
République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique

Université 20 Août 1955-Skikda

Faculté de technologie

Département de génie civil



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE PRESENTE EN VUE DE
L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN TRAVAUX
PUBLIC

SPECIALITE : VOIES ET OUVRAGES D'ART (VOA)

Thème : Etude Du Dédoublment D'un
Tronçon Routier Sur La RN85
Du Pk 25 + 900 au Pk 29 + 400 Sur 3.5 Km

Réalisée par :

MALLEM ABLA

Encadrée par :

Pr. MESSASET SALAH

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le Miséricordieux je souhaite exprimer mes profonds remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce document. Il s'agit plus particulièrement de:

Mon encadreur Monsieur PR Salah Messast ; pour sa disponibilité, sa rigueur scientifique et son sens d'écoute et d'échange.

Mes professeurs , mes collègues , ainsi que les employés des travaux publiques

Je tiens également à adresser mes vifs respects et sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

نبذة مختصرة :

يقدم هذا المشروع دراسة تفصيلية لمقطع من ازدواجية الطريق الوطني رقم (85) على طول 3.5 كيلومتر بين النقطة الكيلومترية 25 + 900 الى النقطة 29 + 400 - ولاية سكيكدة -

تتكون هاته الدراسة من ثلاثة اجزاء :

الجزء الاول: تقديم المشروع و دراسة حركة المرور

الجزء الثاني: الخصائص الجيومترية للطريق (مخطط الطريق، المقطع الطولي للطريق، المقطع العرضي للطريق)

الجزء الاخير : احتساب طبقات جسم الطريق

كلمات مفتاحية: (حركة المرور، مخطط الطريق ، السرعة المرجعية ، التقاطع، المنحدر، البيئة، الطريق)

RESUME

Ce-projet présente une étude détaillée du dédoublement de la RN85 en 2×2 voies sur 3.5 km qui se situe dans la wilaya de Skikda entre Pk 25 + 900 et Pk 29 + 400 .

Cette étude se compose de trois parties:

- La première partie:** Présentation du projet et étude de trafic.
 - La deuxième partie :** Géométrie de la route (Tracé en plan; Profil en long; Profil en travers).
 - La dernière partie:** dimensionnement de la route
- ❖ **Mots clés :** Trafic , géométrie , tracé routière, vitesse de référence, clothoide, carrefour, chaussé ; devers ; environnement

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

Figure.1 : Limites géographiques	3
Figure.2 : Zonage sismique de l'Algérie	5
Figure.3 : Photo de l'ancienne route	6
Figure.4 : Situation du projet	7
Figure.5 : Tracé en plan d'une route existante	9
Figure.6 : La dénivelée cumulée	10

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Figure.1 : Tracé en plan	26
Figure.2 : Les éléments du tracé en plan	27
Figure.3 : Force centrifuge.....	29
Figure.4 : Rayon En Plan (inclinaison)	29
Figure.5 : Les éléments de la clothoïde	35
Figure.6 : Clothoïde	35
Figure.7 : détermination de l'angle au cent	38
Figure 8 : Courbe en S	39
Figure 9 : Courbe à sommet.....	39
Figure 10 : Courbe en C.....	40
Figure 11: Courbe en Ovale	40
Figure.12 : Les éléments du profile en long	51
Figure.13 : Les éléments nécessaires au calcul du profil en long	55
Figure.14 : Profil en long du projet	56
Figure.15 : Eléments constitutifs du profil en travers	60
Figure.16 : Profile en travers.....	63
Figure.17 : Profil 1 Cas de déblai.....	65
Figure.18 : Profil 1 Cas de remblai	65
Figure 19 : Profil 1 Cas de mixte	66
Figure.20 : Les positions des sections dans un profil en travers	68
Figure 21 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné.....	68

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Figure.1 : Différente couche de corps de chaussée	71
Figure.2 : Sondages carottés	72
Figure.3 : L'essai granulométrique	74
Figure.4 : Les phases de l'essai analyse granulométrique	75
Figure.5 : L'essai équivalente sable	75
Figure.6 : l'appareil de casagrande.....	76

Figure.7 : Les phases de l'essai Proctor	78
Figure.8 : Les phases de l'essai CBRE tube de laboratoire.....	79
Figure.9 : Les phases de l'essai de LOS ANGELOS.....	79
Figure.10 : Les phases de l'essai MICRO-DEVAL.....	81

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DES CORPS DES CHAUSSES

Figure.1 : Les différentes couches de la chaussée.....	87
Figure.2 : Types de chaussées.....	88
Figure.3: La démarche de catalogue (fascicule 01 page 07).....	93
Figure.4 : Classes de trafic TPLi (fascicule 01 page 10).....	94
Figure.5: Les épaisseurs des couches par la méthode du CBR.....	99
Figure.6: Les épaisseurs des couches par la méthode du catalogue.....	102

CHAPITRE VI : CARREFOUR

Figure.1: Triangle de visibilité.....	109
Figure.2 : Carrefours en (T).....	111
Figure.3 : Carrefours en (Y).....	112
Figure.4 : Carrefour en croix (X).....	112
Figure.5 : Conflits de circulation.....	113
Figure 6: Carrefour giratoire.....	115
Figure.7 : Carrefour en T.....	116
Figure.8 : Caractéristiques géométriques du carrefour giratoire.....	117
Figure.9 : Carrefour giratoire.....	118
Figure 10: Panneaux de signalisation d'un carrefour giratoire.....	119
Figure 11: Signalisation Du Carrefour.....	120

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

Figure.1 : Dispositif d'assainissement.....	123
Figure.2 : Bassin versant.....	125
Figure.3 : La localisation du projet dans la topographie du cours d'eau.....	128
Figure.4: Schéma de la zone du cours d'eau inondé pour le projet.....	129
Figure.5 : Dalots.....	135
Figure 6: Buses.....	136

CHAPITRE VIII : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Figure.1 : Signalisation Verticale.....	149
Figure.2 : Les lignes « continue et discontinue ».....	150
Figure.3: Les lignes « continue et discontinue ».....	151
Figure.4 : Flèche de signalisation rabattement.....	151
Figure.5 : Paramètre de l'implantation.....	156
Figure.6 : Paramètre de l'implantation.....	157
Figure.7 : Model d'éclairage.....	158

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

Tableau.1 : Caractéristiques de la Wilaya Skikda.....	4
Tableau.2 : Classification des zones sismiques.....	5
Tableau.3 : Sinuosité	11
Tableau.4 : L'environnement de la route (B40 page 1.3)	12
Tableau.5 : Vitesse de référence	13
Tableau.6 : Tableau récapitulatif.....	13

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

Tableau.1: Tableau des comptages.....	17
Tableau.2: Résultats des comptages automatiques réalisés pour chaque poste	18
Tableau.3 : Coefficient d'équivalence P.L/UVP (B40 page 2.2)	20
Tableau.4 : Valeur d K1	21
Tableau.5 : Valeur de K2.....	21
Tableau.6 : Valeur de capacité théorique «Cth» [2] (B40 page 4.6).....	21

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Tableau.1 : Coefficient de frottement en fonction de Vret Cat.....	30
Tableau.2 : Valeur du coefficient « F''».....	30
Tableau.3 : Les valeurs des dévers min et max en fonction de Catet E	31
Tableau.4 : Valeur des différents rayons donnés par B40	33
Tableau 5 : Valeurs des différents rayons calculés et ceux donnés par B40	44
Tableau.6 : Rayon de Raccordements	53
Tableau 7 : Valeurs de la pente maximale en fonction de la vitesse (B40)	54
Tableau.8 : Caractéristiques des rayons du profil en long	56

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau.1: Les puits d'exploration et coupes lithologiques	73
Tableau.2 : dimension D des grains	74
Tableau.3 : la sensibilité à l'eau en fonction de la valeur au bleu.....	77
Tableau.4 : spécification CBR	78
Tableau.5 : Détermination du nombre de boules, de la masse de la charge et du nombre	80
Tableau.6 : spécification de los Angeles	80
Tableau.7 : Spécification de micro Deval.....	81
Tableau.8 : Tableau récapitulatif.....	82

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DES CORPS DES CHAUSSES

Tableau.1 : Les valeurs du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé.....	91
Tableau.2 : Classe de portance des sols (fascicule 01 page 11).....	95
Tableau.3 : Classification climatique	95
Tableau.4 : Amélioration de la portance du sol support (fascicule 01 page 13).....	96
Tableau.5 : Des classes de portance de sol support (fascicule 01 page 12).....	96
Tableau.6 : Classification des réseaux principaux (fascicule 01)	100
Tableau.7 : Classe de sols support selon le module E.....	100
Tableau.8 : Valeur du coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2 page 17)	103
Tableau.9 : Résultats de calcul par ALIZE.....	105
Tableau.10: vérification ALIZE.....	105

CHAPITRE VI : CARREFOUR

Tableau.1: La vitesse d'approche.....	110
Tableau.2 : Caractéristiques géométriques	118
Tableau.3 : Les différents paramètres de construction des ilots séparateurs	119

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

Tableau.1: caractéristiques de la station pluviométrique.....	127
Tableau.2: Caractéristiques morpho métriques des bassins versants.	129
Tableau.3 : Valeur du Coefficient "C1" pour Diverses Pentes	131
Tableau.4 : Valeur du Coefficient "C2" par Rapport à la Nature du Sol	131
Tableau.5 : Valeur du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol	131
Tableau.6: les coefficients de ruissellements.....	131
Tableau.7: Variable de Gauss	132
Tableau.8: Les valeurs des coefficients de rugosité (K).....	133
Tableau.9 : Les surfaces des sous bassins versants.	139
Tableau.10 : Calcul de l'intensité.....	140
Tableau.11: Le débit total des bassins versants	140

SOMMAIRE

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

1.	Introduction :.....	2
2.	Presentation De La Wilaya :	3
2.1.	Situation et limitées géographique :.....	3
2.2.	Réseau routier de skikda :.....	3
2.3.	Relief :	4
2.4.	Le climat :.....	4
2.5.	Sismicité :	4
2.6.	Ressources hydraulique :.....	5
3.	Presentation de notre projet :	6
3.1.	Localisation du projet :.....	7
3.2.	Levé topographique :.....	8
3.2.1.	Logiciels utilisés :.....	8
4.	Objectifs de l'étude :	9
5.	Caractéristique De La Route :.....	10
5.1.	Environnement De La Route :.....	10
5.1.1.	La dénivelée cumulée moyenne :	10
5.1.2.	Sinuosité :.....	11
5.1.3.	Calcul de la sinuosité :.....	11
5.1.4.	Calcul de La dénivelée cumulée moyenne :.....	12
5.2.	La Catégorie De La Route :.....	12
5.3.	Vitesse de référence :	13
6.	Conclusion :	14

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

1.	Introduction :	16
2.	Contexte de l'étude :.....	16
3.	Analyse du trafic :.....	17

4.	Execution de la campagne de comptage :.....	17
	Pour les besoins de l'étude, quatre types de comptages ont été effectués :	17
5.	Types de trafic :.....	18
6.	Calcul de la capacité :.....	19
6.1.	Définition de la capacité :.....	19
6.2.	Projection future du trafic :.....	19
6.3.	Evaluation de la demande de capacité :.....	19
6.4.	Trafic effectif :	19
6.5.	Débit de pointe horaire normal :	20
6.6.	Débit horaire admissible :.....	20
6.7.	Détermination nombre des voies :	21
7.	Application au projet :.....	22
8.	Conclusion :	24

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

I.	TRACÉ EN PLAN	26
1.	Introduction :.....	26
2.	Defenition de trace en plan :.....	26
3.	Les regles a respecter pour le trace en plan :	26
4.	Les éléments du trace en plan :.....	27
4.1.	Les alignements :	27
4.2.	Arcs de cercle :.....	28
4.2.1.	Stabilité en courbe (Rayon en plan) :	28
4.2.2.	Rayon horizontal minimal absolu (RHmin) :.....	30
4.2.3.	Rayon minimal normal (RHN) :.....	31
4.2.4.	Rayon au dévers minimal (RHd) :.....	32
4.2.5.	Rayon minimal non déversé (RHnd) :.....	32
4.3.	Les raccordements progressifs «CLOTHOÏDE» :.....	33
4.3.1.	Rôle et nécessité des courbes de raccordement :.....	33
4.3.2.	Types de courbe de raccordement	34
5.	Calcul de gisements et des angles au centre :.....	38

5.1.	Gisement.....	38
5.2.	Distance	38
5.3.	L' angle au centre.....	38
6.	Combinaison des elements de trace en plan :	39
6.1.	Courbe en S :	39
6.2.	Courbe à sommet :	39
6.3.	Courbe en C :	39
6.4.	Ovale:	40
7.	Notion de devers :	40
7.1.	Devers en alignement :	40
7.2.	Devers en courbe :	41
7.3.	Rayon de courbure :	41
7.4.	Calcul des devers :	41
7.5.	Raccordement de devers :	41
8.	La vitesse de référence de base :	42
8.1.	Choix de la vitesse de reference :	42
8.2.	Vitesse de projet.....	42
9.	Application au projet :	43
10.	Conclusion :	49
II.	PROFIL EN LONG.....	50
1.	Introduction :	50
2.	Regles à respecter dans le trace du profil en long :	50
3.	Raccordements en profil en long :	51
3.1.	Raccordement convexe (angle saillant) :	51
3.2.	Raccordements concaves (angle rentrant) :	52
4.	Coordination du tracé en plan et du profil en long :	53
5.	Déclivités :	53
5.1.	Déclivité minimum :	54
5.2.	Déclivité maximum :	54
6.	Eléments nécessaires au calcul du profil en long :	55

6.1.	Détermination de la position du point de rencontre(s) :.....	56
6.2.	Calcul de la tangente :	57
6.3.	Projection horizontale de la longueur de raccordement :	57
6.4.	Calcul de la flèche	57
6.5.	Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant Msurlacourbe :.....	57
6.6.	Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T)	57
7.	Application au projet :	58

III. PROFIL EN TRAVERS.....60

1.	Introduction :.....	60
2.	Elements constitutifs du profil en travers :.....	60
2.1.	L'emprise ;.....	60
2.2.	L'assiette :.....	60
2.3.	Plate-forme :	60
2.4.	Chaussée :.....	61
2.5.	Accotement :.....	61
2.5.1.	Bande d'arrêt d'urgence :.....	61
2.5.2.	La berme :	61
2.6.	Terre-plein central (T.P.C) :	61
2.7.	Bande dérasée de gauche (B.D.G) :	61
2.8.	Bande médiane :.....	61
2.9.	Le Fossé :.....	61
2.10.	La largeur roulable :	62
2.11.	Plate-forme :	62
2.12.	L'Assiette:	62
2.13.	L' Emprise :.....	62
3.	Classification du profil en travers :	62
3.1.	Le profil en travers type :	62
3.2.	Profil en travers courant :	63
4.	Pentes transversales :.....	63
4.1.	En alignement et en courbe non déversée :	63
4.2.	En courbe déversée :	63

4.3.	Changement du dévers ;	64
4.3.1.	Point de rotation des dévers :	64
4.3.2.	Evacuation des eaux de ruissellement :	64
5.	Application au projet :	64
IV.	LES CUBATURES.....	67
1.	Introduction :	67
2.	Définition :	67
3.	Méthode de calcul des cubatures :	67
4.	Calcul des cubatures de terrassement	69

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

1.	Introduction.....	71
2.	Objectifs de la géotechnique :	71
3.	Investigation.....	72
3.1.	In-situ :	72
3.2.	Au laboratoire :	73
3.2.1.	Les essais d'identification physiques:	73
3.2.2.	Essais mécaniques :	77
4.	Résultats Des Essais	81

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DES CORPS DES CHAUSSES

1.	Introduction :	84
2.	La chaussée :	84
2.1.	Définition :	84
2.1.1.	Au sens géométrique :	84
2.1.2.	Au sens structurel :	84
2.2.	Classification des chaussées :	84
2.2.1.	Chaussée souple :	85
2.2.2.	Chaussée semi-rigide :	87

2.2.3.	Chaussée rigide :.....	87
2.3.	Les différents facteurs pour les études de dimensionnement :	888
2.3.1.	Trafic :.....	88
2.3.2.	Environnement :	88
2.3.3.	Le sol support :.....	89
2.3.4.	Matériaux :	89
3.	Méthode de dimensionnement de corps de chaussée :.....	89
3.1.	Les méthodes théoriques :	89
3.2.	Les méthodes empiriques (classiques) :	89
3.3.	Les méthodes les plus utilisées en Algérie :	90
3.3.1.	Méthode CBR (Californien Bearing Ratio) :	90
3.3.2.	Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :	92
4.	Application Au Projet.....	97

CHAPITRE VI : CARREFOUR

1.	Introduction :.....	107
2.	Principes généraux de conception ;.....	107
2.1.	Visibilité :	107
2.2.	Vitesse :	108
2.3.	Sécurité :.....	108
2.4.	Simplicité :.....	108
2.5.	Sélectivités :.....	108
2.6.	signalisation:	108
3.	Détermination des caractéristiques géométriques au carrefour:	108
3.1.	Triangle de visibilité :	108
3.2.	La vitesse d'approche :	110
3.3.	Les ilots :	110
3.3.1.	Ilots séparateurs ;.....	110
3.3.2.	Ilots directionnels :	110
4.	Types de carrefours :	110
4.1.	Carrefours dénivelés (Echangeurs):	111

4.2.	Carrefours plans :	111
4.2.1.	Carrefours plans ordinaires:	111
5.	Situation existante:	112
6.	Application numérique	113
7.	Choix du carrefour pour le point noir entre la RN43 et RN85:	114
7.1	Carrefour giratoire:	114
7.1.1.	Avantages:	115
7.1.2.	Inconvénients:	115
7.2	Carrefour en T :	115
7.2.1.	Avantages:	116
7.2.2.	Inconvénients:	116
7.3.	Conclusion :	116
8.	Les caractéristique Géométriques du carrefour giratoire	117
9.	Signalisation du carrefour :	119
9.1.	La signalisation de priorité :	119
9.2.	Les panneaux de prescription :	119
10.	Conclusion :	120

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

1.	Introduction :	122
1.1.	Pour les chaussées :	122
1.2.	Pour les talus :	122
2.	Objectif de l'assainissement :	122
3.	Assainissement de la chaussée :	123
3.1.	Les réseaux de canalisation longitudinaux :	123
3.1.1.	Le fossé de pied de talus de remblai :	123
3.1.2.	Les caniveaux :	124
3.1.3.	Les cunettes :	124
3.1.4.	Bourrelet fil d'eau :	124
3.2.	Les ouvrages transversaux :	124

3.3.	Les ouvrages de raccordement :.....	124
3.3.1.	Les regards :.....	124
3.3.2.	Les descentes d'eau :.....	124
3.3.3.	Les collecteurs :.....	125
3.3.4.	Les sacs	125
4.	Définitions des termes hydrauliques :	125
4.1.	Bassin versant naturel :.....	125
4.1.1.	Le bassin versant routier :.....	126
4.1.2.	Le talweg est l'ensemble des points les plus bas d'une vallée.....	126
4.1.3.	Les lignes de crêtes ou de partage des eaux :.....	126
4.1.4.	Le débit capable :.....	126
4.1.5.	Le débit de projet :.....	126
5.	Les Ouvrages Des Ecoulements Des Eaux :.....	126
6.	L'Etude Hydrologie.....	126
6.1.	Le Reseaux Hydraugraphie :	127
7.	Application Au Projet ;.....	127
8.	Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :	129
8.1.	Détermination des débits de crue méthode rationnelle	129
8.2.	Choix de la période de retour.....	130
8.3.	Le coefficient de ruissellement	130
8.3.1.	Pour les bassins versants:.....	130
8.3.2.	Pour la chaussée:	131
8.3.3.	Intensité de la pluie:.....	132
8.3.4.	Calcul de la fréquence d'averse:	132
8.4.	Le débit capable des ouvrages hydrauliques (saturation) :.....	133
8.4.1.	Le tems de concentration:	133
8.4.2.	L'intensité horaire:	134
9.	Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements :.....	134
9.1.	Dimensionnement des dalots :.....	134
9.2.	Dimensionnement des buses :.....	135

9.2.1. Dimensionnement Des Fossés :.....	136
10. Application au Projet.....	137
11. Conclusion	145

CHAPITRE VIII : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

I. SIGNALISATION.....	147
1. Introduction :.....	147
2. L’objectif de la signalisation routière :.....	147
3. Catégories de signalisation :	147
4. Règles à respecter pour la signalisation :.....	147
5. Les types de signalisation :.....	148
5.1. Signalisation Verticale :	148
5.1.1. Signalisation avancée :.....	148
5.1.2. Signalisation de position :.....	148
5.1.3. Signalisation de direction :.....	148
5.2. Marquage longitudinal :	149
5.2.1. Lignes continue :	149
5.2.2. Lignes discontinue :.....	149
5.2.3. Les lignes de rive :.....	149
5.2.4. Les lignes d’avertissement :.....	150
5.3. Marquage transversal :	150
5.3.1. Lignes transversales continues :.....	150
5.3.2. Lignes transversales discontinues :	150
5.4. Autre marquage :.....	150
5.4.1. Flèche de rabattement :.....	150
5.4.2. Flèches de sélection :.....	150
6. Application au projet :.....	151

II. ECLAIRAGE	156
1. Introduction.....	156
2. Catégories d'éclairage :	156
3. Paramètre de l'implantation des luminaires :	156
4. Application Au Projet :.....	157

CHAPITRE IX : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Devis quantitatif et estimatif :.....	160
---------------------------------------	-----

CONCLUSION

Conclusion :.....	162
-------------------	-----

ANNEXES

Annexes :.....	164
----------------	-----

Chapitre I

Présentation

du Projet

1. Introduction :

Les infrastructures de transport et en particulier les routes, représentent une efficacité économique et sociale, 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.

L'histoire de la route est indubitablement attachée au développement de l'humanité et des civilisations, il est important de noter que l'histoire nous apporte ensuite la confirmation que de nombreuses civilisations aux visées expansionnistes ont appuyé leur développement sur une maîtrise de la communication en général et des infrastructures routières en particulier.

Pour le développement du pays et l'aménagement de territoire, les infrastructures de transport routières jouent un rôle très important et un moteur efficace non seulement pour les différentes communications et les différents échanges entre les populations mais aussi elle favorise l'implantation des activités économiques et industrielles tout en visant essentiellement à améliorer l'équilibre fonctionnel des espaces régionaux par rapport aux revendications des acteurs territoriaux.

En Algérie, le ministère des travaux publics (MTP) a inscrit plusieurs projets dans le domaine des infrastructures routières comme par exemple l'autoroute est-ouest, nord-sud, des projets portant sur l'aménagement des carrefours, les projets des dédoublements des routes existantes et autres...

Pour arriver à remplir les rôles et atteindre l'efficacité signés dans le premier paragraphe, ces infrastructures doivent connaître une étude efficace obéissante aux différents critères et concepts tels que le plus connu « le développement durable » doit en satisfaisant au trois côtés: économique, social et environnemental

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier (RN85) sur 3.5 km qui se situe dans la Wilaya de Skikda.

2. Présention De La Wilaya :

2.1. Situation et limites géographiques :

La wilaya de Skikda se situe sur la cote du méditerrané, elle est située à 345KM à l'est de capital Alger, à 105 KM à l'est de Jijel, à 65 km au nord-est de Constantine et à 72km à l'ouest d'Annaba, elle comprend 38 communes rattachées à 13dairas et s'étend sur une superficie de 4137KM².

La wilaya de Skikda est un pôle économique et industriel. En plus de son cachet touristique, elle connaît une activité commerciale en plein expansion. Le développement de ses infrastructures de transport devient une exigence. Elle est limitée administrativement par :

- Nord par la mer méditerranée.
- À l'Ouest par la wilaya de Jijel.
- Au sud par les Wilayas de Constantine. De Mila et de Guelma.
- À l'Est par la Wilaya d'Annaba.



Figure.1 : Limites géographiques

2.2. Réseau routier de skikda :

La wilaya de skikda possède 2 654.515 km de route se répartissant comme suite :

- Routes nationales (R.N) = 324,864 kms
- Chemins de wilaya (C.W) = 603,352 kms
- Chemin communaux (C.C) = 259,400 kms
- Autoroutes = 68,899 kms
- routes communal non classées = 1 398,000 kms

Administration		Statistique		Subdivision	
Pays	Algérien	Population total	898 680 hab	daïras	13
Code wilaya	21	Densité	223, 00 hab /km ²		
Chef-lieu	Skikda	Superficie	4137km ²	commune	38

Tableau.1 : Caractéristiques de la Wilaya Skikda

2.3. Relief :

Le relief est très accidenté sur la frange littorale est, dans les massifs de Collo, Azzaba et la Marsa. Dans ce relief on distingue trois types de zones topographiques, les zones de montagnes, les zones de plaines et les zones de piémonts.

