

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Civil & Architecture

N° d'ordre : M.... /GCA/2020

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
MASTER ACADAEMIQUE**

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voies et ouvrages d'arts (VOA)

Thème

**Etude du dédoublement d'un tronçon de la RN11 du PK 143 Au PK
147**

Membres du jury :

- **Président :** Mme ELmascri Setti
- **Examineur :** Mr SOLTANE benallou Kaddour
- **Encadreur :** Mr KERAOUTI RabeH

Présenté par:

- **Mr BERRAH Laid M'sali Youcef**
- **Mr DJELLAB Abdelhafid**

Promotion juin 2020

Remerciements

Nous commençons par remercier le bon Dieu tout puissant qui grâce à sa majesté nous avons pu aboutir à finaliser ce projet de fin d'étude.

Nous souhaitons adresser ici tous nos remerciements aux personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce projet.

Tout d'abord à Monsieur l'encadreur

Mr R. KERAOUTI, pour l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans qui ce projet n'aurait jamais vu ce jour.

Aussi nous tenons à remercier tous les enseignants de la faculté des Sciences et de la Technologie.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis qui nous ont toujours soutenue et encouragé au cours de la réalisation de ce projet

Laid et Abd El Hafid

Dédicace :

Tout d'abord je tiens à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé à arriver jusqu'à ce Niveau d'études et de réaliser ce modeste

Travail que je dédie :

- A mes très chers parents et que Dieu Le tout puissant les gardes en bonne santé.

- A mes sœurs que j'aime énormément

A toute la famille BERRAH et HADJ-ABED

A mes chers amis FARES, YOUNCEF, ANES et ABDELLAH

- A tout la promotion 2019/2020.

En fin à toutes les personnes qui m'ont Soutenu et aide à réaliser ce travail.

Laid

Je dédie mon modeste travail à l'être le plus chère de ma vie ma mère ..
. et mon précieux père

Je le dédie à ma famille ; Aymen llyes Akrem Hadjer et Nadjette
Et toute ma deuxième famille

« MAKHLOUFI »

A toute mes amis Charf Abd Rezak Islem Yacine Rédha Amine

Sans oublier bien sur mon binôme « Idou ».

Et a tous mes collègues de la promotion des travaux publics et
aussi de génie civil.

Fares

Liste des tableaux

- Tableau 1 : Coordonnées des sommets de l'axe de la route existante
- Tableau 2 : Gisement, distance de la route existante
- Tableau 3 : Tangentes aux cercles et rayons "route existante"
- Tableau 4 : Dénivelée cumulée "route existante"
- Tableau 5 : Type de topographie
- Tableau 6 : Sinuosité
- Tableau 7 : Environnement de la route existante
- Tableau 8 : Vitesse de référence
- Tableau 9 : Dévers
- Tableau 10 : Valeur du coefficient ft
- Tableau 11 : Valeur du coefficient "F"
- Tableau 12 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques
- Tableau 1 : Récapitulatif des rayons en plan
- Tableau 2 : Les rayons en plan selon B40
- Tableau 14 : Valeurs du coefficient P
- Tableau 15 : Valeurs de K_1 en fonction de l'environnement
- Tableau 16 : Valeurs de K_2 en fonction de l'environnement-
- Tableau 17 : Valeurs de capacité théorique
- Tableau 18 : Données trafic
- Tableau 19 : Résultats de calcul trafic
- Tableau 20 : Coordonnées de sommets de la variante 1
- Tableau 21 : Calcul des gisements, angles au centre et distances
- Tableau 22 : Tangentes aux cercles et rayons "variante 1"
- Tableau 23 : Calcul des dénivelés variante 1
- Tableau 24 : Coordonnées des sommets de la variante 2
- Tableau 25 : Calcul des gisements, angles au centre et distances
- Tableau 26 : Tangentes aux cercles et rayons "variante 2"
- Tableau 27 : Calcul des dénivelés variante 2
- Tableau 28 : Calcul des dénivelés variante 2
- Tableau 29 : Paramètres de Clothilde
- Tableau 30 : Devers en fonction de l'environnement
- Tableau 31 : Valeur de déclivité maximale
- Tableau 32 : Rayons convexes (Cat2, V100)
- Tableau 33 : Rayons concaves (Cat2, V100)-
- Tableau 34 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40
- Tableau 35 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse
- Tableau 36 : Paramètres fondamentaux
- Tableau 37 : Coefficient d'équivalence des matériaux
- Tableau 38 : Classe de trafic
- Tableau 39 : Classe de sol
- Tableau 40 : Epaisseur du corps de chaussée
- Tableau 41 : Déblai et Remblai Variante 1
- Tableau 42 : Pente et rampe de la Variante 1
- Tableau 43 : Déblai et Remblai Variante 2
- Tableau 44 : Pente et Rampe de la Variante 2
- Tableau 45 : Devis quantitatif et estimatif

Liste des figures

- Figure 1 : Présentation de la wilaya
- Figure 2 : Localisation du projet
- Figure 3 : Localisation du projet
- Figure 4 : Détermination de l'angle au centre
- Figure 1 : Les éléments d'un tracé en plan
- Figure 6 : Les éléments d'un tracé en plan
- Figure 7 : Eléments d'un Clothilde
- Figure 8 : Clothoïde
- Figure 9 : Condition de gauchissement
- Figure 10 : Distance d'arrêt et de freinage
- Figure 11 : Distance de perception-
- Figure 12 : L'espace entre deux véhicules-
- Figure 13 : Les éléments d'une route
- Figure 14 : Les différentes catégories de chaussée
- Figure 15 : Les démarches du catalogue
- Figure 16 : Corps de chaussée
- Figure 17 : Surfaces de cubature
- Figure 18 : Les étapes de calcul de cubature sous COVADIS
- Figure 19 : Implantation sur la tangente
- Figure 20 : Coordonnées polaires
- Figure 21 : Méthode d'implantation
- Figure 22 : Les signalisations horizontales
- Figure 23 : Signalisation verticale type A
- Figure 24 : Signalisation verticale type B
- Figure 25 : Signalisation verticale type E
- Figure 26 : Eclairage d'un point singulier

Table des matières

CHAPITRE I <u>PRESENTATION DU PROJET</u>	5
I.1. INTRODUCTION GENERALE	5
I.2. PRESENTATION DU PROJET.....	6
I.3. Objectif du projet	9
CHAPITRE II <u>ETUDE DE LA ROUTE EXISTANTE</u>	11
II.1. Introduction :	11
II.2. Détermination des coordonnées des sommets :	12
II.3. Calcul de gisements et des angles au centre :	12
Coordonnées des points de sommet de la route existante :	13
II.4. Détermination des rayons en plan :	14
II.4.1. Calculs éléments de quatre raccordements :	15
II.5. Les longueurs de tracé :	16
II.6- Environnement de la route.....	17
II.6.1. Dénivelée cumulée moyenne :	17
II.6.2. Sinuosité :	22
II.7- Vitesse de référence :	23
II.8. Courbes en plan :	24
CHAPITRE III.....	27
ETUDE DU TRAFIC.....	27
III.1. Introduction :	27
III.2. Analyse du trafic :	27
III. 3. Différents types de trafics :	28
III.4. Modèles de présentation de trafic :	28
III.4.1. Prolongation de l'évolution passée :	29
III. 4.2. Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques :	29
III 4.3. Modèle gravitaire :	29
III 4.4. Modèle de facteurs croissance :	29
III 5. Calcul de la capacité :	30
III 5.1. Définition de la capacité:	30
III 5.2. Détermination de nombre de voies :	30
III 5.3. Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon :	30
Calcul du nombre de voie	32
CHAPITRE IV.....	34
TRACE EN PLAN.....	34
IV .1. Introduction.....	35
IV .2. Définition du tracé en plan :	35

IV .3. Règles à respecter dans le trace en plan :.....	36
IV .4. Les éléments de tracé en plan :	37
IV.4.1 - Calculs éléments de quatre raccordements.....	39
II.5- Les longueurs de tracé.....	40
V.4.1 - Calculs éléments de quatre raccordements	46
II.5- Les longueurs de tracé.....	47
II.5- Le choix de variante :	51
CHAPITRE V.....	53
LES RACCORDEMENT PROGRESSIFS.....	53
V.1. Courbe de raccordement :.....	54
V.2. Type de courbe de raccordement :.....	55
b) Lemniscate.....	55
c) Clothilde	55
V.3. Raccordement progressif :	55
IV.3.1. Introduction.....	55
V.4. Devers.....	59
V.4.1. Devers en alignement.....	60
V.4.2. Devers vers l'intérieur des courbes	60
V.4.3. Détermination des dévers aux rayons en plan.....	61
Variation du dévers dans la Clothilde	62
CHAPITRE VI.....	62
PROFIL EN LONG	62
VI .1. Définition.....	63
VI.2. Ligne projet.....	63
Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes :.....	63
VI .2.1-Eléments constituant la ligne rouge.....	64
A- Les alignements	64
B- Déclivité	64
B.1-Déclivité minimale	64
B.2-Déclivité maximale.....	64
C- Raccordement en profil en long.....	65
C.1- Raccordements verticaux	65
C.2- Raccordement convexe (angle saillant)	65
Raccordement concave (angle rentrant)	66
VI .3. Coordination du tracé en plan et du profil en long	67
Avantages de la coordination du tracé en plan et du profil en long.....	69
CHAPITRE VII LES PARAMETRES CINEMATIQUES	69
VII.1- Distance de freinage	70

VII.2- Temps de réaction.....	71
VII.4-Distance de perception.....	72
VII.5- Distance de sécurité entre deux véhicules	74
V.6-Manœuvre de dépassement :.....	75
CHAPITRE VIII.....	77
PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES	77
VIII- PROFIL EN TRAVERS.....	78
VIII .1-Définition :.....	78
VIII .2-Profil en travers type	78
VIII .3- Les éléments constituant un profil en travers type.....	79
VIII .5-Principe de la constitution des chaussées	81
VIII .5.1-La chaussée	82
VIII .6-Les principales méthodes de dimensionnement.....	84
VIII .6.1-Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)	84
VIII .6.2-Méthode A.A.S.H.O :(American Association of State Highway Officials)	85
VIII .6.3-Méthode d'ASPHALT INSTITUTE	86
VIII .6.4-Méthode du catalogue des structures.....	86
VIII .6.4.1-Détermination de la classe de trafic.....	86
VIII .6.4.2-Détermination de la classe du sol	87
VIII .6.5-La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)	87
VIII .6.6-Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	87
VIII .6.6.1-La démarche du catalogue :.....	88
Application au projet.....	89
VIII .7-Cubatures	90
VIII .7.1-Définition	90
VIII .7.2-Méthode de calcul.....	90
Méthode 1 (commande Covadis)	91
Méthode 2 : (utilisation du Menu Covadis).....	92
CHAPITRE IX.....	100
IMPLANTATION	100
IX.1- Définition	100
CHAPITRE ASSAINISSEMENT	104
X .1-Introduction :	104
X .2-Objectif de l'assainissement	105
X .3-Assainissement de la chaussée :.....	105
CHAPITRE XI.....	108
SIGNALISATION ET ECLAIRAGE	108
2-1 Signalisation verticale :	109
2-2 Signalisation horizontale :	110

3- TYPOLOGIE SELON LES USAGERS :	112
3-1 Signalisation routière :	112
3-2Signalisation autoroutière :	113
3-3Signalisation cycliste :	113
3-4Signalisation piétonne :	113
CHAPITRE XII	116
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	116
Devis Quantitatif et Estimatif	116
CONCLUSION.....	118
BIBLIOGRAPHIE.....	118

CHAPITRE I

PRESENTATION DU PROJET

I.1. INTRODUCTION GENERALE

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

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

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier reliant la RN11 à la commune de SIDI LAKHDER, comme il représente aussi une importance stratégique pour le réseau routier national.

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de l'importance de la route existante qui doit supporter :

- L'intensité du trafic actuel.
- Des différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région.
- La demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.

I.2. PRESENTATION DU PROJET

I.2.1. Présentation de la wilaya :

Mostaganem est la 27^{ème} wilaya dans l'administration territoriale Algérienne. Elle se trouve au Nord-Ouest de l'Algérie sur la méditerranée (Afrique du Nord), à 350 Kms à l'Ouest d'Alger (La capitale) et à 80 Kms à l'Est d'Oran (2^{ème} ville d'Algérie) et s'étend sur une superficie globale de 226.900 hectares soit 2269 km².

La wilaya de Mostaganem compte plus de 800 000 habitants (statistiques de 2008) et se compose de 32 communes, réparties sur 10 Daïras.

Les wilayas limitrophes de Mostaganem : A l'Est la Wilaya de Chlef, au Sud-est la Wilaya de Relizane, à l'Ouest la Wilaya d'Oran, au Sud-ouest la Wilaya de Mascara.

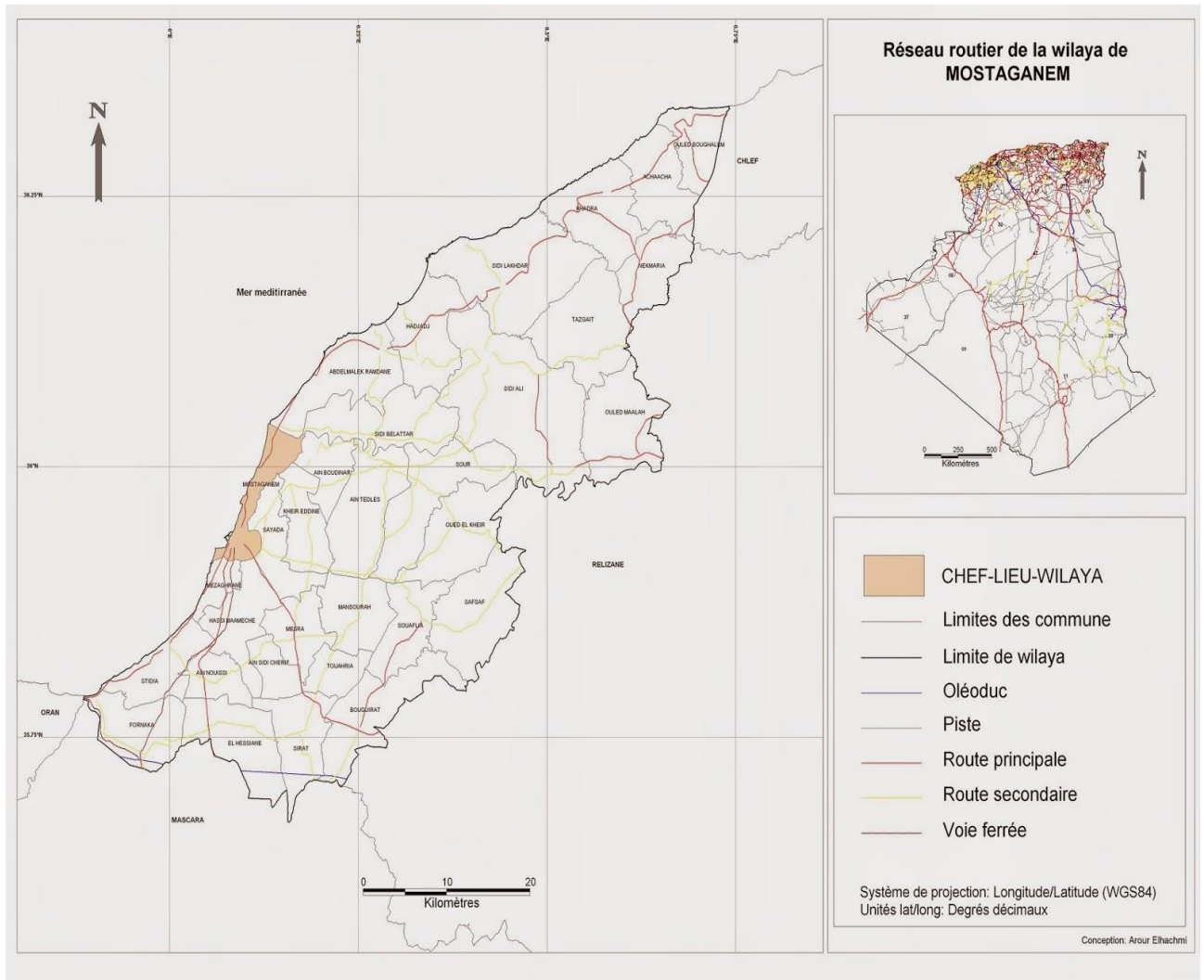


Figure 1 : Présentation de la wilaya

I.2.2. Localisation :

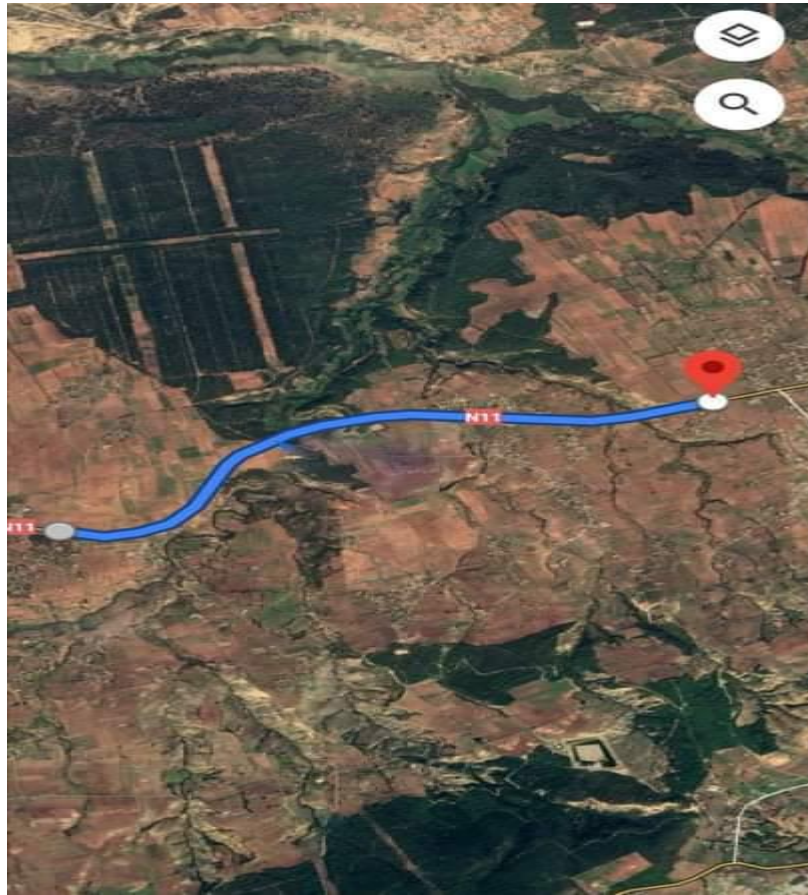


Figure 2 : Localisation du projet

Notre projet fait partie du réseau des routes nationales, c'est le tronçon qui relie la RN11 à la commune de SIDI LAKHDER, ce projet est inscrit dans le cadre de la réalisation de l'étude du dédoublement de la RN11 entre la wilaya de MOSTAGANEM et la wilaya de CHLEF.



Figure 3 : Localisation du projet

I.3. Objectif du projet :

Dans le cadre de la réalisation de l'étude du dédoublement qui relie la RN11 et la limite de la wilaya de CHLEF, ce projet répond à une demande de transport qui ne cesse d'augmenter, il permettra aux usagers de l'axe RN11, la facilité de la fluidité du trafic venant de la wilaya de MOSTAGANEM.

✓ La catégorie : *Catégorie 2*

✓ Le trafic

- TMJA : 7000 V/J
- Pourcentage de poids lourds : 25%
- Le taux d'accroissement : $\tau = 7\%$
- Durée d'étude et mise en service : 3 ans
- Durée de vie : 15 ans

✓ Profil en travers type

Dédoublement :

- Accotement 2 x 2.00m
- Largeur de la route 2 x 7m
- TPC 2m (séparateur 0,60m)

L'indice CBR = 9

CHAPITRE II

ETUDE DE LA ROUTE EXISTANTE

II.1. Introduction :

La route existante est composée de six virages successifs. Elle est d'une longueur d'environ 4357 m et d'une largeur de 7.00 m.

L'étude de cette route est axée sur les différentes étapes suivantes :

- ❖ Détermination des coordonnées définissant l'axe de la route.
- ❖ Mesure des longueurs des tangentes.
- ❖ Détermination des rayons des parties circulaires.
- ❖ Calcul du pourcentage d'alignement droit et courbe.
- ❖ L'environnement de la route :
 - Dénivelée cumulée.
 - Sinuosité.

- ❖ Vitesse de référence Vr.
- ❖ Calcul des rayons en plan RHm, RHN, RHd et RHnd.
- ❖ Etude de trafic.
- ❖ Conclusion.

II.2. Détermination des coordonnées des sommets :

Dans cette partie on a relevé à partir du tracé en plan, les coordonnées planimétriques définissant l'axe la route.

Une fois les coordonnées relevées, on calcule les gisements de tous les directions définissant les alignements droits, on détermine ensuite les angles au centres de chaque raccordements et enfin on procède à la mesure des longueurs des tangentes et ceci dans le but de calculer les rayons planimétrique des virages de la route existante.

