019.

[19] LE GRAND, A., et al. SIGNALISATION TEMPORAIRE-ROUTES A CHAUSSEES SEPARÉES-MANUEL DU CHEF DE CHANTIER-EDITION 2002-VOLUME 2. 2002.



ANNEXES

LIGNES DU PROFIL EN LONG

TYPE	TAGE	NOM	NREFS	Absc/Tag1	Z/Tag2	Absc1	Z1	Absc2	Z2
PNT	1	1	1	0.000	1018.493				
PNT	2	2	2	390.000	1020.096				
PNT	3	3	2	773.284	1018.936				
PNT	4	4	2	1712.782	1020.260				
PNT	5	5	2	2208.272	1019.085				
PNT	6	6	2	4350.000	1021.634				
PNT	7	7	2	4800.000	1023.889				
PNT	8	8	2	5508.001	1023.456				
PNT	9	9	2	5829.300	1025.098				
PNT	10	10	2	6070.736	1024.615				
PNT	11	11	2	7358.932	1031.016				
PNT	12	12	2	7565.804	1033.803				
PNT	13	13	2	7774.349	1034.798				
PNT	14	14	2	8839.413	1042.110				
PNT	15	15	2	9648.090	1050.588				
PNT	16	16	2	10149.732	1059.791				
PNT	17	17	2	10900.309	1052.730				
PNT	18	34	2	11790.000	1083.090				
PNT	19	35	2	12249.564	1104.568				
PNT	20	36	2	12650.725	1103.982				
PNT	21	37	2	12995.459	1119.051				
PNT	22	38	2	13390.521	1116.500				
PNT	23	39	2	13679.865	1123.674				
PNT	24	40	2	14477.161	1120.695				
PNT	27	43	2	14864.446	1130.842				
PNT	28	44	2	15435.945	1124.305				
PNT	29	45	2	15740.759	1136.821				
PNT	30	46	2	16123.671	1156.998				
PNT	31	47	2	16824.527	1160.944				
PNT	32	48	2	17159.780	1173.946				
PNT	33	49	2	18013.801	1185.388				
PNT	34	50	2	19102.109	1224.466				
PNT	35	51	2	20026.249	1209.010				
PNT	36	52	2	20545.586	1192.585				
PNT	37	53	2	20696.157	1190.561				
PNT	38	54	2	21045.817	1203.627				
PNT	39	55	1	21136.517	1203.627				
SEG	40	94	2	1	2	0.000	1018.493	390.000	1020.096
SEG	41	94	3	2	3	390.000	1020.096	773.284	1018.936
SEG	42	94	3	3	4	773.284	1018.936	1712.782	1020.260
SEG	43	94	3	4	5	1712.782	1020.260	2208.272	1019.085
SEG	44	94	3	5	6	2208.272	1019.085	4350.000	1021.634
SEG	45	94	3	6	7	4350.000	1021.634	4800.000	1023.889
SEG	46	94	3	7	8	4800.000	1023.889	5508.001	1023.456
SEG	47	94	3	8	9	5508.001	1023.456	5829.300	1025.098
SEG	48	94	3	9	10	5829.300	1025.098	6070.736	1024.615
SEG	49	94	3	10	11	6070.736	1024.615	7358.932	1031.016
SEG	50	94	3	11	12	7358.932	1031.016	7565.804	1033.803
SEG	51	94	3	12	13	7565.804	1033.803	7774.349	1034.798

LES CUBATURES

N° : PROF IL	ABSCISSE	VOLUMES	SURF	DISTONCE	LARG. DECAP	SURFACES		
DR1 0	7518.718	219.244	372.255	11.282	24.817	0.000	14.616	0.000
222	7530.000	253.250	411.188	20.718	25.699	0.000	15.828	0.000
D10	7550.718	403.478	470.024	15.102	26.244	0.000	22.528	0.000
M10	7565.820			11.980	26.311	0.000	23.011	0.000
OH6	/	311.590	356.282	/	/	/	/	/
F10	7580.922			9.078	25.885	0.321	18.361	1.961
223	7590.000	112.003	157.897	22.922	24.861	0.000	18.317	0.000
FR1 0	7612.922	293.069	397.773	7.078	25.794	0.107	15.278	1.599
224	7620.000	229.163	386.917	30.000	25.770	0.089	15.669	1.657
225	7650.000	290.477	477.748	30.000	26.328	0.270	16.992	8.091
226	7680.000	509.755	789.837	30.000	26.289	0.504	12.294	15.123
227	7710.000	368.827	788.658	30.000	26.469	0.580	10.570	17.387
228	7740.000	317.102	794.076	30.000	25.904	0.089	22.436	2.678
229	7770.000	673.090	777.112	30.000	26.177	1.040	8.981	31.204
230	7800.000	269.443	785.321	30.000	26.080	0.802	9.237	24.052
231	7830.000	277.099	782.405	30.000	25.719	0.535	9.002	16.037
232	7860.000	270.047	771.573	30.000	25.539	0.565	9.476	16.956
233	7890.000	284.284	766.185	30.000	25.248	0.446	9.691	13.376
234	7920.000	290.717	757.442	30.000	25.763	0.486	10.871	14.581
235	7950.000	326.138	772.882	30.000	25.688	0.405	11.736	12.145
236	7980.000	352.078	770.627	30.000	25.228	0.845	7.088	25.346
237	8010.000	212.648	756.832	30.000	25.898	0.288	12.823	8.632
238	8040.000	384.698	776.931	30.000	25.403	0.239	12.485	7.174
239	8070.000	374.554	762.094	30.000	25.430	0.343	11.816	10.302
240	8100.000	354.475	762.909	30.000	25.952	0.601	12.278	18.035
241	8130.000	368.348	778.574	30.000	26.280	0.721	14.281	21.618
242	8160.000	428.445	788.399	30.000	25.682	0.981	10.160	29.432
		304.796						