2.4. Le climat :

Une originalité climatique: c'est la zone la plus humide de l'algérien après le djebel Babor

- Collo : 1002 mm en 91 jours de pluie
- El Milia : 1114 mm en 115 jours

2.5. Sismicité :

Le Document Technique Réglementaire « D.T.R-BC 2.48 » portant sur les « REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES RPA 2024» qui a été approuvé par la Commission Technique Permanente pour le contrôle technique de la construction (CTP), lors de sa réunion du 15 Mai 2024, constitue une évolution et se situe dans la continuité des documents précédents « RPA 81, version 1983 », « RPA 88 », « RPA 99 et sa version 2003».

Le territoire national est divisé en sept (07) zones de sismicité croissante, définies sur la carte des zones de sismicité, cf. Figure (2), et l'Annexe A qui précise cette répartition par wilaya et par commune soit :

Sismicité	Zone
Très faible	0
Faible	I
Faible à moyenne	II
Moyenne	III
Moyenne à élevée	IV
Elevée	V & VI

Tableau.2 : Classification des zones sismiques

la région de SKIKDA est classée zone « IV et V » c'est-à-dire zones Moyenne à élevée et Elevée.

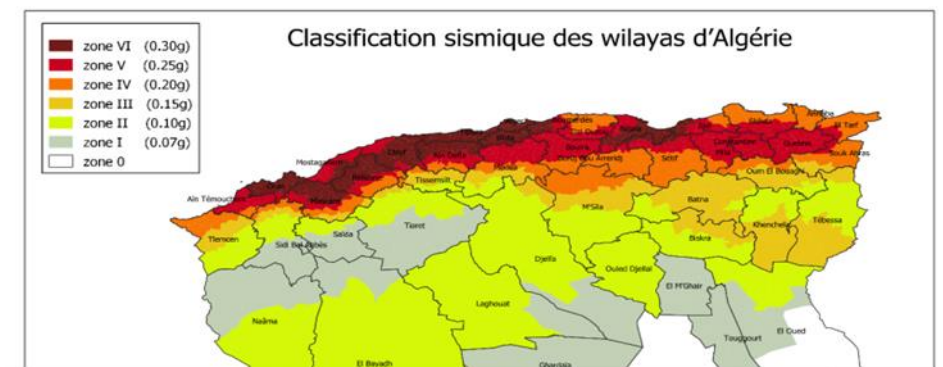


Figure.2 : Zonage sismique de l'Algérie

2.6. Ressources hydraulique :

Cette wilaya comprend les barrages suivants :

- ✓ Barrage de Zerdezas : 20 millions de m³.
- ✓ Barrage de Guenitra : 125 millions de millions de m³.
- ✓ Barrage de Zit Emba : 120 millions de m³.
- ✓ Barrage de Beni Zid : 50 millions de m³



Figure.3 : Photo de l'ancienne route

3. Présentation de notre projet :

Le dédoublement du tronçon de la route nationale RN85 entre pk 25+900 et pk 29+500 reliant La daïra Tamalous et la daïra de sidi Mezghich s'inscrit dans un schéma de développement global de cet axe socioéconomique et stratégique à la fois , qui est la première partie, a été projeté en essayant de récupérer au maximum le tracé actuel en le dédoublant tantôt à gauche et tantôt à droite tenant compte des différentes contraintes déjà existantes

Notre projet concerne le dédoublement de la RN85 vers sidi Mezghich sur une longueur de 3.5 km du PK 25+900 jusqu'à le PK 29+400. Véhiculant un trafic journalier important estimé à l'ordre de 6830 v/j/s avec un Pourcentage de 19% en poids lourds, selon dernier comptage (2023). L'itinéraire du projet se situe dans un relief VALLONNE, et se caractérise par un environnement (E2), et Catégorie (C1) des moyennes déclivités.

Le choix de tracé opéré au niveau de cette section est axé sur l'aménagement d'une plateforme suffisante pour un tracé de 2x2 voies, en récupérant l'existant et en dédouble tantôt à gauche et tantôt à droite.

Le projet comprend l'aménagement de point d'échange existants ou projet :

- Aménagement en carrefour giratoire de début de projet vers sidi mezghich.

La route RN 85 à été achevée en 1985 entre les districts de Sidi Mezghish et Tamalous , qui relie la région orientale à la région occidentale de l'état et considérée comme un lien entre les deux état de Constantine via la RN 03 et Jijel via la RN 43 ainsi que l'autoroute est-ouest

La route RN 85 a contribué à la revitalisation du tourisme et de commerce et de l'agriculture dans la région accidentelle .

3.1. Localisation du projet :

Notre projet fait partie du réseau des routes nationales, c'est un tronçon de la RN 85 situé dans la wilaya de skikda reliant la daïra de Tamalous à la daïra de sidi Mezghiche. Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme national de développement des voies à 2 x 2.

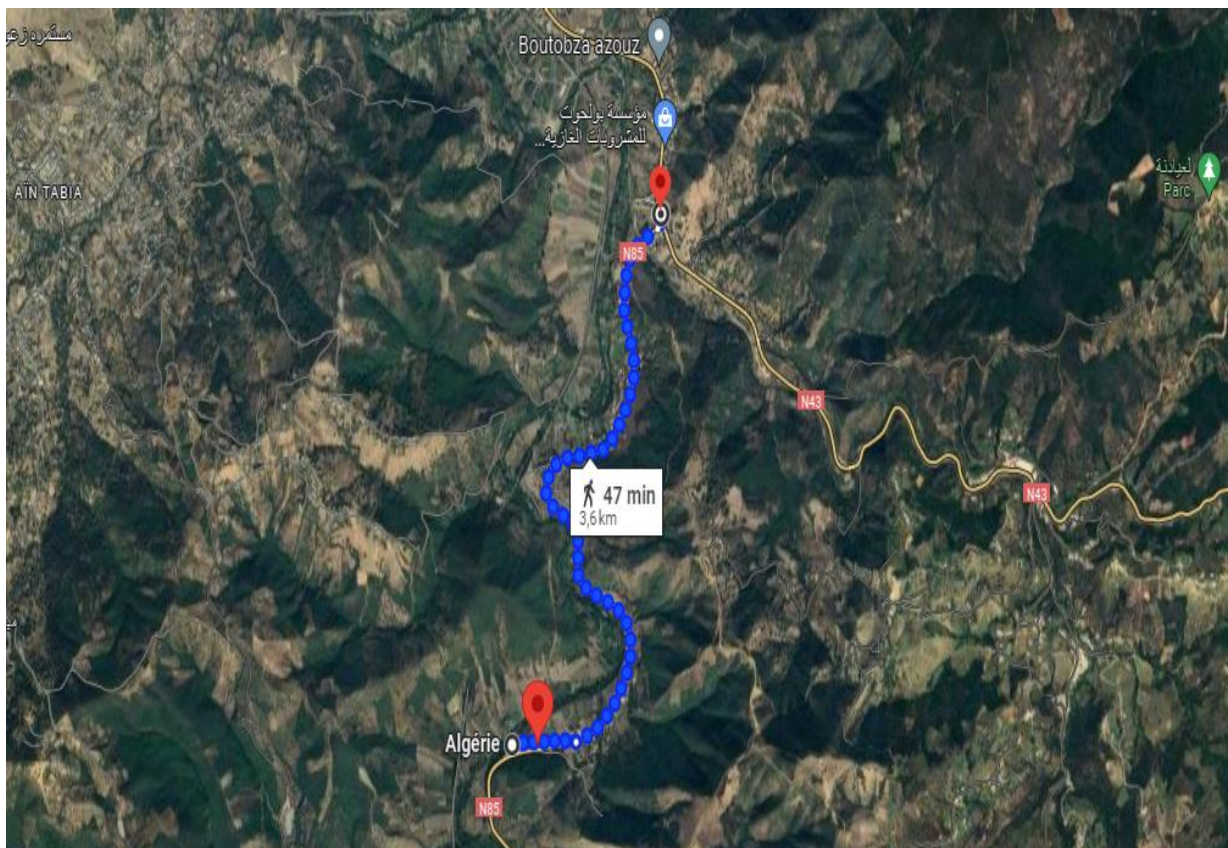


Figure.4 : Situation du projet

3.2. Levé topographique :

Tout projet de route nécessite un document de base, qui est le plan topographique. Pour l'étude de la conception du dédoublement de la RN85.

Ce plan doit représenter fidèlement le terrain en question.

- Il représente la forme du sol et des détails qui s'y trouvent, donc il reflète la réalité
- du projet tel qu'il est avant conception,
- Le nivellement, partie nécessaire du levé, qui permet de donner une côte exacte des
- points dans chaque profil,
- Il permet d'avoir un devis quantitatif plus exact,

3.2.1. Logiciels utilisés :**A) PIST :**

PIST 5.05 est un logiciel n'impose pas de norme particulière, mais permet le calcul des longueurs de raccordement et des dévers selon les normes en figurant sur le réseau routier , ainsi que des distances de visibilité..

B) COVADIS :

Est un logiciel complet, simple et interactif de topographie et de conception VRD, il garanti une approche globale ainsi qu'une maîtrise totale de tous projets d'aménagements

C) AUTOCAD :

Auto CAD est un logiciel de dessin et de conception assistés par ordinateur .Le logiciel est édité par la société Auto Desk .

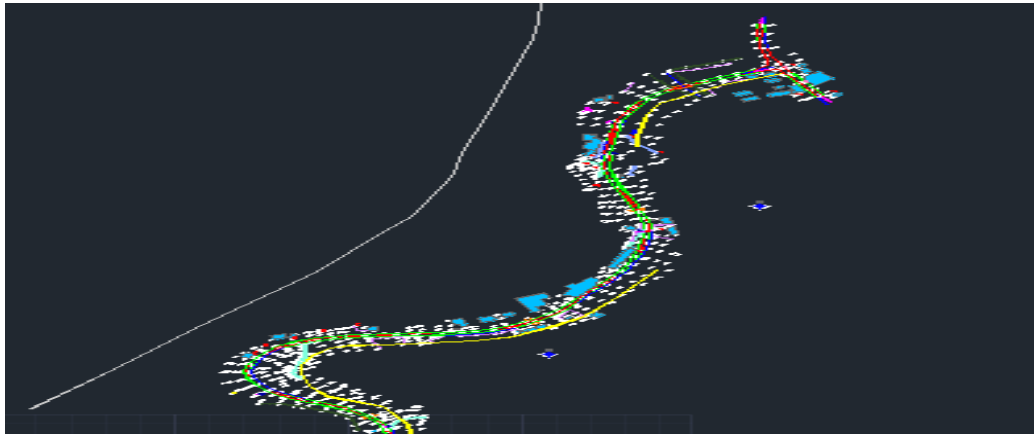


Figure.5 : Tracé en plan d'une route existante

D) Globale Mapper :

Est une application logiciel SIG de pointe qui fournit aux professionnels de la géomatique , un gamme complète d'outils de visualisation ,d'édition , d'analyse et de présentation de données spatiales .

E) ALIZE III :

Est un logiciel de dimensionnement des structures des de chaussées s'appuyant sur la méthode française de dimensionnement et conforme à la norme de dimensionnement des structures des de chaussées neuves , il repose sur le calcul des contraintes et déformation .

4. Objectifs de l'étude :

L'objectif de cette étude d'améliorer le niveau de service de la route existante par dédoublement (2x2voies) avec un séparateur (TPC), et de procéder à son renforcement. cette amélioration se traduit par :

- ❖ Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- ❖ Assurer un rôle majeur dans le réseau.
- ❖ Augmente la capacité de la route nationale RN 85 dans ce tronçon.
- ❖ Diminuer le temps du déplacement.
- ❖ Assurer la sécurité et le confort des usagers.

- ❖ Faire des corrections de la route.
- ❖ Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.
- ❖ Réduire le cout d'exploitation du véhicule.
- ❖ Choisir les correction les plus optimales parmi les différentes correction qui assurent le confort et la sécurité de l'usager ainsi que la fluidité du future trafic.

5. Caractéristique De La Route :

5.1. Environnement De La Route :

L'environnement est par définition état actuel de relief, et il y a trois classes d'environnement (E1, E2, E3) ont été proposées et sont caractérisées par deux indicateurs:

- La dénivelée cumulée moyenne.
- La sinuosité moyenne.

5.1.1. La dénivelée cumulée moyenne :

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée total H à la longueur total de l'itinéraire L permet de mesurer la variation longitudinale du relief.[2]

$$DCM=H/L$$

Avec:

$$L=\sum li: \text{longueur total.}$$

$$H=\sum P_{i>0} - \sum P_{i<0}$$

$i>0$

$i<0$

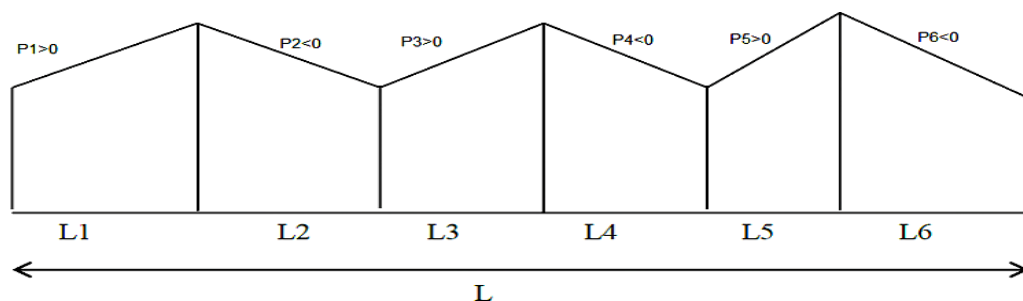


Figure.6 : La dénivelée cumulée

5.1.2. 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.

5.1.3. Calcul de la sinuosité :

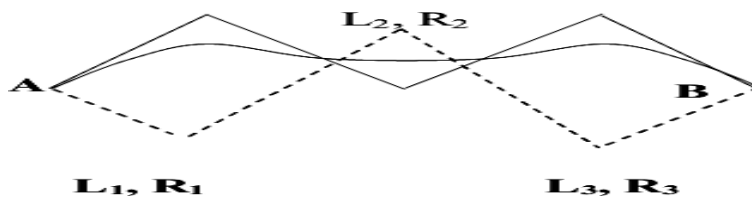
$\sigma = L_s / L_{total}$

Avec :

- L_s : la somme des développées des rayons inférieur ou égale à 200m
- L : la longueur total de la route
- $L_s = \sum D (R \leq 200 \text{ m})$
- $L_s = 635.104\text{m}$ (6 rayons inférieurs a 200m)
- $L = 3251.125 \text{ m}$

$\sigma = 635.104 / 3251.125 = 0.195$

$0.10 < \sigma = 0.195 \leq 0.30$



Les valeurs 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.3 : Sinuosité

Sinuosité : MOYENNE

5.1.4. Calcul de La dénivelée cumulée moyenne :

$DCM=H/L \quad L = 3251.125$

Avec:

$L=\sum li$: longueur total.

$H=\sum P_i i - \sum P_i i$

$i > 0 \quad i < 0$

$H= 41.041 - (-32.218) = 73.295,00$

$DCM = 73\ 295,00/3\ 251.125 = 0.022 \implies DCM = 2.2 \%$

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

Sinuosité \ Relief	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
PLAT ($H/L < 1.5\%$)	E1	E2	
VALLONNE ($1.5\% < h/L < 4\%$)	E2	E2	E3
MONTAGNEUX ($h/L > 4\%$)		E3	E3

Tableau.4 : L’environnement de la route (B40 page 1.3)

Le RN85 présente une Moyenne sinuosité et terrain vallonne donc: L’environnement de la route est E2.

5.2. La Catégorie De La Route :

L’Algérie a subdivisé ses routes en cinq (05) catégories suivant leurs finalités économiques et administratives des itinéraires considérés.[2]

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

Pour notre projet et d'après le schéma du classement des routes en Algérie (B40).

Cette section a été en phase préliminaire suivant la catégorie C1

5.3. Vitesse de référence :

La vitesse de référence (ou bien la vitesse de base) est la vitesse considérée pour établir un projet de route et à partir de cette vitesse on fixe les caractéristiques géométriques minimales de la route comme le rayons en plan , pente et rampe maximales et le courbure, le dévers et la distance de visibilité dont dépend la sécurité de véhicules en mouvement.

Le choix de la vitesse de référence joue un rôle très important sur le coût du projet est dépend de:

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

Catégories	C1	C2	C3	C4	C5
Environment					
E1	120-100-80	120-100-80	120-100-80	100-80-60	80-60-40
E2	100-80-60	100-80-60	100-80-60	80-60	60-40
E3	80-60-40	80-60-40	80-60-40	60-40	40

Tableau.5 : Vitesse de référence

Nous sommes dans l'environnement E2 C1

- Le long de notre liaison nous allons utiliser la vitesse 80Km/h.

Vitesse de base (km/h)	Catégorie	Environnement
80	C1	E2

Tableau.6 : Tableau récapitulatif

6. Conclusion :

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de :

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

Chapitre II

Etude de trafic

1. Introduction :

Les études de trafic constituent un élément fondamental qui intervient en amont de toute réflexion relative à l'aménagement des infrastructures de transport, depuis le simple traitement d'un carrefour jusqu'à la grande liaison autoroutière. Elles constituent une approche essentielle, tant de la conception que de l'entretien et l'exploitation des réseaux routiers.

La conception des routes repose, sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, ou empruntant d'autres modes susceptibles de venir en concurrence avec la route.

Les prévisions de trafic sont nécessaires:

Pour définir les caractéristiques techniques (caractéristiques géométriques et structures de chaussées) des différents tronçons de route qui doivent être adaptés au volume et à la nature des circulations attendues

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'objectif de cette étude est de définir les volumes circulant sur la section courante de la RN85 sur 3.6 km.

2. Contexte de l'étude :

Notre projet est une étude de dédoublement de la RN 85 sur 3.6 KM du PK 25+900 AU PK 29+500.

L'amélioration de ce dédoublement constitue dans un futur proche un soutien aux autres axes principaux reliant les différentes localités de la zone d'influence du projet. Les axes routiers (Routes nationales, chemins de wilaya et chemins communaux) susceptibles de générer un trafic vers notre projet d'étude sont :

- **Route nationale (RN) :** Il s'agit principalement des routes nationales : RN85 et RN43.
- **Chemin de wilaya (CW) :** Il s'agit principalement des chemins de wilaya : CW06 et CW28.

3. Analyse du trafic :

Pour connaître en un point et anisant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ce dernier nécessite, une logistique et une organisation appropriée.

Les analyses de circulation sur les divers essartées du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

*Les éléments de ces analysent son multiple:

- ✓ Statistiques générales.
- ✓ Comptages sur routes (manuel, automatique).
- ✓ Enquêtes de circulation (origine, destination).

4. Execution de la campagne de comptage :

Pour les besoins de l'étude, quatre types de comptages ont été effectués :

1. Comptages automatiques
2. Comptages manuels de classification.
3. Comptages directionnels aux carrefours
4. Enquête Origine /Destination avec relevé de plaques minéralogiques.

N° de poste	Date des comptages	Type	Localisation
01	Du jeudi 13/04/2023 au mercredi 19/04/2023	Comptage Automatique	RN85 Au Pk : 43+500
02	Du jeudi 13/04/2023 au mercredi 19/04/2023	Comptage Automatique	CAREFFOUR RN 43

Tableau.7: Tableau des comptages

***Résultats de la campagne de comptage de 2023 :**

La réalisation du projet avec tous les aménagements intégrés améliorera avec certitude le niveau de service de cet axe ainsi que les temps de parcours, sans toute fois une réaffectation

Spécifique du trafic des autres axes. L'ensemble du programme de développement du réseau routier local ou régional a une tendance équilibrée en matière d'affectation des flux de trafic avec une nette amélioration généralisée du niveau de service offert par l'ensemble du réseau.

N°	Route	Sens	Volume journalier moyen par sens TV (7j)	PL/j/s	% PL/j
01	RN85 Au Pk : 43+500	VERS COLLO	6796	1382	20%
		VERS AIN BOUZIANE CONSTANTINE	6830	1326	19%
02	CAREFFOUR RN 43	VERS COLLO RN 43	3575	347	10%
		VERS AIN BOUZIANE CONSTANTINE	3604	167	5%

Tableau.8: Résultats des comptages automatiques réalisés pour chaque poste

5. Types de trafic :

Il y a plusieurs types de trafics, dans **notre cas le trafic est normal.**

- **Trafic normal :**

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

- **Trafic induit :**

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

- **Trafic dévié :**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

- **Trafic total :**

C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

6. Calcul de la capacité :

6.1. 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.

6.2. Projection future du trafic :

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

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

Avec :

- $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon (année de mise en service)
- $TJMA_o$: trafic à l'année zéro (origine)
- n : nombre d'année
- τ : taux d'accroissement du trafic(%)

6.3. Evaluation de la demande de capacité :

La demande de capacité est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année horizon. On prend en général le débit de pointe horaire normal.

$$Q = 0.12 x$$

6.4. Trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P \cdot Z] \cdot T_{\text{JMA}_h}$$

Avec :

- T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- Z : pourcentage de poids lourd.
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds qu'il dépend.

Routes	E_1	E_2	E_3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

Tableau.9 : Coefficient d'équivalence P.L/UVP (B40 page 2.2)

6.5. Débit de pointe horaire normal :

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

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

- Q : débit de pointe horaire
- N : nombre d'heure, (en général $n=8$ heures)
- T_{eff} : trafic effectif

6.6. Débit horaire admissible :

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

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

Avec:

- K_1 : coefficient lie 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

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau.10 : Valeur d K1

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

Tableau.11 : Valeur de K2

Dégagement Latéral ou accotement	Capacité théorique des routes en UVP /heure (1)								
	2 voies				3 voies		4 voies		2 chaussées Autoroute
	4m	5m	6m	7m	9m	10.5m	12m	14m	
> 1.80 m	1100	1300	1600	2000	2600	3200	3000 (4500)	3400 (5100)	1800 (5400)
1.20 m	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950 (4400)	3000 (5000)	1750 (5300)
0.6 m	x	1100	1350	1700	2200	2700	2900 (4300)	3200 (4800)	1700 (5100)
00.0 m	x	x	1200	1500	2000	2400	2650 (4000)	3000 (4500)	1500 (4500)

1) Sans bande d'arrêt (revêtu)

2) par sens chiffres entre parenthèse : capacité 2 sens réunis (déséquilibre 2/3-1/3)

3) par voie (pour une voie de 3.50 m) entre parenthèse : capacité 2 sens réunis pour route 2x2 voies (déséquilibre 2/3-1/3)

(x) non applicable; circulation très perturbée en cas de circulation de poids lourds.

Tableau.12 : Valeur de capacité théorique «Cth» [2] (B40 page 4.6)

6.7. Détermination nombre des voies :

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

On compare Q à Q_{adm} et on adopte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q.

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

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

$N=Q/Q_{adm}$

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

7. Application au projet :

➤ Les données de trafic:

On a :

- ✓ TJMA (2023)=6830 V/J
- ✓ $Z=19\%$
- ✓ $\tau = 4\%$
- ✓ $n=10$ ans
- ✓ $p= 6$ (E2) Catégorie C1
- ✓ $K1=0.85$ et $K2=0.99$
- ✓ L'année de mise en service 2025

➤ Dimensionnement de la voie:

On a :

- $P = 6$ (Route abonne caractéristique, environnement E2)
- $K1= 0.85$ (environnement E2) ; $K2=0.99$ (environnement E2, catégorieC1)
- $C_{th} = 1800$ uvp/h/sens (Route a chaussées séparées).