II.3. Calcul de gisements et des angles au centre :

a-Gisement

Le gisement d'une direction est l'angle dans le sens topographique (des aiguilles d'une montre) compris entre l'axe des Y et la direction

Exemple : Calcul du Gisement de la direction S1S2

$$G_{S1S2} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg \frac{X_{S2} - X_{S1}}{Y_{S2} - Y_{S1}}$$

b-Distance

La distance S1S2 est donnée par la relation :

$$S_1S_2 = \sqrt{(X_{S2} - X_{S1})^2 + (Y_{S2} - Y_{S1})^2}$$

c-L'angle au centre

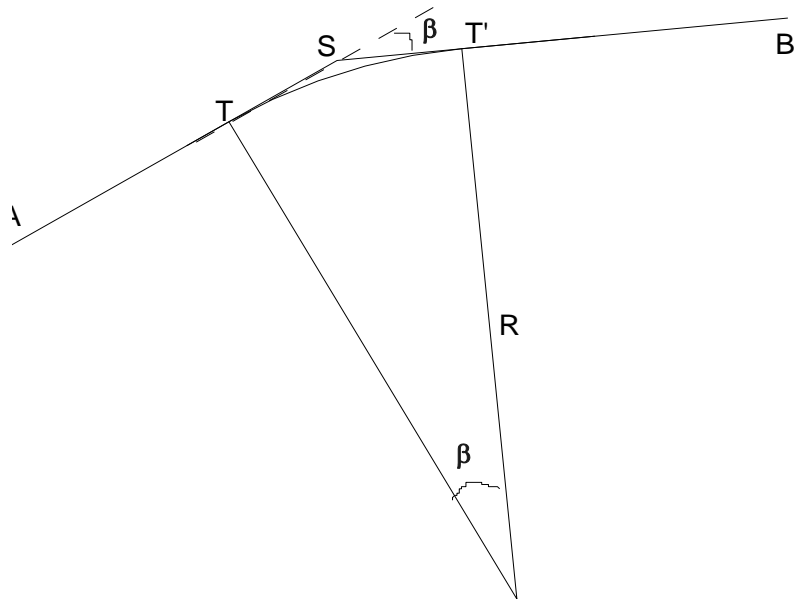


Figure 4 : détermination de l'angle au centre

D'après le cas de figure, l'angle au centre β est donné par : $G\beta = G_{SB} - G_{AS}$

Coordonnées des points de sommet de la route existante :

Sommets	X(m)	Y(m)
1	262117,2867	4001016,1175
2	262398,2782	4000988,1847
3	262798,8156	4001148,81
4	262999,8983	4001895,1423
5	263339,8729	4002213,4253
6	263817,5608	4002438,2558
7	264927,9848	4002547,373

8	265140,6700	4002620,1491
9	265221,3795	4002675,161
10	265274,2235	4002704,2902
11	265481,1143	4002802,7093
12	265723,0805	4002924,6132

Tableau 1 : coordonnées des sommets de l'axe de la route existante

Valeurs des gisements et des distances :

Valeurs de ΔX et ΔY		Gisements		Angle au centre		Distances
$\Delta X =$	280.9915 m	G1.2	189.9405 gr	$\beta 1 =$	-114.2207 gr	282.38 m
$\Delta Y =$	-27.933 m					431.54 m
$\Delta X =$	400.5374 m	G2-3	75.7198 gr	$\beta 2 =$	-58.967 gr	772.94 m
$\Delta Y =$	160.626 m					465.71 m
$\Delta X =$	201.0827 m	G3-4	16.7528 gr	$\beta 3 =$	35.3487 gr	527.95 m
$\Delta Y =$	746.332 m					1115.77 m
$\Delta X =$	340.0346 m	G4-5	52.1015 gr	$\beta 4 =$	19.8926 gr	224.79 m
$\Delta Y =$	318.283 m					97.68 m
$\Delta X =$	477.6879 m	G5-6	71.9941 gr	$\beta 5 =$	21.77 gr	60.34 m
$\Delta Y =$	224.83 m					229.1 m
$\Delta X =$	1110.424 m	G6-7	93.7641 gr	$\beta 6 =$	-14.7532 gr	27.09 m
$\Delta Y =$	109.118 m					27.09 m
$\Delta X =$	212.6852 m	G7-8	79.0109 gr	$\beta 7 =$	-17.0987 gr	27.09 m
$\Delta Y =$	72.776 m					27.09 m
$\Delta X =$	80.7095 m	G8-9	61.9122 gr	$\beta 8 =$	6.0153 gr	27.09 m
$\Delta Y =$	55.012 m					27.09 m
$\Delta X =$	52.844 m	G9-10	67.9275 gr	$\beta 9 =$	3.8045 gr	27.09 m
$\Delta Y =$	29.129 m					27.09 m
$\Delta X =$	206.8908 m	G10-11	71.7320 gr	$\beta 10 =$	-1.4435 gr	27.09 m
$\Delta Y =$	98.419 m					27.09 m
$\Delta X =$	241.9662 m	G11-12	70.2885 gr	$\beta 10 =$	-1.4435 gr	27.09 m
$\Delta Y =$	121.904 m					27.09 m

Tableau 2 : gisement, distance de la route existante

II.4. Détermination des rayons en plan :

Le tracé de la route existante est composé de douze(12) virages.

La valeur du rayon est déterminée par la relation suivante:

$$ST = ST' = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{ST}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}$$

II.4.1. Calculs éléments de quatre raccords :

Bissectrice

$$\text{Biss} = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$$

La développée

$$D = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{deg}} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{Grad}} \cdot R}{200} = R \beta^{\text{rd}}$$

La flèche

$$F = R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$$

Tous les calculs de rayon de la route existante sont illustrés dans le tableau suivant :

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	tangente (m)	Développée (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)
$\beta_1 = -114.2207$	250	313.1619	448.31	153.22	95
$\beta_2 = -58.967$	550	274.64	509.11	66	60.5
$\beta_3 = 35.3487$	500	142.493	277.48	20	20

$\beta_4 = 19.8926$	750	118.193	234.23	90	15
$\beta_5 = 21.77$	850	146.767	290.52	17	15
$\beta_6 = -14.7532$	350	40.7374	81.06	3.5	3.5
$\beta_7 = -17.0987$	350	47.28	93.95	35	3.5
$\beta_8 = 6.0153$	450	21.2756	42.49	45	4.5
$\beta_9 = 3.8045$	2500	74.72	149.32	250	25
$\beta_{10} = -1.4435$	5000	56.68	113.31	500	50

Tableau 3 : Tangentes aux cercles et rayons "route existante"

II.5. Les longueurs de tracé :

La longueur totale de tracé mesurée

$$L_t = 4357.3265 \text{ m}$$

La longueur totale des arcs de cercles calculée: LC

$$\sum D = L_C = 2239.78 \text{ m}$$

La longueur totale des alignements droits mesurée : LAD

$$LAD = L_T - L_C = 4357.3265 - 2239.78$$

$$L_{AD} = 2117.5465 \text{ m}$$

Pourcentage d'alignement droit :

% alignement Droit = 48.60%

Pourcentage courbe :

% Courbe = 51.40%

40% > L_{AD} = 48.60% > 60%

20% > L_C = 51.40% > 60%

Condition vérifié ✓

II.6- Environnement de la route

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

1. La dénivelée cumulée moyenne DC
2. La sinuosité σ

II.6.1. Dénivelée cumulée moyenne :

La somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire, permet de mesurer la variation longitudinale du relief. (B40)

N de profile	Cote TN	Dénivelée	D partielle	Déclivité
1	137.3062	-	0.0000	-
2	136.8434	-0.463	25.0000	-1.85%
3	136.2138	-0.630	25.0000	-2.52%
4	135.8954	-0.318	25.0000	-1.27%
5	135.0958	-0.800	25.0000	-3.20%
6	133.7596	-1.336	25.0000	-5.34%
7	133.0537	-0.706	25.0000	-2.82%
8	132.2178	-0.836	25.0000	-3.34%
9	131.5542	-0.664	25.0000	-2.65%
10	131.3123	-0.242	12.0532	-2.01%
11	131.1265	-0.186	12.9468	-1.44%
12	130.5687	-0.558	25.0000	-2.23%
13	130.4102	-0.159	25.0000	-0.63%
14	129.5902	-0.820	25.0000	-3.28%
15	128.6903	-0.900	19.1924	-4.69%
16	128.4881	-0.202	5.8076	-3.48%
17	127.6208	-0.867	25.0000	-3.47%
18	127.0487	-0.572	25.0000	-2.29%

ETUDE D'UN DEDOUBLEMENT DE LA RN11 PK 143 AU PK 147.

19	126.5654	-0.483	25.0000	-1.93%
20	126.2788	-0.287	25.0000	-1.15%
21	126.1842	-0.095	25.0000	-0.38%
22	126.1779	-0.006	25.0000	-0.03%
23	126.0026	-0.175	9.2787	-1.89%
24	126.0408	0.038	15.7213	0.24%
25	125.5584	-0.482	25.0000	-1.93%
26	125.4723	-0.086	25.0000	-0.34%
27	125.3149	-0.157	25.0000	-0.63%
28	125.2585	-0.056	25.0000	-0.23%
29	125.8570	0.599	25.0000	2.39%
30	125.5399	-0.317	15.1310	-2.10%
31	125.5434	0.004	9.8690	0.04%
32	125.6199	0.076	25.0000	0.31%
33	125.6050	-0.015	25.0000	-0.06%
34	125.8372	0.232	25.0000	0.93%
35	125.6412	-0.196	25.0000	-0.78%
36	125.6306	-0.011	5.5786	-0.19%
37	125.7669	0.136	19.4214	0.70%
38	125.6811	-0.086	25.0000	-0.34%
39	125.7397	0.059	25.0000	0.23%
40	125.5937	0.171	25.0000	0.68%
41	125.7646	0.171	25.0000	0.68%
42	125.8235	0.059	25.0000	0.24%
43	125.7044	-0.119	25.0000	-0.48%
44	125.3328	-0.372	25.0000	-1.49%
45	125.2923	-0.041	2.8357	-1.43%
46	124.9610	-0.331	22.1643	-1.49%
47	124.4376	-0.523	25.0000	-2.09%
48	123.9689	-0.469	25.0000	-1.87%
49	123.4721	-0.497	25.0000	-1.99%
50	123.1337	-0.338	25.0000	-1.35%
51	122.8867	-0.247	25.0000	-0.99%
52	122.4829	-0.404	25.0000	-1.62%
53	122.1746	-0.308	25.0000	-1.23%
54	121.9184	-0.256	25.0000	-1.02%
55	121.7923	-0.126	25.0000	-0.50%
56	121.7752	-0.017	25.0000	-0.07%
57	121.4497	-0.325	13.4548	-2.42%
58	121.3054	-0.144	11.5452	-1.25%
59	121.6352	0.330	25.0000	1.32%
60	121.7220	0.087	25.0000	0.35%
61	121.3921	-0.330	25.0000	-1.32%

ETUDE D'UN DEDOUBLEMENT DE LA RN11 PK 143 AU PK 147.

62	121.3192	-0.073	25.0000	-0.29%
63	120.8165	-0.503	25.0000	-2.01%
64	118.1536	-2.663	25.0000	-10.65%
65	117.8724	-0.281	25.0000	-1.12%
66	117.4688	-0.404	25.0000	-1.61%
67	117.6119	0.143	1.3703	10.44%
68	114.8254	-2.787	23.6297	-11.79%
69	113.3041	-1.521	25.0000	-6.09%
70	112.6715	-0.633	25.0000	-2.53%
71	113.0334	0.362	25.0000	1.45%
72	110.7934	-2.240	25.0000	-8.96%
73	109.3214	-1.472	25.0000	-5.89%
74	107.3840	-1.937	25.0000	-7.75%
75	105.6241	-1.760	25.0000	-7.04%
76	103.4668	-2.157	25.0000	-8.63%
77	102.1883	-1.279	25.0000	-5.11%
78	100.9448	-1.244	17.7753	-7.00%
79	100.4987	-0.446	7.2247	-6.17%
80	99.2796	-1.219	25.0000	-4.88%
81	97.4564	-1.823	25.0000	-7.29%
82	95.1432	-2.313	25.0000	-9.25%
83	95.4102	0.267	25.0000	1.07%
84	93.2430	-2.167	25.0000	-8.67%
85	92.6409	-0.602	9.3556	-6.44%
86	91.7540	-0.887	15.6444	-5.67%
87	90.7826	-0.971	25.0000	-3.89%
88	90.2702	-0.512	25.0000	-2.05%
89	90.3608	0.091	25.0000	0.36%
90	91.1292	0.768	25.0000	3.07%
91	77.5768	-13.552	25.0000	-54.21%
92	85.5487	7.972	25.0000	31.89%
93	86.8673	1.319	25.0000	5.27%
94	88.1537	1.286	25.0000	5.15%
95	89.4840	1.330	25.0000	5.32%
96	91.1446	1.661	25.0000	6.64%
97	91.9831	0.838	25.0000	3.35%
98	92.1774	0.194	25.0000	0.78%
99	94.4622	2.285	25.0000	9.14%
100	101.4416	6.979	25.0000	27.92%
101	97.6656	-3.776	25.0000	-15.10%
102	98.7390	1.073	25.0000	4.29%
103	101.2157	2.477	25.0000	9.91%
104	101.1141	-0.102	25.0000	-0.41%

105	102.1516	1.038	25.0000	4.15%
106	102.3313	0.180	3.5133	5.11%
107	103.4488	1.118	21.4867	5.20%
108	104.6848	1.236	25.0000	4.94%
109	105.8054	1.121	25.0000	4.48%
110	105.8952	0.090	2.3512	3.82%
111	106.8087	0.913	22.6488	4.03%
112	108.2653	1.457	25.0000	5.83%
113	109.0000	0.735	25.0000	2.94%
114	110.7336	1.734	25.0000	6.93%
115	111.3634	0.630	25.0000	2.52%
116	111.40	0.040	25.0000	0.16%
117	111.6637	0.260	25.0000	1.04%
118	111.8444	0.181	25.0000	0.72%
119	111.9831	0.139	25.0000	0.55%
120	112.3828	0.400	25.0000	1.60%
121	112.7688	0.386	25.0000	1.54%
122	113.1903	0.421	25.0000	1.69%
123	113.2802	0.090	25.0000	0.36%
124	113.6825	0.402	25.0000	1.61%
125	114.1163	0.434	25.0000	1.74%
126	114.8788	0.763	25.0000	3.05%
127	115.7809	0.902	25.0000	3.61%
128	116.7556	0.975	25.0000	3.90%
129	117.7939	1.038	25.0000	4.15%
130	118.8927	1.099	25.0000	4.40%
131	119.9684	1.076	25.0000	4.30%
132	120.7719	0.804	25.0000	3.21%
133	121.4197	0.648	25.0000	2.59%
134	122.1564	0.737	25.0000	2.95%
135	122.7586	0.602	25.0000	2.41%
136	123.3573	0.599	25.0000	2.39%
137	123.8485	0.491	25.0000	1.96%
138	124.1205	0.272	25.0000	1.09%
139	125.1672	1.047	25.0000	4.19%
140	125.6337	0.467	25.0000	1.87%
141	126.1892	0.555	25.0000	2.22%
142	126.3975	0.208	25.0000	0.83%
143	126.6610	0.264	25.0000	1.05%
144	127.1376	0.477	25.0000	1.91%
145	127.2046	0.067	25.0000	0.27%
146	127.4148	0.210	25.0000	0.84%
147	127.3404	-0.074	25.0000	-0.30%

148	127.2953	-0.045	25.0000	-0.18%
149	127.5795	0.284	25.0000	1.14%
150	127.5840	0.005	25.0000	0.02%
151	126.5631	-1.021	17.1863	-5.94%
152	127.3192	0.756	7.8137	9.68%
153	126.3779	-0.941	25.0000	-3.77%
154	124.0333	-2.345	25.0000	-9.38%
155	124.2164	0.183	25.0000	0.73%
156	121.3672	-2.849	25.0000	-11.40%
157	119.1557	-2.212	25.0000	-8.85%
158	116.7421	-2.414	25.0000	-9.65%
159	113.8973	-2.845	25.0000	-11.38%
160	117.2358	3.339	25.0000	13.35%
161	117.2394	0.004	0.1523	2.36%
162	117.9138	0.674	24.8477	2.71%
163	117.9753	0.062	25.0000	0.25%
164	117.4643	-0.511	25.0000	-2.04%
165	108.9356	-8.529	25.0000	-34.11%
166	112.7311	3.796	25.0000	15.18%
167	113.7495	1.018	25.0000	4.07%
168	115.0265	1.277	25.0000	5.11%
169	117.3590	2.333	25.0000	9.33%
170	118.65	1.289	25.0000	5.16%
171	120.5765	1.929	25.0000	7.71%
172	121.9993	1.423	25.0000	5.69%
173	123.4554	1.456	25.0000	5.82%
174	124.6014	1.146	25.0000	4.58%
175	125.1716	0.570	25.0000	2.28%
176	126.6347	1.463	25.0000	5.85%
177	126.4471	-0.188	25.0000	-0.75%
178	128.0572	1.610	25.0000	6.44%
179	129.1852	1.128	25.0000	4.51%
180	130.2063	1.021	25.0000	4.08%
181	131.3747	1.168	25.0000	4.67%
182	132.3347	0.960	25.0000	3.84%
183	133.1325	0.798	25.0000	3.19%
184	133.6262	0.494	25.0000	1.97%
185	133.9642	0.338	25.0000	1.35%
186	134.1096	0.145	25.0000	0.58%
187	134.2127	0.103	25.0000	0.41%
188	134.3215	0.109	25.0000	0.44%
189	134.4672	0.146	25.0000	0.58%
190	134.5377	0.071	7.3265	0.96%

-2.452	4357.33
H/L	-0.06%

Tableau 4 : Dénivelée cumulée "route existante

$$Dc = \frac{\left| \sum_{P_i > 0} P_i \ell_i + \sum_{P_i < 0} P_i \ell_i \right|}{L}$$

$$Dc = \mathbf{-0.06\%}$$

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types de topographie

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	$Dc \leq 1.5\%$
2	Terrain Vallonné	$1.5\% < Dc \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$Dc > 4\%$

Tableau 5 : Type de topographie

$$Dc = \mathbf{-0.06\% \leq 1.5\%}$$

Donc : Le terrain est : Plat

II.6.2. Sinuosité :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire.

La longueur sinueuse L_s est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

Calcul de la sinuosité

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

Avec :

- L_s : la somme des développées des rayons inférieur ou égale à 200m
- L : la longueur total de la route
- $L_s = \Sigma D (R \leq 200 \text{ m})$

$L_s = 0$ m (il n'y a aucun rayon inférieur à 200m)

$L = 4121,73$ m

$$\sigma = \frac{L_s}{L} = \frac{0}{4357.32} = 0 < 0.1$$

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraires en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité.

N°	Classification	Sinuosité
1	Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.10$
2	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma \leq 0.30$
3	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

Tableau 6 : Sinuosité

Sinuosité : faible

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous :

Sinuosité et relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	/
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	/	E2	E3

Tableau 7 : Environnement de la route existante

Dans notre cas nous avons :

Un terrain est: **Plat**

Et une Sinuosité : **Sinuosité faible**

L'environnement de la route est : E1

II.7- Vitesse de référence :

La vitesse de référence est la vitesse de circulation des véhicules sur une route à circulation normale et au-dessous de laquelle les véhicules rapides peuvent circuler normalement en dehors des pointes. Elle est déterminée en fonction de l'importance des liaisons assurées par la section de route et par les conditions géographiques. La vitesse est donc fonction de :

1. La catégorie
2. L'environnement

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminée la vitesse de référence.

Environnement Catégorie	E1	E2	E3
Cat 1	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 2	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 3	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 4	100-80-60	80-60-40	60-40
Cat 5	80-60-40	60-40	40

Tableau 8 : Vitesse de référence

Vitesse Vr = 100 km/h

II.8. Courbes en plan :

a- Le rayon minimal absolu RHm

C'est le plus petit rayon en plan admissible pour une courbe présentant un dévers maximal et parcourue par la vitesse de référence

$$RHm = \frac{Vr(km/h)^2}{127(dmin + ft)}$$

b- Le rayon minimal normal RHN

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

$$RHN = \frac{(Vr + 20)^2}{127(ft + d)}$$

c- Le rayon au devers minimal RHd

RHd est le rayon au deçà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'effet centrifuge résiduel soit équivalent à celui subi par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit (devers : - d min %)

$$RHd = \frac{V_r^2}{127(2. d_{min})}$$

d- Le rayon non déversé RHnd

C'est le rayon tel que l'accélération centrifuge résiduelle que peut parcourir un véhicule roulant à la vitesse $V = V_r$ présente un dévers vers l'extérieur.

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

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

	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
d_{min}	-2,50%	-2,50%	-3%	-3%	-4%
d_{max}	7%	7%	8%	8%	9%

Tableau 9 : Dévers

Détermination du coefficient transversal f_t

V_r	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	0,22	0,16	0,13	0,11	0,1	0,1
CAT 3-4-5	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11	/

Tableau 10 : Valeur du coefficient f_t

Tableau des coefficients F'' en fonction de la catégorie

Catégorie	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F''	0,06	0,06	0,07	0,075	0,075

Tableau 11 : Valeur du coefficient " F'' "

Tableau récapitulatif

$d_{max} =$	7,00%
$d_{min} =$	-2,50%

ft =	0,11
d =	0,05
F'' =	0,06

Tableau 12 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques

Le calcul des rayons en plan nous donnent les résultats suivants

catégorie	RHM	RHN	RHD	RHND
2	437.44	755.90	1547.80	2249.76

Tableau 3: récapitulatif des rayons en plan

NB : En comparant les résultats ci dessus avec les valeurs de B40 on aura :

RHM	RHN	RHD	RHND
450	650	1600	2200

Tableau 4: les rayons en plan selon B40

CHAPITRE III

ETUDE DU TRAFIC

III.1. Introduction :

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic, son agressivité et aussi le type d'aménagement à réaliser. Le trafic journalier moyen annuel (**TJMA**) est nécessaire pour déterminer les différentes caractéristiques d'un tronçon routier (nombre de voies, type d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée).

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

- De transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération a 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 permettant de définir les caractéristiques des échanges.
- Le niveau de trafic poids lourds déterminant directement le dimensionnement de la structure de la chaussée.

III.2. Analyse du trafic :

Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires à savoir :

- **Comptages manuels**
- **Comptages automatiques**

Ces deux types, permettent de mesurer le trafic sur un tronçon. En ce qui concerne les compteurs automatiques, les dispositifs ont maintenant la capacité de discriminer les véhicules légers et les poids lourds.

Les enquêtes de type cordon : elles permettent de distinguer les trafics de transit des trafics locaux, et les origines et destinations de chaque flux.

Les enquêtes qualitatives : elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport au réseau ; les raisons de son déplacement...etc.

III. 3. Différents types de trafics :

a) Trafic normal

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

b) Trafic dévié

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point

c) Trafic induit

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

d) Trafics total

C'est le trafic total sur le nouveau aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

III.4. Modèles de présentation de trafic :

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 humains.

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

- Prolongation de l'évolution passée.

- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

III.4.1. 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 :

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

Où : T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

τ : est le taux de croissance

III. 4.2. Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques :

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

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

III 4.3. 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

III 4.4. Modèle de facteurs croissance :

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

- Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- Le nombre d'emploi.

- La population de la zone.

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

Remarque :

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode« prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et son intégration de l'ensemble des variables économiques de la région.

III 5. Calcul de la capacité :

III 5.1. Définition de la capacité:

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation. C'est le trafic horaire au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

La capacité dépend :

- Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable, Il est beaucoup moins en rase campagne, ou la densité de véhicules sera beaucoup plus faible)
- Des conditions météorologiques.
- Des caractéristiques géométriques de la route.

III 5.2. Détermination de nombre de voies :

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant, soit par défaut, soit par insuffisance.

Une des solutions est basée sur le nombre de voies.

A partir de là, l'ingénieur fait une comparaison entre le débit admissible et le débit prévisible pour obtenir le choix du nombre de voies pour un tronçon routier.

Donc il est nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la 20^{ème} année d'exploitation.

III 5.3. Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon :

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

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

T_0, τ, n : sont définies précédemment

Calcul des trafics effectifs

C'est le trafic traduit en unités des véhicules particulières (U.V.P) en fonction du Type de route et de l'environnement (vallonnée, en plaine,...).

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

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

Avec :

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

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2,5	5	10
4 voies et +	2	4	8

Tableau 14 : valeurs du coefficient P

Ce tableau nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « **P** » pour le poids lourd en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Débit de point horaire normal

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

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

Avec :

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

Q : est exprimé en UVP/h.