LES CUBATURES

243	8190.000	500.524	770.466	30.000	27.001	1.197	16.684	35.922
244	8220.000	449.852	810.030	30.000	26.972	14.995	14.995	33.013
245	8250.000	515.578	809.153	30.000	27.366	1.607	17.186	48.217
246	8280.000	435.980	820.973	30.000	26.504	1.579	14.533	47.371
247	8310.000	84.172	820.973	30.500	28.255	4.151	2.783	125.562
OH7	/		854.714	/	/	/	/	/
248	8370.000	111.289		30.000	25.978	1.952	3.741	58.065
249	8400.000	220.564	772.858	30.000	25.537	2.295	7.352	68.851
250	8430.000	211.476	766.121	30.000	25.592	2.525	7.049	75.738
251	8460.000		767.764	30.000	25.529	2.553	5.095	76.597
252	8490.000	152.853	765.881	30.000	25.523	1.894	6.584	56.820
253	8520.000	197.527	765.677	22.625	25.382	1.633	7.246	42.981
DR1 1	8542.625	190.665	667.878	7.375	25.156	1.046	6.606	15.685
254	8550.000	99.092	377.339	30.000	25.061	0.861	8.203	16.096
255	8580.000	153.286	468.333	30.000	25.061	0.625	5.476	18.750
256	8610.000	164.284	751.833	22.625	25.527	0.310	9.126	9.126
D11	8632.625	240.121	671.692	7.375	25.734	0.251	11.138	3.771
257	8640.000	167.076	386.014	28.521	25.649	0.186	11.508	3.330
M11	8668.521	206.550	460.337	35.896	26.079	0.075	14.979	2.405
F11	8704.417	482.442	839.971	25.583	25.932	0.084	15.764	2.590
258	8730.000	484.589	797.135	30.000	25.329	0.220	13.848	6.103
259	8760.000	384.859	703.919	22.200	26.763	0.157	21.928	4.094
		572.329	698.510					
OH8	/			/	/	/	/	/
FR1 1	8794.417	450.934	556.798	25.583	29.460	0.384	23.859	7.252
260	8820.000	340.189	698.493	30.000	25.133	0.089	12.241	2.483
261	8850.000	545.164	779.398	30.000	25.980	0.135	18.172	4.038
262	8880.000	767.905	783.762	30.000	26.125	0.036	25.597	1.071
263	8910.000	937.535	818.715	30.000	27.290	0.114	31.251	3.408

LES CUBATURES

264	8940.000	1209.438	841.617	30.000	28.054	0.109	40.315	3.270
265	8970.000	1343.405	830.768	30.000	27.692	0.000	44.780	0.000
266	9000.000	1225.906	816.210	30.000	27.207	0.000	40.864	0.000
267	9030.000	1097.303	809.022	30.000	26.967	0.000	36.577	0.000
268	9060.000	1055.201	802.918	30.000	26.764	0.000	35.173	0.000
269	9090.000	855.783	775.704	30.000	25.857	0.000	28.526	0.000
270	9120.000	543.682	747.253	30.000	24.908	0.000	18.123	0.000
271	9150.000	269.522	713.185	30.000	23.773	0.000	8.984	0.000
272	9180.000	41.286	746.093	30.000	24.870	1.142	1.376	34.259
273	9210.000	12.353	757.944	30.000	25.265	2.746	0.412	82.374
274	9240.000	9.413	757.449	30.000	25.248	2.798	0.314	83.954
275	9270.000	59.815	725.062	30.000	24.169	1.647	1.994	49.396
276	9300.000	131.294	730.170	30.000	24.339	24.339	4.376	24.803
277	9330.000	217.590	730.265	30.000	24.342	0.276	7.253	8.286
278	9360.000	268.301	727.407	30.000	24.247	0.049	8.943	1.467
279	9390.000	227.243	726.516	30.000	24.217	0.046	7.575	1.375
280	9420.000	207.358	733.532	30.000	24.451	0.060	6.912	1.795
281	9450.000	220.290	857.224	39.400	24.704	0.184	6.348	6.380
OH9	/			/	/	/	/	/
282	9510.000	234.900	602.799	30.000	23.826	0.000	9.285	0.000
283	9540.000	539.724	755.068	30.000	25.169	0.000	17.991	0.000
284	9570.000	671.755	797.013	30.000	26.567	0.099	22.392	2.965
285	9600.000	641.674	784.188	30.000	26.140	0.044	21.389	1.313
286	9630.000	372.921	765.180	30.000	25.506	0.153	12.431	4.602
287	9660.000	251.135	751.305	30.000	25.043	0.193	8.371	5.790
288	9690.000	75.994	763.787	30.000	25.460	0.714	2.533	21.427
289	9720.000	11.413	738.701	30.000	24.623	3.238	0.380	97.154
290	9750.000	13.407	754.690	30.000	25.156	5.946	0.447	178.365

LES CUBATURES

291	9780.000	0.000	762.028	30.000	25.401	9.099	0.000	272.980
292	9810.000	4.111	764.172	30.000	25.472	8.164	0.137	244.924
293	9840.000	2.977	765.435	30.000	25.514	7.232	0.099	216.954
294	9870.000	0.019	779.751	30.000	25.992	11.518	0.001	345.553
295	9900.000	0.000	772.113	30.000	25.737	10.802	0.000	324.069
296	9930.000	6.780	765.820	30.000	25.527	3.667	0.226	110.016
297	9960.000	0.000	562.090	14.533	25.244	3.951	0.000	87.971
DR1 2	9974.533	176.614	372.625	15.467	24.328	1.860	11.774	4.601
299	10020.000	255.544	534.905	30.000	24.612	0.135	11.758	2.925
300	10050.000	391.577	757.883	30.000	25.263	0.326	13.053	9.790
301	10080.000	440.193	759.352	30.000	25.312	0.135	14.673	4.038
302	10110.000	345.513	884.236	39.748	25.355	0.985	9.907	34.349
M12	10149.749	1120.468	1161.450	50.252	25.810	1.238	24.899	55.704
303	10200.000	1329.203	1073.128	30.000	26.744	0.083	33.126	3.342
304	10230.000	906.407	659.322	19.500	26.639	0.049	36.623	1.224
OH1 0	/	629.772	609.886	/	/	/	/	/
305	10275.000	406.151	508.641	17.964	28.064	0.109	28.979	2.372
F12	10292.964	215.403	442.196	17.036	29.065	1.374	23.209	24.050
306	10310.000	43.609	199.393	14.964	27.637	3.076	13.463	49.212
FR1 2	10324.964	0.294	199.639	0.000	26.650	7.500	5.829	56.111
307	10350.000	7.297	400.073	15.541	25.692	8.162	0.038	63.421
DR1 3	10365.541	47.827	415.672	14.459	26.672	10.713	0.486	160.693
308	10380.000	79.252	373.411	17.541	25.979	2.846	2.989	45.530
D13	10397.541	197.751	499.239	12.459	24.894	1.682	5.283	25.237
309	10410.000	303.849	708.951	30.000	23.516	0.128	9.315	2.718
310	10440.000	554.597	763.999	30.000	23.632	0.000	10.128	0.000
311	10470.000	1020.691	804.519	30.000	25.467	0.000	18.487	0.000
M13	10500.000	1390.812	806.907	30.000	26.817	0.000	34.023	0.000
312	10530.000	1313.643		30.000	26.897	0.000	46.360	0.000