➤ Calcul de trafic à l'année mise en service :

$$TJMA_{2025} = (1+\tau)^n \times TJMA_{2023}$$

$$TJMA_{2025} = (1+0.04)^2 \times 6830$$

$$TJMA_{2025} = 7387 \text{ v/j.}$$

➤ Calcul de trafic à l'année horizon :

Le trafic à l'année 2035 pour une durée de vie de 10 ans :

$$TJMA_{2035} = (1 + \tau)^{10} \times TJMA_{2025}$$

$$TJMA_{2035} = (1+0.04)^{10} \times 7387$$

$$TJMA_{2035} = 10935 \text{ v/j.}$$

➤ **Calcul de trafic effectif à l'année mise en service :**

$$T_{eff} = [(1-Z) + PZ] T J M A_{25}$$

$$T_{eff(2025)} = [(1-0.19) + (6 \times 0.19)] \times 7387$$

$$T_{eff(2025)} = 14405 \text{ (uvp/h)}$$

➤ **Calcul de trafic effectif à l'année horizon :**

$$T_{eff} = [(1-Z) + PZ] T J M A_{35}$$

$$T_{eff(2035)} = [(1-0.19) + (6 \times 0.19)] \times 10935$$

$$T_{eff(2035)} = 21323 \text{ (uvp/h)}$$

➤ **Calcul de débit de pointe horaire à l'année mise en service :**

$$Q = 0.12 T_{eff}$$

$$Q = 0.12 \times T_{eff(2025)}$$

$$Q = 0.12 \times 14405$$

$$Q_{25} = 1729 \text{ (uvp/h)}$$

➤ **Calcul de débit de pointe horaire à l'année horizon :**

$$Q = (0.12) \times T_{eff(2035)}$$

$$Q = (0.12) \times 21323$$

$$Q_{35} = 2559 \text{ (uvp/h)}$$

• **Procédure N°1:**

Prenons le cas d'une chaussée séparées :

Largeur de chaussée de 7.0 m ; accotement de 1.8 m

Selon le tableau B40 on trouve $C_{th} = 1800$

$$Q_{adm} = K1.K2 .C_{th}$$

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515 \text{ (uvp/h/sens)}$$

- **Procédure N°2**

$$Q_{\text{calcul}} = \frac{Q_{2035}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{2559}{0.85 \cdot 0.99} = 3046 \text{ (uvp/h)}$$

D'après le tableau de B40 pour $Q_{\text{calc}} = 3046$ on doit adopter une route 2 voies à chaussées séparées 2×2 avec cth 5400 (uvp/h) (pour les deux sens).

Si on se réfère à l'enjeu économique et le développement des wilayas environnantes alors le choix se portera sur 2×2 voies avec un séparateur.

➤ **Nombre de voie :**

$$N = N \cdot Q / Q_{\text{adm}}$$

$$N = (2/3) \times (2559/1515) = 1.12 \quad \Longrightarrow \quad N \approx 2 \text{ voies/sens}$$

Calcul de l'année de saturation :

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

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1515 = 6060 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2025} \Rightarrow n = \frac{l^n (Q_{\text{saturation}} / Q_{2025})}{l^n (1 + \tau)}$$

$$n = \frac{l^n (6060/1729)}{l^n (1 + 0.04)} = 32 \text{ ans.}$$

Théoriquement la saturation de la RN85 interviendra au bout de la 32^{ème} année (2057).

8. Conclusion :

D'après les calculs, on constate que le profil en travers de la route est une chaussée unidirectionnelle à 2 voies par sens de largeur (3.5×2), avec des accotements de 1.8 m et TPC de 02 m.

Chapitre III

Etude de géométrie

I. TRACÉ EN PLAN

1. Introduction :

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

Il est caractérisé par la vitesse de définir les caractéristique géométriques nécessaire de la route. Mais la pratique des grandes vitesses a imposé des éléments supplémentaires pour les raccordements progressifs entre les alignements droits et les courbes.

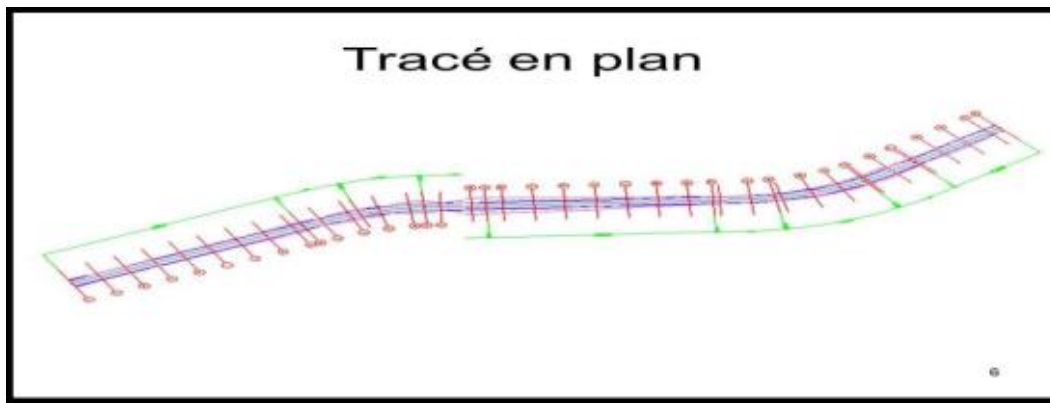


Figure.7 : Tracé en plan

2. Defenition de trace en plan :

Le tracé en plan est une projection horizontal sur une repère cartésien topographique de l'ensemble des point défissent la tracé de la route. C'est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route.

3. Les regles a respecter pour le trace en plan :

- ❖ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- ❖ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques ; si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.

- ❖ Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants.
- ❖ Appliquer les normes du B40.
- ❖ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ❖ Respecter la cote des plus hautes eaux.
- ❖ Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- ❖ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- ❖ Se raccorder sur les réseaux existants.

4. Les éléments du 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.8 : Les éléments du tracé en plan

4.1. Les alignements :

Bien qu'en principe le droit soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- ✚ De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- ✚ Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- ✚ Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement est justifié :

- ✚ En plaine où, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- ✚ Dans des vallées étroites.
- ✚ Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de :

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

Règles concernant la longueur des alignements :

- **Une longueur minimale** : d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cinq (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

V_B : vitesse de base en km/h.

- ❖ **Une longueur maximale** $_{max}$: prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes**.

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

4.2. Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

Pour ce la On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre au-dessous du rayon minimum préconisé.

4.2.1. Stabilité en courbe (Rayon en plan) :

Dans un virage les rayons et leur devers doivent permettre à une véhicule roulant à la vitesse de référence V_B subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers

exprimée par sa tangente.

Les rayons en plans dépendant de facteurs :

- Force centrifuge FC.
- Poids de véhicule P.
- Accélération de la pesanteur g.
- Devers d.

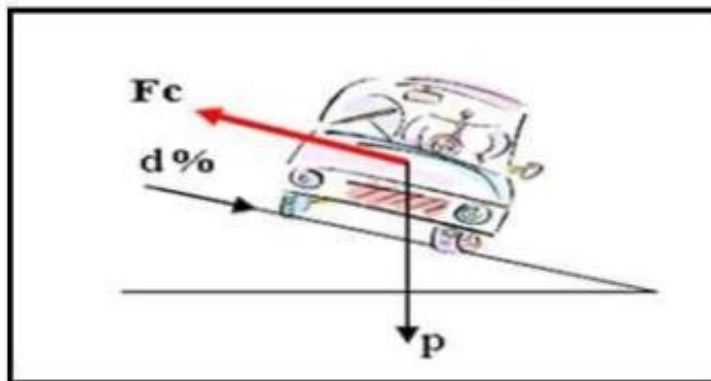


Figure.9 : Force centrifuge

Il faut donc pour éviter de déstabiliser le véhicule, rapprocher la résultante R' d'une position perpendiculaire à la surface de la route. Pour cela, il faut donner un Sur haussement h du bord extérieur de la voie.

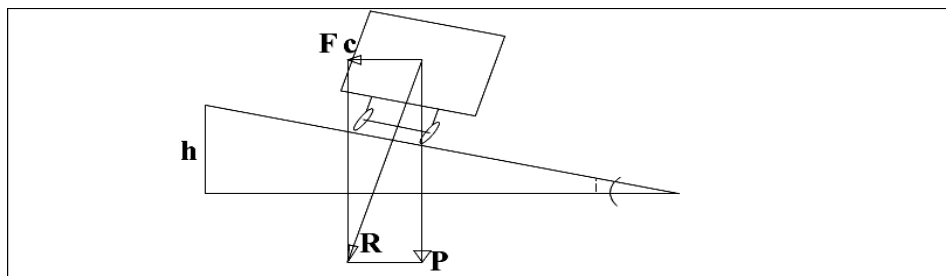


Figure.10 : Rayon En Plan (inclinaison)

Ce taux de relèvement Inclinaison i) est appelé devers. La route ainsi inclinée transversalement est dite déversée ou en devers. En fonction de la vitesse de référence, le rayon minimal à admettre est:

$$R \geq \frac{Vr^2}{127 \times (ft + d_{max})}$$

Avec:

- **Vr**: vitesse de référence (m/s).
- **g**: gravitation(m/s²).
- **ft**: coefficient de frottement transversal.
- **dmax**: devers.

Et en convertissant Vr (m/s) en km/h on aura donc: $R_{min} \geq \frac{Vr^2}{127 \times (ft + d_{max})}$

Les valeurs du coefficient de frottement transversal dépendent de la vitesse. Elles augmentent avec la vitesse de référence. Les normes B40 nous donnent les valeurs suivantes:

Catégorie	Vitesse en Km/h					
	Coeff.de frottement	120	100	80	60	40
1-2	Transversal ft	0,1	0,11	0,13	0,16	0,20
3-4-5	Transversal ft	0,11	0,125	0,15	0,18	0,22

Tableau.13 : Coefficient de frottement en fonction de Vret Cat

Catégories	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
F''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Tableau.14 : Valeur du coefficient « F'' »

4.2.2. Rayon horizontal minimal absolu (RHmin) :

C'est le rayon minimum pour le quel la stabilité du véhicule est assurée, et il ne faut jamais des cendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de devers maximal et parcourue à une vitesse V= Vr.

$$RHmin = \frac{Vr^2}{127 \times (ft + d_{max})}$$

Ainsi pour chaque V rondé finit une série de couple (R,d)

- **Vr**: vitesse de référence du véhicule.
- **dmax**: dévers maximal.
- **ft** : Coefficient de frottement transversal.

Les valeurs des dévers min et max sont données par le tableau ci-dessous (SelonB40):

Catégoriesdes routes	dévers	Environnement		
		E 1	E 2	E 3
1et2	Min	2,5%	2,5%	2,5%
	Max	7%	7%	7%
3et4	Min	3%	3%	3%
	Max	8%	8%	8%
5	Min	3%	3%	3%
	Max	9%	9%	9%

Tableau.15 : Les valeurs des dévers min et max en fonction de Catet E

4.2.3. Rayon minimal normal (RHN) :

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

$$\mathbf{RHn} = \frac{(V_B + 20)^2}{127(ft + d - i)}$$

$d = d_{\max} - 0.02$ pour cat (1.2.3.4).

$d = d_{\max} - 0.03$ pour cat (5)

4.2.4. Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

$$\mathbf{RHd} = \frac{V_B^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

4.2.5. Rayon minimal non déversé (RHnd) :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des Sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RHnd).

$$\mathbf{RHnd} = \frac{V_B^2}{127 \times 0.035} \text{ pour les catégorie 1 et 2}$$

$$\mathbf{RHnd} = \frac{V_B^2}{127 \times 0.035} \text{ pour les catégorie 3 et 4 et 5 Avec : } f' = 0.07 \text{ cat3 et } f' = 0.075 \text{ cat4-5}$$

❖ **Le choix des rayons :**

Pour une route de catégorie donnée, il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu RHm. On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon minimum normal RHN.

• **Sur largeur :**

Le calcul de la sur largeur est nécessaire pour les véhicules longs afin de leur faire Éviter qu'une partie de leur carrosserie n'empiète sur la vois adjacente. On donne à la Voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à ça largeur normal en alignement pour plus de sécurité et pour éviter un contact avec véhicules venant en Sens inverse. Ce problème s'inscrit dans les virages à faibles rayons généralement inférieur à 200m La sur largeur sera toujours reportée à l'intérieur de la courbe.

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

- **L**: longueur du véhicule (valeur moyenne L=10m).
- **R**: rayon de l'axe de la route $\leq 200m$

➤ **Paramètres fondamentaux:**

Pour notre projet qui est situé dans un environnement (E2), classé en catégorie (C1) avec vitesses de bases 60Km/h et 80Km/h à partir du règlement Algérien B40 on peut déterminer le tableau suivant:

Paramètres	Symbole	Valeurs	
		60	80
Vitesse de base(k/m)	VB	60	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm	125 (6%)	250(7%)m
Rayon horizontal normal (m)	RHN	250 (5%)	450m
Rayon horizontal au devers minimal (m)	RHd	550 (2,5%)	1000m
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd	800 (-2,5%)	1400m
Alignement droit maximal (m)	Lmax	666	1333
Alignement droit minimal (m)	Lmin	83	111

Tableau.16 : Valeur des différents rayons donnés par B40

4.3. Les raccordements progressifs «CLOTHOÏDE» :

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle liés entre eux, par des tronçons de raccordement à courbure progressif, passant de la courbure 0 (R = infini) à l'extrémité de l'alignement à la courbure 1/R au début du cercle du virage

4.3.1. Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes:

- ❖ Stabilité transversale du véhicule.
- ❖ Confort des passagers du véhicule.
- ❖ Transition de la forme de la chaussée.
- ❖ Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

4.3.2. Types de courbe de raccordement

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

- Parabole cubique.
- Lemniscate.
- Clothoïde.

A) Parabole cubique

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

B) Lemniscate

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

C) Clothoïde

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue des l'origine où il est infini jusqu' au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

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

C.a) Expression de la clothoïde:

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L (ou longueur de la clothoïde)

$$K = C \quad ; \quad K = C \times L$$

$$\text{On pose : } 1/C = A^2 \quad \rightarrow \quad A^2 = L \times R \quad \rightarrow \quad A = \sqrt{LR}$$

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

C.b) Les éléments de la clothoïde:

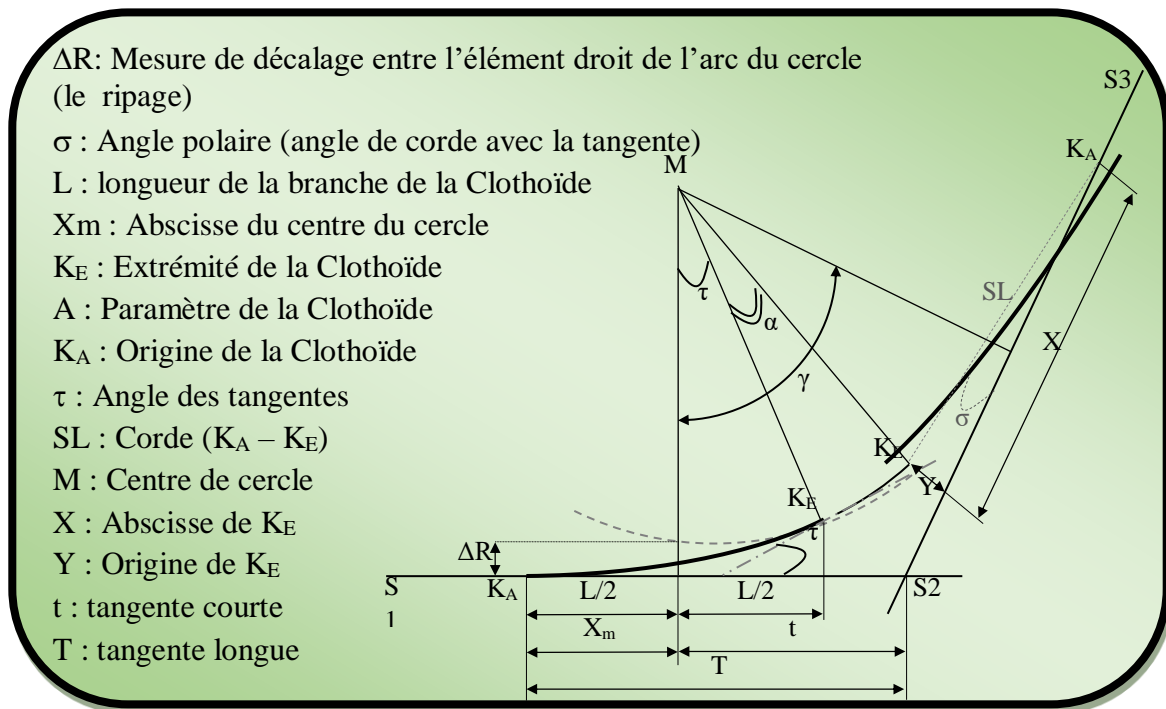


Figure.11 : Les éléments de la clothoïde

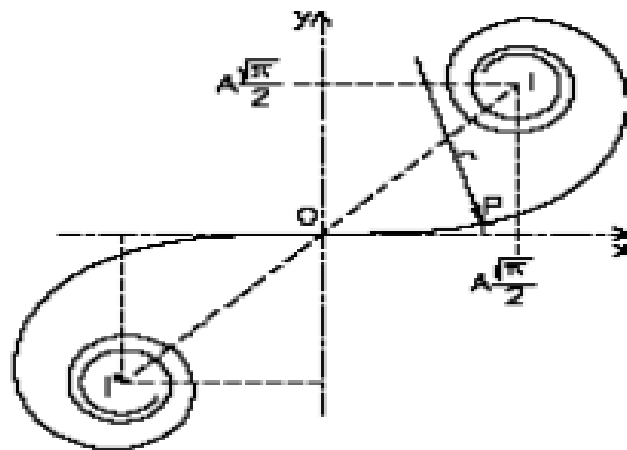


Figure.12 : Clothoïde

Le rayon de courbure d'une clothoïde 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 raccordements 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.

C.c) Les conditions de raccordement :

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

- Condition optique
- Condition dynamique
- Condition de gauchissement

C.c.1. Condition de confort optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$\tau \geq 3^\circ$ soit $\tau \geq 1/18$ rads

$\tau = L/2R > 1/18$ rads $\rightarrow L > R/9$ soit $A > R/3$

$R/3 \leq A \leq R$

- ✓ Pour $R \leq 1500$ m $\Delta R = 1$ m (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24.R. \Delta R)^{1/2}$
- ✓ Pour $1500 < R \leq 5000$ m, $\tau = 3^\circ$ c'est -à -dire $L = R/9$
- ✓ Pour $R > 5000$ m ΔR limité à 2.5 m soit $L = 7.75 (R)^{1/2}$

C.c.2. Condition de confort dynamique :

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

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

- ❖ V_B : vitesse de base (km/h).
- ❖ R : le rayon en (m).
- ❖ Δd : variation de dévers. ($\Delta d = d \text{ final} - d \text{ initial}$) (%).

C.c.3. Condition de gauchissement :

La demi chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule .le raccordement doit assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que $\Delta p < 0,5/V_B$.

$$L \geq l \times \Delta d \times V_B$$

- ❖ L : longueur de raccordement.
- ❖ l : largeur de la chaussée.
- ❖ Δd : variation de dévers.
- ❖ V_R :Vitesse de référence (km/h)

• Calcul d'axe

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

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

5. Calcul de gisements et des angles au centre :

5.1. 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

$$G_{S_1S_2} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg \frac{X_{S_2} - X_{S_1}}{Y_{S_2} - Y_{S_1}}$$

5.2. Distance

La distance S1S2 est donnée par la relation :

$$S_1S_2 = \sqrt{(X_{S_2} - X_{S_1})^2 + (Y_{S_2} - Y_{S_1})^2}$$

5.3. L' angle au centre

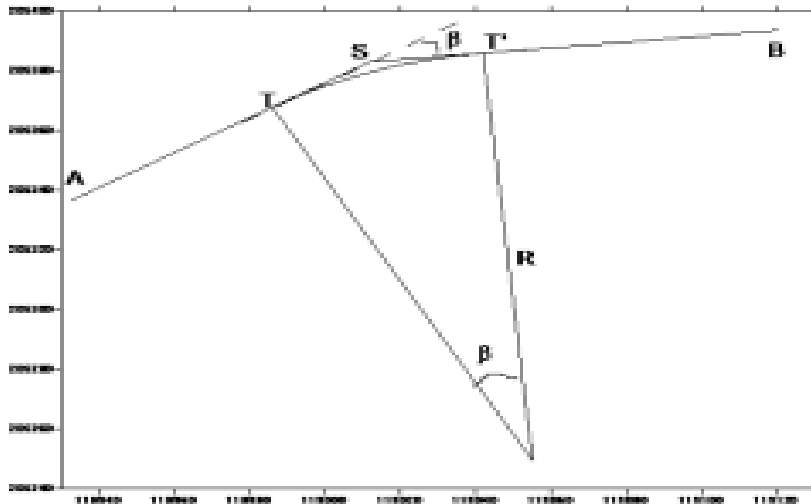


Figure.13 : détermination de l'angle au cent

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

6. Combinaison des éléments de trace en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes moncité.

6.1. Courbe en S :

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

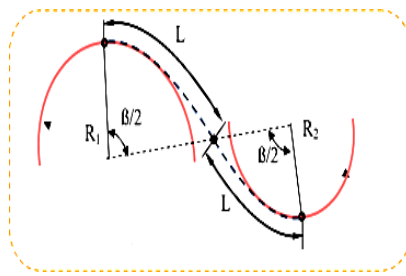


Figure 14 : Courbe en S

6.2. Courbe à sommet :

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

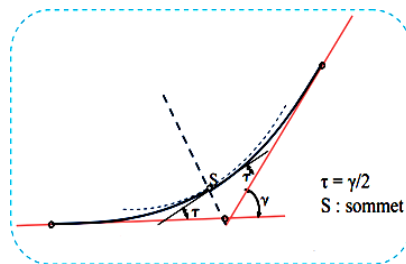


Figure 15 : Courbe à sommet

6.3. Courbe en C :

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

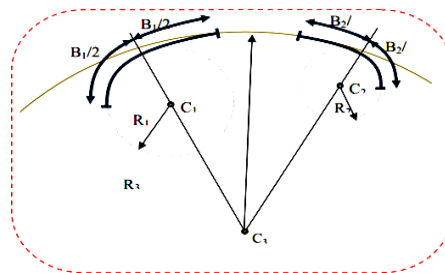


Figure 16 : Courbe en C

6.4. Ovale:

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

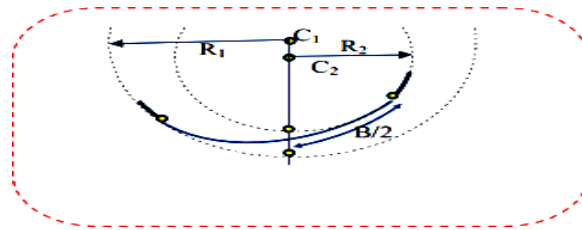


Figure 17: Courbe en Ovale

7. Notion de devers :

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe .

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules.

Lorsqu' ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

7.1. Devers en alignement :

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à: $d_{min} = 2.5\%$.

7.2. Devers en courbe :

En courbe 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.

7.3. Rayon de courbure :

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

7.4. Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq R_{Hnd}$ le dévers est égal à 2.5% et pour

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

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

Si $R_{Hn} < R < R_{Hd}$:

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

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

7.5. Raccordement de devers :

En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (2.5%), en courbe ils ont des valeurs supérieures (de 3 à 7%).

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des clothoïde:

- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance D_{min} .

$$D_{min} = 5/36 \times V_B \Delta d$$

D_{min} : Appelée longueur de gauchissement.

- Pour les courbes en (S), il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de dévers entre deux courbes de même sens le dévers peut unique peut être conservé.

8. La vitesse de référence de base :

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

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief, etc.....).

8.1. Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

8.2. Vitesse de projet

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

On entend par conditions normales:

- ✓ Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.
- ✓ Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.
- ✓ Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

D'après le tableau de B40 en choisir $V_B = 80$ km/h

9. Application au projet :

Le cas de notre projet (Courbe à Sommet)

➤ **Calcules les rayons :**

$V_r = 80$ km/h. ; $f_t = 0.13$

$V_r = 60$ km/h ; $f_t = 0.16$ $d_{max} = 7\%$. ; $d_{min} = 2.5\%$. ; $f' = 0,06$

❖ **Les rayons en plan :**

Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

$$RHm = \frac{V_B^2}{127(ft + d_{max})} = \frac{60^2}{127(0.16 + 0.07)} = 125m$$

Rayon minimal normal (RHn) :

$$RHn = \frac{(V_B + 20)^2}{127(ft + d - i)} = \frac{(60 + 20)^2}{127(0.16 + 0.05)} = 239.97m$$

Rayon au dévers minimal (RHd) :

$$RHd = \frac{V_B^2}{127 \times 2 \times d_{min}} = \frac{60^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 566.929m$$

Rayon minimal non déversé (RHnd) :

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.035} = \frac{60^2}{127 \times 0.035} = 809.899m$$

Le tableau ci-des sous donne les différentes valeurs des rayons calculés et ceux donnés par le B40 :

	Rayon minimal absolu Rhm(m)		Rayon Minimal normal Rhn(m)		Rayon au dévers minimal Rhd(m)		Rayon Minimal déversé Rhnd(m)	
	Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40
Vr=80km/h	125	125	239.97	250	566.929	550	809.899	800

Tableau 17 : Valeurs des différents rayons calculés et ceux donnés par B40

➤ **Exemple de calcul manuel d’axe du trace en plan :**

Pour illustrer notre travail de calcul d’axe, il nous semble qu’il est intéressant de détailler un calcul d’une liaison de notre axe. La liaison que l’on a choisies esitueau dé but de notr eprojet.