Débit horaire admissible

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

$$Q_{adm} (uvp/h) = K_1.K_2. C_{th}$$

Avec :

K_1 : coefficient lié à l'environnement.

K_2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Valeurs de K_1 :

Coefficient K_1					
	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau 15 : Valeurs de K_1 en fonction de l'environnement

Valeurs de K_2 :

Coefficient K_2			
Envir.	E1	E2	E3
K_2	0,75	0,85	0,90 à 0,95

Tableau 16 : Valeurs de K_2 en fonction de l'environnement-

Valeurs de C_{th} : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

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 17 : Valeurs de capacité théorique

Calcul du nombre de voie

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} = Q$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S \cdot Q / Q_{adm}$

Avec :

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie

APPLICATION DU PROJET :

Les données de trafic :

TMJA	7000 V/J
τ	7%
% Poids lourd	25%
Année de comptage	2019
Année de mise en service	2022
Durée de vie	15
Coefficient d'équivalence P	4.00
K_1	0,99
K_2	0,85
n	3

Tableau 18 : Données trafic

Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Trafic de l'année de mise en service T1	8577 V/J
Trafic de l'année horizon T ₁₅	23664 UVP/J
T _{eff}	41412 UVP/J
Débit horaire prévisible "Q"	4969 UVP/h
C _{th}	1800 UVP/h
Débit admissible " Q_{adm} "	1515 UVP/h
Nombre de voie	2/sens

Tableau 19 : Résultats de calcul trafic

CHAPITRE IV
TRACE EN PLAN

IV .1. Introduction

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

- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à RHnd est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.
- Elargir autant que possible d'un seul côté

Cette démarche permet de réduire les coûts de projet, sauvegarder et préserver la chaussée existante, aussi pour l'assainissement, elle permet d'exécuter les travaux sans porter de gêne aux usagers (maintien de la circulation).

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent d'une part à assurer des conditions de confort relativement homogènes le long d'un axe routier, et adaptées à chaque catégorie de route, en fixant notamment des caractéristiques minimales. Elles visent d'autre part à garantir de bonnes conditions de sécurité, au moyen notamment de principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et de principes relatifs à la visibilité

IV .2. Définition du tracé en plan :

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

L'inconfort de l'usager est d'autant plus important que le rayon des courbes est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale réglementaire ou à la vitesse effectivement adoptée par les usagers (plus faible pour les petits rayons). Cela conduit, en fonction de la catégorie de route, à fixer des rayons minimaux

Cependant l'utilisation fréquente ou systématique de grands rayons de courbure peut se révéler néfaste en aboutissant à une limitation des possibilités de dépassement sûr, et en encourageant les usagers à pratiquer une vitesse continûment élevée.

D'autre part, dans certaines conditions (liées notamment au tracé situé en amont), les courbes de faible rayon peuvent créer des problèmes de sécurité, ce qui conduit à ne les utiliser qu'en respectant certaines contraintes relatives à l'enchaînement des éléments du tracé en plan.

IV .3. Règles à respecter dans le trace en plan :

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

- 1) L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- 2) Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant
- 3) Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- 4) Eviter au maximum les propriétés privées
- 5) Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- 6) Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé

A- Pour les routes neuves

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

1. d'éviter les tracés en succession de grandes courbes (tracés de type autoroutier),
2. de recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de zones de visibilité de dépassement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversé)

3. d'éviter, en extrémité d'alignements droits importants (plus de 1 km) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon inférieur à 300 m, de même qu'en bas de longues descentes rapides, en extrémité d'alignements plus courts (0,5 à 1 km) éviter les courbes de rayon inférieur à 200 m,

4. de respecter, lorsque deux courbes se succèdent (même séparées par un alignement droit, quelle que soit sa longueur) la condition suivante concernant leurs rayons R_1 et R_2 $0,67 < R_1/R_2 < 1,5$, sauf si R_1 et R_2 sont supérieurs à 500 m,

5. d'exclure les courbes en ove, en C, et à sommet

B- Pour l'aménagement des routes existantes

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

IV .4. Les éléments de tracé en plan :

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

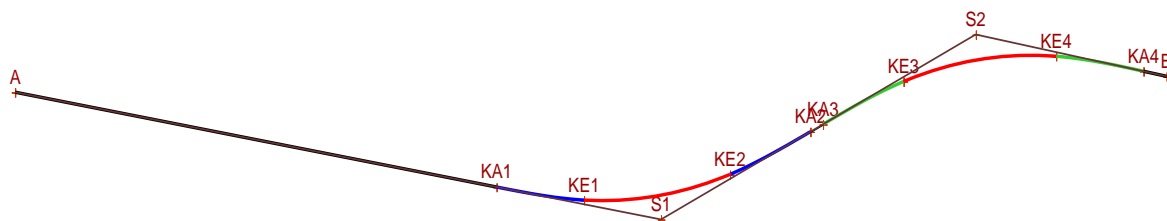


Figure 2: les éléments d'un tracé en plan

Les alignements

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

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

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

Longueur minimum : $L_{\min} = t \cdot V_r$

Avec

- V_r en (m/s)
- $t = 3$ sec vitesse faible
- $t = 5$ sec vitesse forte

Longueur maximum $L_{\max} = 60 V_r$

Règles pour l'utilisation des rayons en plan

Il n'y a aucun rayon inférieur à R_{Hm} , on utilise autant des valeurs de rayon supérieur ou égale à R_{HN} que possible.

Etude de la variante 1 :

Les coordonnées planimétriques des sommets de la variante 1 :

Points d'intersection		
N°	X	Y
1	262117.2867	4002916.2350
2	262398.278	4000988.185
3	262798.816	4001148.810
4	262999.898	4001895.142
5	263339.873	4002213.425
6	263817.561	4002438.256
7	264927.985	4002547.373
8	265140.670	4002620.149
9	265221.380	4002675.161
10	265481.114	4002802.709
11	265706.45507	4002916.2350

Tableau 20 : coordonnées des sommets de la variante 1

Gisements, angles au centre et distance

Valeurs de ΔX et ΔY		Gisements		Angle au centre		Distances
$\Delta X =$	280.9913 m	G1.2	100.252 gr	$\beta 1 =$	-24.532 gr	244,9239
$\Delta Y =$	-27.9325 m					431.544 m
$\Delta X =$	400.538 m	G2-3	75.72 gr	$\beta 2 =$	-58.446 gr	772.945 m
$\Delta Y =$	160.625 m					465.711 m
$\Delta X =$	201.082 m	G3-4	16.754 gr	$\beta 3 =$	40.455 gr	465.711 m
$\Delta Y =$	746.332 m					465.711 m

$\Delta X =$	399.975 m	G4-5	57.209 gr	$\beta 4 =$	13.162 gr	527.953 m
$\Delta Y =$	318.283 m					
$\Delta X =$	447.688 m	G5-6	70.371 gr	$\beta 5 =$	23.393 gr	1115.772 m
$\Delta Y =$	224.831 m					
$\Delta X =$	1110.424 m	G6-7	93.764 gr	$\beta 6 =$	-14.753 gr	224.791 m
$\Delta Y =$	109.117 m					
$\Delta X =$	212.685 m	G7-8	79.011 gr	$\beta 7 =$	-17.099 gr	97.675 m
$\Delta Y =$	72.776 m					
$\Delta X =$	80.71 m	G8-9	61.912 gr	$\beta 8 =$	9.027 gr	289.361 m
$\Delta Y =$	55.012 m					
$\Delta X =$	259.734 m	G9-10	70.939 gr	$\beta 9 =$	-0.65 gr	252.318 m
$\Delta Y =$	127.548 m					
$\Delta X =$	225.3367 m	G10-11	70.289 gr			
$\Delta Y =$	113.526 m					

Tableau21 : Calcul des gisements, angles au centre et distances

IV.4.1 - Calculs éléments de quatre raccordements

Bissectrice

$$\text{Biss} = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$$

La développée

$$D = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{deg}} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{Grad}} \cdot R}{200} = R\beta^{\text{rd}}$$

La flèche

$$F = R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$$

Tous les calculs de rayon de la route existante sont illustrés dans le tableau suivant :

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	tangente (m)	Développée (m)	La flèche	Bissectrice
$\beta 1 = -24.532$	250	48.773	96.288	4.626	4.713
$\beta 2 = -58.446$	550	271.835	504.681	56.935	63.509
$\beta 3 = 40.455$	500	164.437	317.571	25.026	26.345
$\beta 4 = 13.162$	750	77.807	154.982	4.003	4.025

$\beta_5 = 23.393$	850	157.950	652.4179	14.306	14.55
$\beta_6 = -14.753$	350	40.736	81.067	2.346	2.362
$\beta_7 = -17.099$	350	47.287	93.959	3.151	3.18
$\beta_8 = 9.027$	450	31.957	63.775	1.130	1.133
$\beta_9 = -0.650$	2500	12.762	25.512	0.032	0.032

Tableau 22 : Tangentes aux cercles et rayons "variante 1"

II.5- Les longueurs de tracé

La longueur totale de tracé mesurée

$$L_t = 4405.212 \text{ m}$$

La longueur totale des arcs de cercles calculée: LC

$$\sum D = L_C = 1990.2529 \text{ m}$$

La longueur totale des alignements droits mesurée : LAD

$$LAD = L_T - L_C = 4405.212 - 1990.2529$$

$$L_{AD} = 2414.9591 \text{ m}$$

Pourcentage d'alignement droit :

$$40\% < \% \text{ alignement Droit} = 54.82\% < 60\%$$

Pourcentage courbe :

$$20\% < \% \text{ Courbe} = 45.17\% < 60\%$$

Condition vérifié

Dénivelée cumulée :

Profil n°	Distance	Z	Dénivelée	Déclivité
P1	12.5	137.516	-	-
P2	25	136.945	-0.571	-4.57%
P3	25	136.374	-0.571	-2.28%
P4	25	135.803	-0.571	-2.28%
P5	25	135.231	-0.572	-2.29%

P6	25	134.66	-0.571	-2.28%
P7	25	134.089	-0.571	-2.28%
P8	25	133.518	-0.571	-2.28%
P9	25	132.947	-0.571	-2.28%
P10	25	132.376	-0.571	-2.28%
P11	25	131.805	-0.571	-2.28%
P12	25	131.243	-0.562	-2.25%
P13	25	130.704	-0.539	-2.16%
P14	25	130.19	-0.514	-2.06%
P15	25	129.698	-0.492	-1.97%
P16	25	129.231	-0.467	-1.87%
P17	25	128.786	-0.445	-1.78%
P18	25	128.366	-0.42	-1.68%
P19	25	127.969	-0.397	-1.59%
P20	25	127.595	-0.374	-1.50%
P21	25	127.245	-0.35	-1.40%
P22	25	126.919	-0.326	-1.30%
P23	25	126.616	-0.303	-1.21%
P24	25	126.336	-0.28	-1.12%
P25	25	126.081	-0.255	-1.02%
P26	25	125.848	-0.233	-0.93%
P27	25	125.64	-0.208	-0.83%
P28	25	125.454	-0.186	-0.74%
P29	25	125.293	-0.161	-0.64%
P30	25	125.155	-0.138	-0.55%
P31	25	125.04	-0.115	-0.46%
P32	25	124.939	-0.101	-0.40%
P33	25	124.838	-0.101	-0.40%
P34	25	124.737	-0.101	-0.40%
P35	25	124.636	-0.101	-0.40%
P36	25	124.535	-0.101	-0.40%
P37	25	124.433	-0.102	-0.41%
P38	25	124.332	-0.101	-0.40%
P39	25	124.231	-0.101	-0.40%
P40	25	124.13	-0.101	-0.40%
P41	25	124.029	-0.101	-0.40%
P42	25	123.928	-0.101	-0.40%
P43	25	123.827	-0.101	-0.40%
P44	25	123.576	-0.251	-1.00%
P45	25	123.325	-0.251	-1.00%
P46	25	123.074	-0.251	-1.00%
P47	25	122.823	-0.251	-1.00%
P48	25	122.572	-0.251	-1.00%
P49	25	122.321	-0.251	-1.00%
P50	25	122.071	-0.25	-1.00%
P51	25	121.82	-0.251	-1.00%
P52	25	121.553	-0.267	-1.07%
P53	25	121.192	-0.361	-1.44%

P54	25	120.726	-0.466	-1.86%
P55	25	120.155	-0.571	-2.28%
P56	25	119.479	-0.676	-2.70%
P57	25	118.697	-0.782	-3.13%
P58	25	117.811	-0.886	-3.54%
P59	25	116.819	-0.992	-3.97%
P60	25	115.723	-1.096	-4.38%
P61	25	114.532	-1.191	-4.76%
P62	25	113.325	-1.207	-4.83%
P63	25	112.118	-1.207	-4.83%
P64	25	110.912	-1.206	-4.82%
P65	25	109.705	-1.207	-4.83%
P66	25	108.498	-1.207	-4.83%
P67	25	107.292	-1.206	-4.82%
P68	25	106.085	-1.207	-4.83%
P69	25	104.878	-1.207	-4.83%
P70	25	103.672	-1.206	-4.82%
P71	25	102.465	-1.207	-4.83%
P72	25	101.258	-1.207	-4.83%
P73	25	100.062	-1.196	-4.78%
P74	25	98.962	-1.1	-4.40%
P75	25	97.976	-0.986	-3.94%
P76	25	97.104	-0.872	-3.49%
P77	25	96.346	-0.758	-3.03%
P78	25	95.702	-0.644	-2.58%
P79	25	95.172	-0.53	-2.12%
P80	25	94.756	-0.416	-1.66%
P81	25	94.455	-0.301	-1.20%
P82	25	94.267	-0.188	-0.75%
P83	25	94.193	-0.074	-0.30%
P84	25	94.234	0.041	0.16%
P85	25	94.388	0.154	0.62%
P86	25	94.657	0.269	1.08%
P87	25	95.04	0.383	1.53%
P88	25	95.536	0.496	1.98%
P89	25	96.147	0.611	2.44%
P90	25	96.872	0.725	2.90%
P91	25	97.711	0.839	3.36%
P92	25	98.664	0.953	3.81%
P93	25	99.667	1.003	4.01%
P94	25	100.648	0.981	3.92%
P95	25	101.606	0.958	3.83%
P96	25	102.541	0.935	3.74%
P97	25	103.452	0.911	3.64%
P98	25	104.341	0.889	3.56%
P99	25	105.206	0.865	3.46%
P100	25	106.048	0.842	3.37%
P101	25	106.867	0.819	3.28%

P102	25	107.663	0.796	3.18%
P103	25	108.436	0.773	3.09%
P104	25	109.185	0.749	3.00%
P105	25	109.912	0.727	2.91%
P106	25	110.615	0.703	2.81%
P107	25	111.296	0.681	2.72%
P108	25	111.953	0.657	2.63%
P109	25	112.587	0.634	2.54%
P110	25	113.198	0.611	2.44%
P111	25	113.785	0.587	2.35%
P112	25	114.35	0.565	2.26%
P113	25	114.892	0.542	2.17%
P114	25	115.41	0.518	2.07%
P115	25	115.905	0.495	1.98%
P116	25	116.377	0.472	1.89%
P117	25	116.836	0.459	1.84%
P118	25	117.44	0.604	2.42%
P119	25	118.111	0.671	2.68%
P120	25	118.782	0.671	2.68%
P121	25	119.453	0.671	2.68%
P122	25	120.124	0.671	2.68%
P123	25	120.795	0.671	2.68%
P124	25	121.466	0.671	2.68%
P125	25	122.137	0.671	2.68%
P126	25	122.808	0.671	2.68%
P127	25	123.479	0.671	2.68%
P128	25	124.144	0.665	2.66%
P129	25	124.745	0.601	2.40%
P130	25	125.266	0.521	2.08%
P131	25	125.708	0.442	1.77%
P132	25	126.07	0.362	1.45%
P133	25	126.353	0.283	1.13%
P134	25	126.555	0.202	0.81%
P135	25	126.678	0.123	0.49%
P136	25	126.722	0.044	0.18%
P137	25	126.732	0.01	0.04%
P138	25	126.742	0.01	0.04%
P139	25	126.56	-0.182	-0.73%
P140	25	125.781	-0.779	-3.12%
P141	25	125.002	-0.779	-3.12%
P142	25	124.223	-0.779	-3.12%
P143	25	123.444	-0.779	-3.12%
P144	25	122.665	-0.779	-3.12%
P145	25	121.886	-0.779	-3.12%
P146	25	121.115	-0.771	-3.08%
P147	25	120.441	-0.674	-2.70%
P148	25	119.889	-0.552	-2.21%
P149	25	119.458	-0.431	-1.72%

Les coordonnées planimétriques des sommets de la variante 2 :

Pts	X	Y
1	262116.8197	4001013.6165
2	262398.472	4000990.874
3	262649.974	4001094.767
4	262783.599	4001207.932
5	262843.244	4001329.976
6	263002.707	4001891.374
7	263335.493	4002207.571
8	263755.410	4002402.828
9	263896.12	4002445.08
10	264928.205	4002545.443
11	265147.702	4002620.77
12	265262.088	4002700.055
13	264597.557	4002516.396
14	265703.9191	4002920.4407

Tableau 24 : coordonnées des sommets de la variante 2

Gisements, angles au centre et distance

Valeurs de ΔX et ΔY		Gisements		Angle au centre		Distances
$\Delta X =$	280.991 m	G1.2	106.308 gr	$\beta 1 =$	-31.247 gr	281.389 m
$\Delta Y =$	-27.932 m					272.115 m
$\Delta X =$	251.502 m	G2-3	75.061 gr	$\beta 2 =$	-19.796 gr	175.105 m
$\Delta Y =$	103.893 m					135.839 m
$\Delta X =$	133.625 m	G3-4	55.265 gr	$\beta 3 =$	-25.326 gr	583.606 m
$\Delta Y =$	113.165 m					459.05 m
$\Delta X =$	59.645 m	G4-5	29.939 gr	$\beta 4 =$	-12.321 gr	463.093 m
$\Delta Y =$	122.044 m					232.062 m
$\Delta X =$	159.463 m	G5-6	17.618 gr	$\beta 5 =$	34.008 gr	1036.953 m
$\Delta Y =$	561.398 m					139.177 m
$\Delta X =$	332.786 m	G6-7	51.626 gr	$\beta 6 =$	20.665 gr	146.916 m
$\Delta Y =$	316.197 m					106.308 gr
$\Delta X =$	419.917 m	G7-8	72.291 gr	$\beta 7 =$	9.138 gr	106.308 gr
$\Delta Y =$	195.257m					106.308 gr
$\Delta X =$	140.71 m	G8-9	81.429 gr	$\beta 8 =$	12.399 gr	106.308 gr
$\Delta Y =$	42.252 m					106.308 gr
$\Delta X =$	1032.085 m	G9-10	93.828 gr	$\beta 9 =$	-14.874 gr	106.308 gr
$\Delta Y =$	100.363 m					106.308 gr
$\Delta X =$	219.497 m	G10-11	78.954 gr	$\beta 10 =$	-17.54 gr	106.308 gr
$\Delta Y =$	75.327 m					106.308 gr
$\Delta X =$	114.386 m	G11-12	61.414 gr			106.308 gr

$\Delta Y =$	79.285 m			$\beta_{11} =$	21.419 gr	689.443 m
$\Delta X =$	-664.531 m	G12-13	282.833 gr	$\beta_{12} =$	-20.5125 gr	1177.832 m
$\Delta Y =$	-183.659 m					
$\Delta X =$	1106.362 m	G13-14	77.708 gr			
$\Delta Y =$	404.044 m					

Tableau 25 : Calcul des gisements, angles au centre et distances

V.4.1 - Calculs éléments de quatre raccordements

Bissectrice

$$\text{Biss} = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$$

La développée

$$D = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{deg}} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{Grad}} \cdot R}{200} = R\beta^{\text{rd}}$$

La flèche

$$F = R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$$

Tous les calculs de rayon de la route existante sont illustrés dans le tableau suivant :

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	tangente (m)	Développée (m)	La flèche	Bissectrice
$\beta_1 = -31.247$	200	50.092	98.115	5.992	6.177
$\beta_2 = -19.796$	490	76.803	152.29	5.910	5.982
$\beta_3 = -25.326$	220	44.346	87.476	4.337	4.425
$\beta_4 = -12.321$	550	53.389	106.391	2.573	2.585
$\beta_5 = 34.008$	350	95.772	186.873	12.410	12.866
$\beta_6 = 20.665$	1120	183.391	363.373	14.719	14.915
$\beta_7 = 9.138$	1870	134.44	268.282	4.814	4.826

$\beta_8 = 12.399$	100	9.769	19.466	0.473	0.476
$\beta_9 = -14.874$	1500	62.197	350.287	10.223	10.293
$\beta_{10} = -17.54$	530	73.477	145.95	5.021	5.069
$\beta_{11} = 21.419$	350	55.44	117.697	4.94	5.011
$\beta_{12} = -20.5125$	240	39.002	77.289	3.107	3.148

Tableau 26 : Tangentes aux cercles et rayons "variante 2"

II.5- Les longueurs de tracé

La longueur totale de tracé mesurée

$$L_t = 4402.398 \text{ m}$$

La longueur totale des arcs de cercles calculée: LC

$$\sum D = L_C = 1955.489 \text{ m}$$

La longueur totale des alignements droits mesurée : LAD

$$LAD = L_T - L_C = 4402.398 - 1955.489 = 2446.909 \text{ m}$$

$$L_{AD} = 2446.909 \text{ m}$$

Pourcentage d'alignement droit :

$$\% \text{ alignement Droit} = 55.59\%$$

Pourcentage courbe :

$$\% \text{ Courbe} = 44.41\%$$

Condition vérifié

Dénivelée cumulée

Profil n°	Distance P	Z	Dénivelé	Déclivité
P1	12.5	137.087	-	-
P2	25	136.584	-0.503	-4.02%
P3	25	136.08	-0.504	-2.02%
P4	25	135.577	-0.503	-2.01%