LES CUBATURES

313	10560.000		702.242	18.860	28.745	0.000	53.772	0.000
		806.071						
OH1 1	/	846.827	438.483	/	/	/	/	/
314	10590.000		435.729	19.773	28.369	0.000	52.151	0.000
F13	10609.773	1200.894	486.799	10.227	29.049	0.000	56.455	0.000
315	10620.000	959.217	455.027	21.773	30.425	0.000	75.056	0.000
FR1 3	10641.773	842.567	466.301	8.227	30.335	0.000	63.948	0.000
316	10650.000	1727.700	952.436	21.400	31.478	0.000	56.878	0.000
OH1 2	/	1224.788	817.022	/	/	/	/	/
317	10710.000	1044.514	793.895	30.000	27.768	0.000	50.370	0.000
318	10740.000		477.927	30.000	27.234	0.000	40.826	0.000
319	10770.000	701.938	763.336	30.000	26.463	0.000	34.817	0.000
320	10800.000	1313.148	868.785	5.355	27.036	0.000	39.708	0.000
OH1 3	/	1746.340	901.223	/	/	/	/	/
321	10830.000	2063.660	911.218	30.000	27.938	0.000	48.061	0.000
322	10860.000	2271.617	901.438	30.000	28.960	0.000	58.211	0.000
323	10890.000	2331.340	917.912	30.000	30.041	0.000	68.789	0.000
324	10920.000	2159.277	950.399	30.000	30.374	0.000	75.721	0.000
325	10950.000	2203.647	947.961	30.000	30.048	0.000	77.711	0.000
326	10980.000	2061.595	926.065	30.000	30.597	0.000	71.976	0.000
327	11010.000	1764.858	875.802	30.000	31.680	0.000	73.455	0.000
328	11040.000	1342.742	839.590	30.000	31.599	0.000	68.720	0.000
		1012.521						
329	11070.000	774.823	789.405	30.000	30.869	0.000	58.829	0.000
330	11100.000	645.346	754.396	30.000	29.193	0.000	44.758	0.000
331	11130.000	423.650	744.449	30.000	27.986	0.000	33.751	0.000
332	11160.000	287.447	732.018	30.000	26.314	0.000	25.827	0.000
333	11190.000	199.928	714.584	30.000	25.147	0.031	21.512	0.933
334	11220.000	141.034	708.192	30.000	24.815	0.079	14.122	2.361
335	11250.000		477.740	30.000	24.401	0.109	9.582	3.273
336	11280.000	119.276		30.000	23.819	0.109	6.664	3.266

LES CUBATURES

337	11310.000	98.509		30.000	23.606	0.170	4.701	5.096
338	11340.000	133.601	360.400					
DR1 4	11349.907	185.419	388.999	9.907	23.943	0.389	5.978	7.768
339	11370.000	396.269	362.474	20.093	24.027	0.338	6.567	5.073
D14	11381.907	839.838	592.479	11.907	24.312	0.106	8.350	1.698
340	11400.000	1266.656	768.078	18.093	24.165	0.000	12.361	0.000
341	11430.000	1365.701	799.795	30.000	24.639	0.000	16.479	0.000
342	11460.000	1348.198	732.366	30.000	25.603	0.000	27.995	0.000
343	11490.000	540.950	806.500	30.000	26.660	0.000	42.222	0.000
M14	11513.086	194.384	823.992	23.086	27.591	0.000	51.452	0.000
344	11550.000	118.649	732.180	36.914	26.883	0.000	44.940	0.000
345	11580.000	60.337	775.200	30.000	24.629	0.000	16.169	0.000
346	11610.000	15.871	587.127	30.000	24.406	0.619	6.479	18.571
F14	11644.266	9.981	392.246	34.266	24.125	0.759	3.692	24.400
347	11660.000	0.216	495.910	15.734	23.485	0.241	2.413	6.018
FR1 4	11676.266	0.023	660.356	16.266	24.515	1.596	0.992	25.532
348	11700.000	0.000	775.465	23.734	24.796	6.164	0.499	123.277
349	11730.000	5.830	781.823	30.000	24.579	8.174	0.008	219.608
350	11760.000	4.293	785.700	30.000	25.849	18.415	0.001	552.439
351	11790.000	11.965	511.751	30.000	26.061	21.681	0.000	650.421
352	11820.000	116.883	380.190	30.000	26.190	21.201	0.194	636.025
DR1 5	11830.590	164.601	405.398	10.590	25.215	15.582	0.212	316.245
353	11850.000	316.626	391.428	19.410	25.346	13.666	0.798	204.989
D15	11862.590	546.538	648.190	12.590	25.337	10.225	7.305	163.606
354	11880.000	310.507	947.470	17.410	26.095	11.694	10.973	175.414
355	11910.000	189.293	808.429	30.000	27.344	10.761	13.357	255.089
M15	11951.229	0.622	658.241	41.229	26.604	12.564	15.346	447.447
356	11970.000	0.000	760.235	18.771	26.948	16.331	10.350	489.917
357	12000.000	0.000	507.819	30.000	26.993	21.258	7.763	518.393
358	12030.000	0.000	382.787	30.000	25.341	30.104	0.021	903.135
				9.868	25.475	32.426	0.000	646.364

LES CUBATURES

			409.932					
F15	12039.868	0.000	387.055	20.132	25.519	33.603	0.000	504.049
359	12060.000	0.000	609.742	11.868	25.621	34.046	0.000	544.740
FR1 5	12071.868	130.071	731.211	18.132	25.804	29.395	0.000	440.922
360	12090.000	844.915	781.364	30.000	25.336	17.399	0.000	418.728
361	12120.000	1614.372	859.317	30.000	24.374	1.244	4.336	37.314
362	12150.000	1829.145	879.706	30.000	26.045	0.000	28.164	0.000
363	12180.000	1416.831	834.406	30.000	28.644	0.000	53.812	0.000
364	12210.000	942.210	792.118	30.000	29.324	0.000	60.972	0.000
365	12240.000	487.075	729.248	30.000	27.814	0.000	47.228	0.000
366	12270.000	193.326	753.150	30.000	26.404	0.000	31.407	0.000
367	12300.000	149.167	771.957	30.000	24.308	0.107	16.236	3.211
368	12330.000	48.569	755.656	30.000	25.105	3.810	6.444	114.288
369	12360.000	3.569	750.438	30.000	25.732	7.844	4.972	235.321
370	12390.000	0.006	740.309	30.000	25.189	9.800	1.619	293.999
371	12420.000	230.565	759.574	30.000	25.015	4.192	0.119	125.768
372	12450.000	686.215	883.893	30.000	24.677	2.851	0.000	85.521
373	12480.000	23.611	732.457	27.500	26.420	1.024	8.020	29.426
OH1 4	/	2.218	750.391	/	/	/	/	/
374	12540.000	4.149	748.021	30.000	28.285	0.383	21.959	11.958
375	12570.000	218.162	803.268	30.000	24.415	6.039	0.787	181.156
376	12600.000	584.127	840.518	30.000	25.013	5.227	0.074	156.799
377	12630.000	508.833	837.823	30.000	24.934	4.971	0.138	149.139
378	12660.000	559.625	747.256	28.500	28.736	0.177	19.970	5.165
379	12690.000	190.404	731.442	/	/	/	/	/
OH1 5	/	160.604	758.821	30.000	27.246	0.000	16.547	0.000
380	12750.000	48.477	742.621	30.000	24.909	0.000	18.654	0.000
381	12780.000	27.003	756.221	30.000	24.381	0.805	6.347	24.156
382	12810.000	0.000	760.859	30.000	25.294	2.628	5.353	78.831
383	12840.000							