Les points du tracé en plan : (Courbeavec Clothoïde)

Sommet	X(m)	Y(m)	R(m)	VB(Km/h)
P1(x,y)	291521.350	4073641.75	125	60
P9(x,y)	291801.700	4073665.31		
P10(x,y)	291951.28	4073881.82		

❖ **Détermination la longueur de raccordement progressif L :**

a) Condition de confort optique :

$$L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

$\frac{A}{R} = 0.5$ est atteint lorsque les rayons sont inférieurs à 192 m ($\Delta R = 0.5$)

Donc : $L \geq \sqrt{24 \times 125 \times 0.5} = 38.73 \text{ m} \dots\dots\dots (1)$

b) Condition de confort dynamique :

$$L \geq \frac{V_B^2}{18} \left(\frac{V_B^2}{127 \times R} - \Delta d \right) \Delta d = d - (-2.5\%)$$

$$d = d_{RHN} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHN} \right) \frac{dRHN - dRHd}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}}$$

$$d = 0.07 + \left(\frac{1}{125} - \frac{1}{239.97} \right) \frac{0.07 - 0.05}{\frac{1}{239.97} - \frac{1}{566.929}} \rightarrow 7.03\% \Leftrightarrow 0.007$$

$$\Delta d = 5.2\% - (-2.5\%) \Rightarrow \Delta d = 9.53\% \Leftrightarrow 0.095$$

$$L \geq \frac{60^2}{18} \left(\frac{60^2}{127 \times 125} - 9.53 \right)$$

$$L \geq 26.354 \text{m} \dots\dots\dots (2)$$

C) Condition de gauchissement:

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_R$$

$$L \geq 5 / 36 \times 9.53 \times 60 = 79.8 \text{ m} \dots\dots\dots (3)$$

$$L_r = \max (L1, L2, L3)$$

$$\text{Donc } L_r = L1 = 110.298 \text{ m}$$

- **Calcul du paramètre A :**

$$\text{On sait que : } A^2 = L \times R$$

$$A = \sqrt{L \times R} = \sqrt{110.298 \times 125} = 117.419 \text{m}$$

On prend : **A=117.419 m** alors:

$$R/3 \leq A_{\min} \leq R$$

$$\text{D'où : } 125/3 \leq 117.419 \leq 125$$

- **Calcul de ΔR :**

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{110.298^2}{24 \times 125} = 4.055$$

❖ **Calcul des gisements :**

$$|\Delta x_{89}| = x_{S9} - x_{S8} = 280.350 \text{ m}$$

$$|\Delta y_{89}| = y_{S9} - y_{S8} = 23.560 \text{ m}$$

$$G_{S8}^{S9} = \text{Arctg} \frac{\Delta X_{89}}{\Delta Y_{89}} = 94.663 \text{ grad}$$

$$\Delta X_{910} = x_{S10} - x_{S9} = 149.580 \text{ m}$$

$$\Delta Y_{910} = y_{S10} - y_{S9} = 216.510 \text{ m}$$

$$G_{S9}^{S10} = \text{Arctg} \frac{\Delta X_{910}}{\Delta Y_{910}} = 38.488 \text{ grad}$$

	X(m)	ΔX(m)	Y(m)	ΔY(m)	Δx/Δy	G(°)
P8	291521,350		4073641,750			
		280,350		23,560	11,899	94.663
P9	291801,700		4073665,310			
		149,580		216,510	0,691	38.488
P10	291951,280		4073881,820			

✓ Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{110.298}{2 \times 125} \times \frac{200}{3.14} = 28.025 \text{ grad} \rightarrow \tau = 28.0915 \text{ grad}$$

✓ Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}| = 56.183 \text{ grad}$$

✓ Vérification de non chevauchement :

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

$$\tau = 28.0915 \leq \frac{\gamma}{2} = 56.183/2$$

D'où : $28.0915 \leq 28.0915 \Rightarrow$ non chevauchement

✓ Calcul des distances :

$$\overline{S_9 S_8} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{280.35^2 + 23.560^2} = 281.338 \text{ m}$$

$$\overline{S_{10} S_9} = \sqrt{\Delta X_{10}^2 + \Delta Y_9^2} = \sqrt{149.580^2 + 216.510^2} = 263.155 \text{ m}$$

❖ Caractéristique de la courbe de raccordement

✓ Calcule de l'abscisse du centre du clothoïde :

$$X_m = \frac{A^2}{2 \cdot R} = \frac{L}{2} = 55.082m$$

✓ Abscisse de KE :

$$X = L \left(1 - \frac{L}{40 \times R^2} \right) = 108.151$$

X= 108.151 m

✓ Cordonnée de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6R} = 16.221$$

Y= 16.221 m✓ Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg \frac{Y}{X} = 9.478 \text{ grad}$$

✓ Calcul de l'arc:

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{[\pi \times R(\gamma - 2\tau)]}{200}$$

$$\frac{[3.14 \times 125(50.557 - 2 \times 25.278)]}{200} = 0.00 \text{ m}$$

K_{E1} K_{E2} = 0.00 m

✓ Calcul de la tangente:

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

T = 115.99 m

❖ Calcul de la corde polaire à la clothoïde

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{108.151^2 + 16.221^2} = 109.361 \text{ m}$$

❖ Calcul des coordonnées des points singuliers r :

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + (\overline{S_1 S_2} - T) \times \sin G_{S1}^{S2} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + (\overline{S_1 S_2} - T) \times \cos G_1^2 \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 29125.350 + (281.338 - 115.99) \times \sin(94.663) = 291686.036 \text{ m} \\ Y_{KA1} = 4073641,750 + (281.338 - 115.99) \times \cos(94.663) = 4073655,474 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(G_{S1}^{S2} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos(G_{S1}^{S2} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 291686,081 + 109.361 \times \sin(94.663 - 9.478) = 291792,449 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 4073655,474 + 109.361 \times \cos(94.663 - 9.478) = 4073680.627 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \times \sin G_2^3 \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \times \cos G_2^3 \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 291801.70 + 115.99 \times \sin 38.488 = 291867,582 \text{ m} \\ Y_{KA2} = 4073665.31 + 115.99 \times \cos 38.488 = 4073760,654 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin(G_{S2}^{S3} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos(G_{S2}^{S3} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 291867.582 - 109.361 \times \sin(38.488 + 9.478) = 291792,449 \text{ m} \\ Y_{KE2} = 4073760.654 - 109.361 \times \cos(38.488 + 9.478) = 4073680,894 \text{ m} \end{cases}$$

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des coordonnées des points singuliers calculés donc on trouve presque les mêmes résultats trouvés par le logiciel **PISTE5.05**

Coordonnés (m)	Ka ₁	Ka ₂	Ke ₁	Ke ₂
X	291686.036	291867,582	291792,449	291792,449
Y	4073655,474	4073760,654	4073680.627	4073680,894

10. Conclusion :

Les conditions de raccordement progressives de tracé en plan sont vérifiées manuellement on se basant sur le calcul à l'aide du logiciel piste 05.

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

II. PROFIL EN LONG

1. Introduction :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et des raccordements circulaires, ou parabolique. Pour chaque point du profil en long on doit déterminer:

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet, etc....

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

2. Regles à respecter dans le trace du profil en long :

Les règles qu'il faut les tenir en compte sauf dans des cas exceptionnels lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes:

- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers au ls dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir certaines règles notamment:

- 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.
- Remplacer deux cercles voisins de mêmes en spar un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux gran des lignes du paysage.

3. Raccordements en profil en long :

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

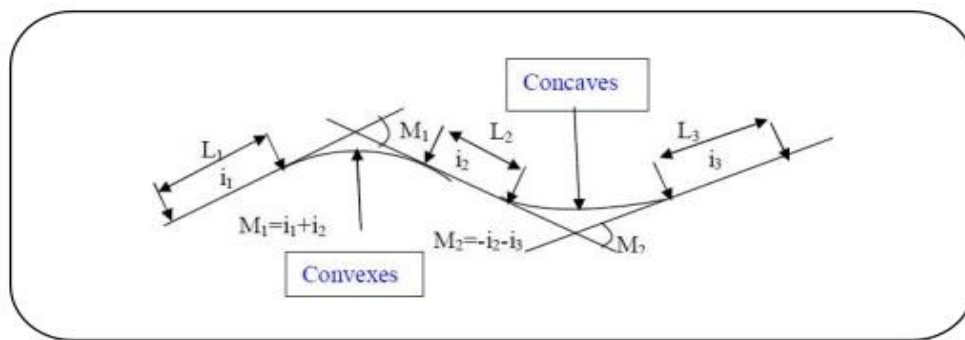


Figure.18 : Les éléments du profil en long

Pour le profil en long on a deux types de raccordement :

3.1. Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- **Condition de confort.**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'on limite à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$V^2/RV < g/40$ AVEC $g = 10 \text{ m/s}^2$

$RV \geq 0.23 \times V^2$ catégorie **3-4-5** V_b : vitesse de base

$RV \geq 0.3 \times V^2$ catégorie **1-2** R_v : rayon de raccordement

- **Condition de visibilité**

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts. Cette condition supplantera la condition confort.

Il faut que deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$RV_m = a \times d_1^2 (V_r)$$

Avec :

H_o : Hauteur de l'œil (m)

H_i : Hauteur de l'obstacle (m)

D_r : distance d'arrêt (m)

- **Condition esthétique**

Comme tout ouvrage désigné de ce nom, une grande route moderne devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte.

3.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

La visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R'_v = \frac{d^é}{1.5+0.0035 d_1}$$

R' : rayon raccordement (m)

d_1 : distance d'arrêt (m)

Pour une vitesse $V_r = 120\text{Km/h}$ et une route de catégorie 1 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur (m)
Min-absolu	R'_{vm}	12500
Min-normal	R'_{vn}	12500

Tableau.18 : Rayon de Raccordements

4. Coordination du tracé en plan et du profil en long :

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.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs...etc).
- De prévoir, de loin, l'évolution du tracé.
- Les règles qu'il faut suivre pour éviter les défauts résultants, d'une mauvaise coordination trace en plan–profil en long, sont :
- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan
- Le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

5. Déclivités :

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

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

Afin d'assurer une continuité entre les pentes et les rampes on a recours aux raccordements qui se font par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence **m** des deux déclivités.

- ✓ Raccordement pente-rampe (**m<0**) : **arc concave**.
- ✓ Raccordement rampe-pente (**m>0**) : **arc convexe**.

5.1. Déclivité minimum :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conversation et { la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures { 1% et surtout celle inférieur à 0.2 %, pour éviter la stagnation des eaux.

5.2. Déclivité maximum :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

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

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à (**i_{max}=5%**) dan s le franchissement de la côtière

Selon les B40

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

Tableau 19 : Valeurs de la pente maximale en fonction de la vitesse (B40)

Pour notre cas la vitesse **V_r=60 Km/h** donc la pente maximale **I_{max} = 5 %**

6. Eléments nécessaires au calcul du profil en long :

Après la projection des pentes du profil en long on procède au calcul des coordonnées des points de tangence en coordonnées rectangulaires.

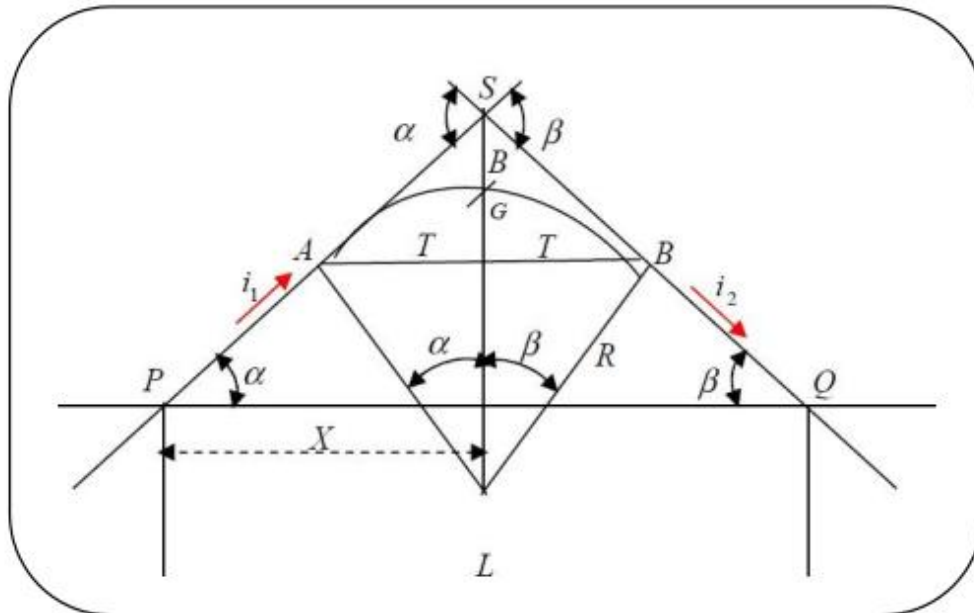


Figure.19 : Les éléments nécessaires au calcul du profil en long

Avec :

A, B : extrémités du raccordement.

T : tangente de part et d'autre du sommet.

G : milieu de raccordement situé sur la variante.

B : Bissectrice.

P, Q : deux points connus sur **P1** et **P2**.

O : centre du cercle de rayon **R**.

X : distance entre le sommet et un point **P** sur **P1**.

S : sommet ou point de changement de déclivité. Remarque Le listing du profil en long est donné par le logiciel PISTE 5 les résultats sont joints en annexe.

Cas de notre projet :

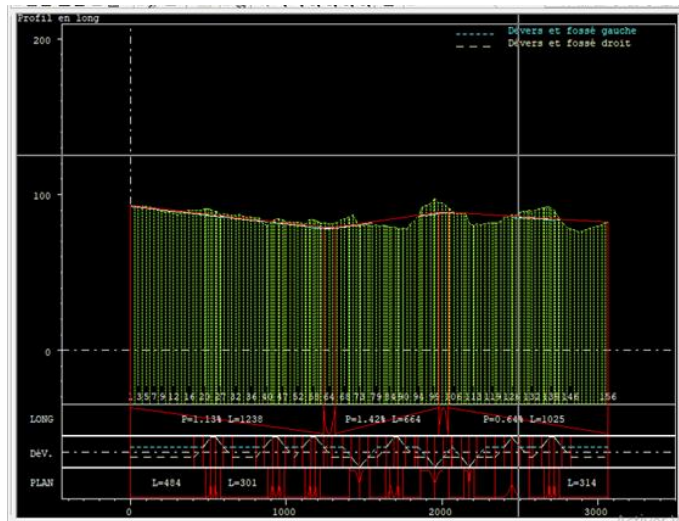


Figure.20 : Profil en long du projet

Les paramètre	Symbole	VB=60KM/h
Déclivité maximale	P(%)	5%
Rayon en angle saillant	RVm1(minimal absolu) en m	1000m
	RVn1(minimal normal) en m	2500m
Rayon en angle rentrant	RVm1(minimal absolu) en m	1200m
	RVn1(minimal normal) en m	2400m

Tableau.20 : Caractéristiques des rayons du profil en long

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

On a:

$$ZA' = ZD + Lp2 \quad , \quad m = ZA' - ZA$$

$$ZD' = ZA + Lp1 \quad , \quad n = ZD' - ZD$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont emblab les donc : $m/n = x / (L - x) : x = m.L / (n + m)$

$$S = \begin{cases} XS = X + XA \\ ZS = XP1 + ZA \end{cases}$$

6.2. Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2} (P1 \pm P2)$$

Note:

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

$$B = \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T p_1 \end{cases} \quad C = \begin{cases} X_C = X_S + T \\ Z_C = Z_S + T p_2 \end{cases}$$

6.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

6.4. Calcul de la flèche

$$H = T^2 / 2R$$

6.5. Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant Msurlacourbe :

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

6.6. Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T)

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

$$X_1 = R p_1$$

$$X_2 = R p_2$$

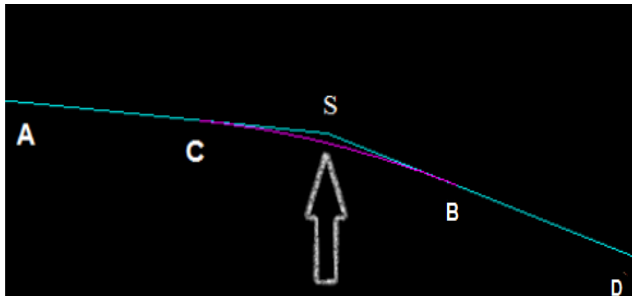
$$J = \begin{cases} X_J = X_B - R \cdot p_1 \\ Z_J = Z_B + X_1 \cdot p_1 - X_1^2 / 2R \end{cases}$$

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

7. Application au projet :

A l'aide du logiciel **PISTE** ; et sont joints dans l'annexe.

Avec :



Pts	Cotes Z(m)	Abscisse X(m)	Rayon (m)
A	93.008	0	3000
S	78.62	1237.33	
D	89.05	2009.34	

➤ **Calcul des pentes :**

$$P1 = \frac{ZS - ZA}{XS - XA} \quad p1 = \frac{78.62 - 93.008}{1237.733 - 0} = -0.0112 = -1.12\%$$

$$P2 = \frac{ZD - Zs}{XD - XS} \quad p2 = \frac{89.05 - 78.62}{2009.34 - 1237.33} = 0.0142 = 1.422\%$$

➤ **Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} |P1 - P2| = \frac{300}{2} \times (0.0142 - (-0.0112)) = 38.1 \text{ m}$$

➤ **Calcul de la flèche (bissectrice) :**

$$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{(38.1)^2}{2 \times (3000)} = 0.24 \text{ m}$$

- Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B = \begin{cases} X_B = X_S - T \rightarrow X_B = 1237.33 - (38.1) = \mathbf{1199.23 \text{ m}} \\ Z_B = Z_S - T|P_1| \rightarrow Z_B = 78.62 - (38.1 \times (-0.0112)) = \mathbf{82.887 \text{ m}} \end{cases}$$

$$C = \begin{cases} X_C = X_S + T \rightarrow X_C = 1237.33 + 38.1 = \mathbf{1275.43 \text{ m}} \\ Z_C = Z_S + T|P_2| \rightarrow Z_C = 78.62 + (38.1 \times (0.0142)) = \mathbf{79.161 \text{ m}} \end{cases}$$

- Calcul de la longueur de raccordement :

$$L = 2 \times T \quad \Rightarrow \quad L = \mathbf{76.2 \text{ m}}$$

- Calcul des coordonnées du point J:

$$PK_{J/A} = R \times P_1 = 3000 \times (-0.0112) = \mathbf{-33.6 \text{ m}}$$

$$Z_{J/A} = PK_{J/A} \times P_1 - \frac{(PK_{J/A})^2}{2 \times R} = -33.6 \times (-0.0112) - \frac{(-33.6)^2}{2 \times 3000} = \mathbf{6.32 \text{ m}}$$

$$J = \begin{cases} X_j = X_B - R \times P_1 \Rightarrow X_j = 1199.23 - (3000 \times (-0.0112)) = \mathbf{1232.92 \text{ m}} \\ Z_j = Z_B + Z_{J/A} \Rightarrow Z_j = 82.887 + 6.32 = \mathbf{89.207 \text{ m}} \end{cases}$$

- Angle saillant

$$(\text{Rampe}) \quad i = 1.12 \quad (1.30) \quad V_r = 60 \text{ kms}$$

$$d_0 = 32.25 \text{ m} ; d_1 = 65.85 \text{ m} ; R_{vm1} = 1040.69 \text{ m}$$

$$(\text{Ponte}) \quad i = 1.42 \quad (1.50) \quad V_r = 60 \text{ kms}$$

$$d_0 = 33.10 \text{ m} ; d_1 = 66.70 \text{ m} ; R_{vn1} = 1067.73 \text{ m}$$

Remarque:

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel **PISTE**; et sont joints dans l'annexe

III. PROFIL EN TRAVERS

1. Introduction :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe transversal selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route . Il définit notamment la largeur et le dévers des chaussées. Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur la route, qui définit le nombre de voies.

2. Elements constitutifs du profil en travers :

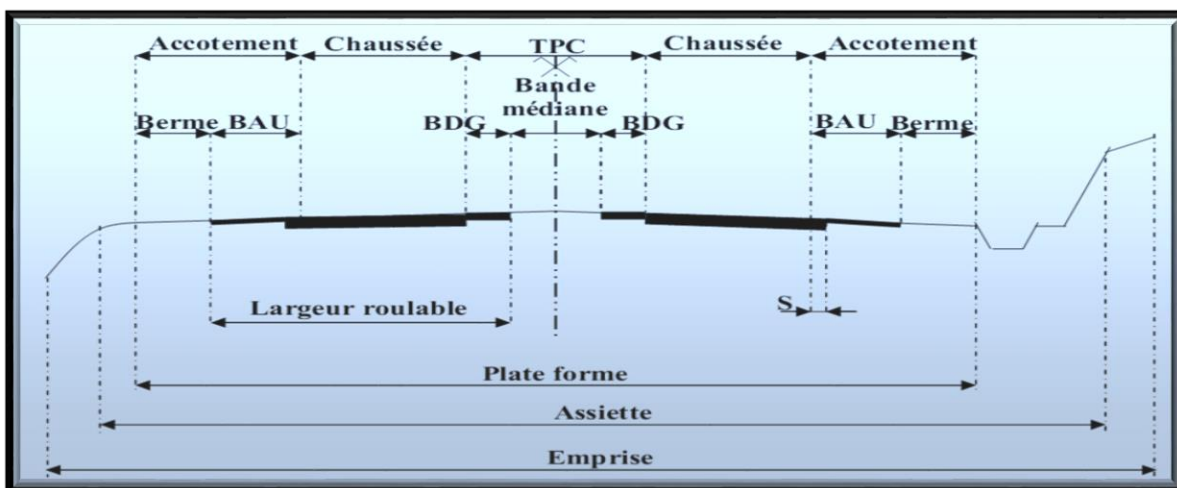


Figure.21 : Eléments constitutifs du profil en travers

2.1. L'emprise :

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

2.2. L'assiette :

Surface du terrain réellement construite pour créer la route, c'est -à- dire les limite des terrassements.

2.3. Plate-forme :

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

2.4. Chaussée :

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

2.5. Accotement :

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

2.5.1. Bande d'arrêt d'urgence :

Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.

2.5.2. La berme :

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

2.6. Terre-plein central (T.P.C) :

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

2.7. Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée sans dénivellation. Sa largeur est de 1,00 m.

2.8. Bande médiane :

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

2.9. 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.

2.10. La largeur roulable :

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage dérive

- **Sur largeur S :** Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage dérive.

2.11. Plate-forme :

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

2.12. L'Assiette:

Surface de terrain réellement occupé par la route. c'est-à-dire les limites des terrassements. (ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai)

2.13. L' Emprise :

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement , exutoires , etc) limitée par le domaine public.

3. Classification du profil en travers :

On distingue deux types de profils:

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

3.1. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce dessinée de base dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement d'une route existante. Il représente théoriquement une section transversale dans le corps de la chaussée, étant composé ordinairement de deux demi - profil juxtaposé : l'un «en remblai »l'autre «en déblai », et il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblais, en déblais)

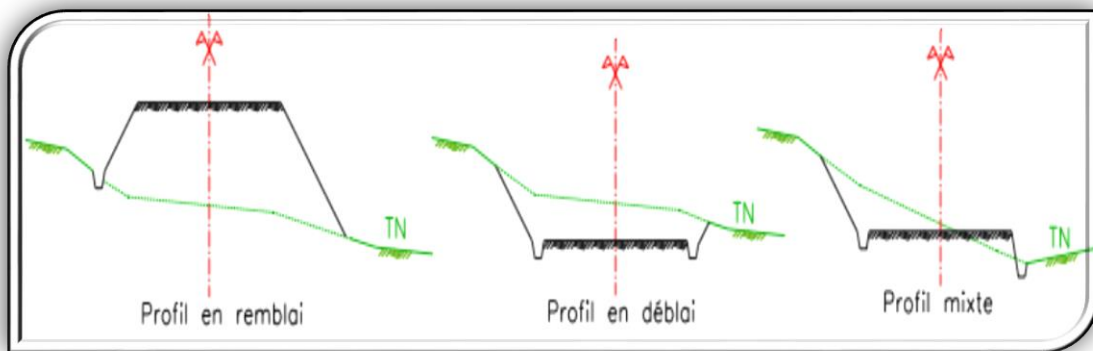


Figure.22 : Profile en travers

3.2. Profil en travers courant :

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

4. Pentes transversales :

4.1. En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur. La pente d'une B.A.U, est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques. Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente. La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

4.2. En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, Entre 2,5% pour R_{nd} et 7% pour R_m . La pente de la B.A.U intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U extérieure reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

4.3. Changement du dévers :

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif.