P5	25	135.074	-0.503	-2.01%
P6	25	134.571	-0.503	-2.01%
P7	25	134.067	-0.504	-2.02%
P8	25	133.564	-0.503	-2.01%
P9	25	133.061	-0.503	-2.01%
P10	25	132.557	-0.504	-2.02%
P11	25	132.054	-0.503	-2.01%
P12	25	131.551	-0.503	-2.01%
P13	25	131.048	-0.503	-2.01%
P14	25	130.544	-0.504	-2.02%
P15	25	130.044	-0.5	-2.00%
P16	25	129.561	-0.483	-1.93%
P17	25	129.098	-0.463	-1.85%
P18	25	128.656	-0.442	-1.77%
P19	25	128.233	-0.423	-1.69%
P20	25	127.83	-0.403	-1.61%
P21	25	127.448	-0.382	-1.53%
P22	25	127.086	-0.362	-1.45%
P23	25	126.743	-0.343	-1.37%
P24	25	126.421	-0.322	-1.29%
P25	25	126.119	-0.302	-1.21%
P26	25	125.837	-0.282	-1.13%
P27	25	125.574	-0.263	-1.05%
P28	25	125.332	-0.242	-0.97%
P29	25	125.11	-0.222	-0.89%
P30	25	124.909	-0.201	-0.80%
P31	25	124.727	-0.182	-0.73%
P32	25	124.564	-0.163	-0.65%
P33	25	124.408	-0.156	-0.62%
P34	25	124.251	-0.157	-0.63%
P35	25	124.095	-0.156	-0.62%
P36	25	123.938	-0.157	-0.63%
P37	25	123.782	-0.156	-0.62%
P38	25	123.625	-0.157	-0.63%
P39	25	123.469	-0.156	-0.62%
P40	25	123.312	-0.157	-0.63%
P41	25	123.156	-0.156	-0.62%
P42	25	122.999	-0.157	-0.63%
P43	25	122.843	-0.156	-0.62%
P44	25	122.686	-0.157	-0.63%
P45	25	122.53	-0.156	-0.62%
P46	25	122.373	-0.157	-0.63%
P47	25	122.214	-0.159	-0.64%
P48	25	122.023	-0.191	-0.76%
P49	25	121.79	-0.233	-0.93%
P50	25	121.516	-0.274	-1.10%
P51	25	121.2	-0.316	-1.26%
P52	25	120.843	-0.357	-1.43%

P53	25	120.445	-0.398	-1.59%
P54	25	120.005	-0.44	-1.76%
P55	25	119.524	-0.481	-1.92%
P56	25	119.002	-0.522	-2.09%
P57	25	118.438	-0.564	-2.26%
P58	25	117.832	-0.606	-2.42%
P59	25	117.186	-0.646	-2.58%
P60	25	116.498	-0.688	-2.75%
P61	25	115.768	-0.73	-2.92%
P62	25	114.997	-0.771	-3.08%
P63	25	114.185	-0.812	-3.25%
P64	25	113.331	-0.854	-3.42%
P65	25	112.436	-0.895	-3.58%
P66	25	111.5	-0.936	-3.74%
P67	25	110.522	-0.978	-3.91%
P68	25	109.515	-1.007	-4.03%
P69	25	108.509	-1.006	-4.02%
P70	25	107.502	-1.007	-4.03%
P71	25	106.495	-1.007	-4.03%
P72	25	105.488	-1.007	-4.03%
P73	25	104.492	-0.996	-3.98%
P74	25	103.573	-0.919	-3.68%
P75	25	102.738	-0.835	-3.34%
P76	25	101.988	-0.75	-3.00%
P77	25	101.323	-0.665	-2.66%
P78	25	100.743	-0.58	-2.32%
P79	25	100.248	-0.495	-1.98%
P80	25	99.838	-0.41	-1.64%
P81	25	99.512	-0.326	-1.30%
P82	25	99.271	-0.241	-0.96%
P83	25	99.115	-0.156	-0.62%
P84	25	99.044	-0.071	-0.28%
P85	25	99.058	0.014	0.06%
P86	25	99.156	0.098	0.39%
P87	25	99.339	0.183	0.73%
P88	25	99.607	0.268	1.07%
P89	25	99.96	0.353	1.41%
P90	25	100.397	0.437	1.75%
P91	25	100.92	0.523	2.09%
P92	25	101.493	0.573	2.29%
P93	25	102.068	0.575	2.30%
P94	25	102.642	0.574	2.30%
P95	25	103.216	0.574	2.30%
P96	25	103.79	0.574	2.30%
P97	25	104.365	0.575	2.30%
P98	25	104.939	0.574	2.30%
P99	25	105.513	0.574	2.30%
P100	25	106.088	0.575	2.30%

P101	25	106.662	0.574	2.30%
P102	25	107.236	0.574	2.30%
P103	25	107.811	0.575	2.30%
P104	25	108.385	0.574	2.30%
P105	25	108.959	0.574	2.30%
P106	25	109.533	0.574	2.30%
P107	25	110.108	0.575	2.30%
P108	25	110.682	0.574	2.30%
P109	25	111.256	0.574	2.30%
P110	25	111.831	0.575	2.30%
P111	25	112.405	0.574	2.30%
P112	25	112.979	0.574	2.30%
P113	25	113.553	0.574	2.30%
P114	25	114.128	0.575	2.30%
P115	25	114.765	0.637	2.55%
P116	25	115.402	0.637	2.55%
P117	25	116.039	0.637	2.55%
P118	25	116.675	0.636	2.54%
P119	25	117.312	0.637	2.55%
P120	25	117.949	0.637	2.55%
P121	25	118.586	0.637	2.55%
P122	25	119.223	0.637	2.55%
P123	25	119.86	0.637	2.55%
P124	25	120.497	0.637	2.55%
P125	25	121.134	0.637	2.55%
P126	25	121.77	0.636	2.54%
P127	25	122.407	0.637	2.55%
P128	25	123.044	0.637	2.55%
P129	25	123.681	0.637	2.55%
P130	25	124.271	0.59	2.36%
P131	25	124.762	0.491	1.96%
P132	25	125.154	0.392	1.57%
P133	25	125.448	0.294	1.18%
P134	25	125.643	0.195	0.78%
P135	25	125.74	0.097	0.39%
P136	25	125.738	-0.002	-0.01%
P137	25	125.638	-0.1	-0.40%
P138	25	125.439	-0.199	-0.80%
P139	25	125.142	-0.297	-1.19%
P140	25	124.746	-0.396	-1.58%
P141	25	124.251	-0.495	-1.98%
P142	25	123.679	-0.572	-2.29%
P143	25	123.102	-0.577	-2.31%
P144	25	122.524	-0.578	-2.31%
P145	25	121.946	-0.578	-2.31%
P146	25	121.369	-0.577	-2.31%
P147	25	120.791	-0.578	-2.31%
P148	25	120.213	-0.578	-2.31%

P149	25	119.636	-0.577	-2.31%
P150	25	119.438	-0.198	-0.79%
P151	25	119.261	-0.177	-0.71%
P152	25	119.108	-0.153	-0.61%
P153	25	119.07	-0.038	-0.15%
P154	25	119.156	0.086	0.34%
P155	25	119.365	0.209	0.84%
P156	25	119.699	0.334	1.34%
P157	25	120.156	0.457	1.83%
P158	25	120.737	0.581	2.32%
P159	25	121.442	0.705	2.82%
P160	25	122.271	0.829	3.32%
P161	25	123.224	0.953	3.81%
P162	25	124.293	1.069	4.28%
P163	25	125.39	1.097	4.39%
P164	25	126.487	1.097	4.39%
P165	25	127.583	1.096	4.38%
P166	25	128.68	1.097	4.39%
P167	25	129.721	1.041	4.16%
P168	25	130.64	0.919	3.68%
P169	25	131.438	0.798	3.19%
P170	25	132.114	0.676	2.70%
P171	25	132.668	0.554	2.22%
P172	25	133.101	0.433	1.73%
P173	25	133.413	0.312	1.25%
P174	25	133.681	0.268	1.07%
P175	25	133.948	0.267	1.07%
P176	25	134.215	0.267	1.07%
P177	13.699	134.482	0.267	1.07%
P178	1.199	134.508	0.026	0.19%
L	4402.398	-	-2.579	
		H/L	-0.06%	

Tableau 27 : calcul des dénivelés variante 2

Environnement

3- Dénivelée cumulée : **Dc = -0.06 %** terrain plat

4- Sinuosité : **$\sigma = 0$** sinuosité faible

Environnement : E1

Vitesse de référence : **Vr = 100km/h**

II.5- Le choix de variante :

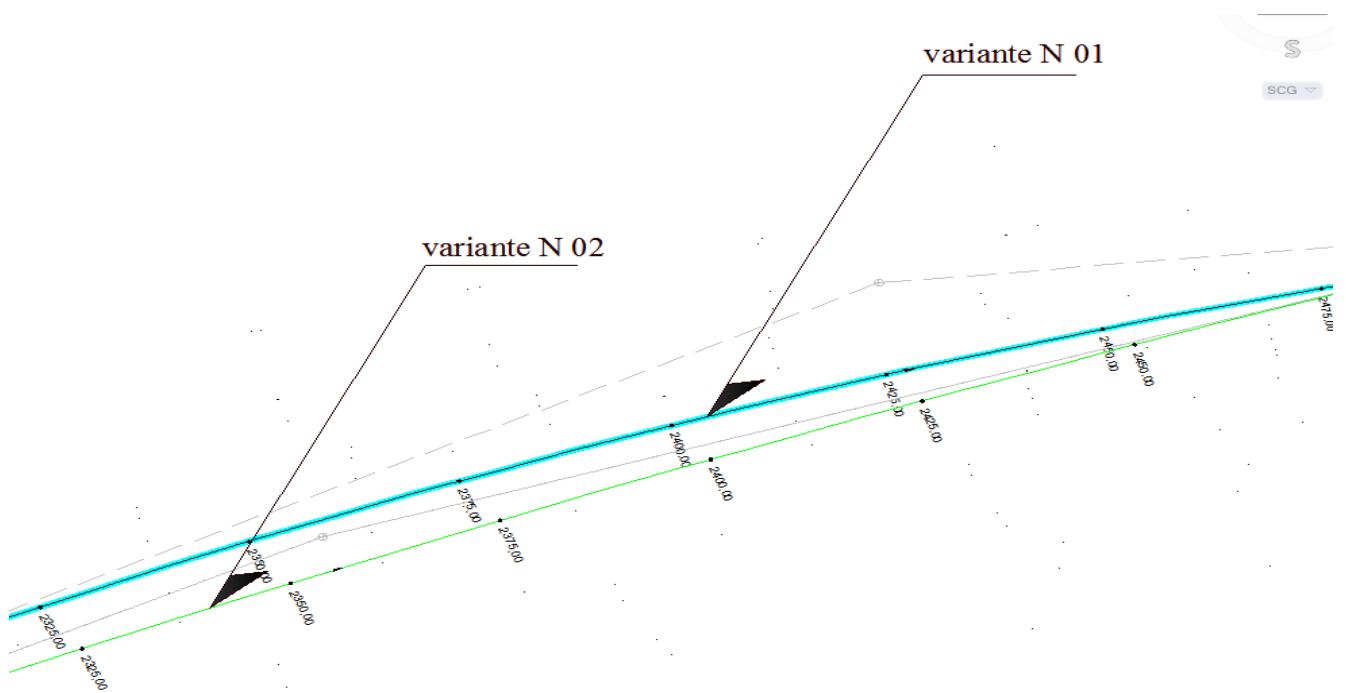


Figure 6 : les éléments d'un tracé en plan

On a dressé un tableau comparatif des trois solutions étudiées. Ce tableau tient compte de plusieurs paramètres forts importants pour nous faciliter le choix de la variante.

Critères	Unité	Variante N°1	Variante N°2	Comparaison	
Longueur totale de l'itinéraire	m	4405	4402	+	+
Déclivité maximale	%	4.25	4.38	+	+
Déclivité minimale	%	0.4	1.069	-	+
Pourcentage Alignement droit	%	54.82	55.59	+	+
Pourcentage courbe	%	45.18	44.41	+	+
Rayon maximum	m	1000	800	+	+
Rayon minimum	m	350	350	+	+
Nombre de virage		9	12	+	-
Quantité de déblai	m ³	176354.923	206175.059	+	-
Quantité de remblai	m ³	166601.22	261201.038	+	-
Déblai - Remblai	m ³	9753,703 D	55025,97 R	+	-

Tableau 28:calcul des dénivelés variante 2

CHAPITRE V

LES RACCORDEMENT PROGRESSIFS

V.1. Courbe de raccordement :

Le raccordement direct de deux alignements droits par un arc de cercle ne tient pas compte de la vitesse des véhicules qui l'empruntent.

En effet, dans un virage à rayon de courbure constant, tout véhicule est soumis à une action centrifuge d'intensité inversement proportionnelle au rayon R . Quand on passe de l'alignement droit à l'arc de cercle, la valeur du rayon R passe brutalement d'une valeur infinie (droite) à une valeur finie (cercle), ce qui demande en théorie au conducteur une manœuvre brutale et instantanée d'adaptation de sa trajectoire sur une distance nulle ; sa seule marge de manœuvre est due à la largeur de la chaussée.

Pour réaliser la transition en douceur du rayon infini au rayon fini de l'arc de cercle, on intercale entre l'alignement droit et l'arc de cercle un raccordement progressif.

La même transition se retrouve en fin de virage pour revenir à l'alignement suivant. Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle.

Rôle et nécessité

1. Stabilité transversale des véhicules.
2. Confort des passagers en véhicules.
3. Transition de la forme de la chaussée.
4. Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

V.2. Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont la condition désirée d'une variation continue de la courbe, on a trois types de courbes suivantes :

a) parabole cubique

L'emploi de cette courbe est limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemins de fer).

b) Lemniscate

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracé de route par exemple trèfle d'autoroute sa courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur à partir du point d'inflexion ou centre de symétrie.

c) Clothilde

La Clothilde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul la courbure de la Clothilde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la Clothilde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

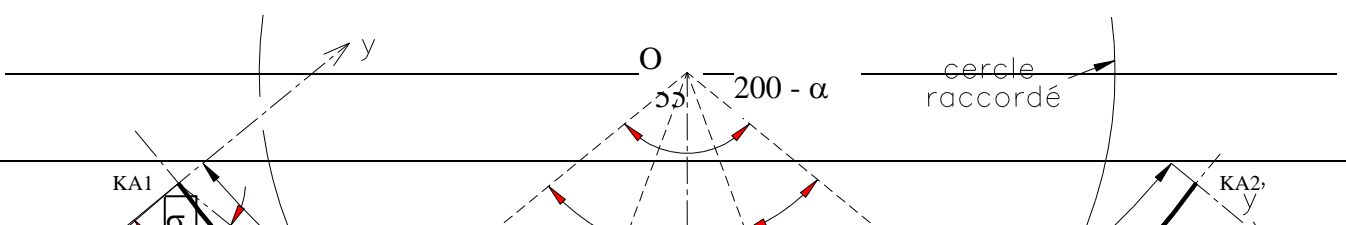
V.3. Raccordement progressif :

IV.3.1. Introduction

Pour réaliser la transition en douceur du rayon infini au rayon fini de l'arc de cercle, on intercale entre l'alignement droit et l'arc de cercle un raccordement progressif.

La même transition se retrouve en fin de virage pour revenir à l'alignement suivant. Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle.

La courbe la plus utilisée est la Clothilde.



Le rayon de courbure d'une Clothilde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie, r, en un point donné P de la courbe. Un véhicule qui parcourt cette courbe voit donc le rayon de braquage de ses roues diminuer progressivement en passant par toutes les valeurs comprises entre l'infini et r.

L'équation caractéristique est donnée par : $A^2 = R.L$

Le calcul des caractéristiques de ces raccords à courbure progressive permet de respecter les conditions de stabilité du véhicule, et de confort dynamique des usagers. Ces conditions tendent à limiter la variation de sollicitation transversale des véhicules. Dans la pratique, ceci revient à fixer une limite à la variation d'accélération tolérée par seconde.

B- Longueur de raccords

La longueur des raccords progressifs est une combinaison de plusieurs conditions de natures différentes : parmi ces conditions les trois principales sont :

B.1- La condition de confort dynamique

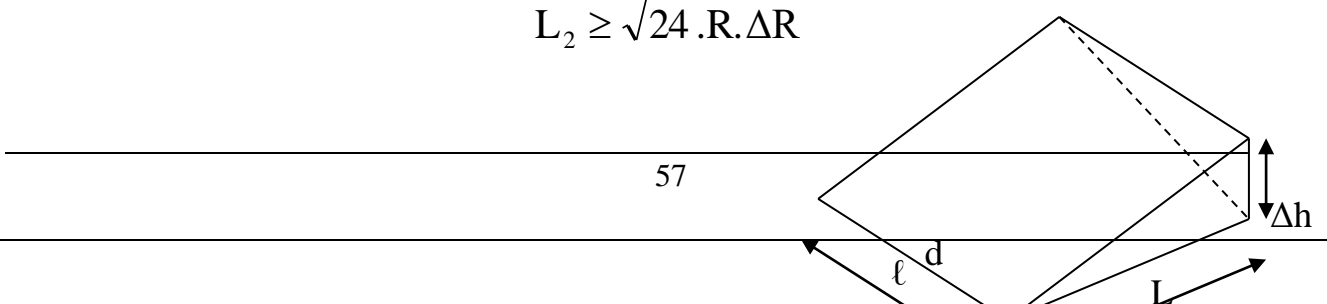
Cette condition a pour objet d'assurer l'introduction progressive du dévers et de la courbure de façon en particulier à respecter les conditions de stabilité et de « confort dynamique », en limitant par unité de temps, la variation de la sollicitation transversale des véhicules.

$$L_1 \geq \frac{Vr^2}{18} \cdot \left(\frac{Vr^2}{127 R} - \Delta d \right)$$

B.2- La condition Optique

Cette condition a pour objet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels, et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la courbure du tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible.

$$L_2 \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$$



B.3-Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zones de variation de dévers. Elle se traduit par la limitation de pente relative du profil en long

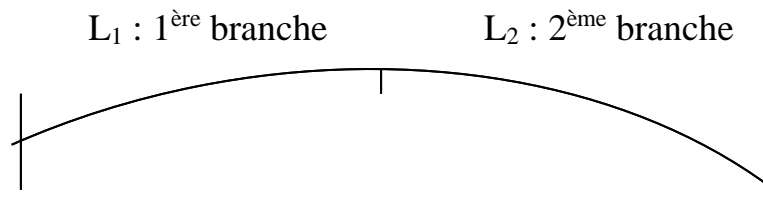
$$L_3 \geq l.\Delta d.Vr$$

Figure9 : condition de gauchissement

Vérification de non chevauchement

1^{er} cas :

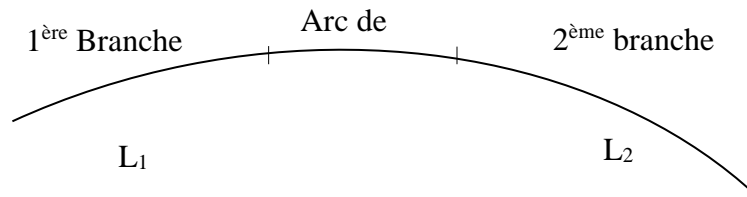
$$\tau = \frac{\beta}{2}$$



Clothilde sans arc de cercle.

2^{ème} cas :

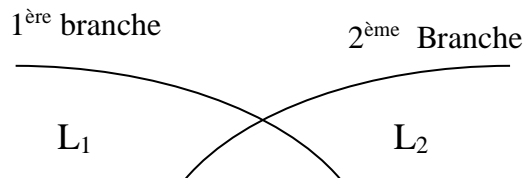
$$\tau < \frac{\beta}{2}$$



Clothilde avec arc de cercle.

3^{ème} cas :

$$\tau > \frac{\beta}{2}$$



Clothilde impossible.

Paramètres de la Clothilde:

Eléments de le la Clothilde	
R	Rayon
L	Longueur de la Clothilde

A : $A = \sqrt{R \cdot L}$	Paramètre de la Clothilde (m)
$\alpha=200-\beta$	Angle des alignements droits
β	Angle au centre (Raccordement circulaire)
τ : $\tau = \frac{L}{2R}$	Angle des tangentes
σ : $\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$	Angle Polaire
γ : $\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$	Angle au centre Partie circulaire
D cercle : $D = \frac{\pi R \gamma}{200}$	Longueur de la partie circulaire
XKE : $X_{KE} = L - \frac{L^3}{40R^4}$	Abscisse de l'extrémité de la Clothilde
YKE : $Y_{KE} = \frac{L^2}{6R}$	Ordonnée de l'extrémité de la Clothilde.
SL : $SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$	Longueur de la corde KA-KE
Xo : $X_o = X_{KE} - R \sin \tau$	Abscisse du centre
Yo : $Y_o = Y_{KE} + R \cos \tau$	Ordonnées du centre
KA- O KOA : $KOA = \sqrt{X_o^2 + Y_o^2}$	Distance KAO
Δ R : $\Delta R = \frac{L^2}{24R}$	Ripage
DT : $DT = 2L + D_{cercle}$	Développée totale
T : $T = X_o + (R + \Delta R) \cotg(\alpha/2)$	Distance S-KA
TL : $TL = X_{KE} - \left(\frac{Y_{KE}}{\cos \tau}\right)$	Tangente longue
TK : $TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$	Tangente courte
T	Petite tangente
B	Bissectrice

Tableau 29 : paramètres de Clothilde

V.4. Dévers

Des études de cas montrent qu'un dévers inversé est un facteur accentogènes explicatif important. La reprise du dévers dans ces cas améliore la sécurité du site et change fortement les trajectoires des véhicules.

Un changement de dévers dans la partie circulaire de la courbe est un facteur d'accident entraînant :

- Une mauvaise trajectoire des véhicules

- Une accumulation d'eau sur chaussée dans la courbe

V.4.1. Devers en alignement

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

L'épaisseur du film d'eau est conditionnée par deux types de paramètres :

- paramètres indépendants de la route : intensité et durée de la pluie
- paramètres liés à la route : nature et état du revêtement de surface

Les valeurs suivantes sont adoptées en Algérie

Devers minimal : $d_{min} = 2.5 \%$

Ce devers ne sera prévu que si la chaussée doit être exécutée dans de bonnes conditions (couche de base réalisée au finisher et guidée sur fil). Il sera réservé essentiellement aux routes de catégorie 1 et 2.

V.4.2. Devers vers l'intérieur des courbes

En courbe, le devers permet de :

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

Le devers minimal : nécessaire à l'écoulement des eaux en courbes est identique à celui préconisé en alignement droit.

Le devers maximal : admissible dans les courbes est essentiellement limité par les conditions de stabilité des véhicules lents ou l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Environnement	Facile	moyen	Difficile
Devers			
Devers Minimal			

Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
Cat 3-4-5	3%	3%	3%
Devers Maximal			
Cat 1-2	7%	7%	7%
Cat 3-4	8%	8%	7%
Cat 5	9%	9%	9%

Tableau 30 : Devers en fonction de l'environnement

V.4.3. Détermination des dévers aux rayons en plan

1^{er} cas :

Le rayon choisi : $R \geq R_{HNd}$ → Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit

2^{ème} cas :

Le rayon choisi : $R_{Hd} \leq R \leq R_{HNd}$ → Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

3^{ème} cas :

Si $R_{HN} \leq R \leq R_{Hd}$, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à R_{HN} et celui associé à R_{Hd} .

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{HN}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

4^{ème} cas :

Si $R_{Hm} < R < R_{HN}$, la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en $1/R$.

$$\frac{d(R) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}}$$

Variation du dévers dans la Clothilde

Selon la variation du dévers et la longueur de la Clothilde on peut déterminer le dévers relatif à un point quelconque de la Clothilde

Méthode de calcul des dévers en Clothilde

Cette méthode consiste à déterminer la distance (x) entre le début de la Clothilde et le profil en travers et déterminer son dévers.