LES CUBATURES

384	12870.000	0.000	766.030	30.000	24.754	8.577	1.616	257.308
385	12900.000	0.000	778.581	30.000	25.207	6.184	0.900	185.533
386	12930.000	0.000	774.228	30.000	25.362	12.927	0.000	387.813
387	12960.000	0.000	778.378	30.000	25.534	25.352	0.000	760.567
388	12990.000	45.107	779.482	30.000	25.953	25.804	0.000	774.110
389	13020.000	115.606	779.313	30.000	25.808	18.825	0.000	564.740
390	13050.000	110.507	736.770	30.000	25.946	13.281	0.000	398.431
391	13080.000	193.630	709.486	30.000	25.983	9.777	1.504	293.322
392	13110.000	384.832	729.941	30.242	25.873	7.930	3.838	238.861
D16	13140.242	1154.834	821.758	29.758	24.559	2.395	3.684	71.856
393	13170.000	2442.164	931.591	30.000	23.745	1.081	6.481	32.290
394	13200.000	3601.081	922.416	30.000	24.331	0.000	12.828	0.000
395	13230.000	1989.992	733.882	30.000	27.392	0.000	38.494	0.000
396	13260.000	1607.627	885.646	30.000	31.053	0.000	81.405	0.000
397	13290.000	772.810	776.953	15.870	40.219	0.000	157.012	0.000
OH1 6	/	361.189	639.973	/	/	/	/	/
398	13330.000	163.478	787.656	20.000	33.260	0.000	90.188	0.000
399	13350.000	22.860	797.776	40.521	29.268	0.000	53.127	0.000
M16	13390.521	39.074	815.908	19.479	25.898	0.000	25.760	0.000
400	13410.000			25.868	25.868	0.155	14.600	3.823
401	13440.000			30.000	26.255	5.033	5.449	150.999
402	13470.000			30.000	26.593	7.898	0.762	236.935
403	13500.000			30.000	27.197	7.626	1.302	228.789
404	13530.000			30.000	27.060	5.135	4.915	154.036
Total (v)		3247374.131						

PRFILS EN TRAVERS

N° : PROFIL	ABSCISSE	SURFACE DEBLAI m2	SURFACE REMBLI m2	Z	X	Y	ANGLE
DR10	7518.718	/	14.616	1033.169	899593.818	259414.059	199.961
222	7530.000			1033.32	899597.654	259403.449	199.708
D10	7550.718	/	15.828	1033.600	899604.385	259383.856	197.924
M10	7565.820	/	22.528	1033.775	899608.791	259369.411	196.001
F10	7580.922	/	23.011	1033.875	899612.709	259354.827	194.078
223	7590.000	0.321	18.361	1033.919	899614.837	259346.002	193.086
FR10	7612.922	/	18.317	1034.028	899619.755	259323.614	192.041
224	7620.000	0.053 0.054	15.278	1034.062	899621.231	259316.692	192.041
225	7650.000	0.034 0.055	15.669	1034.205	899627.490	259287.352	192.041
226	7680.000	0.017 0.252	16.992	1034.348	899633.748	259258.012	192.041
227	7710.000	0.191 0.313	12.294	1034.491	899640.006	259228.672	192.041
228	7740.000	0.050 0.529	10.570	1034.634	899646.265	259199.332	192.041
229	7770.000	0.040 0.049	22.436	1034.784	899652.523	259169.992	192.041
230	7800.000	0.281 0.759	8.981	1034.974	899658.781	259140.652	192.041
231	7830.000	0.361 0.205 0.236	9.208 0.029	1035.180	899665.040	259111.312	192.041
232	7860.000	0.244 0.061 0.230	8.870 0.132	1035.386	899671.298	259081.972	192.041
233	7890.000	0.121 0.149 0.295	9.428 0.048	1035.592	899677.556	259052.632	192.041
234	7920.000	0.095 0.164 0.186	9.637 0.053	1035.798	899683.815	259023.292	192.041
235	7950.000	0.312 0.079	10.701	1036.004	899690.073	258993.952	192.041
		0.095	0.170				
		0.230 0.012					

PRFILS EN TRAVERS

		0.090	11.629				
236	7980.000	0.073	0.107	1036.210	899696.331	258964.612	192.041
		0.162					
237	8010.000	0.682	7.088	1036.416	899702.590	258935.272	192.041
		0.188	12.630				
		0.053	0.193				
238	8040.000	0.047		1036.622	899708.848	258905.932	192.041
		0.030					
		0.143	12.424				
239	8070.000	0.066	0.061	1036.828	899715.107	258876.592	192.041
		0.041					
		0.231	11.791				
240	8100.000	0.072	0.025	1037.034	899721.365	258847.252	192.041
		0.115	12.258				
		0.392	0.020				
241	8130.000	0.095		1037.240	899727.623	258817.912	192.041
		0.157	14.281				
242	8160.000	0.564	0.001	1037.446	899733.882	258788.572	192.041
		0.119	10.160				
243	8190.000	0.862		1037.652	899740.140	258759.232	192.041
		0.226					
		0.001	16.684				
244	8220.000	0.970		1037.858	899746.398	258729.893	192.041
		0.261					
		0.033	14.983				
245	8250.000	0.806	0.012	1038.064	899752.657	258700.553	192.041
		0.215	17.186				
246	8280.000	1.393		1038.270	899758.915	258671.213	192.041
		0.019	14.533				
247	8310.000	1.560		1038.475	899765.173	258641.873	192.041
		0.384					
		2.011	2.783				
OH7	8340.500	1.756		1038.685	899771.536	258612.044	192.041
248	8370.000			1038.887	899777.690	258583.193	192.041
		0.197	3.741				
		0.518					
249	8400.000	1.236		1039.093	899783.948	258553.853	192.041
		0.174					
250	8430.000	2.121	7.352	1039.299	899790.207	258524.513	192.041

PRFILS EN TRAVERS

		0.604 1.921					
251	8460.000		7.049	1039.505	899796.465	258495.173	192.041
		0.884 0.073					
252	8490.000	1.596	5.088 0.007	1039.711	899802.723	258465.833	192.041
		0.337 0.132					
253	8520.000	1.425	6.584	1039.917	899808.982	258436.493	192.041
		0.159 0.140 0.084	7.246				
DR11	8542.625	1.251		1040.073	899813.701	258414.366	192.041
		0.123 0.079					
254	8550.000	0.844	6.491 0.115	1040.123	899815.239	258407.153	192.024
		0.134					
255	8580.000	0.728	8.203	1040.329	899821.404	258377.793	191.596
		0.119 0.151 0.266					
256	8610.000	0.089	5.456 0.020	1040.535	899827.202	258348.359	190.596
		0.051 0.047 0.033	8.651 0.474				
D11	8632.625	0.179		1040.691	899831.153	258326.082	189.463
		0.053 0.030					
257	8640.000	0.168	10.620 0.518	1040.741	899832.338	258318.803	189.040
		0.041 0.021					
M11	8668.521	0.123	10.792 0.716	1040.937	899836.417	258290.576	187.406
		0.045 0.029					
F11	8704.417		14.979	1041.183	899840.404	258254.904	185.349
		0.059					
258	8730.000	0.025	15.764	1041.359	899842.494	258229.407	184.092
		0.177 0.040					
259	8760.000	0.003	13.531 0.317	1041.565	899844.363	258199.466	183.148
		0.141 0.016					
OH8	8782.200		19.974 1.955	1041.718	899845.509	258177.295	182.819
FR11	8794.417			1041.801	899846.103	258165.093	182.771
		0.384					
260	8820.000		23.859	1041.984	899847.340	258139.540	182.771
		0.089					
261	8850.000		12.241	1042.238	899848.790	258109.575	182.771