4.3.1. Point de rotation des dévers :

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

4.3.2. Evacuation des eaux de ruissellement :

Lorsqu'il est nécessaire d'introduire un changement de dévers, la longueur de la chaussée sur laquelle règnent les dévers compris entre -1% et +1% est déterminée de manière à ne compromettre ni l'écoulement des eaux de ruissellement, ni l'aspect du tracé.

Dans la zone de basculement du dévers, l'évacuation des eaux de ruissellement sur la chaussée requiert une pente résultante de 0,5% en tout point de la chaussée. En courbe déversée, le T.P.C. est équipé de façon à évacuer les eaux de ruissellement de la chaussée extérieure.

5. Application au projet :

➤ Profil 1: cas de déblai / remblai

Chaussée 2x7m	14m
Terre plein central	2.00m
Accotements 2 x1.80	3.60m
Total	19.60m

➤ Profil 1: Cas de déblai

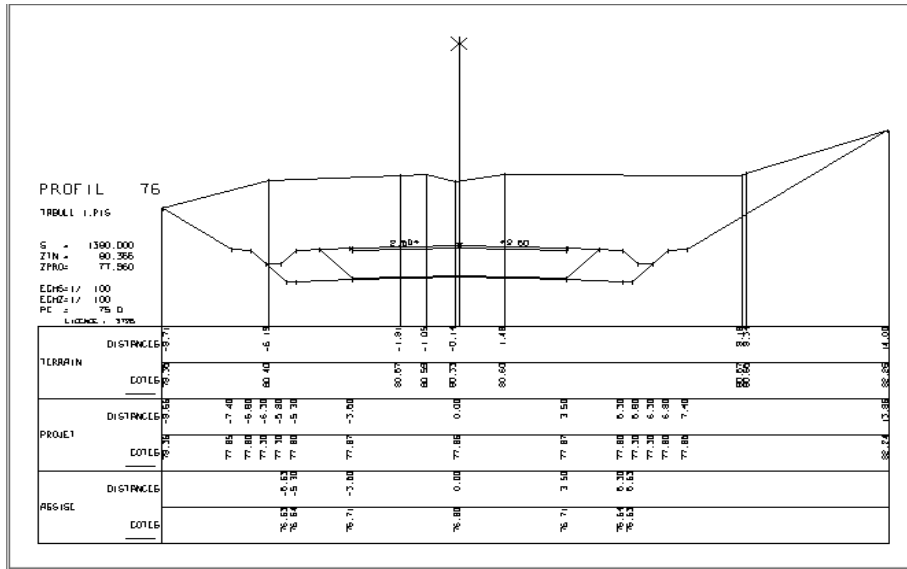


Figure.23 : Profil 1 Cas de déblai

➤ Cas remblai

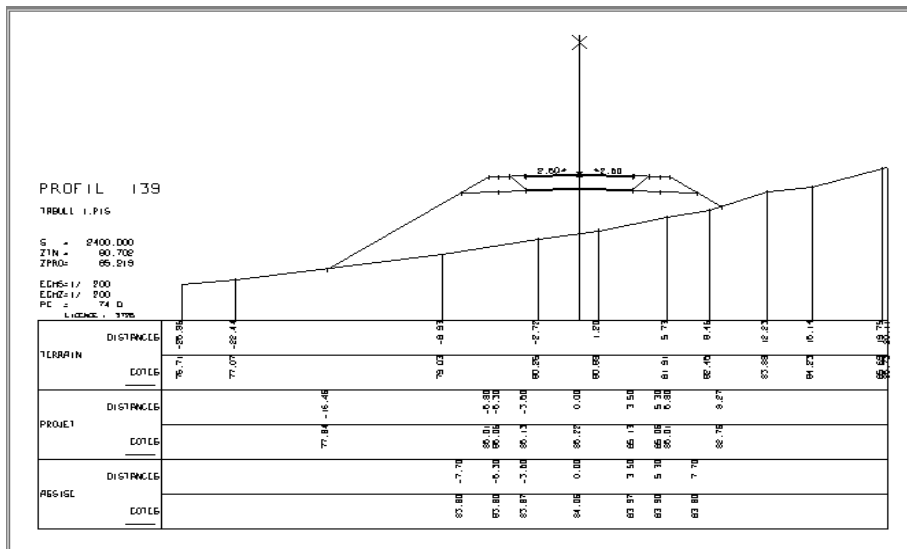


Figure.24 : Profil 1 Cas de remblai

➤ Cas Mixte

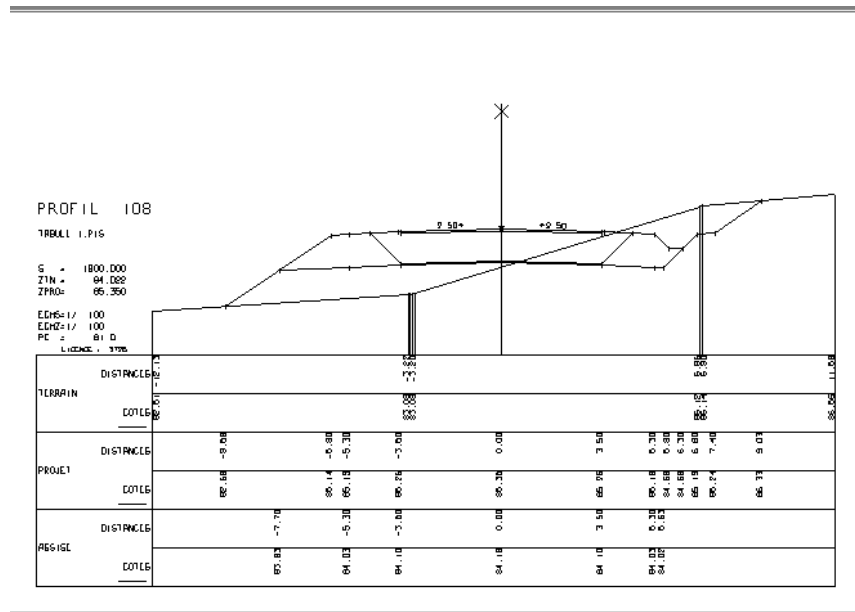


Figure 25 : Profil 1 Cas de mixte

IV. LES CUBATURES

1. Introduction :

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

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

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

2. Définition :

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

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

3. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures représentent les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifient le calcul. Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section correspondant à notre projet parmi lesquelles on cite :

- Méthode de l'aire moyenne.
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.
- Méthode de GULDEN.
- Méthode de SARRUS.

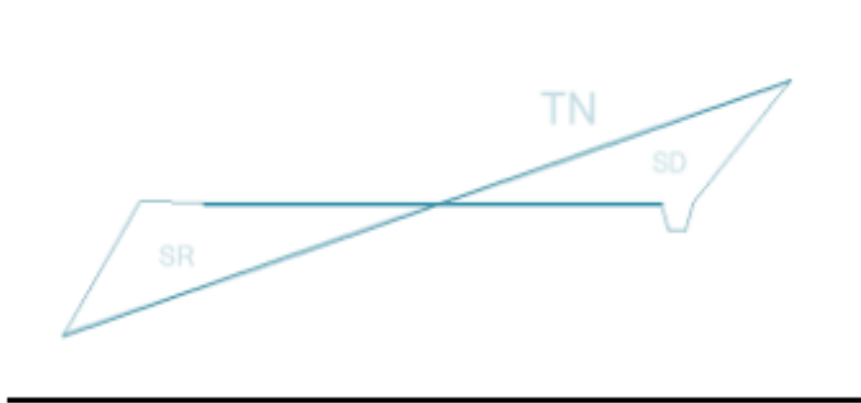


Figure.26 : Les positions des sections dans un profil en travers

- **TN** : terrain naturel
- **SD** : surface déblai
- **SR** : surface remblai

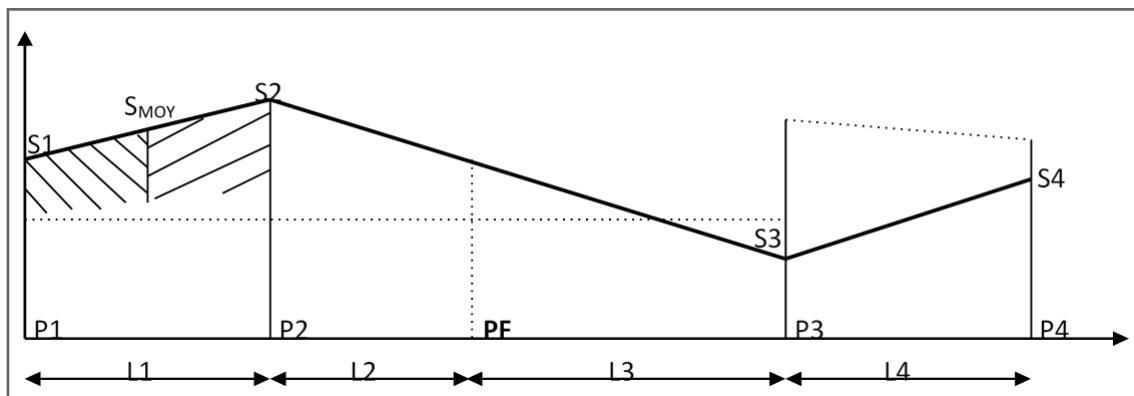


Figure 27 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

- **PF** : profil fictive, surface nulle
 - **Si** : surface de profil en travers P
 - **Li** : distance entre ces deux profils
 - **SMOY** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).
- **Exemple d'application :** Pour éviter les calculs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY

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

$$\text{D'où : } V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

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

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F : V_2 = L_2 \cdot \frac{(S_2 + 0)}{2} \text{ où } P_F : \text{profil fictive de surface nulle}$$

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

$$\text{Entre } P_3 \text{ et } P_4 : V_4 = L_4 \cdot \frac{(S_3 + S_4)}{2}$$

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

Le volume total : $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$.

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

4. Calcul des cubatures de terrassement

Calcul s'effectue à l'aide de logiciel « **Piste5.05** » Voir annexe.

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

- ✓ volume déblai VD = 213 566.00 m³
- ✓ volume remblai VR = 100 195.00 m³

Chapitre IV

Etude

géotechnique

1. Introduction

L'étude géotechnique du terrain de la construction du projet routier est très importante pour connaître ses caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol, sa nature et son type, ainsi que pour savoir s'il est bon ou s'il doit être renforcé. Nous pouvons construire une structure routière transportant différentes charges de véhicules différents et en particulier le poids lourds qui dépend de la détermination des dimensions le corps de la route Qui sera créé.

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

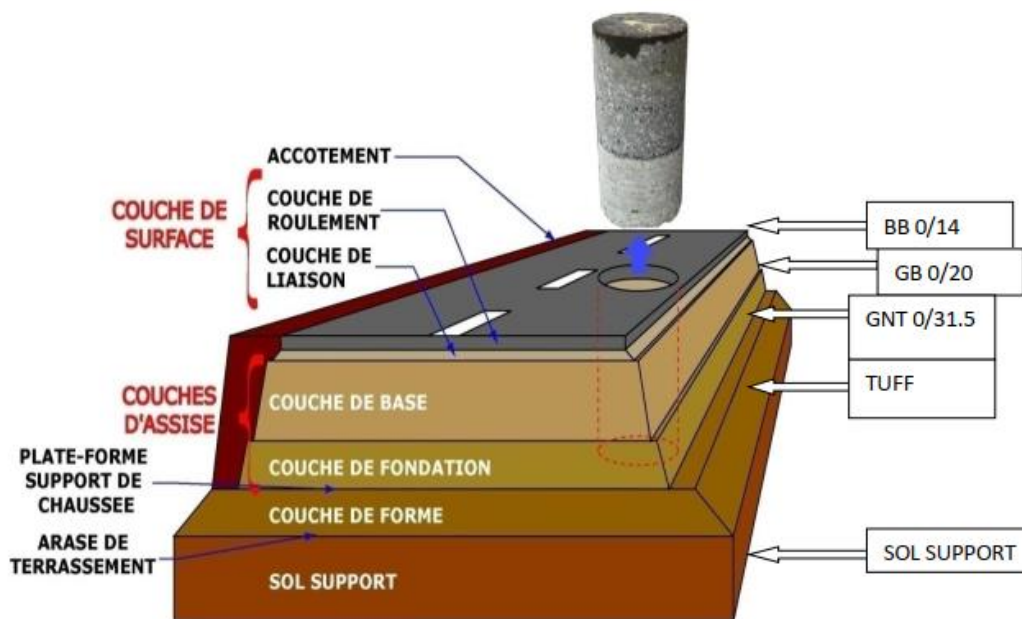


Figure.28 : Différente couche de corps de chaussée

2. Objectifs de la géotechnique :

La géotechnique routière a pour objectif :

- De définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée.
- Établir le projet de terrassement.
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.

3. Investigation

3.1. In-situ :

On procédé à la réalisation des essais in-situ suivants:

-Deux sondages carottés, de vingt mètre de profondeur chacun, à l'aide d'une sondeuse hydraulique TEREDO 3 accompagné d'un système de standard pénétration test (SPT), en vue d'établir des coupes géologiques des terrains rencontrés et aussi de pouvoir disposer d'une quantité suffisante d'échantillons pour la réalisation des essais au laboratoire.

- Deux points d'essai pressiométrique Menard de vingt mètre de profondeur chacun.

- Quatre Puits de reconnaissances pour lot route, réalisés à l'aide d'une pelle mécanique.

L'emplacement des sondages carottés figure suivante :



Figure.29 : sondages carottés

➤ **Puits de reconnaissances :**

La lithologie détaillée du tracé est la suivante:

Puits	Coordonnées		Profondeur En (m)	Lithologie
	X	Y		
P1	292125	4074638	0.00-0.50	Remblai
			0.50-2.20	Sable limoneux avec peu d'argile et graves
P2	291882	4074285	0.00-0.10	Terre végétale
			0.10-1.20	Gneiss altéré, fragmentable en profondeur.
P3	291438	4073588	0.00-0.30	Terre végétale
			0.30- 2.10	Remblai de TVO contaminée rouge + béton
P4	291891	4072832	0.00-0.20	Terre végétale
			0.20-2.10	Sable argilo-limoneux, peu de grave, et des cailloux occasionnels.

Tableau.21: Les puits d'exploration et coupes lithologiques

3.2. Au laboratoire :

A la fin de l'exécution des essais in-situ, les échantillons récupérés ont été soumis aux essais physiques, mécaniques et chimiques.

3.2.1. Les essais d'identification physiques:

A) Teneur en eau et masse volumique :

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

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

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

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

On calcule aussi la masse volumique sèche :

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

B) Analyse granulométrique :

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

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique, cette analyse se fait en générale par un tamisage. Suivant la dimension des particules, les dénominations suivantes ont été adoptées :

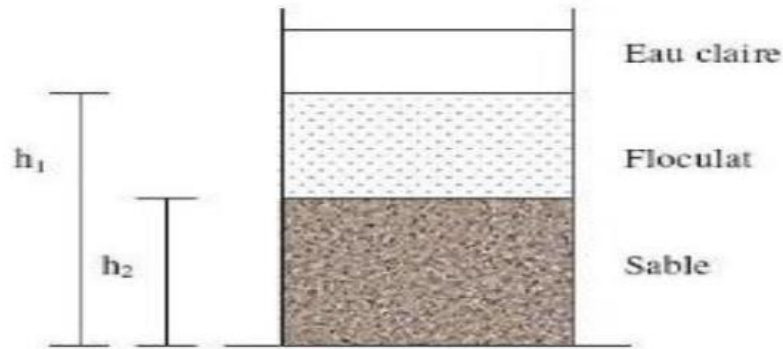


Figure.30 : L'essai granulométrique

Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
$D > 20$	Cailloux	Sols Grenus
$20 > D > 2$	Graves	Sols Grenus
$2 > D > 0.2$	Gros sable	Sols Grenus
$0.2 > D > 0.02$	Sable fin	Sols Grenus
$0.02 > D > 2 \mu$	Limons	Sols fins
$D < 2 \mu$	Argiles	Sols fins

Tableau.22 : dimension D des grains

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



Figure.31 : les phases de l'essai analyse granulométrique

C) Équivalent du sable :

Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments fins et faiblement plastiques. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution flocculant destinée à mettre en suspension

et à faire gonfler les particules argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur h_2 du sable et la hauteur h_1 du sommet du flocculant.

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

On calcule ensuite :



Figure.32 : L'essai équivalente sable

D) Limites d'Atterberg :

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

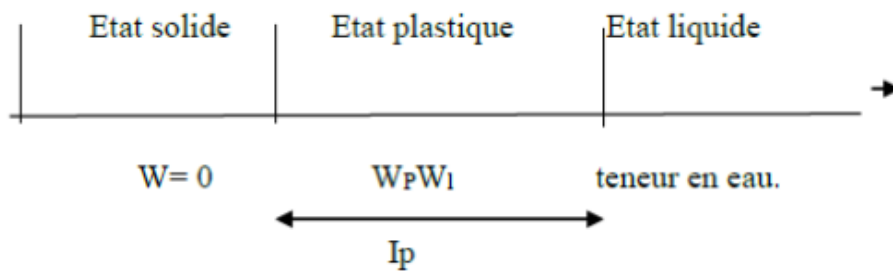
Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau :

- ✓ **La limite de liquidité (wl) :** est une valeur de teneur en eau qui indique le passage du sol à l'état liquide, elle est obtenue théoriquement par une fermeture correspondant à $N=25$ chocs. $WI = W_x (N/25)^{0.021}$

W : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups ; N : nombre de coups.

- ✓ **La limite de plasticité (w_p):** teneur en eau d'un sol remanié caractérisant la transition entre un état plastique et un état solide - le sol est durcit et se fissure.
- ✓ **Indice de plasticité (I_p):** est une caractéristique du sol, indépendante de sa teneur en eau (cet indice définit l'étendue du domaine plastique du sol entre les limites de liquidité et de plasticité), $I_p = W_L - W_P$.
- ✓ **Indice de consistance (I_c) :** On appelle indice de consistance I_c le rapport $(w_l - w) / I_p$, $I_c = (w_l - w) / I_p$

w : étant la teneur en eau du sol à l'état naturel



Ces limites sont très utiles pour identifier et classer un sol



Figure.33 : l'appareil de casagrande

E) Essai au bleu de méthylène VBs :

Il s'agit d'un autre paramètre permettant de caractériser l'argilosité d'un sol mais dont l'application à l'identification des sols remonte seulement à quelques années. Ce paramètre représente la quantité du bleu de méthylène pouvant s'absorber sur les surfaces externes et

internes des particules du sol, ou autrement dit une grandeur directement liée à la surface spécifique du sol.

La valeur du bleu, notée **VBs** (valeur du bleu du sol) et exprimée en grammes du bleu pour 100g de sol.

Le tableau qui suit donne la sensibilité à l'eau des différents sols en fonction de la valeur au bleu

Sensibilité à l'eau	Seuil <i>VBs</i>	Sols
Insensibles	0.1	
Éventuellement sensible	0.2	
Sensible	0.2 à 1.5	Sablo-limoneux
	1.5 à 2.5	Sablo-argileux
	2.5 à 6	limoneux
	6 à 8	argileux
	Sup à 8	Très argileux

Tableau.23 : la sensibilité à l'eau en fonction de la valeur au bleu

3.2.2. Essais mécaniques :

A) Essai de Proctor :

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

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

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

L'essai **Proctor modifié**, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

Les remblais posent à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer :

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

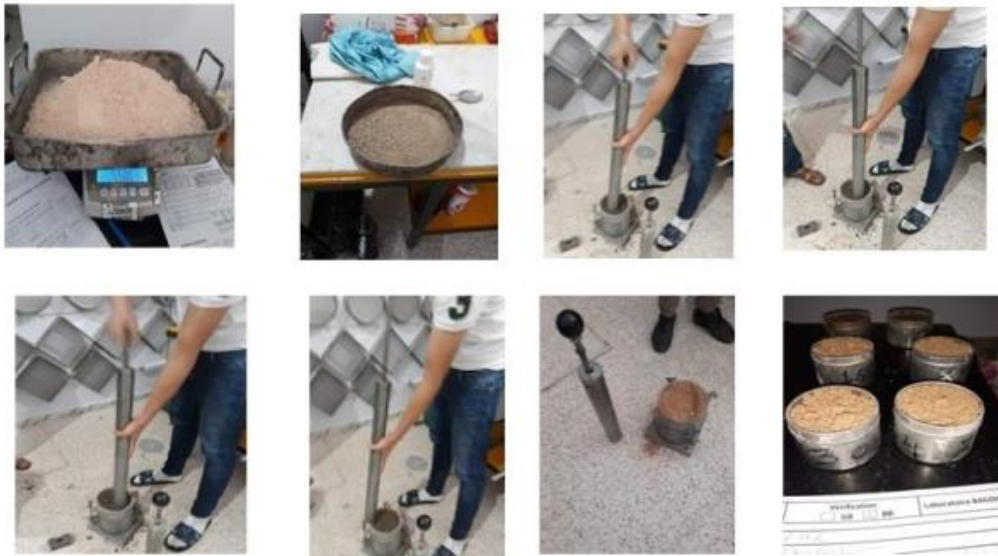


Figure.34 : les phases de l'essai Proctor

B) Essai de CBR (California Bearing Ratio):

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

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

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

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

Tableau.24 : spécification CBR



Figure.35 : Les phases de l'essai CBRE tube de laboratoire

C) La résistance au choc : essai LOS AGELES (NF P 18-573) :

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

$$LA = \frac{m'}{m} \times 100$$

Avec :

- **m** : masse initial des granulats avant l'essai
- **m'** : masse des granulats après l'essai, lavage au tamis 1.6mm et séchage.



Figure.36 : les phases de l'essai de LOS ANGELOS

Classe granulaire (mm)	Nombre de boulets	Masse totale de la charge(g)	Nombre de rotations
4 – 6.3	7	3080	500
6.3 – 10	9	3960	500
10 – 14	11	4840	500
14 – 25	11	4840	500
16 - 31.5	12	5280	500
25 - 50	12	5280	1000

Tableau.25 : Détermination du nombre de boules, de la masse de la charge et du nombre de rotation en fonction de la classe granulaire

LA	Appréciation
<15	Très bon à bon
15 à 25	Bon à moyen
25 à 30	Moyen à faible
>30	Médiocre

Tableau.26 : spécification de los Angeles

D) La résistance à l'usure en présence d'eau : essai MICRO-DEVAL (NF P 18-572) :

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

$$\text{MDS ou MDE} = \frac{Mm}{m} \times 100$$

Avec :

- **M**: mass initial avant l'essai
- **m**: mass des granulats après essai, lavage au tamis 1.6 mm et séchage.

MDE	Appréciation
<13	Très bon à bon
13 à 20	Bon à moyen
20 à 25	Moyen à faible
>25	Médiocre

Tableau.27 : Spécification de micro Deval



Figure.37 : les phases de l'essai MICRO-DEVAL

4. Résultats Des Essais

Toutes les caractéristiques physiques et mécaniques réalisées au laboratoire sont insérées dans le tableau suivant :

N° de Puits	Echan Prof (m)	Essai de FR	Essai de DG	Wn (%)	Dmax (mm)	Tami sa à 2.00 mm en (%)	Tami sa à 80 µmen (%)	VBS g/kg	Wl (%)	Ip (%)	Proctor Modifié		Indice CBR Imbibé			Indice CBR Immédiat		A 95% de γ_{dmax}	Classification GTR
											W OPM (%)	γ_d OPM (t/m ³)	25 c	55 c	Gf en mm	25 c	55 c		
1	0.5-2.20	-	-	3.83	15	87.1	34.8	0.64	-	-	11.09	1.96	4.23	9.41	1.68	-	-	5.53	B5
2	0.1-1.2	-	-	5.07	28	40.43	6.69	0.12	NM		8.77	2.06	17.49	33.51	0.39	-	-	20.69	B3
3	0.3-2.10	-	-	11.18	47	34.79	12.88	0.48	58.67	22.91	10.5	2.05	6.9	7.07	1.8	-	-	6.92	B5
4	0.2-2.10	-	-	7.46	2.2	94.67	58.68	1.3	-	-	10.5	1.92	2.39	2.87	2.57	-	-	2.45	A1

Tableau.28 : Tableau récapitulatif

D’après Le GTR (Gide de Terrassement Routier) on a adopté trois Classification des sols dans notre route .