CHAPITRE VI

PROFIL EN LONG

VI .1. Définition

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, il représente la surface de la chaussée avec un plan vertical passant par l'axe de la route. Le trait d'intersection donne le profil en long.

Il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

Les profils en long ont été exécutés à l'échelle 1/1000 et 1/100 comme celle du levé topographique

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

VI.2. Ligne projet

Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes :

- Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais ;
- Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance
- 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
- D'adapter le terrain pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux

- De rechercher un équilibre entre le volume des déblais et le volume des remblais
- Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long ;
- Opter pour une déclivité minimale de 0.5% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

VI .2.1-Eléments constituant la ligne rouge

Sur le profil en long terrain naturel qui est constitué par des fichiers de commande du logiciel Covadis en utilisant la coordonnée z comme étant la cote projet de la route, on a conçu la ligne rouge de notre dédoublement qui est lui-même constituée de :

A- Les alignements

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

B- Déclivité

On appelle déclivité d'une route, la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

B.1-Déclivité minimale

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

B.2-Déclivité maximale

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tous les véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd.

- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

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

Tableau 31 : Valeur de déclivité maximale

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

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

Application au projet

La vitesse de base qu'on a retenue dans notre projet est 100Km/h, donc la déclivité maximale est de 5%.

C- Raccordement en profil en long

C.1- Raccordements verticaux

Les changements de déclivités constituent des points particuliers au niveau du profil en long.

A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement parabolique où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort.

On distingue donc deux types de raccordement :

C.2- Raccordement convexe (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain. Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

C-3- Condition de confort

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe, le véhicule subit une accélération verticale importante, qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

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

D_1 : la distance d'arrêt

h_0 : hauteur de l'œil

h_1 : hauteur de l'obstacle

Pour les chaussées unidirectionnelles, les valeurs retenues pour le rayon minimal absolu assurent pour un œil placé à 1.10m de hauteur, la visibilité derrière l'angle saillant de l'obstacle éventuel de 0.15m cat 1-2 ou 0.20 m cat 3-4-5 a la distance d'arrêt $d_{(v_r)}$

$$R_{vm} = a \cdot d^2$$

$a = 0.24$ pour les catégories 1 et 2

$a = 0.22$ pour les catégories 3, 4 et 5

d : la distance d'arrêt correspond à une vitesse de 100 Km/h

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base de 100 km/h est de :

$$RVM_1 = 0.24d_1^2 = 6229.54m$$

Les rayons minimaux normaux sont obtenues par application de même relations pour la vitesse **$V = V_r + 20$**

Les valeurs retenues pour les rayons minimaux absolus (d'après le B₄₀) sont récapitulées dans le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur (m)
Min absolue	RVm	6000
Min normale	RVn	12000

Tableau 32 : Rayons convexes (Cat2, V100)

Raccordement concave (angle rentrant)

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes mais par contre lorsque la route n'est pas éclairée, la visibilité de nuit doit être prise en compte.

Les rayons minimaux des raccordements paraboliques en angle rentrant doivent satisfaire la condition de confort suivant :

Le véhicule abordant un angle rentrant doit avoir une limitation de l'accélération aux sets suivants :

Soit : $\frac{g}{40}$ pour la CAT 1-2.

Rayon minimal absolu

$$\frac{Vr^2}{RVM'} = \frac{g}{40} \Rightarrow RVM' = 0.30Vr^2.$$

$$Rvm = \frac{d_1^2}{0.035d_1 + 1.5}$$

$$Rvm_{(vr)} = 0.3Vr^2 = 0.3 \times 100^2 = 3000m$$

Rayon minimal normal

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

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

$$Rvn = Rvm_{(vr+20)}$$

$$Rvn = 0.3 \times 120^2 = 4320 m$$

Les valeurs retenues pour les rayons absolus sont récapitulées dans le tableau suivant :

RAYON	SYMBOLE	VALEUR (m)
Min absolue	R'Vm	3000
Min normale	R'VN	4200

Tableau 33 : Rayons concaves (Cat2, V100)-

VI .3. Coordination du tracé en plan et du profil en long

Le profil en long et le tracé en plan sont coordonnés de telle manière que la route

Apparaisse à l'usager sans discontinuité gênante de tracé, lui permette de prévoir son

Évolution et de distinguer clairement les dispositions des points singuliers, notamment les carrefours, les entrées et les sorties dans les échangeurs.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long sont fondées sur des paramètres conventionnels de technique de la circulation (temps de perception réaction, coefficients de frottement, hauteur d'obstacle, etc.) Pour la majorité des usagers. Les valeurs limites recommandées des paramètres du tracé en plan et du profil en long.

Dans les zones où les distances de visibilité ne peuvent pas être assurées (de façon permanente ou temporaire), un marquage et une signalisation appropriée doivent interdire le dépassement de façon claire et perceptible par les usagers.

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échanges) afin d'assurer de bonnes conditions générales de visibilité et, pour les routes neuves, d'assurer si possible un certain confort visuel en évitant de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu, cela conduit en général à chercher à faire coïncider les courbes du tracé en plan et les courbes du profil en long et à prévoir des rayons de profil en long importants relativement à ceux du tracé en plan

Cependant, pour des raisons de sécurité, le début des courbes (surtout lorsqu'elles ont des rayons inférieurs à 300 m) ne devraient pas coïncider avec un point haut du profil en long (ou se situer à proximité immédiate), ceci étant susceptible de dégrader fortement la perception du virage

Les carrefours ou accès riverains ne doivent pas coïncider avec des courbes du tracé en plan ni avec des zones à visibilité réduite.

Sous réserve de la vérification des conditions de visibilité, on peut cependant admettre dans certains cas l'implantation d'un carrefour giratoire ou exceptionnellement d'un carrefour en T ou d'un accès (à condition que la route secondaire ou l'accès se raccorde à la route principale du côté externe de la courbe) dans une courbe de rayon supérieur au rayon non déversé.

Sur les routes existantes, certains accès ou carrefours sont situés dans des courbes ou autres situations défavorables. Une démarche de type "diagnostic de sécurité" doit alors permettre de prendre les dispositions éventuellement nécessaires pour les modifier ou les déplacer.

Avantages de la coordination du tracé en plan et du profil en long

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

CHAPITRE VII

LES PARAMETRES CINEMATIQUES

VII.1- Distance de freinage

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.

La distance de freinage d_0 est la distance parcourue pendant l'action de freinage pour annuler la vitesse dans la condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_{rl} \pm e)}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence en Km/h.

e : déclivité.

f_{rl} : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V_r .

V_r (Km/h)		40	60	80	100	120	140
f_{rl}	Catégorie 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
	Catégorie 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/

Tableau 34 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40

Pour notre projet on a $f_{rl} = 0.36$

Application :

En alignement droit : $e = 0$ (cas purement théorique)

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{f_{rl} \pm e} = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{0.36} = 111.11 \text{ m}$$

En rampe : $e = 0.0183$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{f_{rl} \pm e} = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{0.36 + 0.0183} = 105.736 \text{ m}$$

En pente : $e = -0.00228$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{f_{rl} \pm e} = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{0.36 - 0.0228} = 118.623 \text{ m}$$

VII.2- Temps de réaction

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé *temps de perception* du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

De nombreuses études faites sur le comportement des conducteurs, ont montré que le temps de perception et de réaction est en moyenne :

Dans une attention concentrée

$t = 1.2 \text{ s}$ pour un obstacle imprévisible

$t = 0.6 \text{ s}$ pour un obstacle prévisible

En moyenne on peut prendre 0.9 s, mais en pratique on prend toujours :

$t = 2 \text{ s}$ pour des vitesses $< 100 \text{ Km/h}$

$t = 1.8 \text{ s}$ pour des vitesses $\geq 100 \text{ Km/h}$

Donc la distance parcourue pendant le temps de réaction et de perception est :

$$d_1 = v \times t \quad \text{Avec :} \quad v : \text{m/s} \quad t : \text{s}$$

VII.3-Distance d'arrêt

La distance parcourue par le conducteur entre le moment dans lequel l'œil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule est désigné sous le nom de *distance d'arrêt (d)* :

$$d = d_1 + d_0$$

Distance de réaction
 $d_1 \text{ (m)}$

Distance de freinage
 $d_0 \text{ (m)}$

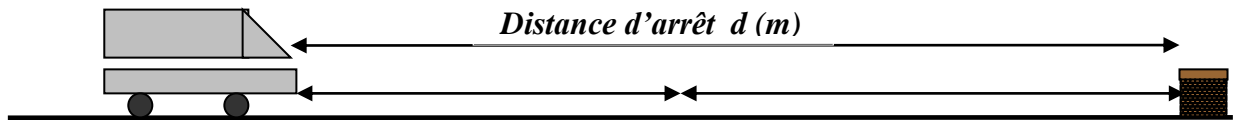


Figure 10: Distance d'arrêt et de freinage

En alignement droit

Pour $V_r < 100$ Km/h et quand $t = 2$ s : $d = d_0 + 0.55 \times V_r$

Pour $V_r \geq 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s : $d = d_0 + 0.50 \times V_r$

Application : $V_r = 100$ Km/h $t = 1.8$ s $\Rightarrow d = d_0 + 0.50 V_r$

En palier : $d = 111.11 + 0.5 \times 100 = 116.11$ m

En rampe : $d = 105.736 + 0.5 \times 100 = 155.736$ m

En pente : $d = 118.623 + 0.5 \times 100 = 168.623$ m

En courbe

On doit majorer la distance de freinage de 25% car le freinage est moins énergétique afin de ne pas perdre le contrôle du véhicule.

Pour $V_r \leq 100$ Km/h et quand $t = 2$ s : $d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times V_r$

Pour $V_r > 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s : $d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times V_r$

Application : $V_r = 100$ Km/h $t = 2$ s $\Rightarrow d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times V_r$

En palier : $d = 1.25 \times 111.11 + 0.55 \times 100 = 193.887$ m

En rampe : $d = 1.25 \times 105.736 + 0.55 \times 100 = 187.17$ m

En pente : $d = 1.25 \times 118.623 + 0.55 \times 100 = 203.278$ m

VII.4-Distance de perception

Le temps nécessaire pour effectuer une manœuvre d'arrêt, une manœuvre de changement de file ou une manœuvre d'insertion est de 6 s.

On appelle distance de perception d_p , la somme de la distance d'arrêt d et la distance parcourue en 6s.

$$d_p = d + \frac{6}{3.6} V_r \quad V_r \text{ est en Km/h}$$

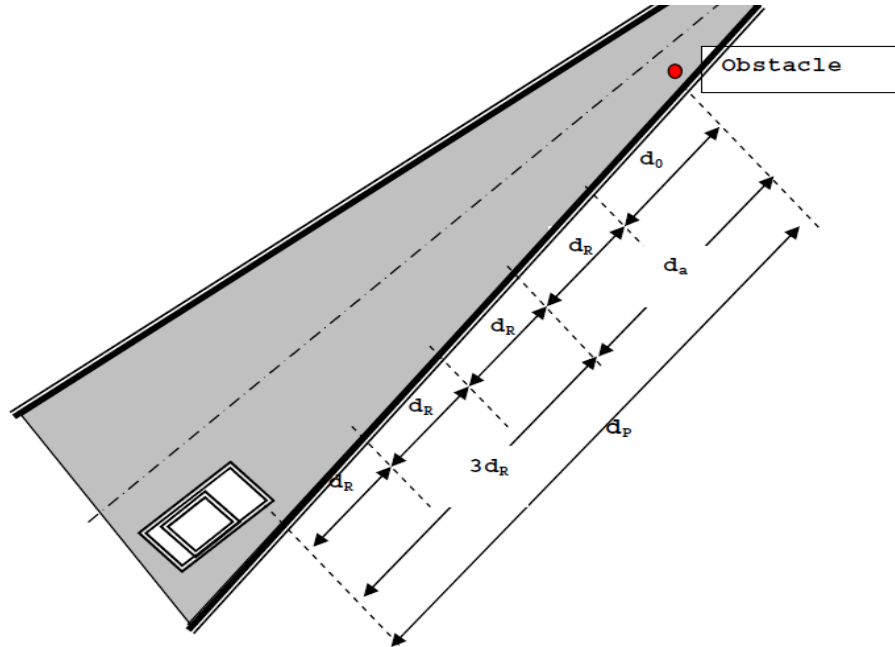


Figure 11 : distance de perception-

Application :

En alignement droit :

En palier : $d_p = 161.11 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 327.77 \text{ m}$

En rampe : $d_p = 155.736 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 322.40 \text{ m}$

En pente : $d_p = 168.623 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 335.28 \text{ m}$

En courbe :

En palier : $d_p = 193.88 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 360.54 \text{ m}$

En rampe : $d_p = 187.17 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 353.83 \text{ m}$

En pente : $dp = 203.278 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 369.94 \text{ m}$

VII.5- Distance de sécurité entre deux véhicules

Supposons que deux véhicules circulent dans le même sens sur la même voie et la même vitesse. Et nous recherchons l'espacement entre les deux véhicules de telle façon que si le premier véhicule est obligé d'amorcer un freinage au maximum pour éviter un obstacle quelconque, cet espacement doit permettre au second véhicule de s'arrêter sans risque de collision.

La distance de freinage ne change pas et reste d_0 , mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction de second véhicule augmente d'une durée $(t + t')$, avec t' temps de perception et de réaction de second véhicule aux feux arrières de stop de premier véhicule.

L'espacement sera donc théoriquement :

$$d'_2 = d_2 + v \times t' + l$$

d_2 : distance parcourue pendant temps de perception et de réaction du premier véhicule

l : longueur moyenne d'un véhicule

En général, on prend $t' = 0.75 \text{ s}$

En pratique, on prend $t = 3 \text{ s}$

Distance de sécurité sera donc : $d'_2 = d_2 + v \times (t + t') + l$ (t en s et v en m/s)

Soit E l'espacement supplémentaire de sécurité : $E = v \times t' + l$

Sachons que $V = \frac{v \text{ (km/h)}}{3.6}$ et $t' = 0.75 \text{ s}$ $\Rightarrow E_s = \frac{V}{5} + l$

Avec :

V : la vitesse en km/h

L : la longueur de véhicule on prend généralement 5m

Pour plus de sécurité on est souvent amené à augmenter la distance « Es », en prenant un créneau temps de sécurité entre deux véhicules T_s égale à 1,2 secondes.

$$E_s = 1,2.v \text{ ou } E_s = \frac{V}{3}$$

Exemple : si deux véhicules se suivent à une vitesse de $V = 100 \text{ Km/h}$.La distance de sécurité sera

1er Cas :

$$E_s = \frac{v}{5} + 5 = \frac{100}{5} + 5 = 25 \text{ cm}$$

2ème Cas :

$$E_s = \frac{v}{3} = \frac{100}{3} = 33.33 \text{ m}$$

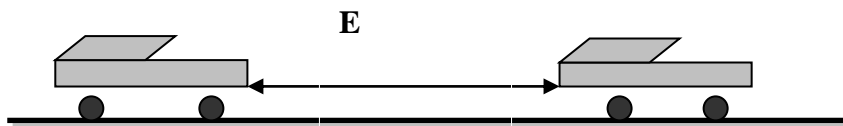


Figure 12:L'espace entre deux véhicules-

V.6-Manœuvre de dépassement :

Dvdm : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne

DvdN : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

Dmd : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement

Vr(Km/h)	40	60	80	100	120	140
Distance						
Dvdm	4v	4v	4v	4.2v	4.6v	5v
	160	240	320	420	550	700
DvdN	6v	6v	6v	6.2v	6.6v	7v
	240	360	480	620	790	980
Dmd	70	120	200	300	425	/

Tableau 35 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse

D'après le tableau des normes de B40, on tire les valeurs de *dvdm*, *dvd* et *dmd* en fonction de la vitesse.

Application :

$V_r = 100 \text{ Km/h}$

$Dvdm = 240 \text{ m}$

$dvdN = 620 \text{ m}$

$dmd = 300 \text{ m}$

Tableau récapitulatif des paramètres fondamentaux

Paramètres	Symbole	Valeur
Longueur minimale (m)	L_{\min}	135
Longueur maximale (m)	L_{\max}	1620
Devers minimal (%)	d_{\min}	2.5
Devers maximal (%)	d_{\max}	7
Temps de perception réaction (s)	t_1	2
Frottement longitudinal	f_L	0.36
Frottement transversal	f_t	0.11
Distance de freinage en alignement droit (m)	d_0	111.11
Distance d'arrêt (m)	d_1	161
Distance de freinage en courbe (m)	d'_1	194
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	$dvdm$	420
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	$dvdn$	620
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	300
RHm (m) (dévers associe %)	RHm	450 (7%)
RHN (m) (dévers associe %)	RHN	650 (5%)
RHd (m) (dévers associe %)	RHd	1600 (2, 5%)
RHnd (m) (dévers associe %)	RHnd	2200 (-2, 5%)

Tableau 36 : Paramètres fondamentaux

CHAPITRE VIII

PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES

VIII- PROFIL EN TRAVERS

VIII .1-Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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

VIII .2-Profil en travers type

C'est une pièce dessinée de base des projets de route nouvelle, il représente une section transversale dans le corps de la chaussée. Étant composé en trois couches (couche de roulement, couche de base, couche de fondation)

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet lue sur le profil en long, permet l'avant métré des terrassements

On a pris 6 profils en travers avec l'épaisseur du corps de chaussé

- Un profil en alignement droit en déblai
- Un profil en alignement droit en remblai
- Un profil en alignement droit mixte
- Un profil déversé en remblai
- Un profil déversé en déblai
- Un profil mixte déversé

VIII .3- Les éléments constituant un profil en travers type

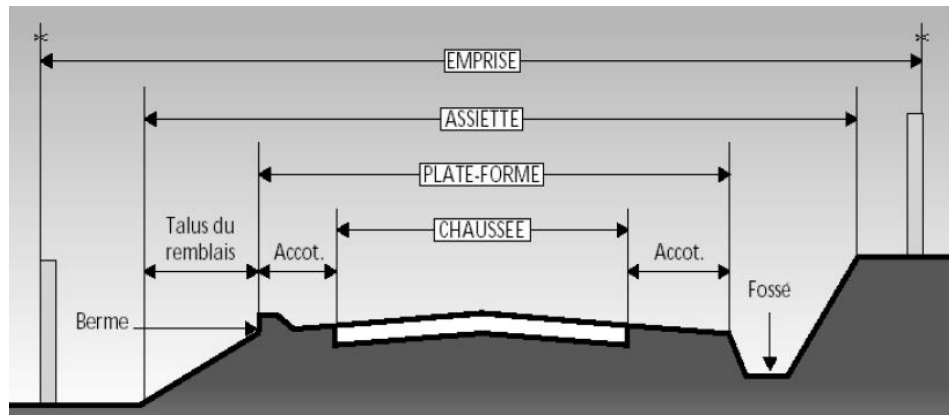


Figure 13 : Les éléments d'une route

La largeur roulable

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

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

La plate-forme

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

Assiette

Surface de terrain réellement occupée par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

L'emprise

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....), elle coïncide généralement avec le domaine public.

Les accotements

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

Le terre-plein central

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

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

Le fossé

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

Profil en travers type de notre projet

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

- deux chaussées de deux voies de 3.50m chacune : $(2 \times 3.5) \times 2 = 14$ m
- un terre-plein central de 1 m : 1.00m
- un accotement de 2.00m pour de part et d'autre. : $2 \times 2.00 = 4.00$ m

VIII .4-dimensionnement du corps de chaussée

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc.....

Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

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 paramètres très fondamentaux suivants :

- Le trafic
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

VIII .5-Principe de la constitution des chaussées

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

De la charge des véhicules

La charge maximale autorisée sur un jumelage isolé est de 65 KN (6.5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 T).

Il arrive également que cette charge maximale dépassée à cause de phénomène de surcharge.

Des intempéries

Les variations des de température peuvent engendrer dans les solides élastiques des champs de contrainte et engendrer aussi : les effets du gel, les efforts de l'ensoleillement sur la déformation des mélanges bitumineux, et sur le vieillissement du bitume.

Des efforts tangentiels

Lorsqu'un véhicule est en mouvement apparaissent des efforts horizontaux du fait :

- De la transmission de l'effort moteur ou du freinage.
- De la mise en rotation des roues non motrice.
- De la résistance aux efforts transversaux.

Toutes ces actions tangentielles s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et les chaussées.

VIII .5.1-La chaussée

a- Définition

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

Couche de surface

Elle composée de la couches de roulement et la couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Son rôle est :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.)
- Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

Couche de base

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

Couche de fondation

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

Couche de forme

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support :

- Sur un sol rocheux : elle 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 de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

b- Les différentes catégories de chaussée

Il existe deux catégories de chaussées :

- Les chaussées classiques (souples et rigides)
- Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides)

Structures de chaussée.

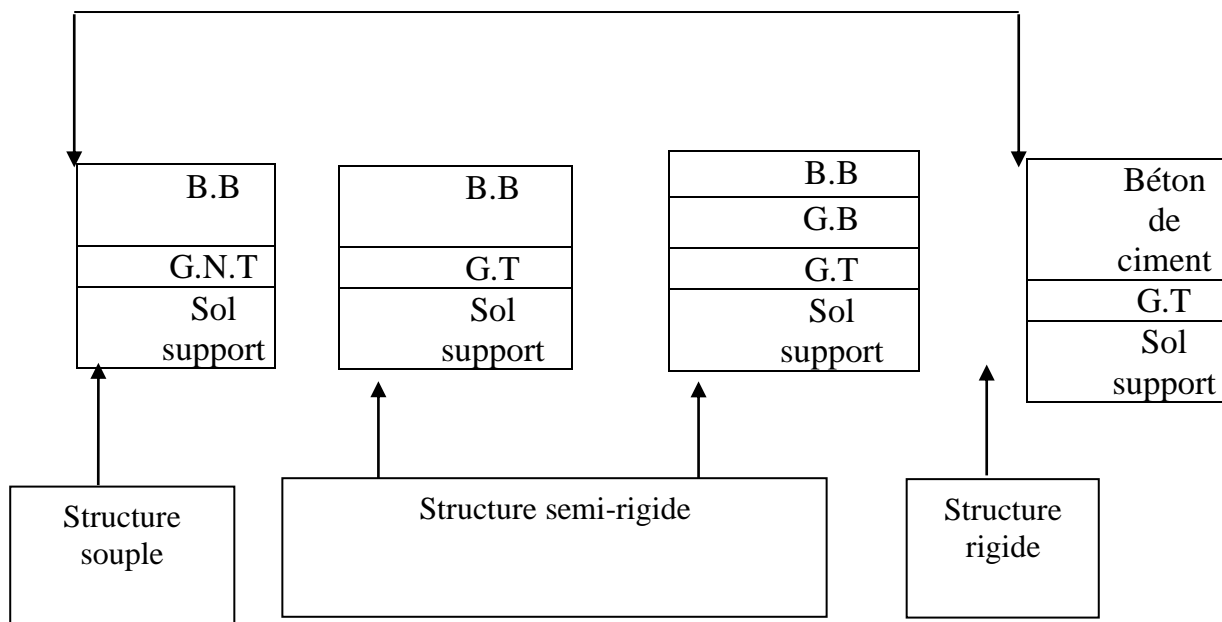


Figure 14 : les différentes catégories de chaussée

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non traité.