PRFILS EN TRAVERS

262	8880.000	0.135	18.172	1042.536	899850.240	258079.610	182.771
263	8910.000	0.036	25.597	1042.850	899851.691	258049.645	182.771
264	8940.000	0.114	31.251	1043.165	899853.141	258019.680	182.771
265	8970.000	0.109	40.315	1043.479	899854.591	257989.715	182.771
266	9000.000	/	44.780	1043.794	899856.041	257959.750	182.771
267	9030.000	/	40.864	1044.108	899857.492	257929.785	182.771
268	9060.000	/	36.577	1044.423	899858.942	257899.820	182.771
269	9090.000	/	35.173	1044.737	899860.392	257869.856	182.771
270	9120.000	/	28.526	1045.052	899861.843	257839.891	182.771
271	9150.000	/	18.123	1045.366	899863.293	257809.926	182.771
272	9180.000	/	8.984	1045.681	899864.743	257779.961	182.771
		0.169					
		0.220					
		0.001					
273	9210.000	0.228	1.206	1045.995	899866.194	257749.996	182.771
		0.525	0.170				
		1.191					
		0.484					
274	9240.000	0.240	0.316	1046.310	899867.644	257720.031	182.771
		0.831	0.095				
		1.673					
		0.354					
		0.001					
		0.003					
		0.080					
		0.026	0.217				
275	9270.000	0.661	0.021	1046.624	899869.094	257690.066	182.771
			0.076				
		1.502					
		0.140	0.482				
276	9300.000	0.004	1.512	1046.939	899870.545	257660.101	182.771
		0.827					
277	9330.000		4.376	1047.253	899871.995	257630.136	182.771
		0.276					
278	9360.000		7.253	1047.568	899873.445	257600.171	182.771

PRFILS EN TRAVERS

279	9390.000	0.049	8.943	1047.882	899874.896	257570.206	182.771
		0.046					
280	9420.000		7.575	1048.197	899876.346	257540.241	182.771
281	9450.000	0.060	6.912	1048.511	899877.796	257510.276	182.771
		0.156					
OH9	9489.400	0.028	0.904	1048.924	899879.701	257470.923	182.771
282	9510.000		5.444	1049.140	899880.697	257450.347	182.771
283	9540.000	/	9.285	1049.455	899882.147	257420.382	182.771
284	9570.000	/	17.991	1049.769	899883.598	257390.417	182.771
285	9600.000	0.099	22.392	1050.084	899885.048	257360.452	182.771
286	9630.000	0.044	21.389	1050.421	899886.498	257330.487	182.771
287	9660.000	0.153	12.431	1050.844	899887.949	257300.522	182.771
288	9690.000	0.193	8.371	1051.357	899889.399	257270.557	182.771
		0.185					
289	9720.000	0.005	0.473	1051.907	899890.849	257240.592	182.771
		0.525	2.060				
		0.759					
		0.001	0.056				
		0.006	0.324				
290	9750.000	2.012	0.447	1052.458	899892.300	257210.627	182.771
		0.154					
		3.779					
291	9780.000	2.659	/	1053.008	899893.750	257180.662	182.771
		6.440	/				
292	9810.000	2.798	0.004	1053.558	899895.200	257150.697	182.771
		0.431	0.133				
		4.935					
293	9840.000	2.548	0.099	1054.109	899896.651	257120.733	182.771
		4.684					
294	9870.000	6.426		1054.659	899898.101	257090.768	182.771

PRFILS EN TRAVERS

		5.092	0.001				
295	9900.000			1055.209	899899.551	257060.803	182.771
		10.802	/				
296	9930.000	2.523 1.145		1055.760	899901.001	257030.838	182.771
297	9960.000		0.226	1056.310	899902.452	257000.873	182.771
		1.940 0.017 1.995	/				
DR12	9974.533		/	1056.577	899903.154	256986.357	182.771
		1.537 0.324					
298	9990.000		1.152	1056.860	899903.945	256970.910	183.247
		1.112 0.012 0.305					
D12	10006.533		6.929	1057.164	899905.080	256954.417	184.808
		0.306 0.001					
299	10020.000		0.013	1057.407	899906.409	256941.016	186.523
			11.761				
		0.135					
300	10050.000		0.003	1057.885	899910.808	256911.346	190.343
		0.326	11.755				
301	10080.000		13.053	1058.273	899917.173	256882.034	194.162
		0.135					
302	10110.000		14.673	1058.571	899925.477	256853.212	197.982
M12	10149.749	0.985	9.907	1058.828	899939.401	256815.996	203.043
		1.238					
303	10200.000		24.899	1058.926	899961.609	256770.947	209.441
		0.083					
304	10230.000		33.126	1058.865	899977.214	256745.332	213.261
		0.049					
OH10	10249.500		36.623	1058.776	899988.259	256729.263	215.744
305	10275.000	0.109		1058.603	900003.734	256709.000	218.990
F12	10292.964	1.374	28.979	1058.443	900015.312	256695.267	221.278
306	10310.000		23.209	1058.283	900026.748	256682.640	222.869
		3.076					
FR1	10324.964		13.463	1058.142	900036.985	256671.726	223.315
		7.500					
OH6	7577.800		5.829	1033.860	899611.939	259357.852	194.476
307	10350.000	8.137 0.024		1057.907	900054.172	256653.498	223.315
DR13	10365.541		0.038	1057.761	900064.833	256642.191	223.315
		10.618 0.095					
308	10380.000		0.486	1057.625	900074.726	256631.647	222.899