Sous classe fonction de la nature	Sous classe fonction de la nature	Caractères principaux
B ₅	Sables et graves très silteux..	La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières, rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols A 1. Pour la même raison qu'indiquée à propos des sols A1, il y a lieu de préférer le critère VBS au critère Ip, pour l'identification des sols B 5. Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite de connaître leur résistance mécanique (Los Angelès, LA, et/ou Micro Deval en présence d'eau, MDE)
B ₃	Graves silteuses	Matériaux graveleux généralement insensibles à l'eau. Mais, dans certains cas (extraction dans la nappe...), cette insensibilité devra être confirmée (étude complémentaire, planche d'essai,...). Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angelès, LA, et Micro Deval en présence d'eau, MDE).
A ₁	Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques	Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur wn est proche de wOPN. Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement. Dans le cas de ces sols fins peu plastiques, il est souvent préférable de les identifier par la valeur de bleu de méthylène VBS, compte tenu de l'imprécision attachée à la mesure de l'Ip

Chapitre V

Dimensionnement des corps des chaussés

1. Introduction :

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

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 vide.

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.

2. La chaussée :

2.1. Définition :

2.1.1. Au sens géométrique :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

2.1.2. Au sens structurel :

C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges extérieures.

2.2. Classification des chaussées :

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

- Chaussée souple
- Chaussée semi-rigide
- Chaussée rigide

2.2.1. Chaussée souple :

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

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

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

La chaussée souple est constituée de deux éléments constrictifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

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

A) Couche de roulement (surface) :

Cette couche est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures, elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison.

Le rôle de couche de roulement :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- D'imperméabiliser la surface de la chaussée.
- D'assurer la sécurité (adhérence) et le confort des usagers (bruit et uni).

La couche de liaison a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

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

B) Couche de base :

C'est une couche intermédiaire, permet le passage progressif entre couche de roulement et couche de fondation. Elle reprend les efforts verticaux et répartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base est entre 10 et 20 cm

C) Couche de fondation :

Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie et elle a le même rôle que celui de base.

L'épaisseur de cette couche est entre 15 et 60

La couche de fondation et la couche de base forment « corps de chaussée ».

D) Coche de forme :

Employé lorsque le terrain nature présente des caractéristiques particulièrement médiocres et hétérogènes (nature de sol support).

Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs à court terme

Sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

Sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : elle assure une portance suffisante à court terme 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.

Eventuellement, une couche drainante ou anti-contaminant peut être intercalée entre la couche de forme et la couche de fondation s'appelle « sous-couche ».

Anti-contaminant : écran contre la remontée d'éléments argileux ou limoneux dans la chaussée.

Anticapillaire : écran contre les remontées d'eau dans le corps de chaussée, sous l'action des forces capillaires.

Antigel : réalisée en matériaux insensibles au gel, pour accroître l'épaisseur totale de la chaussée jusqu'à une profondeur voisine de la pénétration maximale de gel

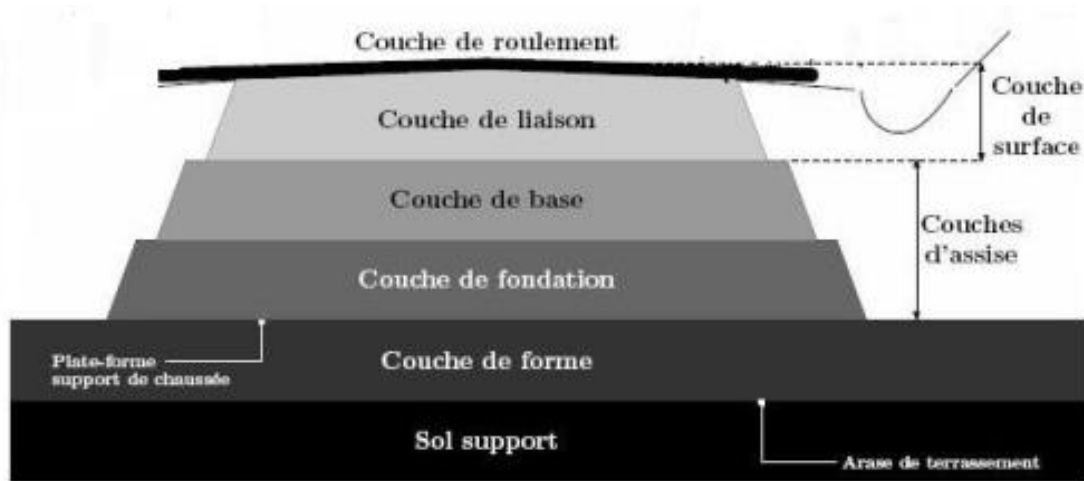


Figure.38 : Les différentes couches de la chaussée

2.2.2. Chaussée semi-rigide :

On distingue :

Les chaussées comportant une couche de base (quelque fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat, ...).

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

La chaussée comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

2.2.3. Chaussée rigide :

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

La figure ci-dessous représente les différents corps de chaussée pour chaque classe de chaussée :

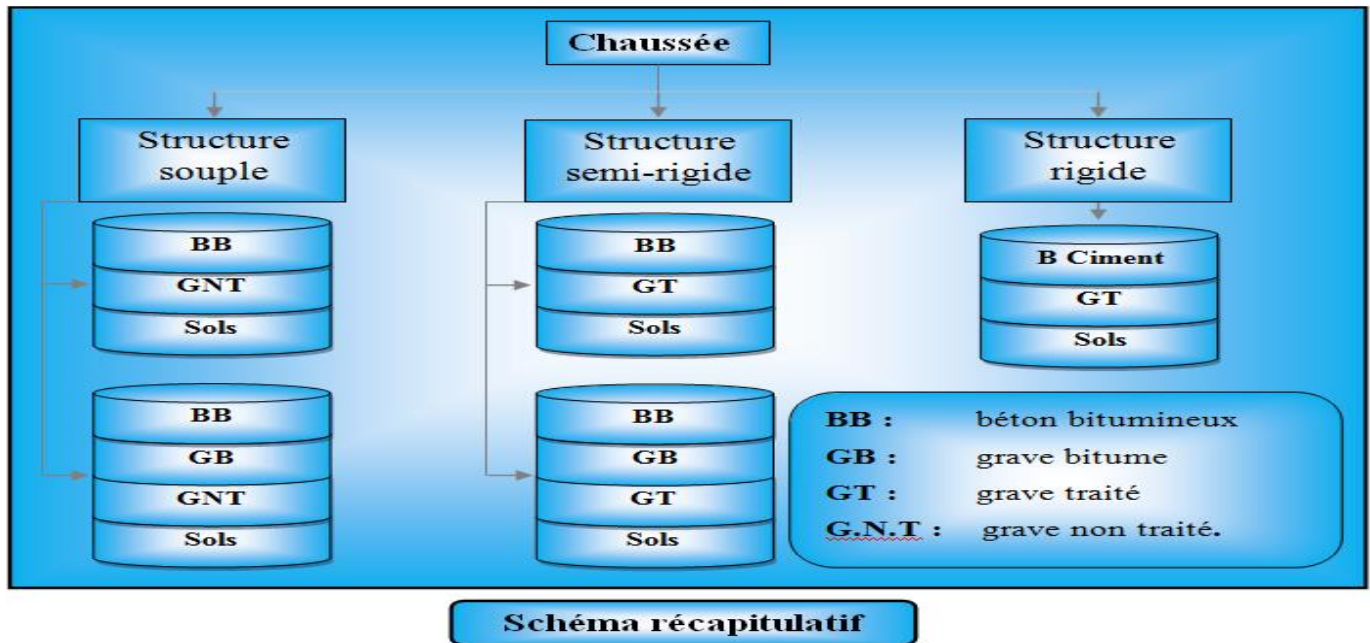


Figure.39 : Types de chaussées

2.3. Les différents facteurs pour les études de dimensionnement :

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

2.3.1. Trafic :

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

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

- De trafic poids lourds à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.
- De trafic cumulé sur la période considérée.

2.3.2. Environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support. Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés des matériaux bitumineux et conditionne leur utilisation.

2.3.3. Le sol support :

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

Les plates formes sont définies à partir :

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

2.3.4. Matériaux :

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

3. Méthode de dimensionnement de corps de chaussée :

On distingue deux familles de méthodes de dimensionnement qui sont :

3.1. Les méthodes théoriques :

Ces méthodes assimilent la chaussée à un corps justiciable des procédées de l'élasticité ces méthodes qui sont peu utilisées en pratique servent de base aux travaux de recherche entreprise dans ce domaine elles peuvent se borner à l'étude élastique des systèmes multicouches soumis à des charges statiques (EX : Bousinessq, Burmister, Hogg ,Jeuffroy, ...etc.)

3.2. Les méthodes empiriques (classiques) :

Ces méthodes basées des connaissances technologiques expérimentales et des constatations sur les comportements des chaussées (EX : méthode de steel, méthode de l'aviation civil américaine, etc....).

3.3. Les méthodes les plus utilisées en Algérie :

Ces méthodes combinent les résultats des études théoriques et des essais constatations faites sur la chaussée, ces méthodes sont les plus répandues et les plus rationnels et les plus utilisée.

On peut citer :

3.3.1. Méthode CBR (Californien Bearing Ratio) :

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

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

Les abaques qui donner l'épaisseur «e» des chaussées en fonction de l'indice CBR, la pression de gonflable des pneus, des nombres de répétitions et de charge correspondant approximativement à la formule suivantes :

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{icbr + 5}$$

- **e** : épaisseur totale (cm).
- **ICBR** : Indice CBR.
- **P** : charge par roue ; P= 6.5 t
- **P** : charge par essieu ; P= 13 t

On tenant compte de l'influence de trafic, la formule précédente devient :

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

- **N** : désigne le nombre moyen de camion de plus de 1500 Kg à vide.
- **Log** : logarithme décimale.

$$N = TJMAN \times \%PL$$

TJMAN : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans

n: année de prévision.

N : nombre moyen journalier de poids lourds

A) Détermination des épaisseurs des couches :

Après avoir calculé l'épaisseur totale de la chaussée faite en matière de grave propre, on répartie cette épaisseur sur toute les couche par l'utilisateur d'un coefficient d'équivalence «a» pour chaque type de matériau de façon suivante :

- Calculer l'épaisseur totale de la chaussée.
- Fixation des épaisseurs de couche de surface et couche de base.
- On calcul l'épaisseur de la couche de fondation on utilisant la formule suivante :

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

e_1, e_2, e_3 : Les épaisseurs réelles des couches

B) Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique «a» appelé coefficient d'équivalence.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

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

- $e_1 \times a_1$: couche de roulement.
- $e_2 \times a_2$: couche de base.
- $e_3 \times a_3$: couche de fondation.

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton Bitumineux	2,00
Grave-Ciment, Grave-Laitier	1,5
Grave concassée	1,00
Grave sableuse (TVO)	0,75
Sable	0,50
Grave Bitume	1,60 à 1,70
Tuf	0,60
Sable-Ciment	1,20
Sable-Laitier	1,3

Tableau.29 : Les valeurs du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e₁ » et « e₂ » et on calcule « e₃ ». Généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 à 8 cm

TVO= 30cm et plus.

GB= 10 à 20 cm

GC =15 à 30 cm

3.3.2. Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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

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

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

A) Approche empirique.

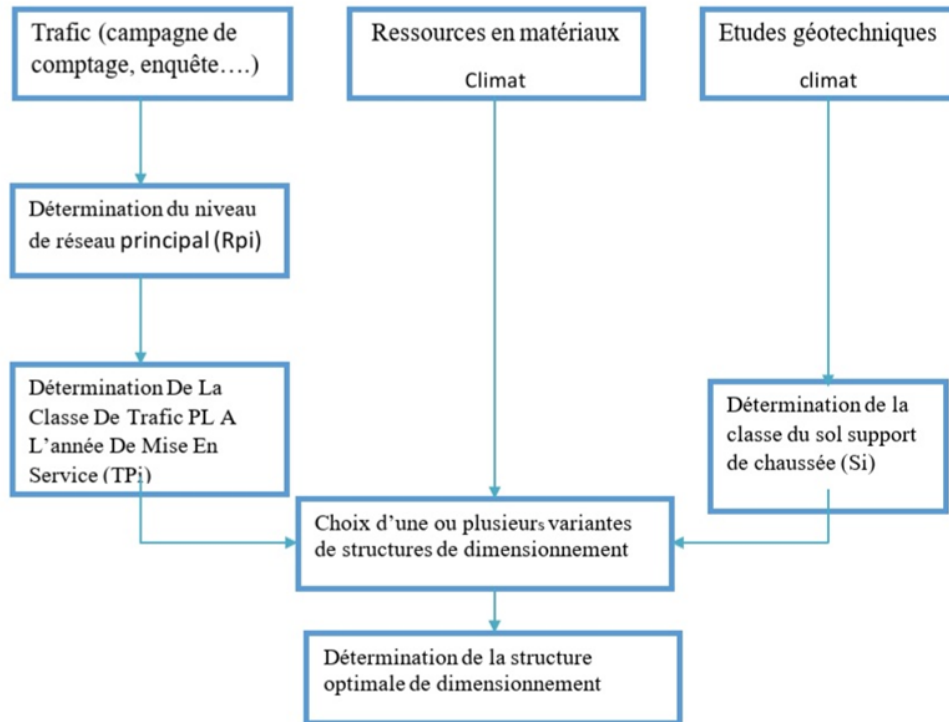


Figure.40: la démarche de catalogue (fascicule 01 page 07)

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

- Trafic cumulé de poids lourds aux 15 ans T_j .
- Les caractéristiques de sol.
- Cette méthode se base essentiellement sur quatre paramètres :
- Le trafic.
- La portance du sol support de la chaussée.
- Zone climatique.
- Les matériaux.

B) Les principes de méthode :

B.a) Détermination du type de réseau :

Réseau principale notée RP :

Il se compose de route reliant :

- Le chef lieux de wilaya.
- Les ports, les aéroports et les postes frontaliers.
- Les principales importantes zones industrielles agglomérations.
- Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :
- RP1 ($T > 1500$ V/J) : RN, autoroute, CW.
- RP2 ($T < 1500$ V/J) : RN, CW.

Le linéaire total de réseau principal RP est d'ordre de 18.400 Km.

Le réseau secondaire RS :

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire total de 7.900Km.

Répartition transversal du trafic : on adopte les valeurs suivantes :

- Chaussée unidirectionnelles à **2 voies** : **90%** du trafic **PL** sur la voie lent de droite.
- Chaussée unidirectionnelles à **3 voies** : **80%** du trafic **PL** sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelles à **2 voies** : **50%** du trafic **PL**.
- Chaussée bidirectionnelles à **3 voies** : **50%** du trafic **PL**.

B.b) Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafic (TPLi) adoptée dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mis en service.

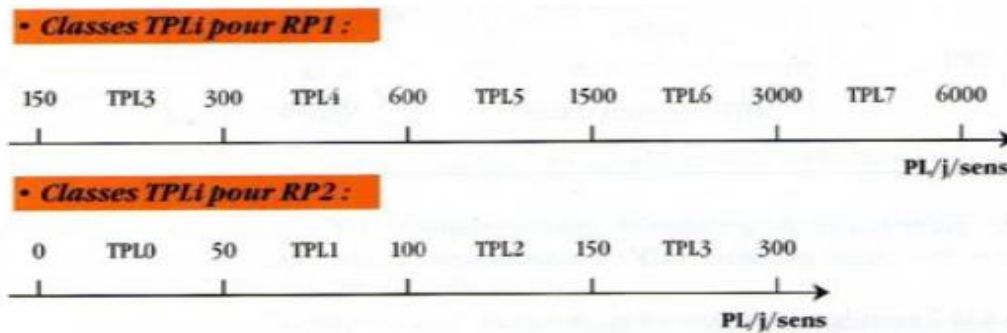


Figure.41 : Classes de trafic TPLi (fascicule 01 page 10)

B.c) Détermination de la portance de sol support de chaussée :

Classes de portance des sols Si :

Portance	CBR
S ₄	<5
S ₃	5 à 10
S ₂	10 à 25
S ₁	25 à 40
S ₀	> 40

Tableau.30 : Classe de portance des sols (fascicule 01 page 11)

B.d) Plages probable de portance des sols :

Argiles, limons : S₄, S₃, S₂.

Sable, grave : S₃, S₂, S₁, S₀.

B.e) Portance de sols tassés :

Importance du rapport géotechnique «l'étude géotechnique est nécessaire, car elle permettra d'identifier et de classer les sols».

B.f) Zones climatiques :

Les différentes zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	climat	Tep (°)	région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, Hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	aride	30	Sud

Tableau.31 : Classification climatique

B.g) Cas des sols sensible à l'eau :

La portance du sol support est déterminée par :

- L'essai CBR imbibé à 4 jours pour les zones climatique I et II
- L'essai CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV
- **Couche de forme :**

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de portance du sol tassé (S_i) et la classe du sol support visée (S_j).

Classe portance du sol terrassé(Si)	Matériaux de couche de forme (C.F)	Épaisseur de couche de forme (C.F)	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	Matériaux non traités	50cm (en 2couches)	S3
S4	Matériaux non traités	35cm	S3
S4	Matériaux non traités	60cm (en 2couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40cm (en 2couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70cm (en 2couches)	S1

Tableau.32 : Amélioration de la portance du sol support (fascicule 01 page 13)

Note :

Pour notre cas on a un CBR<5 c S4 nous proposons Ecf =60 cm en 2 couche de tuf pour obtenir un CBR compris entre 10 et 25 c S2

B.h) Sur classement des sols supports de chaussées :

Lorsque des cas de sols de faible portance (inf à S4 en RP2, inf à S4 et S3 en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme de forme devient nécessaire.

L'utilisation d'une couche de forme permet un sur classement de portance du sol terrassé

B.i) Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

Les valeurs S1, S2, S3, S4, indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante:

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

E (MPa) = 5 x 5 = 25 (MPa) la classe de portance de sol support est de S3.

Classe de sol-support	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau.33 : Des classes de portance de sol support (fascicule 01 page 12)

4. Application Au Projet

Pour le dimensionnement de corps de chaussée on va utiliser les deux méthodes précédentes qui sont la méthode CBR et la méthode du catalogue des chaussées neuves « CTPP ».

On a :

- ✓ $PL=20\%$
- ✓ $TJMA = 13626 \text{ veh/j}$ (par 2 sens)
- ✓ Taux d'accroissement annuel $\tau=4\%$
- ✓ Année de mise en service : 2025 = 14740 v/j
- ✓ $V= 80 \text{ km/h}$
- ✓ CBR de sol = **2.78** (donnée du bureau d'étude)
- ✓ Durée de vie : 20 ans
- ✓ TJMA de l'année de mise en service : $TJMA_{2025}=7387 \text{ v/j}$.

On a $ICBR=2.78$ ce sol est de classe S4 , pour passer au sol de bonne portance (S2) on ajoute une couche de forme d'épaisseur sera calculée ultérieurement). Alors on suppose que la nouvelle portance est de $ICBR= 10$.

➤ Méthode de l'indice CBR :

$$N_{PL\ 2023} = (13626 \times 20\%) = 2726 \text{ PL/j. (par 2 sens)}$$

$$N_{PL\ 2025} = 2726 (1+0.04)^2 = 2948 \text{ PL/j.}$$

$$N_{PL\ 2045} = 2948 (1+0.04)^{20} = 6459 \text{ PL/j.}$$

$$N_{PL\ 2045} = 6459/2 = 3230 \text{ PL/j. (par sens)}$$

Le choix de la valeur de l'indice CBR :

L'indice CBR que nous allons utiliser est celui correspondant à 98 % de compacité.

On prend: $ICBR = 2.78$; car il est praticable dans le chantier, pour cela il faut faire une couche de forme.

Les coefficients d'équivalence ont été déterminés pour chaque type de matériau

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{ICBR + 5} \text{ I}_{CBR} : \text{indice CBR}$$

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivant 1114:

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

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

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

a) **E équivalent** pour CBR 2.78

$$eq1 = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{2330}{10})}{2.78 + 5} \approx 79 \text{ cm}$$

b) Suppose qu'on ajoute une couche de forme de capacité ICBR = 10

$$eq2 = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{2330}{10})}{10 + 5} \approx 40 \text{ cm}$$

Alors, l'épaisseur total du corps chaussée est :40 cm

❖ **L'épaisseur équivalente:**

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_{\text{équivalent}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée il nous

$$a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = E_{\text{Totale}}$$

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3^{ème}

On propose : $e_1 = 6$ cm en Béton Bitumineux BB

$e_2 = 10$ cm en Grave Bitume GB

- Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 \text{ cm}$.
- Couche de base en grave bitume (G.B) : $a_2 \times e_2 = 1.50 \times 10 \text{ cm}$.

Et on calcule e_3 : couche en Grave Non Traité GNT et en GB

$$e_3 = [40 - (2 \times 6 + 1,5 \times 10)] \div 1 = 15 \text{ cm} \text{ pour GC} \rightarrow \text{coefficient d'équivalence} = 1$$

$$\text{ou } e_3 = [40 - (2 \times 6 + 1,5 \times 10)] \div 1.5 = 10 \text{ m POUR GB} \rightarrow \text{coefficient d'équivalence} = 1.5$$

alors la 1ere structure comporte : **6BB+10GB+15GC**

et la 2eme structure comporte : **6BB+10GB+10 GB**

Je propose la 1ere structure car elle est plus économique

✓ L'épaisseur de la couche e forme $e_{q1} - e_{q2} = 79 - 40 = 39 \text{ cm}$ en GNT ($a=1$)

Pour notre cas je propose utilise couche de fourme en tout venant de carrière (TVC)

Coefficient d'équivalence de TVC = 0.75

$$\frac{E_{eq1} - E_{eq2}}{0,75} = \frac{79 - 40}{0,75} = 52 \text{ cm}$$



Figure.42: Les épaisseurs des couches par la méthode du CBR

➤ **Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP » :**

❖ **Détermination de type de réseau principal :**

On a : $TJMA_{2023} = 13628 \text{ v/j/2sens.} > 1500$

Notre route a un intérêt stratégique et économique.

Donc on est dans le réseau principal de niveau 1 (**RP1**)

Réseau principale	Trafic (véhicule / jour)
RP1	> 1500
RP2	< 1500

Tableau.34 : Classification des réseaux principaux (fascicule 01)

❖ Détermination de la classe de trafic :

TJMA₂₀₂₃ = 6814 v/j/sens. (2025 c'est l'année de mise en service).

$$TJMA_{2025} = 6814 \times (1 + 0.04)^2$$

$$TJMA_{2025} = 7370 \text{ v/j/sens}$$

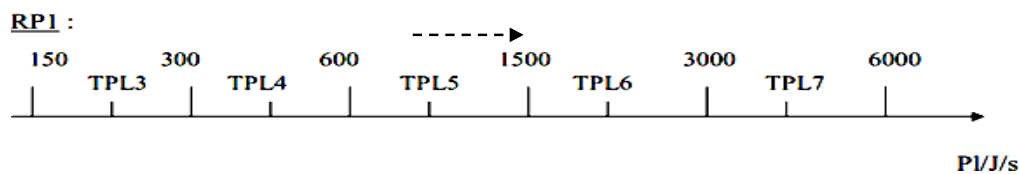
$$\Rightarrow TPL = 7370 \times 0.2 = 1474 \text{ PL/ j/ sens.}$$

Nous avons une chaussée bidirectionnelle à 2 voies. D'après le catalogue du dimensionnement algérien La répartition du poids lourd est de 90% sur la voie de droite

Donc : Le calcul du trafic, selon la **répartition transversale** de la chaussée est :

$$TPL = 1474 \times 0.9 = 1327 \text{ (PL/j/sens). } 600 < 1327 < 1500 \text{ pl/j/sens}$$

Donc la classe TPL pour RP1 (fascicule N01) La classe de trafic est : « **TPL5** »



❖ Classe de la portance du sol

✓ $E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 2.78 = 14 \text{ MPA}$

✓ Classe S4 + 60 Cm → S2

Classes de sols supports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25 - 50	50 - 125	125 - 200	> 200

Tableau.35 : Classe de sols support selon le module E

Sur classement des sols supports de chaussées:

Lorsque des cas de sols de faible portance (inf à S4 en RP2, inf à S4 et S3 en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire.

L'utilisation d'une couche de forme permet un sur classement de portance du sol terrassé.

❖ **Amélioration de la portance du sol support :**

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes. Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du **CBR** selon les différentes épaisseurs des couches de formes, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF. Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

Dans notre cas on a **un sol à faible portance S4**, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur **60cm**, en 2 couches de TUF permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une **classe S2**.