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier car la qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisée, la chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation: action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,... Etc.

Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction de chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

Enfin, on examinera les différentes méthodes de dimensionnements avec une application au projet.

VIII .6-Les principales méthodes de dimensionnement

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

VIII .6.1-Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)

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

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

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

Avec :

e : épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

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

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

Log : logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où :

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence

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

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

Tableau 37 : coefficient d'équivalence des matériaux

VIII .6.2-Méthode A.A.S.H.O :(American Association of State Highway Officials)

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.

- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- L'influence des charges et de leur répétition.

VIII .6.3-Méthode d'ASPHALT INSTITUTE

Elle basée sur les résultats obtenus des essais «AASHO », on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches.

L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue.

VIII .6.4-Méthode du catalogue des structures

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA »

Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 Véh/J.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

Trafic cumulé de poids lourds à la 15^{ème} année Tj.

Les caractéristiques de sol (Sj).

VIII .6.4.1-Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₁	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T ₂	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^5$
T ₃	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T ₄	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T ₅	$T > 4 \cdot 10^7$

Tableau 38 : classe de trafic

Le trafic cumulé est donné par la formule:

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

- T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service
- n : durée de vie ($n = 15$ ans)

VIII .6.4.2-Détermination de la classe du sol

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Classe de sol	Indice C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

Tableau 39 : classe de sol

VIII .6.5-La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

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

$$T_{eq} = [TJMA . a [(1+Z)^n - 1] x 0.75 x P x 365] / [(1+z) - 1] .$$

T_{eq} = trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente e (en fonction de T_{eq} , I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

VIII .6.6-Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

VIII .6.6.1-La démarche du catalogue :

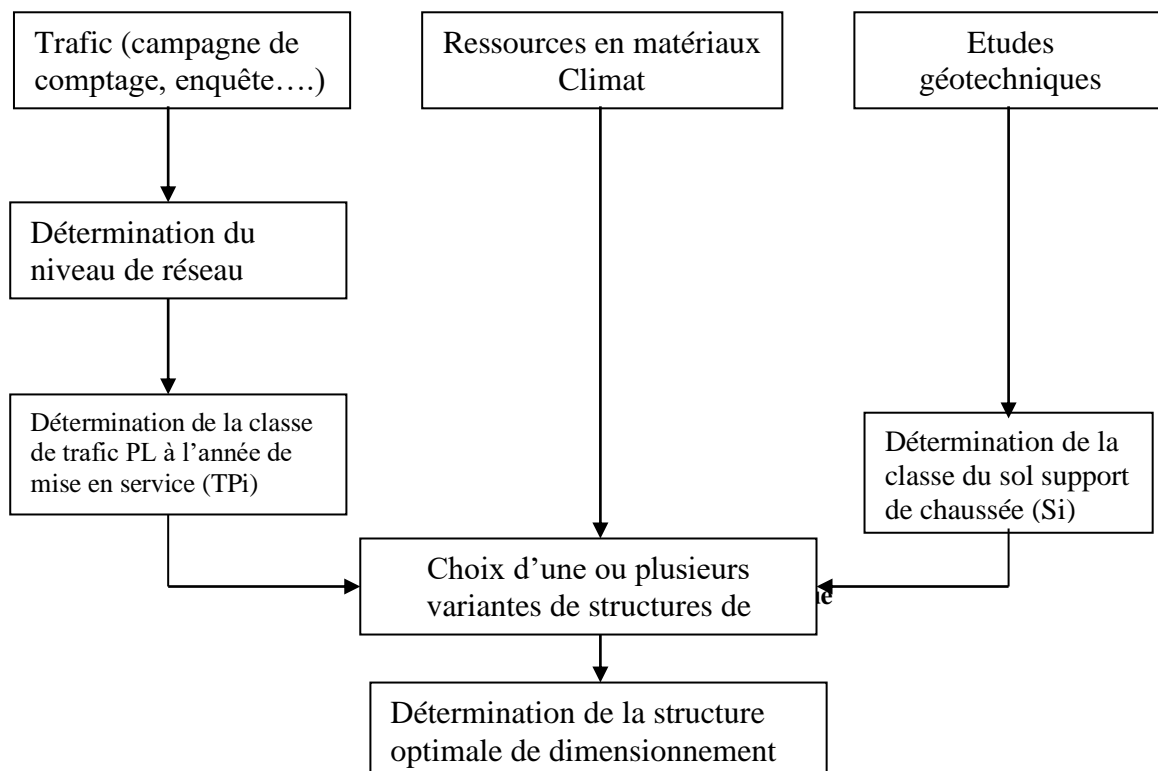


Figure 15 : les démarches du catalogue

Application au projet

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on a utilisé : la méthode CBR.

$TJMA_{2019} = 7000 \text{ v/j}$ avec un poids lourd = 25%

$T_0 = (TJMA_{2019} \times \% \text{ Pl})$

$T_0 = (7000 \times 0.25) = 1750 \text{ Pl/j/sens.}$

$T_1 = (1+\tau)^2 \times T_0$

$T_1 = (1+0.07)^2 \times 1750 = 2004 \text{ Pl/j/sens}$

$T_n = (1+\tau)^n \times T_1$

$T_n = (1+0.07)^{15} \times 2004 = 5529 \text{ Pl/j/sens}$

$$E_{\text{éq}} = \frac{100 + (\sqrt{p}) \times (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{\text{CBR}} + 5}$$

$$E_{\text{éq}} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \log \frac{5529}{10})}{9 + 5} = 46.30$$

$$E_{\text{éq}} = 47.00 \text{ cm}$$

On a : $E_{\text{éq}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Épaisseur équivalente (cm)
BB	06	02	12
GC	14	1	14
TUF	27	0.75	20.25
TOTAL	47		46.25

Tableau 40 : épaisseur du corps de chaussée

Notre structure comporte : **6BB + 14GC + 27TUF**



Figure 16 : Corps de chaussée

VIII .7-Cubatures

VIII .7.1-Définition

Les cubatures de terrassement est la détermination des volumes de remblais et déblais nécessaire à la réalisation du projet, cela nécessite la connaissance :

- Des profils en long.
- Des profils en travers.
- Des distances entre ces profils.

VIII .7.2-Méthode de calcul

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

Description de la méthode

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

$$V = \frac{h}{6} .(S_1 + S_2 + 4S_0)$$

H : hauteur entre deux profils.

S_0 : surface limitée à mi- distances des profils.

S_1, S_2 : surface des deux profils

Application

La figure ci-dessous représente le profil en long d'un tracé donné.

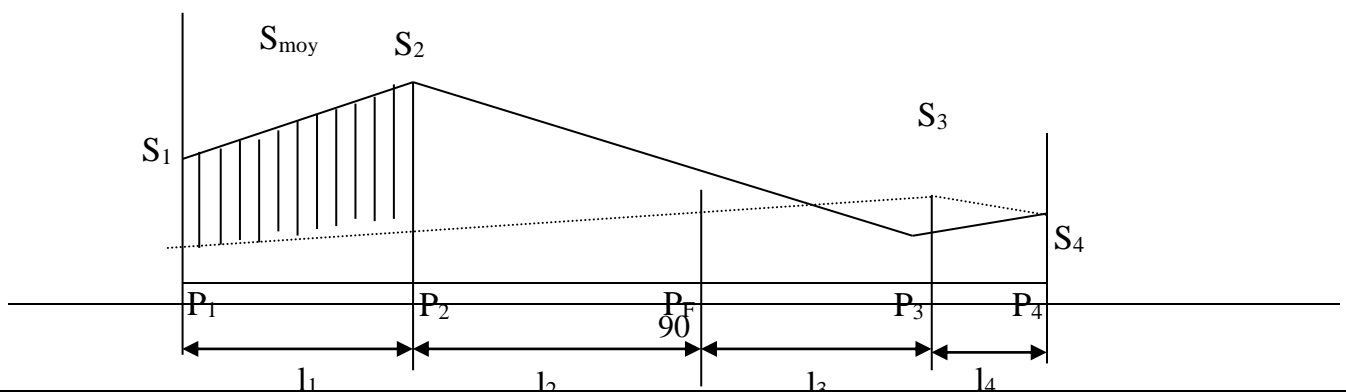


Figure 17 : Surfaces de cubature

Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1, S_2 sera égale à :

$$V_1 = \frac{L_1}{6} \cdot (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Pour un calcul plus simple on à considérer que : $S_{moy} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

D'ou :

$$V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

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

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

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

Le volume total V :

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

Pour le calcul des cubatures, on a utilisé le logiciel COVADIS.

Les étapes à respecter pour réaliser cette opération sont :

Méthode 1 (commande Covadis)

1. Mntchargement (pour mnt)
2. Genpl(pour dessiner le profil en long)
3. Plpro (pour dessiner la ligne rouge du profil en long)
4. Racci(pour le raccordement circulaire du profil en long)
5. Rempl(pour le remplissage des cartouches)
6. Genty (pour créer des profils en travers types)
7. Cfgpt(pour affecter les profils types)
8. Simul(pour le calcul de cubature)
9. Genpt(pour dessiner les profils en travers courants)

Méthode 2 : (utilisation du Menu Covadis)

Utilisation des fenêtres « menu » du logiciel COVADIS

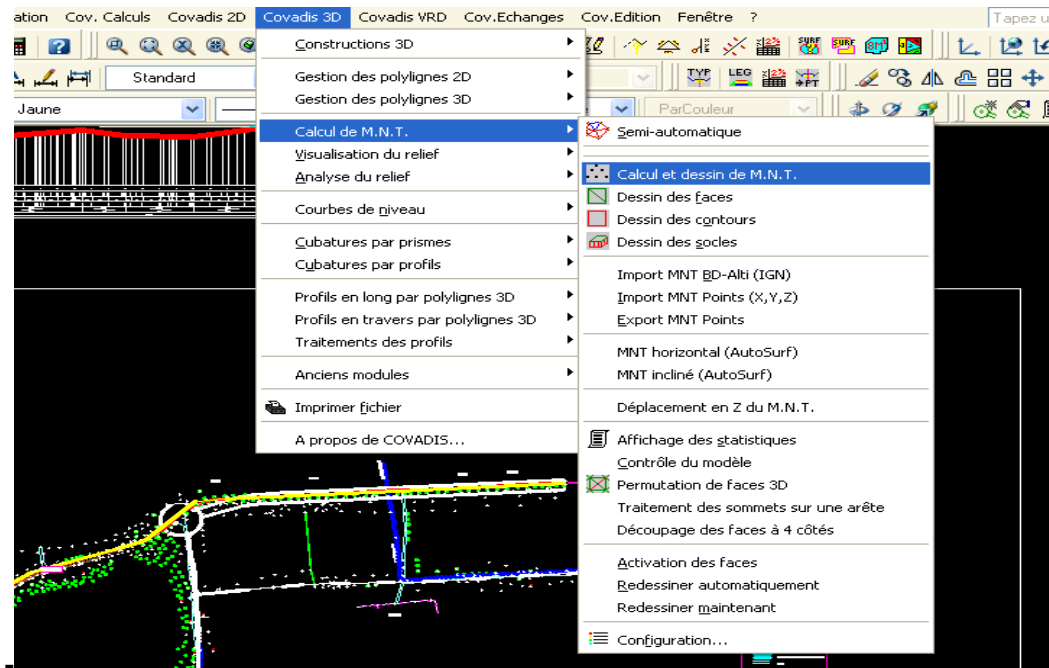


Figure 18: les étapes de calcul de cubature sous COVADIS

Remarque : Les résultats du calcul sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau de cubature VARIANTE 1 :

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0.000	12.500	1.84	23.34	25.18	314.757	314.757	21.95	0.14	22.09	276.131	276.131
P2	25.000	25.000	2.20	20.89	23.10	577.388	892.145	27.18	0.03	27.21	680.272	956.403
P3	50.000	25.000	2.41	23.20	25.62	640.491	1532.636	27.31	0.00	27.31	682.711	1639.114
P4	75.000	25.000	5.04	26.55	31.59	789.747	2322.383	20.30	0.00	20.30	507.552	2146.667
P5	100.000	25.000	5.06	27.69	32.75	818.647	3141.030	21.08	0.00	21.08	526.897	2673.564
P6	125.000	25.000	2.78	33.13	35.91	897.672	4038.703	24.82	0.00	24.82	620.484	3294.048
P7	150.000	25.000	5.05	33.02	38.07	951.819	4990.522	24.38	0.00	24.38	609.391	3903.439
P8	175.000	25.000	3.64	32.38	36.02	900.445	5890.967	26.16	0.00	26.16	654.009	4557.449
P9	200.000	25.000	2.66	30.38	33.03	825.776	6716.743	27.30	0.00	27.30	682.478	5239.927
P10	225.000	25.000	2.19	32.24	34.44	860.880	7577.623	25.37	0.00	25.37	634.179	5874.105
P11	250.000	25.000	3.23	32.10	35.33	883.250	8460.873	24.42	0.00	24.42	610.574	6484.679
P12	275.000	25.000	2.00	28.68	30.68	767.020	9227.893	22.90	0.00	22.90	572.589	7057.268
P13	300.000	25.000	3.33	23.59	26.92	673.010	9900.903	21.66	0.00	21.66	541.486	7598.755
P14	325.000	25.000	0.32	21.15	21.47	536.854	10437.757	26.92	0.37	27.29	682.260	8281.015
P15	350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.002	10437.758	35.29	21.48	56.77	1419.270	9700.285
P16	375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10437.758	39.64	24.86	64.50	1612.541	11312.826
P17	400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10437.758	37.81	27.02	64.83	1620.772	12933.598
P18	425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10437.758	37.55	27.26	64.82	1620.416	14554.015
P19	450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10437.758	36.34	27.54	63.88	1596.886	16150.901
P20	475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10437.758	32.77	27.69	60.46	1511.469	17662.370
P21	500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10437.758	31.19	24.33	55.52	1387.908	19050.279
P22	525.000	25.000	0.00	0.05	0.05	1.275	10439.033	32.66	24.03	56.69	1417.134	20467.412

ETUDE D'UN DEDOUBLEMENT DE LA RN11 PK 143 AU PK 147.

P23	550.000	25.000	0.00	0.02	0.02	0.398	10439.431	34.95	23.94	58.90	1472.382	21939.794
P24	575.000	25.000	0.00	0.49	0.49	12.127	10451.558	32.38	20.66	53.04	1325.990	23265.784
P25	600.000	25.000	0.00	0.79	0.79	19.792	10471.349	28.97	19.74	48.71	1217.673	24483.457
P26	625.000	25.000	0.93	16.43	17.35	433.790	10905.140	21.75	0.41	22.16	553.968	25037.425
P27	650.000	25.000	16.18	21.17	37.35	933.771	11838.911	0.26	0.00	0.26	6.622	25044.048
P28	675.000	25.000	23.81	26.59	50.40	1259.976	13098.887	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P29	700.000	25.000	25.84	30.31	56.14	1403.569	14502.457	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P30	725.000	25.000	31.20	34.59	65.80	1644.935	16147.392	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P31	750.000	25.000	33.81	37.95	71.76	1794.105	17941.497	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P32	775.000	25.000	30.81	38.13	68.94	1723.527	19665.023	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P33	800.000	25.000	33.39	36.19	69.58	1739.532	21404.555	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P34	825.000	25.000	33.34	38.86	72.21	1805.185	23209.740	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P35	850.000	25.000	34.23	39.92	74.15	1853.790	25063.530	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P36	875.000	25.000	34.06	42.21	76.27	1906.677	26970.207	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P37	900.000	25.000	36.50	44.09	80.59	2014.821	28985.028	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P38	925.000	25.000	41.31	43.39	84.70	2117.403	31102.431	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P39	950.000	25.000	43.60	39.17	82.77	2069.190	33171.620	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P40	975.000	25.000	35.33	36.81	72.14	1803.453	34975.073	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P41	1000.000	25.000	29.21	35.71	64.92	1622.884	36597.957	0.00	0.00	0.00	0.000	25044.048
P42	1025.000	25.000	20.16	28.52	48.68	1216.925	37814.882	0.08	0.00	0.08	1.919	25045.966
P43	1050.000	25.000	1.97	19.94	21.90	547.609	38362.491	23.30	0.19	23.49	587.346	25633.312
P44	1075.000	25.000	0.53	1.07	1.60	39.927	38402.418	25.68	20.19	45.87	1146.643	26779.956
P45	1100.000	25.000	0.59	0.55	1.14	28.426	38430.844	26.60	21.84	48.44	1210.911	27990.866
P46	1125.000	25.000	0.44	0.16	0.59	14.855	38445.700	24.98	21.35	46.33	1158.196	29149.063
P47	1150.000	25.000	0.05	0.00	0.05	1.300	38447.000	24.61	20.33	44.93	1123.372	30272.435
P48	1175.000	25.000	0.12	0.00	0.12	3.023	38450.023	21.65	28.72	50.37	1259.228	31531.663
P49	1200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	38450.023	26.61	25.88	52.49	1312.132	32843.795
P50	1225.000	25.000	0.61	0.35	0.96	23.889	38473.912	26.32	22.81	49.13	1228.254	34072.049
P51	1250.000	25.000	1.50	1.07	2.57	64.256	38538.168	20.65	20.03	40.68	1017.029	35089.078
P52	1275.000	25.000	1.74	2.14	3.88	97.019	38635.188	18.58	19.62	38.20	954.945	36044.023
P53	1300.000	25.000	24.87	22.61	47.47	1186.797	39821.985	0.00	0.00	0.00	0.000	36044.023
P54	1325.000	25.000	34.64	27.76	62.40	1560.094	41382.079	0.00	0.00	0.00	0.000	36044.023
P55	1350.000	25.000	42.44	37.37	79.82	1995.402	43377.481	0.00	0.00	0.00	0.000	36044.023
P56	1375.000	25.000	31.67	40.41	72.09	1802.145	45179.626	0.00	0.00	0.00	0.000	36044.023
P57	1400.000	25.000	51.81	43.33	95.14	2378.467	47558.093	0.00	0.00	0.00	0.000	36044.023
P58	1425.000	25.000	40.55	45.40	85.95	2148.808	49706.901	0.00	0.00	0.00	0.000	36044.023
P59	1450.000	25.000	47.07	42.27	89.34	2233.483	51940.384	0.00	0.00	0.00	0.000	36044.023
P60	1475.000	25.000	58.82	40.52	99.35	2483.628	54424.011	0.00	0.00	0.00	0.000	36044.023
P61	1500.000	25.000	57.53	29.12	86.65	2166.228	56590.239	0.00	0.02	0.02	0.589	36044.612
P62	1525.000	25.000	70.91	35.47	106.38	2659.423	59249.662	0.00	0.07	0.07	1.839	36046.451
P63	1550.000	25.000	55.94	40.10	96.03	2400.835	61650.497	0.37	0.49	0.86	21.402	36067.853
P64	1575.000	25.000	55.37	53.31	108.68	2717.017	64367.515	0.56	0.90	1.46	36.525	36104.378
P65	1600.000	25.000	38.04	48.03	86.07	2151.803	66519.317	1.27	2.06	3.33	83.285	36187.664
P66	1625.000	25.000	38.82	48.25	87.07	2176.871	68696.188	2.56	3.24	5.80	145.003	36332.667
P67	1650.000	25.000	38.79	42.19	80.98	2024.606	70720.795	4.06	5.22	9.28	231.977	36564.644
P68	1675.000	25.000	38.79	39.90	78.69	1967.252	72688.046	5.80	7.14	12.93	323.348	36887.992
P69	1700.000	25.000	0.00	31.98	31.98	799.545	73487.591	12.06	10.72	22.78	569.501	37457.493
P70	1725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	37.01	21.96	58.96	1474.078	38931.570
P71	1750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	48.06	34.96	83.02	2075.418	41006.988
P72	1775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	58.93	44.72	103.65	2591.316	43598.304
P73	1800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	61.86	63.42	125.28	3131.910	46730.214
P74	1825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	64.98	71.05	136.03	3400.808	50131.022
P75	1850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	61.12	55.93	117.05	2926.241	53057.263
P76	1875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	63.03	66.79	129.82	3245.502	56302.765
P77	1900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	67.80	63.85	131.64	3291.109	59593.874
P78	1925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	69.33	57.34	126.67	3166.738	62760.611
P79	1950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	72.19	64.87	137.06	3426.387	66186.998
P80	1975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	73.84	65.20	139.05	3476.168	69663.166
P81	2000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	84.43	78.71	163.14	4078.421	73741.587
P82	2025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	89.05	114.16	203.21	5080.345	78821.932
P83	2050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	97.98	94.67	192.65	4816.301	83638.233
P84	2075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	129.04	87.51	216.54	5413.551	89051.784
P85	2100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	110.84	77.01	187.85	4696.190	93747.975
P86	2125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	80.84	73.15	153.99	3849.833	97597.807
P87	2150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	66.43	63.32	129.75	3243.757	100841.564
P88	2175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	73487.591	59.47	56.78	116.25	2906.334	103747.899
P89	2200.000	25.000	25.85	0.00	25.85	646.356	74133.948	10.51	60.27	70.78	1769.487	105517.386
P90	2225.000	25.000	37.58	0.00	37.58	939.398	75073.346	5.62	44.33	49.96	1248.953	106766.339
P91	2250.000	25.000	40.28	47.69	87.97	2199.346	77272.691	4.54	1.46	6.01	150.190	106916.529
P92	2275.000	25.000	31.71	0.00	31.71	792.865	78065.556	7.03	31.44	38.47	961.793	107878.322
P93	2300.000	25.000	27.37	0.00	27.37	684.255	78749.810	5.07	29.55	34.61	865.284	108743.607
P94	2325.000	25.000	42.03	24.82	66.84	1671.101	80420.911	2.08	2.83	4.91	122.649	108866.255
P95	2350.000	25.000	33.69	32.74	66.42	1660.624	82081.534	1.24	2.20	3.45	86.165	108952.421

ETUDE D'UN DEDOUBLEMENT DE LA RN11 PK 143 AU PK 147.