PRFILS EN TRAVERS

		2.542 0.304					
D13	10397.541	1.555 0.128	2.989	1057.460	900086.506	256618.650	221.278
309	10410.000	0.128	5.283	1057.342	900094.595	256609.175	219.691
310	10440.000	/	9.315	1057.060	900112.971	256585.469	215.872
311	10470.000	/	10.128	1056.795	900129.727	256560.591	212.052
M13	10500.000	/	18.487	1056.573	900144.789	256534.652	208.232
312	10530.000	/	34.023	1056.393	900158.089	256507.768	204.412
313	10560.000	/	46.360	1056.256	900169.569	256480.057	200.593
314	10590.000	/	53.772	1056.162	900179.177	256451.643	196.773
F13	10609.773	/	52.151	1056.124	900184.465	256432.592	194.255
315	10620.000	/	56.455	1056.111	900186.883	256422.655	193.161
FR13	10641.773	/	75.056	1056.101	900191.607	256401.401	192.218
316	10650.000	/	63.948	1056.103	900193.348	256393.361	192.218
OH12	10671.400	/	56.878	1056.123	900197.878	256372.445	192.218
317	10710.000	/	50.370	1056.215	900206.047	256334.720	192.218
318	10740.000	/	40.826	1056.335	900212.396	256305.399	192.218
319	10770.000	/	34.817	1056.498	900218.745	256276.079	192.218
320	10800.000	/	39.708	1056.704	900225.094	256246.758	192.218
321	10830.000	/	48.061	1056.953	900231.443	256217.438	192.218
322	10860.000	/	58.211	1057.245	900237.792	256188.117	192.218
323	10890.000	/	68.789	1057.580	900244.141	256158.797	192.218
324	10920.000	/	75.721	1057.957	900250.490	256129.476	192.218
325	10950.000	/	77.711	1058.377	900256.840	256100.156	192.218
326	10980.000	/	71.976	1058.841	900263.189	256070.836	192.218
327	11010.000	/	73.455	1059.347	900269.538	256041.515	192.218
328	11040.000	/	68.720	1059.896	900275.887	256012.195	192.218
329	11070.000	/	58.829	1060.487	900282.236	255982.874	192.218
330	11100.000	/	44.758	1061.122	900288.585	255953.554	192.218
331	11130.000	/	33.751	1061.799	900294.934	255924.233	192.218
332	11160.000	/		1062.520	900301.283	255894.913	192.218

PRFILS EN TRAVERS

			25.827				
333	11190.000	0.031		1063.283	900307.632	255865.592	192.218
			21.512				
334	11220.000	0.079		1064.089	900313.982	255836.272	192.218
			14.122				
335	11250.000	0.001		1064.938	900320.331	255806.952	192.218
		0.108	9.582				
336	11280.000			1065.830	900326.680	255777.631	192.218
			6.652				
		0.109	0.005				
337	11310.000		0.007	1066.764	900333.029	255748.311	192.218
		0.170	4.701				
338	11340.000			1067.742	900339.378	255718.990	192.218
		0.389	5.973				
DR14	11349.907		0.005	1068.074	900341.475	255709.308	192.218
		0.338	6.565				
339	11370.000		0.002	1068.758	900345.819	255689.690	193.022
		0.001	8.350				
		0.105					
D14	11381.907	/		1069.165	900348.617	255678.117	194.255
		/	12.361				
340	11400.000		16.479	1069.782	900353.424	255660.675	196.559
		/		1070.806	900362.926	255632.225	200.379
341	11430.000		27.995				
		/		1071.829	900374.302	255604.472	204.199
342	11460.000		42.222				
		/		1072.853	900387.501	255577.538	208.018
343	11490.000		51.452				
		/		1073.641	900398.864	255557.445	210.958
M14	11513.086		44.940				
		/		1074.901	900419.129	255526.603	215.658
344	11550.000		16.169				
		0.619		1075.924	900437.417	255502.829	219.478
345	11580.000		6.479				
		0.037		1076.948	900457.247	255480.325	223.297
346	11610.000	0.680	0.026				
		0.042	3.666				
F14	11644.266	0.050		1078.117	900481.673	255456.304	227.660
		0.057					
		0.134	0.024				
			2.390				
347	11660.000	0.081		1078.654	900493.456	255445.879	229.171
		1.515					
			0.992				
		0.077		1079.209	900505.829	255435.319	229.697
FR14	11676.266	6.087	0.499				
				1080.019	900523.929	255419.968	229.697
348	11700.000	0.520					
		7.654		1081.043	900546.808	255400.563	229.697
349	11730.000	6.466	0.008				
		11.948	0.001				
350	11760.000	21.681		1082.121	900569.688	255381.158	229.697

PRFILS EN TRAVERS

			/				
351	11790.000	5.708 15.492	0.194	1083.289	900592.567	255361.754	229.697
352	11820.000	0.428 0.005 15.150	0.212	1084.547	900615.446	255342.349	229.697
DR15	11830.590	0.128 13.538	0.798	1085.013	900623.522	255335.499	229.697
353	11850.000	10.225	7.305	1085.895	900638.270	255322.880	228.948
D15	11862.590	10.973	11.694	1086.483	900647.679	255314.514	227.660
354	11880.000	10.761	13.357	1087.296	900660.317	255302.542	225.443
355	11910.000	12.564	15.346	1088.699	900680.977	255280.797	221.624
M15	11951.229	16.331	10.350	1090.625	900706.913	255248.767	216.374
356	11970.000	21.258	7.763	1091.503	900717.727	255233.425	213.984
357	12000.000	0.050 30.054	0.021	1092.905	900733.655	255208.009	210.165
358	12030.000	32.426	/	1094.307	900747.854	255181.589	206.345
F15	12039.868	33.603	/	1094.768	900752.136	255172.698	205.089
359	12060.000	34.046	/	1095.709	900760.348	255154.318	203.332
FR15	12071.868	29.395	/	1096.263	900765.013	255143.406	203.051
360	12090.000	17.399	/	1097.105	900772.113	255126.721	203.051
361	12120.000	1.244	4.336	1098.403	900783.859	255099.116	203.051
362	12150.000	/	28.164	1099.573	900795.606	255071.512	203.051
363	12180.000	/	53.812	1100.615	900807.353	255043.907	203.051
364	12210.000	/	60.972	1101.528	900819.099	255016.303	203.051
365	12240.000	/	47.228	1102.312	900830.846	254988.698	203.051
366	12270.000	/	31.407	1102.968	900842.593	254961.093	203.051
367	12300.000	0.107	16.236	1103.495	900854.339	254933.489	203.051
368	12330.000	3.580 0.230	6.444	1103.894	900866.086	254905.884	203.051
369	12360.000	7.785 0.059	4.972	1104.164	900877.833	254878.279	203.051
370	12390.000	9.784 0.016	1.619	1104.306	900889.579	254850.675	203.051

PRFILS EN TRAVERS

371	12420.000	1.832 1.832	2.252	1104.319	900901.326	254823.070	203.051
372	12450.000	2.037 0.814	/	1104.276	900913.073	254795.465	203.051
373	12480.000	0.933 0.071 0.019	0.414 0.002	1104.290	900924.819	254767.861	203.051
OH14	12507.500		7.603	1104.392	900935.587	254742.557	203.051
374	12540.000	0.382	0.099	1104.620	900948.313	254712.652	203.051
375	12570.000		21.860	1104.934	900960.059	254685.047	203.051
		6.038	0.787				
376	12600.000	4.658 0.522 0.047	0.074	1105.349	900971.806	254657.442	203.051
377	12630.000	4.606 0.334 0.031	0.138	1105.864	900983.553	254629.838	203.051
378	12660.000	3.592	7.272	1106.478	900995.299	254602.233	203.051
379	12690.000	0.177	19.970	1107.193	901007.046	254574.628	203.051
OH15	12718.500	/		1107.965	901018.205	254548.404	203.051
380	12750.000	/	16.547	1108.923	901030.539	254519.419	203.051
381	12780.000	/	18.654	1109.937	901042.286	254491.815	203.051
382	12810.000	0.805	6.347	1111.052	901054.033	254464.210	203.051
383	12840.000	2.628	5.353	1112.267	901065.779	254436.605	203.051
384	12870.000	0.010 8.566	0.935 0.680	1113.567	901077.526	254409.001	203.051
385	12900.000	0.051 0.047 6.087	0.090 0.810	1114.789	901089.273	254381.396	203.051
386	12930.000	12.927	/	1115.830	901101.019	254353.791	203.051
		25.352	/				
387	12960.000	25.804	/	1116.692	901112.766	254326.187	203.051
388	12990.000	18.825	/	1117.373	901124.513	254298.582	203.051
389	13020.000	8.754	/	1117.875	901136.259	254270.977	203.051
390	13050.000	4.527	/	1118.196	901148.006	254243.373	203.051
391	13080.000	6.560 0.002 3.216	0.210	1118.338	901159.753	254215.768	203.051