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **Ii**, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement (**4%**), portance du sol (**S2**) et une classe du trafic (**TPL5**). Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (**fascicule 3**) propose la structure suivante : La structure finale par la méthode de dimensionnement des chaussées neuves sera donc :

✓ **Proposition de la structure:**

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

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

✓ **Choix de dimensionnement:**✚ **1ère structure :**

- ✓ Couche de roulement: BB «béton bitumineux» = **6cm.**
- ✓ Couche de base : GB «grave bitume » = **11 cm.**
- ✓ Couche de fondation : GB «grave bitume » = **12 cm.**

✚ **2eme structure :**

- ✓ Couche de roulement : BB «béton bitumineux» = **6cm.**
- ✓ Couche de base : GB «grave bitume » = **20 cm.**
- ✓ Couche de fondation : GNT «grave non traité» = **30cm.**

Je propose la 2eme structure

Donc notre chaussé et constitue de :**6BB+20GB+30Gnt+60TUF**

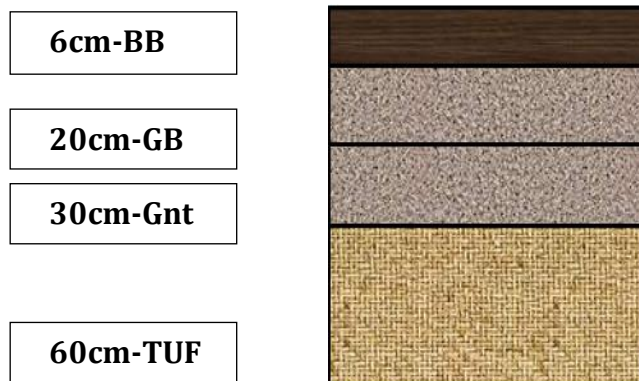


Figure.43: Les épaisseurs des couches par la méthode du catalogue

RESULTAT :

D'après les résultats précédents ,on remarque bien que la méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme que celle obtenue avec la méthode CBR.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes:

- ✓ Augmentation de la longévité de la route.
- ✓ Minimiser les coûts d'entretien.
- ✓ Un meilleur comportement à l'orniérage

➤ **Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support (alíze III):**

- ❖ **Matériaux traités au bitume (MTB) (fascicule 03 page 21)**

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

- ❖ **La vérification : $\epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$ Donnée d'après le B40 on a :**

- $\epsilon_6(10^\circ\text{c}, 25\text{HZ})$: déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité
- de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.
- K_θ : facteur lie à la température.
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d’essieux équivalents supporté par la chaussée.
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.
- b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).
- $E(10^\circ\text{c})$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C .
- $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée
($\theta_{eq} = 20^\circ\text{c}$) $\Rightarrow E(20^\circ, 10\text{HZ}) = 7000\text{MPa.}$
- S_N : dispersion sur la loi de fatigue.
- S_h : dispersion sur les épaisseurs.
- C : coefficient égal à 0.02.
- Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL5 ($r = 10\%$).
- t : fractale de la loi normale qui est en fonction du risque adopté donc ($t = -1.282$)
- A : coefficient d’agressivité de poids lourd par rapport à l’essieu de référence de 13 tonnes En fonction de réseau principal Rpi.

Niveau de réseau principal (Rpi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BC/GC	1

Tableau.36 : Valeur du coefficient d’agressivité A (fascicule N° 2 page 17)

❖ Application

Le TCI est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie) est donnée par la formule suivante :

❖ Calcul $\epsilon_{z, adm}$: « $\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$ »

*Le trafic cumulé de poids lourd (TCi):

$$TCE_i = TC_i \times A$$

$$TC_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times A = 1327 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 0.6$$

$$TC_i = 15.30 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$$

- $\varepsilon_z, \text{adm} = 22 \times 10^{-3} \times (15.30 \times 10^6)^{-0.235} = 450.83 \times 10^{-6} \text{ (u déf)}$
- Calcul de la déformation admissible de traction $\varepsilon_{t, \text{adm}}$

$$\diamond \text{ Calcul } \varepsilon_t, \text{ adm: } \ll \varepsilon_t, \text{ adm} = \varepsilon_6(10^\circ \text{C}, 25\text{He}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c \gg$$

$$*k_c = 1.3$$

$$*-1/b = 6.48 \Rightarrow b = 1/6.48 = 0.146 \quad t = 1.282 \quad c = 0.02$$

$$*k_{ne} = \left(\frac{TCE_i \times 10^6}{10^6} \right)^{-b} \Rightarrow k_{ne} = \left(\frac{15.30 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0.67$$

$$*k_r = 10^{t * b * \delta}$$

$$* \text{Avec : La dispersion } \delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} \cdot sh \right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \cdot 3 \right)^2} = 0.690$$

$$*k_r = 10^{(-1.282 * 0.146 * 0.609)} = 0.769$$

$$*k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ)}{E(\theta \text{eq})}} \Rightarrow k_\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.34$$

$$\oplus \quad \varepsilon_t \text{ adm} = \varepsilon_6(10^\circ \text{C}, 25\text{He}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

$$= 100 \times 10^{-6} \times 0.67 \times 1.34 \times 0.769 \times 1.3$$

$$\varepsilon_t \text{ adm} = 89.75 \times 10^{-6} \text{ (u déf)}$$

➤ Résultats de calcul par alizé LCPC

▪ Principe du programme ALIZE

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussée paris (1975). il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de BURIMESTER, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan.

Vérification des résultats de calcul par Alize III:

Alizé-Lpcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	3600,0 collé	0,350	0,000	37,4	0,308	22,4	0,660
			0,060	18,6	0,274	79,1	0,602
0,200	5000,0 collé	0,350	0,060	18,6	0,369	49,9	0,602
			0,260	-75,2	-0,464	75,3	0,083
0,300	600,0 collé	0,350	0,260	-75,2	-0,017	150,9	0,083
			0,560	-80,6	-0,060	104,8	0,023
0,600	200,0 collé	0,350	0,560	-80,6	-0,012	152,4	0,023
			1,160	-87,1	-0,025	101,5	0,003
infini	13,9	0,350	1,160	-87,1	0,000	224,8	0,003

variante 1: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion =76,1 mm/100
entre-jumelage

Rdc = 807,2 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Tableau.37 : Résultats de calcul par ALIZE

	Déformations admissible	Déformations calculées par Alizé III
εz sol support	525.04x10 ⁻⁶	224.8 (µdef)
et de GB	89.75x10 ⁻⁶	87.10 (µdef)

Tableau.38: vérification ALIZE

D'après les résultats précédents :

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

Chapitre VI

Carrefour

1. Introduction :

Le carrefour est un espace situé à l'intersection des routes permettant de passer d'une route à l'autre. L'aménagement des carrefours tend à permettre que ces courants puissent se succéder :

- sans risque de collision (la sécurité).
- en réduisant au minimum la gêne de circulation (freinage accélération perte de temps etc....).

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement. On distingue plusieurs types de carrefour selon le nombre de branches:

- ❖ Les carrefours en croix.
- ❖ Les carrefours en T.
- ❖ Les carrefours en Y.
- ❖ Les carrefours en giratoire.

Dans un projet d'aménagement de carrefour, la première étape est le choix de carrefour à retenir, la deuxième étant la conception même de la géométrie du carrefour.

2. Principes généraux de conception :

2.1. Visibilité :

Dans toute la zone d'approche de carrefour, on doit assurer d'excellente condition de visibilité entre véhicule et sur les îlots. En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).
- Assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicule et sur îlots.
- Éviter les carrefours en courbe et en pente.

2.2. Vitesse :

Ralentir les véhicules en particulier pour les courants non prioritaires ayant un signal d'arrêt à respecter.

2.3. Sécurité :

- La convergence et la divergence des courants doivent s'effectuer tangentiellement
- Les cisaillements doivent s'effectuer sous un angle voisin de 90° ; Les véhicules du courant non prioritaire doivent trouver des zones de stockage de capacité suffisante.
- Localiser et séparer les points de conflit en canalisant la circulation dans des couloirs, généralement à sens unique, dans les carrefours importants.

2.4. Simplicité :

Pas d'aménagement complexe en cas de faible volume de circulation.

2.5. Sélectivités :

- Tracer des couloirs et des îlots rendant aisées les manœuvres permises et difficiles ou impossibles les manœuvres indésirables ou interdites.
- Favoriser les manœuvres de sorties.
- A partir de certains seuils, prévoir des voies de décélération et d'insertion sur l'itinéraire prioritaire.

2.6. signalisation:

- Soigner la signalisation horizontale et verticale, en particulier celle de nez d'îlots séparateur.
- D'être cohérent entre la signalisation et les hypothèses d'aménagement du carrefour.

3. Détermination des caractéristiques géométriques au carrefour:

3.1. Triangle de visibilité :

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

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

➤ On peut distinguer deux natures de visibilité :

- La distance de visibilité nécessaire aux conducteurs pour voir l'aménagement qu'ils abordent (flots nécessaires de la voie principale ou de la voie secondaire), est appelée distance de visibilité d'approche à vide.
- La distance de visibilité nécessaire au conducteur du véhicule non prioritaire pour franchir la voie principale.

➤ La mesure de cette distance est appréciée en considérant que le point d'observation et le point observé répondent aux conditions suivantes :

- Pour la situation d'arrêt (panneau stop), le point d'observation est situé en retrait de 2.5 mètres par rapport à la ligne d'arrêt.
- Pour la situation de « cédez le passage » le point d'observation est situé en retrait de quinze à vingt mètres par rapport à la ligne de « cédez le passage ».
- Le point observé est déterminé de la même façon que dans la situation d'arrêt.
- Le dessin ci-après montre comment se construisent les triangles de visibilité à partir des éléments précisés ci-dessous (lorsqu'il s'agit d'un carrefour en croix, et que la route principale est bidirectionnelle, on construit naturellement quatre triangles de visibilité suivant les modalités correspondant aux régimes de priorité envisagés).

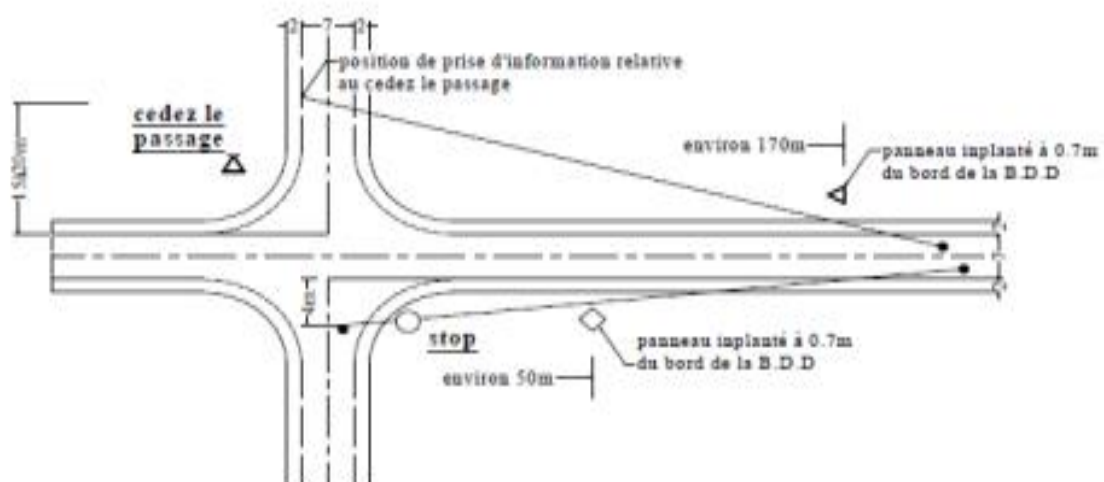


Figure.44: Triangle de visibilité

3.2. La vitesse d'approche :

La vitesse d'approche à vide V_0 dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de référence.

Selon B40 : Elle est donnée par le tableau suivant :

Environnement	E1		E2		E3	
Carrefour situé :	Sur un alignement	Près d'un point particulier	Sur un alignement	Près d'un point particulier	Sur un alignement	Près d'un point particulier
Cat. 1-2	120	100	100	100	80	60
Cat. 3	110	90	90	90	80	60
Cat. 4	100	80	80	80	60	60
Cat. 5	80	60	60	60	60	60

Tableau.39: La vitesse d'approche

Donc pour notre projet : $V_0=80\text{km/h}$.

3.3. Les ilots :

Un ilot est un terre plein entre deux voies de circulation qui a pour objectif de séparer les points de conflits, protéger et stocker les véhicules. On distingue deux types d'ilots :

3.3.1. Ilots séparateurs :

Ils ont une forme danger et séparent deux courants de véhicule qui circulent en sens inverse.

3.3.2. Ilots directionnels :

Ils ont une forme triangulaire et séparent deux courants de circulation assurant soit une manœuvre de convergence, soit une manœuvre de divergence.

4. Types de carrefours :

On distinguera deux grandes familles de carrefours.

4.1. Carrefours dénivelés (Echangeurs):

Dans ce type de carrefours les échanges sont séparés les uns des autres et gérés en dehors des axes principaux, pour limiter aux maximums des conflits, ce type de carrefours offre un niveau de sécurité élevé mais demande un coût très important pour le réaliser. On peut citer comme exemple :

- ✓ Les échangeurs supérieurs.
- ✓ Les passages sous terrains.

4.2. Carrefours plans :

Les échanges dans ce type de carrefours sont regroupés dans un même plan. A son tour, ce type de carrefour se divise en deux catégories.

4.2.1. Carrefours plans ordinaires:

Ce sont des carrefours simples, offrent un niveau de sécurité en moyenne peut élever par rapport à d'autres types de carrefours (Dénivelé, giratoire).

Les types fréquemment utilisés sont :

A) Carrefours en (T) :

C'est un espace où se réunissent trois branches en formant la lettre (T).

Dans ce type de carrefours le courant direct domine, et les autres courants peuvent être aussi importants comme c'est présenté dans la figure ci-dessous :

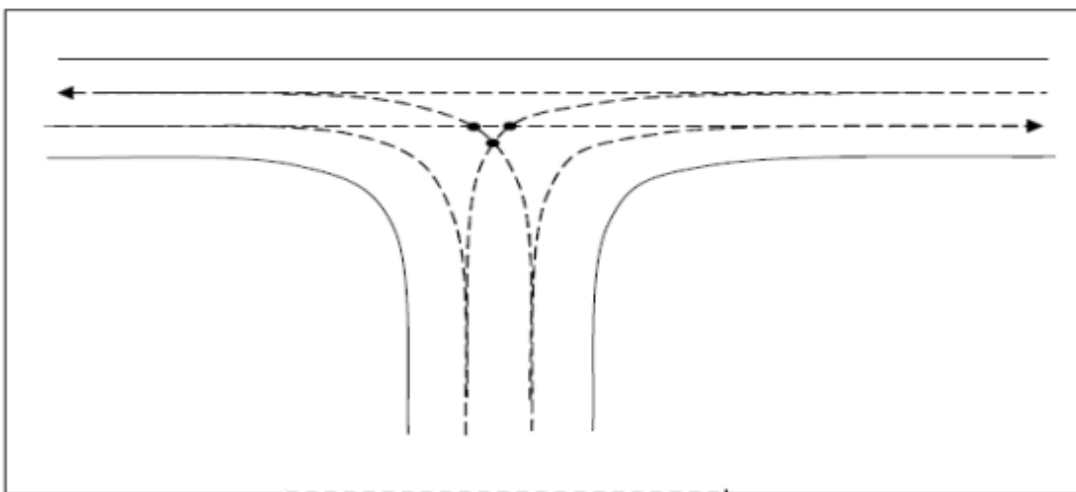


Figure.45 : Carrefours en (T)

B) Carrefour en (Y) :

C'est un carrefour qui assure l'intersection de trois rues qui forment l'allure de la lettre Y, Dans ce cas le trafic virant dans un angle aigu est nul ou insignifiant La figure ci-dessous montre un exemple des conflits existants sur un carrefour en Y.

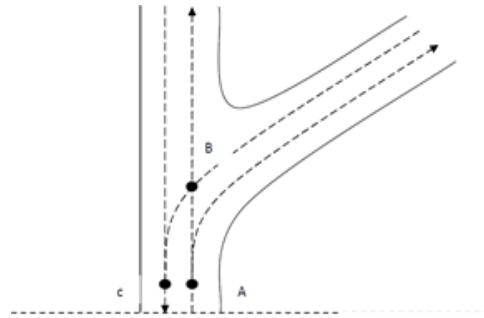


Figure.46 : Carrefours en (Y)

C) Carrefour en croix (x) :

Le carrefour en croix relie quatre branches qui se croisent formants un (X) La figure ci-dessous donne une idée de l'allure de ce type de carrefour.

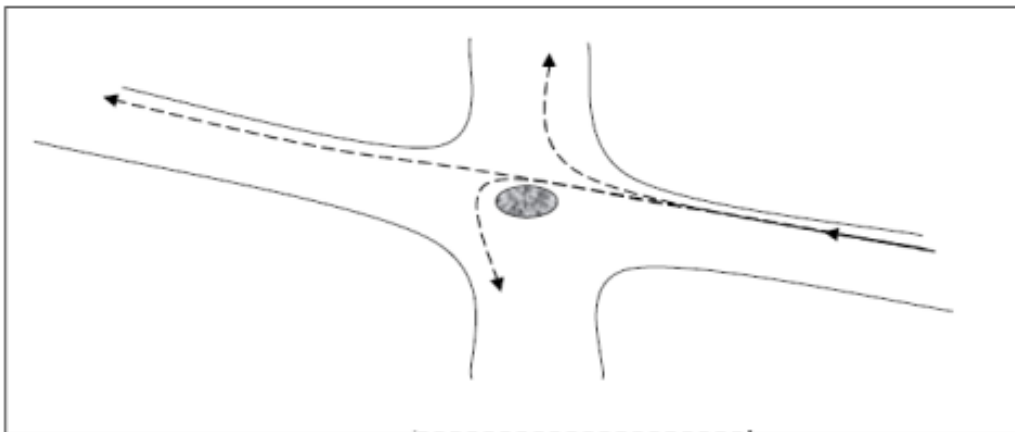


Figure.47 : Carrefour en croix (X)

5. Situation existante:

Trois branches :

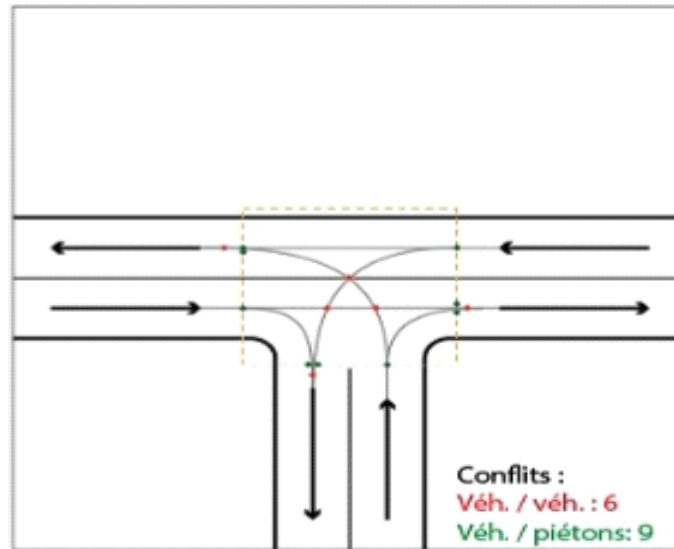


Figure.48 : Conflits de circulation

- Trois points de conflits de l'écoulement divergent : se conflit se ramène au cas de l'écoulement parallèle .
- Trois points de conflits de l'écoulement convergent : ces conflits sont de nature plus délicate.
- Trois points de conflits de l'écoulement sécant : ces conflits sont les plus contraignants pour les conducteur

Lorsque le nombre de véhicules voulant circuler sur la section devient supérieur à sa capacité, la circulation devient alors dense et des conflits autour de l'espace de circulation apparaissent et le risque des accidents est ainsi augmenté.

6. Application numérique

Exemple de calcul sur le Triangle de visibilité

Coefficient de frottement longitudinal $f_i = 0.39$ (C1, $V=80\text{km/h}$)(norme algériennes)

a/ direction (B) $V_B = 80 \text{ km/h} \iff \rightarrow$ est **non prioritaire (Np)**

on suppose La pente longitudinale $i = 0 \%$

$d_{Np(80)} = d_A = d_0 \text{ (frinage)} + d_{pR} \text{ (Perception de réaction)}$

distance d'arreet : $d_{Np} = d_0 + 0.56 \cdot V$ (C1 E2)

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V^2}{f_i \pm \frac{i}{100}} = \frac{4}{1000} \times \frac{(80)^2}{0.39} = 65.64$$

$$d_{Np} = 65.64 + 0.56 \times 80 = \mathbf{110 \text{ m}}$$

d_p : distance parcourue par le Vehicule B pendant le Vehicule A **non prioritaire**

$$d_B = 110 \text{ m}$$

$$V_A = 100 \text{ km/h}$$

$$\frac{d_p}{V_p} = \frac{d_{Np}}{V_{Np}} \implies d_B/V_B = d_A/V_A \implies d_B = \frac{V_B}{V_A} \times d_A$$

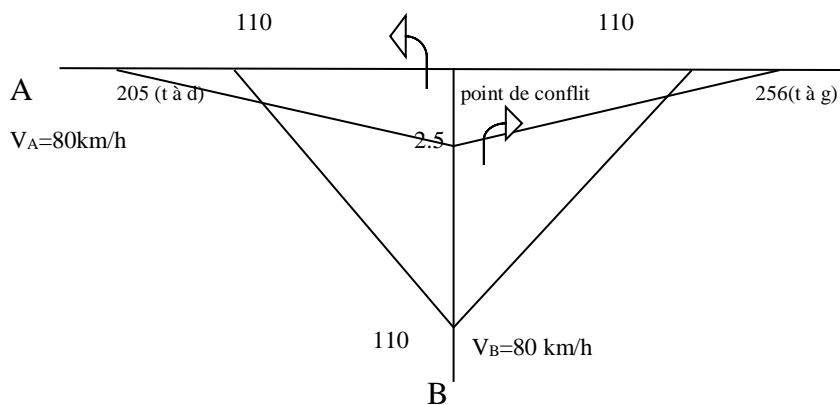
$$d_B = \frac{80}{100} \times 110 = \mathbf{110 \text{ m}}$$

Temps de Perception de réaction

$$d_{pR} = V \cdot t \implies t = 2.05 \text{ pour } V \leq 80 \text{ km/h}$$

$$d = (80 \times 10^3 / 3600) \times 2 = 44.44 \text{ m}$$

on obtient donc le diagramme de visibilité ci-dessous :



7. Choix du carrefour pour le point noir entre la RN43 et RN85:

1^{ere} variant

7.1. Carrefour giratoire:



Figure 49: Carrefour giratoire

7.1.1. Avantages:

- Réduit les risques d'accidents graves grâce aux vitesses modérées
- Fluidifie la circulation en évitant les arrêts complets et les retards
- Plus économiques à entretenir
- Sur le plan de l'environnement il contribue à réduire le bruit, et surtout la consommation d'essence diminuant ainsi la pollution atmosphérique

7.1.2. Inconvénients:

- Risque accru de choc latéral en cas de non-respect des priorités
- Peut être difficile pour les piétons à traverser
- Risque accru de choc latéral en cas de non-respect des priorités

2^{eme} variant

7.2. Carrefour en T :



Figure.50 : Carrefour en T

7.2.1. Avantages:

- Configuration simple et facile à comprendre pour les conducteurs
- Moins de points de conflit potentiels entre véhicules
- Peut améliorer le flux de trafic sur la route principale

7.2.2. Inconvénients:

- Peut présenter des problèmes de visibilité.
- Peut devenir congestionné plus rapidement.
- Des temps d'attente plus longs pour les véhicules sur la route secondaire.

7.3. Conclusion :

Après avoir examiné les deux variantes des carrefours possibles, on peut dire que le choix le plus adapté à notre cas et qui répond à toutes les exigences (Supporter un trafic

important, des raisons de sécurité, esthétique de la ville), se résume en la réalisation d'un carrefour de type giratoire

Ainsi que la **RN43** sera concernée par une étude des dédoublements programmée par la direction des travaux publics dans les années prochaines .