P96	2375.000	25.000	36.43	39.51	75.93	1898.350	83979.885	0.47	0.72	1.19	29.765	108982.186
P97	2400.000	25.000	49.68	40.16	89.85	2246.168	86226.052	0.18	0.21	0.39	9.738	108991.924
P98	2425.000	25.000	44.88	36.72	81.60	2039.974	88266.026	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P99	2450.000	25.000	64.59	39.50	104.10	2602.466	90868.492	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P100	2475.000	25.000	58.58	48.34	106.92	2673.025	93541.517	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P101	2500.000	25.000	55.87	56.01	111.88	2796.907	96338.424	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P102	2525.000	25.000	52.22	58.45	110.67	2766.716	99105.141	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P103	2550.000	25.000	47.86	62.21	110.07	2751.727	101856.868	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P104	2575.000	25.000	49.25	58.32	107.57	2689.199	104546.067	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P105	2600.000	25.000	37.90	46.33	84.23	2105.661	106651.728	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P106	2625.000	25.000	27.81	40.14	67.95	1698.680	108350.408	0.00	0.00	0.00	0.000	108991.924
P107	2650.000	25.000	18.63	30.26	48.89	1222.228	109572.636	0.08	0.00	0.08	1.943	108993.867
P108	2675.000	25.000	1.54	21.14	22.69	567.130	110139.766	25.02	0.18	25.20	630.082	109623.949
P109	2700.000	25.000	0.07	1.01	1.08	26.907	110166.674	29.35	17.90	47.25	1181.242	110805.191
P110	2725.000	25.000	0.00	0.02	0.02	0.416	110167.089	30.96	20.85	51.80	1295.046	112100.237
P111	2750.000	25.000	0.00	0.01	0.01	0.196	110167.286	32.57	22.38	54.95	1373.868	113474.105
P112	2775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	110167.286	36.45	31.20	67.64	1691.109	115165.213
P113	2800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	110167.286	35.52	34.97	70.49	1762.215	116927.428
P114	2825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	110167.286	39.03	35.74	74.77	1869.241	118796.669
P115	2850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	110167.286	34.84	33.47	68.31	1707.704	120504.374
P116	2875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	110167.286	30.67	27.22	57.89	1447.277	121951.650
P117	2900.000	25.000	0.02	2.32	2.34	58.583	110225.869	23.99	20.33	44.33	1108.181	123059.831
P118	2925.000	25.000	4.45	22.73	27.18	679.422	110905.291	20.00	0.00	20.00	500.030	123559.861
P119	2950.000	25.000	27.90	28.01	55.91	1397.779	112303.070	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P120	2975.000	25.000	38.11	34.86	72.97	1824.367	114127.437	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P121	3000.000	25.000	38.81	39.54	78.35	1958.828	116086.265	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P122	3025.000	25.000	38.60	39.10	77.70	1942.471	118028.736	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P123	3050.000	25.000	35.51	39.54	75.04	1876.054	119904.790	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P124	3075.000	25.000	33.69	38.96	72.65	1816.174	121720.964	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P125	3100.000	25.000	31.35	37.30	68.65	1716.332	123437.297	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P126	3125.000	25.000	31.78	32.71	64.49	1612.321	125049.618	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P127	3150.000	25.000	26.91	22.27	49.18	1229.598	126279.216	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P128	3175.000	25.000	28.30	14.63	42.93	1073.187	127352.403	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P129	3200.000	25.000	26.17	11.18	37.35	933.778	128286.181	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P130	3225.000	25.000	27.09	9.19	36.29	907.198	129193.379	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P131	3250.000	25.000	25.15	33.57	58.72	1468.073	130661.452	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P132	3275.000	25.000	23.43	30.85	54.28	1357.046	132018.498	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P133	3300.000	25.000	25.31	32.60	57.91	1447.714	133466.212	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P134	3325.000	25.000	25.61	32.56	58.17	1454.325	134920.537	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P135	3350.000	25.000	28.79	34.84	63.63	1590.820	136511.358	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P136	3375.000	25.000	28.04	36.18	64.22	1605.522	138116.880	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P137	3400.000	25.000	27.00	34.98	61.98	1549.509	139666.390	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P138	3425.000	25.000	27.38	33.96	61.35	1533.674	141200.064	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P139	3450.000	25.000	30.33	32.34	62.66	1566.562	142766.626	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P140	3475.000	25.000	33.42	40.77	74.19	1854.823	144621.450	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P141	3500.000	25.000	33.40	30.61	64.01	1600.315	146221.765	0.00	0.00	0.00	0.000	123559.861
P142	3525.000	25.000	0.48	23.07	23.54	588.597	146810.362	17.49	0.33	17.82	445.429	124005.290
P143	3550.000	25.000	24.22	26.18	50.39	1259.794	148070.155	4.03	4.11	8.14	203.489	124208.779
P144	3575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	148070.155	31.17	30.27	61.45	1536.153	125744.932
P145	3600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	148070.155	50.73	44.71	95.43	2385.875	128130.807
P146	3625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	148070.155	68.07	55.95	124.02	3100.544	131231.350
P147	3650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	148070.155	88.14	68.35	156.48	3912.120	135143.470
P148	3675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	148070.155	53.35	50.31	103.66	2591.520	137734.990
P149	3700.000	25.000	0.35	53.65	54.00	1350.089	149420.245	34.67	0.00	34.67	866.638	138601.627
P150	3725.000	25.000	0.00	50.61	50.61	1265.246	150685.491	37.96	7.31	45.26	1131.625	139733.252
P151	3750.000	25.000	0.00	44.42	44.42	1110.582	151796.073	39.55	1.20	40.76	1018.938	140752.190
P152	3775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	151796.073	56.66	52.09	108.75	2718.763	143470.953
P153	3800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	151796.073	109.28	97.84	207.12	5177.891	148648.844
P154	3825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	151796.073	78.04	87.73	165.77	4144.204	152793.048
P155	3850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	151796.073	73.90	70.11	144.01	3600.182	156393.229
P156	3875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	151796.073	63.19	61.46	124.65	3116.264	159509.494
P157	3900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	151796.073	56.72	31.13	87.85	2196.268	161705.762
P158	3925.000	25.000	0.57	32.49	33.07	826.630	152622.703	37.63	0.35	37.98	949.511	162655.272
P159	3950.000	25.000	19.39	48.32	67.71	1692.779	154315.482	0.00	0.00	0.00	0.000	162655.272
P160	3975.000	25.000	22.05	59.73	81.78	2044.546	156360.028	0.00	0.00	0.00	0.000	162655.272
P161	4000.000	25.000	22.63	72.02	94.65	2366.205	158726.234	0.04	0.00	0.04	0.922	162656.195
P162	4025.000	25.000	23.23	49.61	72.84	1821.100	160547.334	0.00	0.00	0.00	0.000	162656.195
P163	4050.000	25.000	12.50	43.91	56.40	1410.098	161957.432	25.39	0.00	25.39	634.825	163291.020
P164	4075.000	25.000	19.66	37.80	57.47	1436.677	163394.109	0.03	0.00	0.03	0.640	163291.660
P165	4100.000	25.000	27.17	30.44	57.61	1440.235	164834.343	0.00	0.00	0.00	0.000	163291.660
P166	4125.000	25.000	31.13	33.39	64.52	1613.018	166447.361	0.00	0.00	0.00	0.000	163291.660
P167	4150.000	25.000	28.07	31.31	59.38	1484.553	167931.914	0.00	0.00	0.00	0.000	163291.660
P168	4175.000	25.000	29.34	32.18	61.52	1538.010	169469.924	0.00	0.00	0.00	0.000	163291.660

P169	4200.000	25.000	25.84	32.47	58.31	1457.737	170927.661	0.00	0.00	0.00	0.000	163291.660
------	----------	--------	-------	-------	-------	----------	------------	------	------	------	-------	------------

Pente = -2.85 %

Arc de cercle

Rayon = 250

Pente = -1 %

Arc de cercle

total	176
--------------	------------

Rayon = 750

Pente = -4.028 %

Arc de cercle

Rayon = 850

P170	4225.000	25.000	24.39	30.83	55.22	1380.493	172308.154	0.00	0.00	0.00	0.000	163291.660
P171	4250.000	25.000	1.98	19.85	21.83	545.674	172853.828	21.64	0.13	21.77	544.242	163835.902
P172	4275.000	25.000	3.90	20.81	24.70	617.623	173471.451	20.14	0.00	20.14	503.554	164339.455
P173	4300.000	25.000	17.70	20.40	38.11	952.726	174424.177	0.21	0.00	0.21	5.235	164344.690
P174	4325.000	25.000	2.94	19.69	22.64	565.941	174990.118	20.68	0.02	20.70	517.481	164862.171
P175	4350.000	25.000	0.00	19.77	19.77	494.137	175484.255	26.96	0.34	27.30	682.488	165544.659
P176	4375.000	25.000	1.29	18.30	19.59	489.840	175974.095	25.11	0.23	25.35	633.697	166178.356
P177	4400.000	15.106	1.96	19.47	21.43	323.675	176297.770	23.77	0.16	23.92	361.410	166539.766
P178	4405.213	2.606	1.94	19.98	21.93	57.153	176354.923	23.44	0.14	23.58	61.456	166601.222

Tableau 41 : Déblai et Remblai Variante 1

Rampe = 1.83 %

Rampe = 2.68 %

Arc de cercle

Rayon = 350

Pente = -0.86 %

Pente = -0.710 %

Arc de cercle

Rayon = 450

Rampe = 4.25 %

Arc de cercle

Rampe = 0.73 %

Tableau 42 : Pente et rampe de la Variante 1

Tableau de cubature VARIANTE 2 :

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0.000	12.500	22.30	31.70	54.00	674.955	674.955	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
P2	25.000	25.000	6.16	27.12	33.28	831.891	1506.846	21.70	0.00	21.70	542.525	542.525
P3	50.000	25.000	5.72	28.46	34.19	854.703	2361.550	22.97	0.00	22.97	574.231	1116.756
P4	75.000	25.000	22.83	30.26	53.09	1327.186	3688.736	0.00	0.00	0.00	0.000	1116.756
P5	100.000	25.000	6.80	30.53	37.32	933.116	4621.852	19.26	0.00	19.26	481.484	1598.240
P6	125.000	25.000	3.90	34.74	38.64	965.981	5587.833	23.66	0.00	23.66	591.378	2189.618
P7	150.000	25.000	4.87	33.31	38.18	954.591	6542.424	24.21	0.00	24.21	605.168	2794.786
P8	175.000	25.000	2.80	31.13	33.92	848.081	7390.506	27.06	0.00	27.06	676.533	3471.319
P9	200.000	25.000	1.39	27.42	28.81	720.274	8110.779	29.73	0.03	29.76	743.998	4215.317
P10	225.000	25.000	0.25	27.48	27.73	693.303	8804.083	29.69	0.14	29.82	745.622	4960.940
P11	250.000	25.000	0.32	25.50	25.82	645.447	9449.530	29.55	0.18	29.73	743.180	5704.120
P12	275.000	25.000	0.00	21.54	21.54	538.612	9988.142	28.90	0.45	29.35	733.832	6437.952
P13	300.000	25.000	0.03	18.74	18.77	469.127	10457.269	27.49	0.33	27.82	695.548	7133.500
P14	325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	36.81	21.08	57.89	1447.198	8580.698
P15	350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	44.55	29.77	74.31	1857.868	10438.566
P16	375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	48.44	33.31	81.74	2043.559	12482.125
P17	400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	47.24	33.59	80.83	2020.637	14502.762
P18	425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	47.27	33.06	80.33	2008.185	16510.947
P19	450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	46.06	31.87	77.94	1948.480	18459.427
P20	475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	39.85	31.29	71.14	1778.483	20237.910
P21	500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	39.62	27.62	67.24	1680.957	21918.867

ETUDE D'UN DEDOUBLEMENT DE LA RN11 PK 143 AU PK 147.

P22	525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	36.83	26.82	63.66	1591.413	23510.279
P23	550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	10457.269	36.35	26.04	62.39	1559.797	25070.076
P24	575.000	25.000	0.00	0.12	0.12	3.093	10460.362	32.09	21.47	53.55	1338.830	26408.906
P25	600.000	25.000	0.00	0.43	0.43	10.814	10471.176	28.06	19.28	47.34	1183.605	27592.511
P26	625.000	25.000	1.54	2.28	3.82	95.498	10566.674	19.54	19.91	39.44	986.101	28578.612
P27	650.000	25.000	21.07	20.53	41.61	1040.176	11606.851	0.00	0.08	0.08	2.062	28580.674
P28	675.000	25.000	29.44	26.44	55.87	1396.838	13003.689	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P29	700.000	25.000	33.96	28.26	62.22	1555.486	14559.175	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P30	725.000	25.000	40.32	33.64	73.96	1848.927	16408.102	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P31	750.000	25.000	42.48	42.26	84.74	2118.518	18526.620	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P32	775.000	25.000	40.87	45.48	86.35	2158.686	20685.306	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P33	800.000	25.000	43.37	44.87	88.24	2206.118	22891.424	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P34	825.000	25.000	42.93	47.85	90.78	2269.554	25160.978	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P35	850.000	25.000	45.13	49.67	94.80	2370.096	27531.074	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P36	875.000	25.000	44.00	52.00	96.01	2400.132	29931.205	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P37	900.000	25.000	46.83	54.39	101.22	2530.576	32461.781	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P38	925.000	25.000	52.49	55.66	108.15	2703.697	35165.478	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P39	950.000	25.000	57.45	53.38	110.84	2770.894	37936.372	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P40	975.000	25.000	48.91	51.10	100.01	2500.225	40436.598	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P41	1000.000	25.000	43.40	50.05	93.45	2336.200	42772.798	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P42	1025.000	25.000	34.98	44.34	79.32	1983.097	44755.895	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P43	1050.000	25.000	27.19	36.82	64.01	1600.208	46356.103	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P44	1075.000	25.000	21.65	29.80	51.45	1286.255	47642.358	0.00	0.00	0.00	0.000	28580.674
P45	1100.000	25.000	5.95	25.04	30.98	774.603	48416.960	19.22	0.00	19.22	480.484	29061.158
P46	1125.000	25.000	19.76	23.93	43.68	1092.065	49509.025	0.05	0.00	0.05	1.146	29062.304
P47	1150.000	25.000	18.73	23.75	42.48	1061.961	50570.986	0.10	0.09	0.19	4.665	29066.969
P48	1175.000	25.000	20.71	2.08	22.79	569.796	51140.782	0.09	21.28	21.36	534.090	29601.060
P49	1200.000	25.000	2.42	2.60	5.01	125.309	51266.091	19.10	19.26	38.36	958.902	30559.962
P50	1225.000	25.000	4.89	19.04	23.93	598.357	51864.448	20.61	0.07	20.67	516.862	31076.824
P51	1250.000	25.000	24.52	24.03	48.55	1213.763	53078.212	0.00	0.00	0.00	0.000	31076.824
P52	1275.000	25.000	27.99	26.24	54.23	1355.704	54433.916	0.00	0.00	0.00	0.000	31076.824
P53	1300.000	25.000	37.27	37.17	74.44	1861.077	56294.994	0.00	0.00	0.00	0.000	31076.824
P54	1325.000	25.000	46.74	40.15	86.89	2172.291	58467.285	0.00	0.00	0.00	0.000	31076.824
P55	1350.000	25.000	55.51	48.52	104.03	2600.656	61067.940	0.00	0.00	0.00	0.000	31076.824
P56	1375.000	25.000	42.96	52.38	95.34	2383.581	63451.521	0.00	0.00	0.00	0.000	31076.824
P57	1400.000	25.000	57.20	51.45	108.65	2716.167	66167.688	0.00	0.00	0.00	0.000	31076.824
P58	1425.000	25.000	36.94	50.11	87.05	2176.145	68343.833	0.00	0.00	0.00	0.000	31076.824
P59	1450.000	25.000	40.82	41.11	81.93	2048.238	70392.071	0.00	0.00	0.00	0.089	31076.913
P60	1475.000	25.000	43.80	33.46	77.26	1931.512	72323.583	0.00	0.74	0.74	18.540	31095.452
P61	1500.000	25.000	28.95	23.34	52.29	1307.139	73630.721	5.38	7.10	12.48	311.938	31407.390
P62	1525.000	25.000	31.48	32.14	63.62	1590.404	75221.126	3.31	10.16	13.47	336.684	31744.074
P63	1550.000	25.000	0.00	37.02	37.02	925.450	76146.575	31.17	10.73	41.90	1047.501	32791.575
P64	1575.000	25.000	0.00	43.04	43.04	1076.117	77222.692	36.20	7.81	44.02	1100.378	33891.953
P65	1600.000	25.000	0.00	38.70	38.70	967.612	78190.303	56.09	15.58	71.68	1791.950	35683.903
P66	1625.000	25.000	0.00	37.45	37.45	936.130	79126.434	61.82	19.03	80.85	2021.286	37705.189
P67	1650.000	25.000	0.00	29.06	29.06	726.544	79852.977	67.86	25.80	93.66	2341.504	40046.693
P68	1675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	73.65	39.51	113.16	2828.992	42875.685
P69	1700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	87.70	55.72	143.42	3585.509	46461.194
P70	1725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	105.70	70.47	176.17	4404.205	50865.399
P71	1750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	115.96	90.00	205.97	5149.150	56014.549
P72	1775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	128.63	110.18	238.80	5970.085	61984.633
P73	1800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	133.81	138.96	272.77	6819.254	68803.887
P74	1825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	138.01	151.89	289.90	7247.534	76051.422
P75	1850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	135.70	157.27	292.97	7324.316	83375.737
P76	1875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	146.32	168.28	314.59	7864.775	91240.512
P77	1900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	151.62	162.67	314.29	7857.256	99097.768
P78	1925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	150.83	152.49	303.32	7583.009	106680.777
P79	1950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	159.58	149.90	309.48	7737.050	114417.827
P80	1975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	160.81	147.01	307.83	7695.633	122113.460
P81	2000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	171.04	151.46	322.50	8062.612	130176.072
P82	2025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	174.81	244.09	418.90	10472.508	140648.580
P83	2050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	175.05	189.15	364.20	9104.979	149753.558
P84	2075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	177.75	174.48	352.23	8805.674	158559.232
P85	2100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	167.31	162.43	329.75	8243.702	166802.934
P86	2125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	146.65	156.82	303.47	7586.762	174389.695
P87	2150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	132.72	140.21	272.92	6823.033	181212.728
P88	2175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	122.27	131.86	254.13	6353.216	187565.944
P89	2200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	96.92	135.49	232.41	5810.366	193376.310
P90	2225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	79852.977	81.78	101.60	183.38	4584.550	197960.860
P91	2250.000	25.000	0.00	6.74	6.74	168.507	80021.485	65.99	5.16	71.14	1778.571	199739.430
P92	2275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	80021.485	73.79	78.44	152.22	3805.573	203545.003
P93	2300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	80021.485	67.62	64.91	132.53	3313.160	206858.162
P94	2325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	80021.485	52.60	41.42	94.02	2350.497	209208.659

ETUDE D'UN DEDOUBLEMENT DE LA RN11 PK 143 AU PK 147.

P95	2350.000	25.000	0.00	2.93	2.93	73.333	80094.817	44.78	21.84	66.62	1665.473	210874.132
P96	2375.000	25.000	0.00	42.20	42.20	1055.084	81149.901	32.15	1.19	33.34	833.547	211707.679
P97	2400.000	25.000	0.00	45.55	45.55	1138.815	82288.716	18.56	0.57	19.12	478.081	212185.760
P98	2425.000	25.000	22.98	40.59	63.57	1589.195	83877.911	0.46	0.09	0.55	13.829	212199.589
P99	2450.000	25.000	47.30	48.02	95.32	2382.885	86260.796	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P100	2475.000	25.000	54.89	57.01	111.89	2797.341	89058.138	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P101	2500.000	25.000	62.50	58.96	121.46	3036.527	92094.664	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P102	2525.000	25.000	63.73	65.97	129.69	3242.323	95336.987	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P103	2550.000	25.000	60.11	74.24	134.35	3358.697	98695.685	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P104	2575.000	25.000	63.94	73.82	137.76	3443.986	102139.671	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P105	2600.000	25.000	53.93	64.40	118.33	2958.130	105097.801	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P106	2625.000	25.000	46.66	58.66	105.32	2632.997	107730.798	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P107	2650.000	25.000	39.01	50.83	89.83	2245.829	109976.628	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P108	2675.000	25.000	34.60	44.03	78.63	1965.754	111942.382	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P109	2700.000	25.000	26.65	40.15	66.80	1669.880	113612.262	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P110	2725.000	25.000	26.81	35.57	62.38	1559.511	115171.773	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P111	2750.000	25.000	23.86	34.20	58.06	1451.528	116623.301	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P112	2775.000	25.000	20.29	25.44	45.73	1143.210	117766.510	0.00	0.00	0.00	0.000	212199.589
P113	2800.000	25.000	20.86	21.42	42.28	1057.092	118823.603	0.06	0.04	0.10	2.465	212202.054
P114	2825.000	25.000	2.25	19.20	21.45	536.275	119359.877	19.30	0.17	19.47	486.723	212688.777
P115	2850.000	25.000	3.37	20.30	23.67	591.805	119951.682	18.64	0.01	18.64	466.124	213154.901
P116	2875.000	25.000	20.45	24.19	44.63	1115.827	121067.509	0.07	0.00	0.07	1.740	213156.640
P117	2900.000	25.000	23.58	30.62	54.20	1354.963	122422.472	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P118	2925.000	25.000	31.21	37.55	68.76	1718.911	124141.383	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P119	2950.000	25.000	44.83	43.90	88.73	2218.305	126359.687	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P120	2975.000	25.000	53.85	51.54	105.39	2634.652	128994.339	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P121	3000.000	25.000	54.51	55.69	110.20	2755.111	131749.450	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P122	3025.000	25.000	54.30	55.76	110.06	2751.501	134500.952	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P123	3050.000	25.000	52.58	56.97	109.55	2738.787	137239.738	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P124	3075.000	25.000	50.86	56.84	107.70	2692.447	139932.185	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P125	3100.000	25.000	48.71	55.91	104.62	2615.521	142547.707	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P126	3125.000	25.000	47.46	53.87	101.33	2533.269	145080.976	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P127	3150.000	25.000	42.10	43.36	85.46	2136.578	147217.554	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P128	3175.000	25.000	46.59	32.16	78.75	1968.812	149186.366	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P129	3200.000	25.000	42.65	24.33	66.98	1674.457	150860.823	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P130	3225.000	25.000	43.35	18.96	62.31	1557.804	152418.627	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P131	3250.000	25.000	40.21	48.87	89.08	2226.963	154645.590	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P132	3275.000	25.000	37.43	47.15	84.57	2114.352	156759.942	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P133	3300.000	25.000	40.57	48.51	89.07	2226.839	158986.781	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P134	3325.000	25.000	40.82	49.80	90.62	2265.586	161252.367	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P135	3350.000	25.000	44.64	51.03	95.67	2391.719	163644.086	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P136	3375.000	25.000	44.15	53.17	97.33	2433.165	166077.251	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P137	3400.000	25.000	47.36	53.82	101.17	2529.344	168606.594	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P138	3425.000	25.000	50.22	54.61	104.83	2620.770	171227.364	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P139	3450.000	25.000	52.17	56.56	108.73	2718.268	173945.632	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P140	3475.000	25.000	52.11	63.73	115.84	2895.885	176841.517	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P141	3500.000	25.000	53.99	40.43	94.42	2360.444	179201.961	0.00	0.00	0.00	0.000	213156.640
P142	3525.000	25.000	23.53	27.82	51.35	1283.848	180485.809	0.04	0.02	0.06	1.602	213158.243
P143	3550.000	25.000	29.51	27.85	57.36	1434.065	181919.874	0.71	0.96	1.67	41.640	213199.883
P144	3575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	181919.874	35.50	27.46	62.97	1574.165	214774.048
P145	3600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	181919.874	55.26	47.39	102.65	2566.294	217340.342
P146	3625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	181919.874	72.65	65.15	137.80	3445.013	220785.355
P147	3650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	181919.874	93.17	80.37	173.54	4338.479	225123.834
P148	3675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	181919.874	56.32	54.40	110.73	2768.185	227892.019
P149	3700.000	25.000	0.11	48.40	48.51	1212.698	183132.572	37.10	0.00	37.10	927.485	228819.504
P150	3725.000	25.000	0.00	55.34	55.34	1383.501	184516.074	43.82	8.35	52.17	1304.239	230123.743
P151	3750.000	25.000	0.00	28.06	28.06	701.625	185217.698	46.53	3.00	49.53	1238.179	231361.922
P152	3775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	185217.698	64.27	58.65	122.93	3073.146	234435.068
P153	3800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	185217.698	86.34	124.89	211.23	5280.837	239715.905
P154	3825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	185217.698	72.00	97.07	169.07	4226.746	243942.651
P155	3850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	185217.698	67.74	79.39	147.12	3678.061	247620.713
P156	3875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	185217.698	62.70	63.49	126.19	3154.687	250775.399
P157	3900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	185217.698	63.88	33.51	97.38	2434.566	253209.965
P158	3925.000	25.000	0.00	25.54	25.54	638.625	185856.323	42.89	1.29	44.18	1104.589	254314.554
P159	3950.000	25.000	3.87	43.29	47.15	1178.829	187035.152	24.77	0.00	24.77	619.365	254933.918
P160	3975.000	25.000	5.92	46.46	52.38	1309.521	188344.674	25.27	0.00	25.27	631.820	255565.738
P161	4000.000	25.000	4.56	61.23	65.80	1644.956	189989.629	30.69	0.00	30.69	767.127	256332.865
P162	4025.000	25.000	5.21	40.10	45.31	1132.792	191122.421	30.73	0.00	30.73	768.184	257101.049
P163	4050.000	25.000	3.86	37.73	41.59	1039.693	192162.114	32.15	0.00	32.15	803.737	257904.786
P164	4075.000	25.000	0.02	27.00	27.02	675.463	192837.577	24.81	0.29	25.10	627.467	258532.252
P165	4100.000	25.000	19.28	22.90	42.18	1054.389	193891.966	0.13	0.00	0.13	3.154	258535.406
P166	4125.000	25.000	20.70	26.54	47.24	1181.073	195073.039	0.00	0.00	0.00	0.000	258535.406
P167	4150.000	25.000	2.45	25.56	28.01	700.192	195773.231	17.97	0.00	17.97	449.274	258984.680