PRFILS EN TRAVERS

392	13110.000	4.270 3.660	1.294	1118.300	901171.499	254188.164	203.051
D16	13140.242	0.489 1.906	3.838	1118.116	901183.341	254160.336	203.051
393	13170.000	1.081	3.684	1117.924	901195.196	254133.042	203.904
394	13200.000	/	6.436 0.045	1117.730	901207.557	254105.707	204.763
395	13230.000	/	12.828	1117.536	901220.327	254078.561	205.623
396	13260.000	/	38.494	1117.343	901233.503	254051.610	206.482
397	13290.000	/	81.405	1117.149	901247.081	254024.859	207.342
OH16	13305.870	/	157.012	1117.047	901254.426	254010.791	207.796
398	13330.000	/	90.188	1116.894	901265.807	253989.514	208.487
M16	13390.521	/	25.760	1117.013	901295.474	253936.766	210.221
400	13410.000	0.094 0.061	14.599	1117.236	901305.360	253919.982	210.779
401	13440.000	4.489 0.544	5.449	1117.758	901320.905	253894.323	211.639
402	13470.000	6.877 0.220 0.801	0.005 0.757	1118.471	901336.833	253868.901	212.498
403	13500.000	7.005 0.197 0.003 0.422	0.450 0.852	1119.214	901353.140	253843.721	213.358
404	13530.000			1119.958	901369.823	253818.788	214.217

ELEMENTS DE CONSTRUCTION EN PLANIMITRIE

TYPE	TAG	NO	NREFS	X ₂	Y ₂	VITESSE	X/TAGE ₁	Y/TAGE ₂	X ₁	Y ₁
PNT	1	1	1	897805.665	265874.168	0	897587.996	266616.606	/	/
PNT	2	2	2				897805.665	265874.168	/	/
SEG	3	3	2	897815.259	264934.084	0	1	2	897587.996	266616.606
PNT	4	4	2				897815.259	264934.084	/	/
SEG	5	5	3	897856.047	264693.505	0	2	4	897805.665	265874.168
PNT	6	6	2				897856.047	264693.505	/	/
SEG	7	7	3	897923.802	264368.555	0	4	6	897815.259	264934.084
PNT	8	8	2				897923.802	264368.555	/	/
SEG	9	9	3	898017.575	264057.244	0	6	8	897856.047	264693.505
PNT	10	10	2				898017.575	264057.244	/	/
SEG	11	11	3	898074.914	263907.859	0	8	10	897923.802	264368.555
PNT	12	12	2				898074.914	263907.859	/	/
SEG	13	13	3	898634.779	262059.919	0	10	12	898017.575	264057.244
PNT	14	14	2				898634.779	262059.919	/	/
SEG	15	15	3	898911.425	261305.369	0	12	14	898074.914	263907.859
PNT	16	16	2				898911.425	261305.369	/	/
SEG	17	17	3	898958.922	261162.110	0	14	16	898634.779	262059.919
PNT	18	18	2				898958.922	261162.110	/	/
SEG	19	19	3	899609.917	259369.734	0	16	18	898911.425	261305.369
PNT	20	20	2				899609.917	259369.734	/	/
SEG	21	21	3	899840.007	258291.043	0	18	20	898958.922	261162.110
PNT	22	22	2				899840.007	258291.043	/	/
SEG	23	23	3	899911.965	256804.326	0	20	22	899609.917	259369.734
PNT	24	24	2				899911.965	256804.326	/	/
SEG	25	25	3	900164.208	256539.432	0	22	24	899840.007	258291.043
PNT	26	26	2				900164.208	256539.432	/	/
SEG	27	27	3	900377.177	255544.435	0	24	26	899911.965	256804.326
PNT	28	28	2				900377.177	255544.435	/	/
SEG	29	29	3	900717.013	255256.206	0	26	28	900164.208	256539.432
PNT	30	30	2				900717.013	255256.206	/	/
SEG	31	31	3	901281.847	253928.847	0	28	30	900377.177	255544.435
PNT	32	32	2				901281.847	253928.847	/	/
SEG	33	33	3	901943.870	253062.652	0	30	32	900717.013	255256.206
PNT	34	34	2				901943.870	253062.652	/	/
SEG	35	35	3	902752.911	251171.584	0	32	34	901281.847	253928.847
PNT	36	36	2				902752.911	251171.584	/	/
SEG	37	37	3	903216.340	250732.988	0	34	36	901943.870	253062.652
PNT	38	38	2				903216.340	250732.988	/	/
SEG	39	39	3	903418.600	249387.279	0	36	38	902752.911	251171.584
PNT	40	40	2				903418.600	249387.279	/	/
SEG	41	41	3	903767.956	248676.187	0	38	40	903216.340	250732.988
PNT	42	42	2				903767.956	248676.187	/	/
SEG	43	43	3	903892.428	247722.094	0	40	42	903418.600	249387.279
PNT	44	44	2				903892.428	247722.094	/	/
SEG	45	45	3	903799.512	247265.391	0	42	44	903767.956	248676.187
PNT	46	46	2				903799.512	247265.391	/	/
SEG	47	47	3	903841.368	246856.306	0	44	46	903892.428	247722.094
PNT	48	48	1				903841.368	246856.306	/	/
SEG	49	49	3	903841.368	246856.306	0	46	48	903841.368	247295.662

الملخص

إن المدن في العالم شهدت تطورا كبيرا وملحوظا واتبعت هذا التطور مشاكل عديدة بما في ذلك الطلب المتزايد على السكن والنقل. حتى الجزائر لا تستثنى من هذه المعادلة. هذه الأخيرة قد شهدت على مدى العقدين الماضيين تحولات اقتصادية واجتماعية بليغة ترجمت بتوسع كبير للمدن وخاصة في وسائل النقل وشبكات الطرق.

ولدينا مشروع لدراسة ازدواج الطريق القديم الذي يربط دائرة خنشلة ببلدية متوسة ، وقد استعملنا كل المكتسبات العلمية من اجل فهم وربط العناصر المؤثرة والمتدخلة بغية تفهم العناصر التي تسهم وكذلك اجرينا دراسة دقيقة لجميع مراحل بدءا من حساب تدفق حركة المرور عبر عملية فرز مركبة عام 2015 الذي يتيح لنا استخلاص عدد المسارات المطلوبة مع حالة الاتجار في الطريق الوطني رقم 80.