P168	4175.000	25.000	21.33	29.30	50.63	1265.638	197038.869	0.03	0.00	0.03	0.868	258985.549
P169	4200.000	25.000	22.38	32.25	54.63	1365.787	198404.655	0.00	0.00	0.00	0.000	258985.549
P170	4225.000	25.000	26.91	35.15	62.06	1551.511	199956.166	0.00	0.00	0.00	0.000	258985.549
P171	4250.000	25.000	23.55	34.02	57.57	1439.308	201395.474	0.00	0.00	0.00	0.000	258985.549
P172	4275.000	25.000	21.31	32.46	53.77	1344.204	202739.678	0.00	0.00	0.00	0.000	258985.549
P173	4300.000	25.000	20.47	29.87	50.34	1258.610	203998.288	0.00	0.00	0.00	0.000	258985.549
P174	4325.000	25.000	2.92	26.70	29.62	740.530	204738.819	20.72	0.00	20.72	518.039	259503.587
P175	4350.000	25.000	0.00	22.42	22.42	560.526	205299.344	25.31	0.45	25.76	643.969	260147.557
P176	4375.000	25.000	0.18	21.85	22.02	550.602	205849.946	26.84	0.10	26.94	673.416	260820.972
P177	4400.000	13.699	0.55	21.28	21.82	298.956	206148.902	25.40	0.12	25.52	349.555	261170.527
P178	4402.398	1.199	0.54	21.28	21.81	26.156	206175.059	25.32	0.13	25.45	30.511	261201.038

total	206175.059	261201.038
--------------	-------------------	-------------------

Tableau 43 : Déblai et Remblai Variante 2

Pente = -2.013 %
Arc de cercle
Rayon = 31162.5864
Pente = -0.626 %
Arc de cercle
Rayon = 15112.5213
Pente = -4.028 %
Arc de cercle
Rayon = 7372.3949
Rampe = 2.297 %
Rampe = 2.547 %
Arc de cercle
Rayon = 6342.9650
Pente = -2.311 %
Pente = -0.710 %
Arc de cercle
Rayon = 5049.9476
Rampe = 4.386 %
Arc de cercle
Rampe = 1.069 %

Tableau 44 : Pente et Rampe de la Variante 2

CHAPITRE IX

IMPLANTATION

IX.1- Définition

On sait que le trace d'une route comme toute les autres voies de communication se composent d'alignement droit raccordé par des courbes circulaires ou progressives en tenant compte des points de passage obligés de relief du terrain des obstacles rencontrés pour implanter un alignement droit, deux points principaux suffisent.

Entre lequel il est facile de mettre en place des points intermédiaires, par contre implanter une courbes on a besoin d'un certain nombre de pont et il existe plusieurs méthode d'implantation :

- Implantation par abscisses et ordonnées sur la tangente ;
- Implantation par abscisses et ordonnées sur la corde ;
- Implantation par rayonnement classique ;
- Implantation par coordonnées polaires.

À partir des coordonnées rectangulaires déjà calculées lors des études pour matérialiser sur le terrain les repères nécessaires à la réalisation de la route.

L'implantation du projet s'appuie sur le canevas de base qui a servi au levé du terrain. Il est utile de matérialiser donc solidement les piquets de stations qui doivent être ménagés contre la disposition et la distraction.

L'implantation est donc une application directe des connaissances de topographie. Elle consiste à placer sur le terrain les repères nécessaires pour la réalisation du projet. Les implantations sont calculées au préalable à partir des éléments graphiques (mesures sur le plan).

❖ Plan de piquetage des axes des voies :

C'est le plan où figurent tous les renseignements qui peuvent servir à la matérialisation des voies ainsi que les sommets des courbes.

2. Implantation planimétrique des sommets des alignements

A-Par rayonnement :

On pose un point connu avec un théodolite et après avoir fait une orientation sur un point pris comme référence (affichage du gisement), on affiche le gisement du point à implanter et on reporte ensuite sur cette direction la distance correspondante jusqu'à matérialiser le point.

B-Par intersection :

On stationne simultanément en deux points connus et de chacun et après orientation on affiche les angles et on matérialise l'intersection.

C-Par coordonnées polaires :

Le procédé consiste à implanter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

3. Implantation de courbes

a. Raccordement circulaire :

Pour implanter un raccordement circulaire, il faut implanter au préalable les alignements droits adjacents et leur intersection.

La valeur du rayon R est une donnée, l'angle au centre β est calculé.

Après l'implantation des alignements, on implante les points de tangences T , T' et le sommet M de la courbe à partir du sommet S .

Plusieurs méthodes d'implantation peuvent être utilisées pour l'implantation de la partie circulaire.

Méthode d'implantation :

- Par Abscisses et ordonnées sur la tangente ;

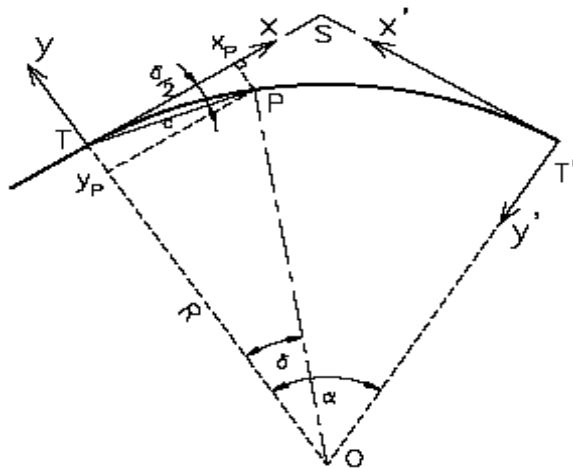


Figure 19 : implantation sur la tangente.

- Par abscisses et ordonnées sur la corde ;
Origine : point de tangence

Origine : milieu de la corde

- Par coordonnées polaires.

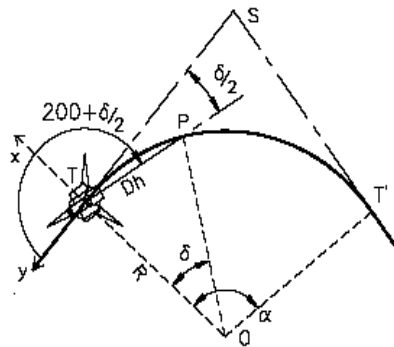


Figure 20 : coordonnées polaires

b. Raccordement progressif :

Le piquetage peut être réalisé soit par coordonnées rectangulaires à partir des tangentes, soit par la méthode des cordes et angles. Ce sont surtout les appareils de mesure dont on dispose qui fixeront le choix du procédé. Tandis que le piquetage par les coordonnées rectangulaires peut se faire à l'aide d'un jalon, d'un ruban métrique et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles.

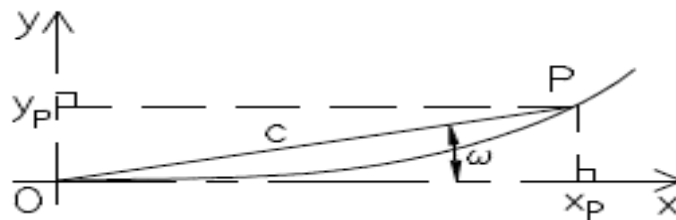


Figure 21 : méthode d'implantation

- Piquetage par coordonnées rectangulaires

$$x_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \qquad y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

- Piquetage par coordonnées Polaires

$$c = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{90A^4} + \frac{i\Delta L^9}{22680A^8} \quad w_{\text{radians}} = \frac{i\Delta L^2}{6A^2} - \frac{i\Delta L^6}{2835A^6}$$

CHAPITRE X

ASSAINISSEMENT

X .1-Introduction :

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

Elle couvre le rétablissement des écoulements naturels, l'assainissement des plates formes de chaussée, le drainage et la lutte contre la pollution routière.

L'eau est le premier ennemi de la route car il pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissade, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation .Les types de dégradation provoquer par les eaux sont engendrés comme suit :

a- Pour les chaussées :

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

b- Pour les talus :

- Glissement.
- Erosion.
- 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 bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

X .3-Assainissement de la chaussée :

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

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

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

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

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

a- Fossé de pied du talus de déblai

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

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

b- Fossé de crête de déblai

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

c- Réseau de crête de talus de remblai

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

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

d- Fossé de pied de talus de remblai

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes :

1. Canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à exutoire lorsque les débits sont trop importants pour être évacués librement sans dommages ou préjudices pour les riverains

2. Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruisselant sur le terrain naturel vers le remblai.

Dans les deux cas, et pour les consécutions d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus .pour des remblais de faible hauteur, sans glissière, il est recommandé d'adoucir le profil du fossé pour améliorer le comportement d'un véhicule qui quitterait la plate-forme. Dans certain cas la pente du talus peut également être adoucie pour améliorer la sécurité.

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

- **Descentes d'eau**

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

- **Bassin versant**

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

- **Buses et dalots**

En général, il est nécessaire de faire passer l'eau sous les routes ou moyen de buses ou dalot.

Ceux-ci doivent être construits en béton ou en maçonnerie et conduisent les eaux dans un bassin d'amortissement

CHAPITRE XI

SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

XI. A- SIGNALISATION :

1- DEFINITION:

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements.

2- LES TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue les types de signalisation selon la nature des panneaux et les usagers :

2-1 Signalisation verticale :

La signalisation verticale est l'ensemble des signaux conventionnels implantés verticalement sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route.

Elle regroupe ainsi les signalisations par panneaux, par balisage par bornage ou par feux.

2-1-1 Signalisation par panneaux :

Placés sur le côté des routes, les panneaux de signalisation routière peuvent avoir plusieurs fonctions :

- Les panneaux de danger informent les usagers d'éventuels dangers qu'ils peuvent rencontrer et contribuent ainsi à rendre plus sûre la circulation routière.
 - Les panneaux directionnels facilitent cette circulation en indiquant par exemple les directions à suivre.
 - Les panneaux de prescription ou d'obligation indiquent ou rappellent diverses prescriptions particulières de police en vigueur localement.

- Les panneaux d'indication enfin donnent des informations relatives à l'usage de la route.

2-1-2 Signalisation par balisage :

Dans le domaine routier, une balise est un dispositif implanté pour guider les usagers ou leur signaler un risque particulier, ponctuel ou linéaire, sur un itinéraire traité de façon homogène.

2-1-3 Signalisation par bornage :

Les bornes routières sont destinées à indiquer les distances sur les routes. Elles sont à ce titre des équipements de signalisation.

2-1-4 Signalisation par feux :


Les feux de circulation routière constituent un dispositif permettant la régulation du trafic routier entre les usagers de la route, les véhicules et les piétons.

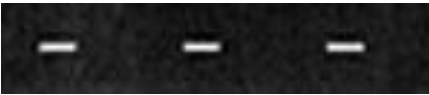


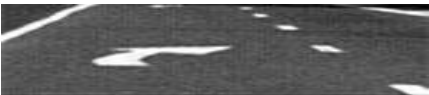




Les feux destinés aux véhicules à moteurs sont généralement de type tricolore, auxquels peuvent s'ajouter des flèches directionnelles. Ceux destinés aux piétons sont bicolores et se distinguent souvent par la reproduction d'une silhouette de piétons.

2-2 Signalisation horizontale :

La signalisation routière horizontale regroupe l'ensemble des marquages peints sur la route et qui indiquent aux usagers quel comportement adopter à ces endroits.

On distingue plusieurs types de marquage dans le tableau suivant :

	<p><u>Ligne continue :</u> Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).</p>
---	--

	<p><u>Ligne discontinue :</u> Dépassement et changement de voie autorisés.</p>
	<p><u>Ligne de dissuasion :</u> Sur des routes étroites ou sinueuses, la ligne de dissuasion remplace une ligne continue, seul le dépassement de véhicules roulant très lentement est autorisé (tracteur agricole, voiturette, cycle...).</p>
	<p><u>Ligne d'avertissement :</u> Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue.</p>
	<p><u>Flèches de rabattement :</u> Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.</p>
	<p><u>Ligne mixte :</u> Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.</p>
	<p><u>Ligne de rive trait :</u> Sépare la chaussée et l'accotement, peut être franchi pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.</p>
 <p><i>Cas de trafics divergences</i></p>	<p><u>Hachurage :</u> Sur le nez d'îlot.</p>
	<p><u>Flèches directionnelles :</u> Elles imposent aux automobilistes de suivre la ou</p>

	l'une des directions indiquées.
--	---------------------------------

Figure 22 : Les signalisations horizontales

Les différents équipements de signalisation routière peuvent être regroupés selon la catégorie d'usagers.

3- TYPOLOGIE SELON LES USAGERS :

3-1 Signalisation routière :

La signalisation routière regroupe l'ensemble des équipements implantés sur les routes. Par extension, On distingue la signalisation permanente qui est implantée à demeure sur le domaine routier et la signalisation temporaire qui indique en général un danger aux usagers et qui a vocation à être enlevée lorsque le danger a été neutralisé.

3-2Signalisation autoroutière :

La signalisation autoroutière regroupe l'ensemble des équipements destinés à être implantés sur autoroute.

3-3Signalisation cycliste :

La signalisation cycliste regroupe l'ensemble des équipements de signalisation s'adressant principalement aux cyclistes. Les panneaux donnant une prescription de police (interdiction, obligation, annonce de danger) sont les mêmes que ceux s'appliquant aux autres catégories d'usagers, mais ont une dimension plus petite, plus adaptée à la vitesse d'avancement des cyclistes.

3-4Signalisation piétonne :

La signalisation piétonne regroupe l'ensemble des équipements de signalisation s'adressant principalement aux piétons. Ils sont implantés sur les chemins ou espaces où la circulation des automobilistes est interdite ou au plus partagée avec une priorité aux piétons comme dans les zones de rencontre.

4- EXEPMLE DES SIGNALISATIONS VERTICALES :

TYPE A :



Figure 23 : Signalisation verticale type A

TYPE B :



Figure 24 : Signalisation verticale type B

TYPE E :

Pour les giratoires.

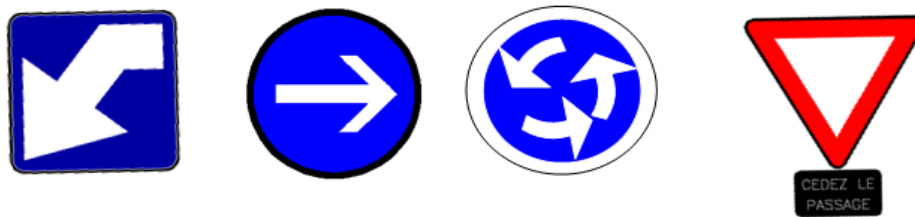


Figure 25 : Signalisation verticale type E

XI. B- ECLAIRAGE :

1- INTRODUCTION:

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort, 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.
- Classe C : éclairage des voies dessertes.
- Classe D : éclairage d'un point singulier situé sur un itinéraire non éclairé.

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.
- Paramètre de l'implantation des luminaires :

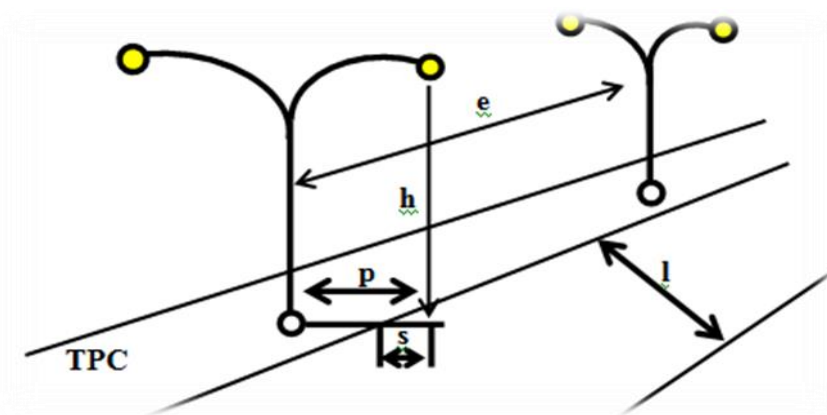


Figure 26: Eclairage d'un point singulier

e : l'espacement entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.

h : la hauteur du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.

l : la largeur (l) de la chaussée.

p : la porte à faux (p) du foyer par rapport au support.

s : l'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

CHAPITRE XII
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Devis Quantitatif et Estimatif Axe 01

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Prix.u.	Quantité	Prix
	installation de chantier		f	f	f
	décapage de la terre végétale le mètre cube	m3	40,00	15 232,78	609 311,20
SERIE 01 PREPARATION DU TERRAIN SERIE 01TERRASSEMENT					
1.01	Déblais mise en dépôt le mètre cube	m3	250,00	30 470,38	7 617 595,00
1.02	Remblai mis-en d'emprunt le mètre cube	m3	950,00	6 334,51	6 017 784,50
SERIE 02 : CORPS DE CHAUSSEE ET AUTRES					
2.01	Couche de fondation en tuf 24 cm, y/c le transport la manutention l'épandage le compactage, l'arrosage essais de compacité et toutes sujétions comprises le mètre cube	m3	1 000,00	8 851,00	8 851 000,00
2.02	Couche de base en grave concassée 15 cm, y/c le transport la manutention l'épandage le compactage, l'arrosage essai de compacité et toutes sujétions comprises le mètre cube	m3	1 500,00	4 380,00	6 570 000,00
2.03	Couche d'imprégnation en cut-back 0,1 le mètre carré	m2	90,00	29 196,00	2 627 640,00
2.04	Couche de roulement en béton bitumineux 6cm la tonne	T	5 000,00	4 029,00	20 145 000,00
SERIE 03. TRAVAUX DE FINITION					
3.01	Rechargement des accotements sur une épaisseur de 21 cm y compris compactage et arrosage et toutes sujétions comprises le mètre cube	m3	1 000,00	1 614,00	1 614 000,00
3.02	le mètre linéaire	ml	800,00	3 842,00	3 073 600,00
3.03	Panneaux de signalisation verticale unité	U	8 000,00	7,00	56 000,00
3.04	Peinture de signalisation horizontale le mètre carré	m2	100,00	721,00	72 100,00
3.05	Ouverture de fossé bétonné le mètre linéaire	ml	2 500,00	2 400,00	6 000 000,00
PRIX HT					65 216 930,70
TVA 17%					11 086 878,22
PRIX TTC					76 303 808,92

Tableau 45 : Devis quantitatif et estimatif

CONCLUSION

Ce présent travail de fin d'étude était l'occasion pour perfectionner nos modestes connaissances dans le domaine des routes.

C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes et nous a permis entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine.

Dans notre projet de dédoublement nous avons essayé de suivre le tracé de la route existante et récupéré la chaussée. Nous avons introduit le long Des deux tracés des courbes de raccordement en respectant les normes imposées par le B40 pour assurer le confort et la sécurité de l'utilisateur car toute négligence peut être fatale. d'autre part nous avons évité au maximum les contraintes y existantes à savoir la fibre optique, les arbres, les propriétés privée... tout ceci en tenant compte de l'aspect économique du projet.

Cette étude nous a permis d'appliquer les connaissances théoriques acquises pour cerner les problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers. Et une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels AUTO-CAD et Covadis.

On était limité par le temps, le manque de salles de calculs et d'autre contraintes mais cela ne nous a pas empêché pour venir à bout de ce travail grâce aux orientations de nos professeurs.

Nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle et toucher les grands projets et surtout voir tout cela de près.

BIBLIOGRAPHIE

- Les normes B40

- Aménagement des routes principales (setra)
- Ictaal 1985- 1990 -2000
- ICTAAL - Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison Circulation
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines ICTAVRU (certu)
- Projet et construction des routes (setra)
- Amélioration de la sécurité des virages des routes principales en rase campagne (setra)
- Aménagement des carrefours interurbains (setra)
- Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes (setra)
- conception géométrique de route (setra)
- Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales carrefours plans (setra)
- l'équipement des routes interurbaines volume1 (setra)
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaine (Cetur)
- aménagement des carrefours interurbains (Dr :himouri Slimane)
- conception des routes (Dr :himouri Slimane)
- construction des routes (Dr :himouri Slimane)
- Conditions techniques d'aménagement des routes (Dr :himouri Slimane)

- Projet et construction de routes par Jean BERTHIER Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées

- Mémoires ENTP promotion 2008-2009