بعد ذلك تأتي مرحلة تحديد محور الطريق المسار الافقي المحاذاة العمودية والمقطع العرضي هذه المراحل من خلال برنامج الكمبيوتر " Covadis et AutoCAD " والذي يحتاج كمعطيات أساسية إحداثيات الموقع (Z,X,Y) الطبوغرافية التي يقوم برفعها الطبوغرافي من الموقع الذي ستمر منه الطريق.

يتم اختيار مسار الطريق وفقا للاماكن المراد ربطها مع الاحترام الصار لتعليمات وكذلك قيود الموقع مثل المنازل أعمدة الكهرباء عالية التوتر الأودية أنابيب نقل الغاز.... بعد تحديد جميع القيود الموجودة في الموقع يتم وضع المحور النهائي

دائما باستعمال البرنامج نعرف كمية الحفر والملء الجانبي للطريق صرف المياه تقاطع الطرق إشارات المرور.

وفي الأخير وبعد هذه الدراسة لهذا المشروع نكون قد حصلنا على مكتسبات تمكننا من ولوج عالم الشغل بصفة تدريجية.

RESUME

Les villes dans le monde ont assisté à un grand développement, ce développement est suivi par divers problèmes, y compris la demande croissante de logement et de transport. Et l'Algérie n'est pas exclue vis-à-vis de ce sujet qui a été observé au cours des deux dernières décennies, les transformations économiques et sociales traduisent une grande expansion des villes et en particulier dans les réseaux de transport et de la route.

Et puissions-nous avoir dans notre projet d'étudier le dédoublement de l'ancien route reliant la daïra de khanchela et la ville de M'toussa, et nous avons exploité tous les acquis scientifiques pendant le parcours scolaire afin de comprendre et de relier tous les éléments qui contribuent ainsi nous avons procédé à une étude approfondie de toutes les étapes de réalisation, , en commençant par calculer le débit du trafic à travers le processus de comptage des véhicules pour l'année 2015, ce qui nous permet d'extraire le nombre de voies nécessaire et compatible avec la situation de la circulation de la route nationale N ° 80.

Ensuite vient l'étape de l'identification de l'axe de la route, tracé en plan, profil en long et le profil en travers, ces étapes sont effectués par le logiciel "Covadis et AutoCAD" et qui a besoin de la listes des point (X, Y, Z) par la levée topographique du lieu qui va passer la route.

L'axe du tracé est choisi selon les endroits que nous voulons connecter, mais dans le strict respect des instructions du B40 ainsi que des contraintes du site, tels que: des maisons, des poteaux électriques de haute tension, des vallées, des pipeline de transport de gaz.....
.....Après avoir sélectionné toutes les contraintes sur le site en va adapter l'axe final.

Toujours en utilisant le programme "Covadis et AutoCAD" Nous savons les cubatures, le drainage, les intersections et les carrefour, la signalisation et l'éclairage.

En fin de compte, après Notre réalisation de ce projet, nous avons obtenu les gains nous permettent d'accéder au monde du travail peu à peu

الملخص

إن المدن في العالم شهدت تطورا كبيرا وملحوظا واتبعت هذا التطور مشاكل عديدة بما في ذلك الطلب المتزايد على السكن والنقل. حتى الجزائر لا تستثنى من هذه المعادلة. هذه الأخيرة قد شهدت على مدى العقدين الماضيين تحولات اقتصادية واجتماعية بليغة ترجمت بتوسع كبير للمدن وخاصة في وسائل النقل وشبكات الطرق.

ولدينا مشروع لدراسة ازدواج الطريق القديم الذي يربط دائرة خنشلة ببلدية متوسة، وقد استعملنا كل المكتسبات العلمية من اجل فهم وربط العناصر المؤثرة والمتدخلة بغية تفهم العناصر التي تسهم وكذلك اجرينا دراسة دقيقة لجميع مراحل بدءا من حساب تدفق حركة المرور عبر عملية فرز مركبة عام 2015 الذي يتيح لنا استخلاص عدد المسارات المطلوبة مع حالة الاتجار في الطريق الوطني رقم 80.

بعد ذلك تأتي مرحلة تحديد محور الطريق المسار الافقي المحاذاة العمودية والمقطع العرضي هذه المراحل من خلال برنامج الكمبيوتر " Covadis et AutoCAD " والذي يحتاج كمعطيات أساسية إحداثيات الموقع (Z, X, Y) الطبوغرافية التي يقوم برفعها الطوبوغرافي من الموقع الذي ستمر منه الطريق.

يتم اختيار مسار الطريق وفقا للاماكن المراد ربطها مع الاحترام الصار لتعليمات وكذلك قيود الموقع مثل المنازل أعمدة الكهرباء عالية التوتر الأودية أنابيب نقل الغاز.... بعد تحديد جميع القيود الموجودة في الموقع يتم وضع المحور النهائي

دائما باستعمال البرنامج نعرف كمية الحفر والملء الجانبي للطريق صرف المياه تقاطع الطرق إشارات المرور.

وفي الأخير وبعد هذه الدراسة لهذا المشروع نكون قد حصلنا على مكتسبات تمكننا من ولوج عالم الشغل بصفة تدريجية.

RESUME

Les villes dans le monde ont assisté à un grand développement, ce développement est suivi par divers problèmes, y compris la demande croissante de logement et de transport. Et l'Algérie n'est pas exclue vis-à-vis de ce sujet qui a été observé au cours des deux dernières décennies, les transformations économiques et sociales traduisent une grande expansion des villes et en particulier dans les réseaux de transport et de la route.

Et puissions-nous avoir dans notre projet d'étudier le dédoublement de l'ancienne route reliant la daïra de Khenchela et la ville de M'toussa, et nous avons exploité tous les acquis scientifiques pendant le parcours scolaire afin de comprendre et de relier tous les éléments qui contribuent ainsi nous avons procédé à une étude approfondie de toutes les étapes de réalisation, en commençant par calculer le débit du trafic à travers le processus de comptage des véhicules pour l'année 2015, ce qui nous permet d'extraire le nombre de voies nécessaire et compatible avec la situation de la circulation de la route nationale N ° 80.

Ensuite vient l'étape de l'identification de l'axe de la route, tracé en plan, profil en long et le profil en travers, ces étapes sont effectuées par le logiciel "Covadis et AutoCAD" et qui a besoin de la liste des points (X, Y, Z) par la levée topographique du lieu qui va passer la route.

L'axe du tracé est choisi selon les endroits que nous voulons connecter, mais dans le strict respect des instructions du B40 ainsi que des contraintes du site, tels que: des maisons, des poteaux électriques de haute tension, des vallées, des pipelines de transport de gaz..... Après avoir sélectionné toutes les contraintes sur le site en va adapter l'axe final.

Toujours en utilisant le programme "Covadis et AutoCAD" Nous savons les cubatures, le drainage, les intersections et les carrefours, la signalisation et l'éclairage.

En fin de compte, après notre réalisation de ce projet, nous avons obtenu les gains nous permettent d'accéder au monde du travail peu à peu.