8. Les caractéristique Géométriques du carrefour giratoire

- Le rayon extérieur.
- Le rayon intérieur
- La largeur de l'anneau
- Les rayons d'entrée et de sortie
- la largeur des entrées et des sorties
- LA largeur des approches

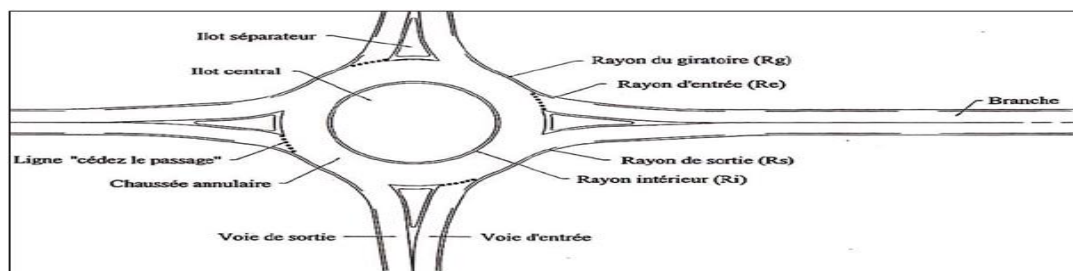


Figure.51 : Caractéristiques géométriques du carrefour giratoire

❖ Carrefour giratoire début du projet vers sidi Mezghich :

C'est un carrefour giratoire situé entre (l'intersection de RN43et RN 85 notre projet) aménagé avec un îlot central circulaire de rayon **Rg = 20 m**

❖ Dimensions des différentes composantes du giratoire :

Hors milieu urbain

Rg	Rayon du giratoire	Paramétrage	Rg =20m
La	Largeur de l'anneau	$6m \leq La \leq 9m$	7
Ri	Rayon intérieur	$Rg-La$	11.5
Re	Rayon d'entrée	$10m \leq Re \leq 15m, \text{ et } \leq Rg$	15
Le	Largeur de la voie entrante	$Le = 4m$	4
Rs	Rayon de sortie	$15 \leq Rs \leq 30m, \text{ et } > Ri$	20
Ls	Largeur de la voie sortante	$4m \leq Ls \leq 8m$	4.5
Rr	Rayon de raccordement	$Rr = 4rg$	80

Tableau.40 : Caractéristiques géométriques

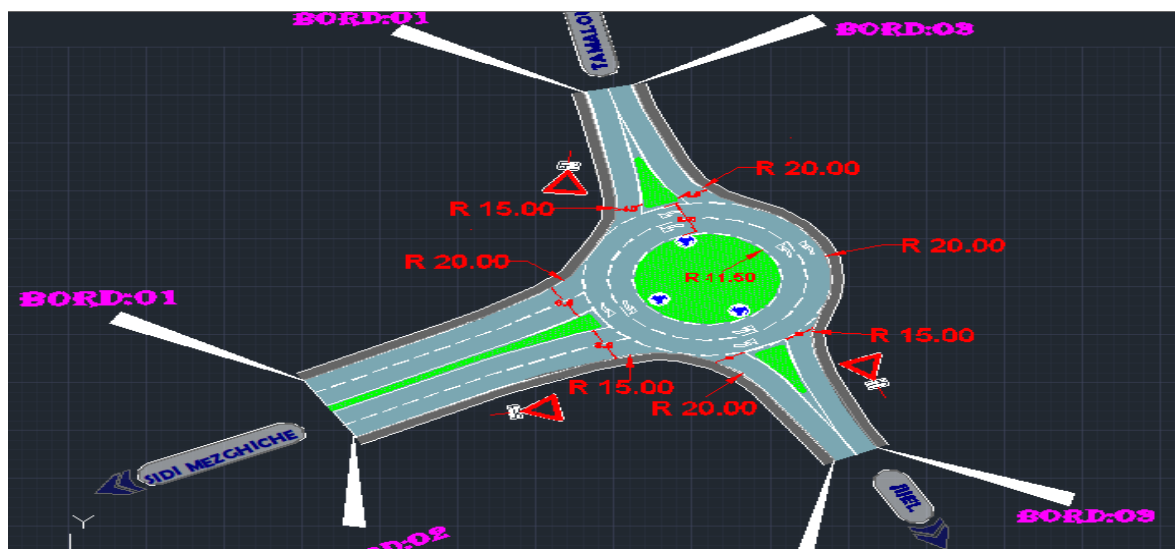
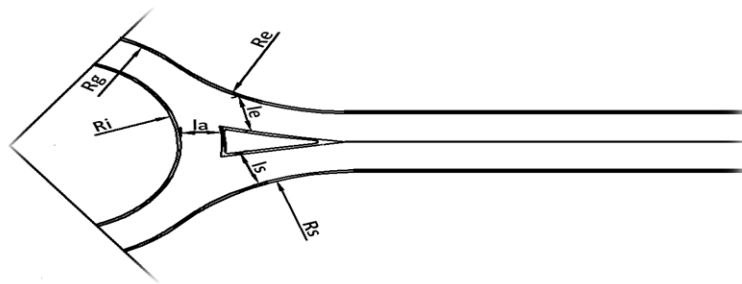


Figure.52 : Carrefour giratoire

- Les différents paramètres de construction des ilots séparateurs :

Rg : rayon du giratoire	Paramétrage	Rg =20
L : Longueur du triangle de constriction	$L = Rg$	20
H : hauteur du triangle de construction	$H = Rg / 4$	5
d : déport de l'ilot sur l'axe	$D = (0.5 + Rg / 50) / 2$	0.45
r : rayon des raccordements de bordures	$r = Rg / 50$	0.40

Tableau.41 : Les différents paramètres de construction des ilots séparateurs

9. Signalisation du carrefour :

La signalisation du carrefour est composée de quatre éléments complémentaires :

9.1. La signalisation de priorité :

On trouve le panneau de route prioritaire Sur la route principale. La signalisation de direction. Le marquage au sol et les plots.

9.2. Les panneaux de prescription :

On trouve les panneaux de priorité de passage, Céder passage et Stop sur la route secondaire.



Figure 53:panneaux de signalisation d'un carrefour giratoire

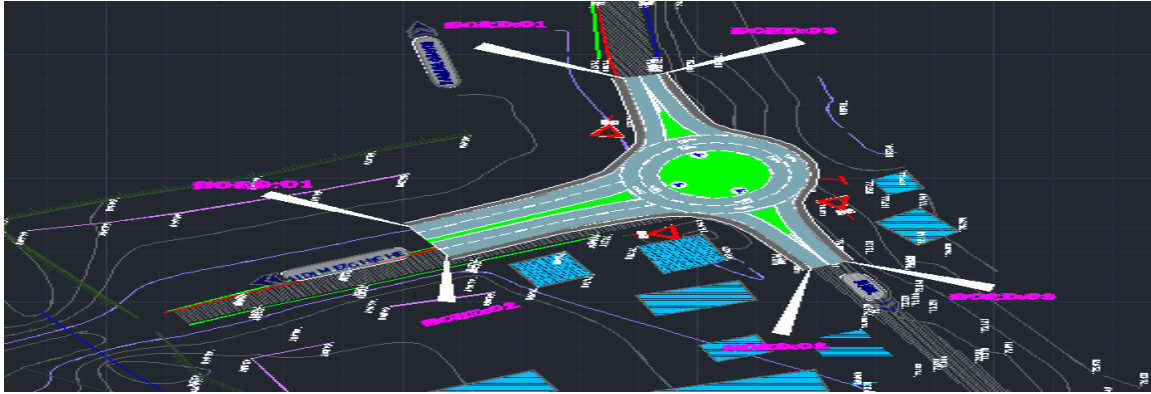


Figure 54: Signalisation Du Carrefour

10. Conclusion :

L'objectif de l'aménagement du carrefour dans un projet perm et de garantir la sécurité et la commodité qui spécifie l'endroit de l'intersection reliant:

- Tamalous RN 43 avec sidi Mezchiche RN 85

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

Chapitre VII

Assainissement

1. Introduction :

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau provoque plusieurs inconvénients tel que les problèmes d'inondation ; glissement des terrains, ainsi que les problèmes d'érosion, stabilité des talus, et la dégradation des chaussées par défaut de portance du sol.

Donc une solution à ses problèmes fut adaptée, c'est de prévoir des dispositions adéquates pour évacuer l'eau loin de la route, l'ensemble de ses travaux porte le nom Assainissement.

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

1.1. Pour les chaussées :

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

1.2. Pour les talus :

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

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

2. Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.

- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

3. Assainissement de la chaussée :

La détermination du débouché à donner 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.

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

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

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

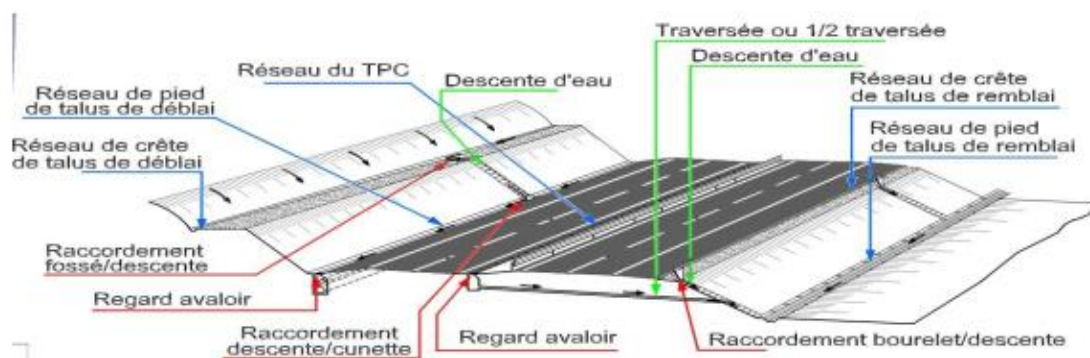


Figure.55 : Dispositif d'assainissement

3.1. Les réseaux de canalisation longitudinaux :

3.1.1. Le fossé de pied de talus de remblai :

Est en terre en béton (en fonction de la vitesse d'écoulement). Il est prévu lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et pour collecter les eaux de ruissellement de la chaussée.

3.1.2. Les caniveaux :

Sont des canaux d'évacuation des eaux usées et des eaux de pluie placés de chaque côté de la chaussée, au bord du trottoir.

3.1.3. Les cunettes :

Sont des tranchées d'assez faible profondeur faites au droit d'un déblai important, permettant de faciliter les transports des eaux et raccordent le fil d'eau avec le regard.

3.1.4. Bourrelet fil d'eau :

Est un dispositif constructif linéaire de petites dimensions en crête de talus de remblai généralement en béton ou en enrobé destiné à guider latéralement une lame d'eau vers une descente d'eau.

3.2. Les ouvrages transversaux :

En général, il est nécessaire de faire passer l'eau sous les routes au moyen de buses (ouvrage hydraulique enterré de section circulaire) ou dalot (ouvrage hydraulique enterré de section rectangulaire préfabriqué ou coulé en place et à forte capacité).

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

Lorsque les déblais sont importants et entraînent de gros diamètre, la canalisation est remplacé par un ovoïde.

3.3. Les ouvrages de raccordement :**3.3.1. Les regards :**

Sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduits, de ventilation et d'entretien.

3.3.2. Les descentes d'eau :

Drainent l'eau collectée sur les fossés de crêts.

3.3.3. Les collecteurs :

Sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, allant de regard avec un diamètre et une pente constante.

Le collecteur principal est la conduite principale Récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires) et recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

3.3.4. Les sacs

Sont des ouvrages placés sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés par les eaux superficielles.

4. Définitions des termes hydrauliques :

4.1. Bassin versant naturel :

Est un secteur géographique qui est limité par les susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

Selon la nature des terrains, nous serons amenés à considérer deux définitions "bassin versant perméable et bassin imperméable".

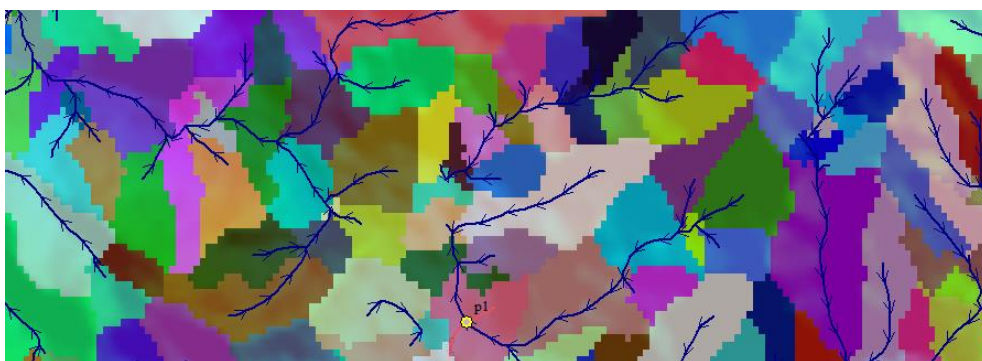


Figure.56 : Bassin versant

Chaque bassin versant est caractérisé par sa surface et par la longueur du talweg principal et sa pente. La surface d'un bassin s'exprime généralement en km^2

4.1.1. Le bassin versant routier :

Est une surface aménagée telle que l'eau reçue sur sa surface s'écoule vers un point unique (l'exutoire du bassin versant routier).

4.1.2. Le talweg est l'ensemble des points les plus bas d'une vallée.

4.1.3. Les lignes de crêtes ou de partage des eaux :

Sont une ligne de points hauts d'un relief séparant deux versants opposés.

4.1.4. Le débit capable :

Est le débit maximal que l'on peut faire transiter par un ouvrage coulant à plein.

4.1.5. Le débit de projet :

Est la valeur du débit dimensionnant pour les ouvrages hydrauliques. Généralement, débit centennal pour les ouvrages de rétablissement des écoulements naturels et décennaux pour la plate-forme routière

5. Les Ouvrages Des Ecoulements Des Eaux :

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi les quels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes:

- Les passages submersibles.
- Les fossés.
- Les dalots.
- Les buses.

6. L'Etude Hydrologie

Le but de l'étude hydrologique est d'évaluer le débit de pointe pour les périodes de retour **10,50 et 100 ans**, La démarche suivante a été adoptée :

- Présentation des réseaux hydrographie de la zone d'étude
- Délimitation du bassins sur support topographique 1/50000
- Une analyse des données aux station pluviométrique et hydrométrique existantes sur le bassin versant ou sur des bassins versant voisins .

- Estimation des debits de pointe $Q(T)$
- Estimation le debit max de la crue qui passe Q_{max}

6.1. Le Reseaux Hydraugraphie :

La zone d'étude située au milieu du bassin versant de cotiers constantinois qu'il s'étend sur une superficie de **1200 Km²** il possède une façade maritime , le bassin versant de cotiers constantinois est limité au Nord par la Mer Méditerranée , au Sud par le Col D'elkentour , à L'ouest le col de Staiha et à L'est le col de Bissy.

7. Application Au Projet :

➤ Les donnees pluviométriques du projet

Pour notre projet , l'étude sera basée sur les données enregistrées au niveau de la station pluviométrique disponible pour le service L'NRH concernant les courbes IDF de la zone d'étude

Le tableau ci-dessous donne les caracteristiques pluviométrique de cette station prise en considération dans l'étude (bouchtata)

Code	X (Lambert)	Y (Lambert)	Z (m)	Pan (mm)	Pj max (mm)	Cv	b	N(ans)
03-09-07	63.732	36.405	220	820	61.6	0.38	0.41	15

Tableau.42: caractéristiques de la station pluviométrique

➤ Délimitation Des Bassins Versants

Le bassin versant , appelé aussi bassin de drainage d'un oued , en point donné de son cours, est l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point de l'oued .

Le bassin versant a une fonction de collecteur , il recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exécutoire . cette transformation est en fonction des conditions climatiques et des caractéristiques physiques du bassin versant voir la photo ci-dessous .

➤ **Evaluation Des Caracteristiques Morphologique**

la determination des caratéristiques morphologiques des bassins versants consiste a calculer, et/ou évaluer , les paramètres explicatifs , indispensables à l'évaluation des debits de crues

- la surface du bassin versant (**km²**)
- le périmètre (**km**)
- la longueur du talweg(**km**)
- l'altitude max(**m**)
- l'altitude min (**m**)
- le temps de concentration (**heur**)
- le coefficient de ruissellement

Pour determiner ces valeurs on utilise logiciel global mapper

➤ **Détermination des caractéristiques morphologiques des bassins versants**

La future route est projetée sur les cartes de système SRTM où seront délimités les bassins versants et déterminées les surfaces, les longueurs des talwegs et les déclivités en se servant du logiciel Globale Mapper.

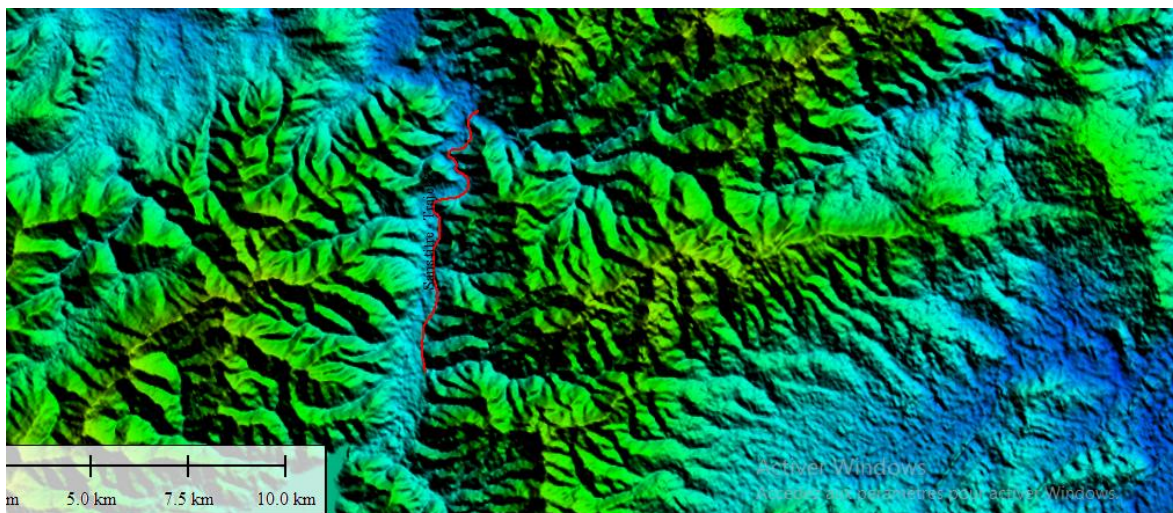


Figure.57 : La localisation du projet dans la topographie du cours d'eau

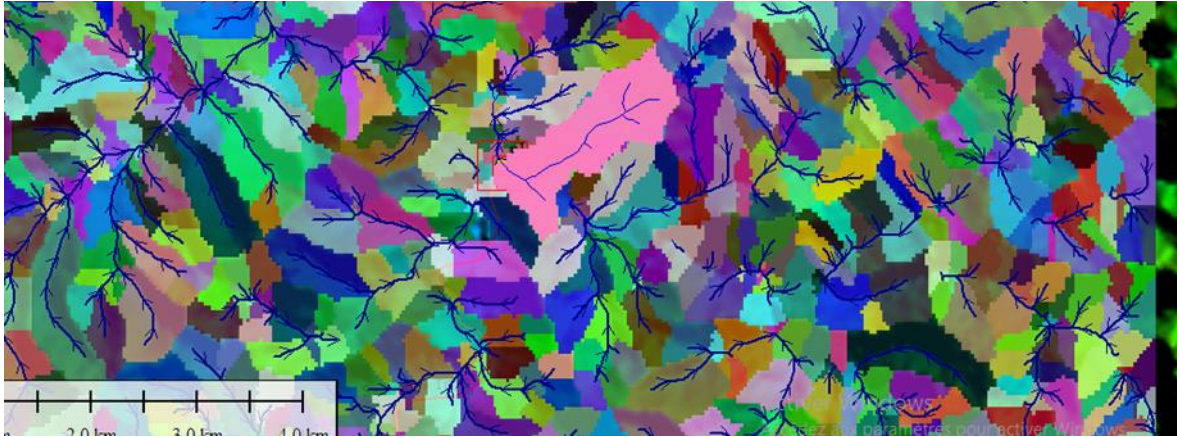


Figure.58: Schéma de la zone du cours d'eau inondé pour le projet

bv	Surface (km ²)	Largeur	Z _{max} (m)	Z _{min} (m)	Pente
Bv1	0.1984	0.455	202	76	22.3

Tableau.43: Caractéristiques morpho métriques des bassins versants.

8. Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

Le dimensionnement de différents types d'ouvrages d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le débet de saturation de chaque type d'ouvrage.

8.1. Détermination des débits de crue méthode rationnelle

Les débits de crue sont calculés pour des bassins versants de superficie inférieure à 200 Km² au moyen de la méthode rationnelle dont l'expression usuelle est donnée par la formule :

$$Q_a = Q_s$$

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

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

$$Q_a = K . C . I . A \quad (\text{Selon la méthode rationnelle})$$

- **Q10** : Débits de crue de fréquence déterminée (en m³/s).
- **K** : Coefficient dépend des unités retenues K = 0,278.
- **C** : Coefficient de ruissellement.

- **I** : Intensité moyenne de la précipitation en (mm/h).
- **A** : Superficie du bassin versant (en km²).

8.2. Choix de la période de retour

La période de retour T à prendre en compte doit, faire l'objet d'une analyse mettant en regard le coût d'investissement de l'infrastructure avec les conséquences d'un débordement pour l'usager, les riverains, les ouvrages routiers (perturbations locales et temporaires de la circulation et situations à risques) et enfin l'impact sur le milieu naturel.

En l'absence de ce type d'analyse, il est recommandé d'adopter, une période de retour centennale (100 ans).

8.3. Le coefficient de ruissellement

8.3.1. Pour les bassins versants:

Le coefficient de ruissellement "C", qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de **KENESSEY (Hongrie)** où "C" est la somme de trois coefficients partiels:

$$C = C1 + C2 + C3.$$

- **C1** : dépend de la pente "p" du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du talweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles. Les valeurs de "C1" sont présentées dans le Tableau N° 1.
- **C2** : dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques. Les valeurs du coefficient "C2" sont présentées dans le Tableau N°2.
- **C3** : dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes. Les valeurs du coefficient "C3" sont présentées dans le Tableau N° 3

Couverture Végétale	Coefficient(C1)
$P \leq 3.5$	0,01–0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06–0,10
$11 < P \leq 35$	0,12–0,20
$35 < P$	0,22–0,30

Tableau.44 : Valeur du Coefficient "C1" pour Diverses Pentes

Couverture Végétale	Coefficient(C2)
Imperméable	0,22–0,30
Peu perméable	0,10–0,20
Perméable	0,06–0,10
Très perméable	0,06–0,05

Tableau.45 : Valeur du Coefficient "C2" par Rapport à la Nature du Sol

Couverture Végétale	Coefficient(C3)
Rocheux	0,22–0,30
Prairie	0,17–0,25
Labours–Champs	0,07–0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03–0,05

Tableau.46 : Valeur du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol**8.3.2. Pour la chaussée:**

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative à des surfaces simple par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement enrobés	0.80à0.95	0.95
Accotement (sollégèrement perméable)	0.15à0.40	0.40
Talus	0.10à0.30	0.30
Terrain naturel	0.05à0.20	0.20

Tableau.47: les coefficients de ruissellements

8.3.3. Intensité de la pluie:

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

1/ la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_{j\max}(\%) = \frac{P_j}{\sqrt{(C_v^2+1)}} \cdot e^{U \sqrt{\ln(C_v^2+1)}}$$

Où :

- **Pjmax** : pluie journalière max de période de retour donnée (mm).
- **Cv** : Coefficient de variation.
- **U** : Variable de Gauss.
- **Ln** : Log. Népérien.

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau.48: Variable de Gauss

Pour les ouvrages de drainage, nous adoptons une période de retour de 10 ans.

8.3.4. Calcul de la fréquence d'averse:

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_{tc}(\%) = P_{j\max}(\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

- **Pjmax** : pluie journalière max de période de retour donnée (mm).
- **Ptc** : pluie courte durée pour une fréquence donnée (mm).
- **tc** : Temps de concentration (durée de pluie) (heure).
- **b** : coefficient climatique 0.41

8.4. Le débit capable des ouvrages hydrauliques (saturation) :

Il s'agit de choisir un ouvrage tel que ses caractéristiques géométriques, son implantation et son fonctionnement hydraulique assurent la transition du débit d'apport dans des conditions satisfaisantes: vitesse d'auto curage et la vitesse maximale vis-à-vis la durabilité des ouvrages.

Pour notre cas la formule de Manning-Strickler peut s'appliquer :

Avec :

$$Qc = K. Rh^{2/3}. p. Sm$$

- **Qc** : Débit capable en (m³/s).
- **Rh** : Rayon hydraulique en (m).

Avec :

$$Rh = S_m / P_m$$

- **Sm** : Section mouillée en (m²).
- **Pm** : Périmètre mouillé en (m).
- **P** : Pente du radier en (m/m).
- **K** : Coefficient de rugosité de Manning. Les valeurs des coefficients de rugosité (K) sont représentées dans le tableau suivant :

Ouvrage d'assainissement	En terre	Buses métalliques	maçonneries	Béton (Dalots)	Béton (Buses préfabriquées)
Coefficient de rugosité (k)	30	40	50	70	80

Tableau.49: Les valeurs des coefficients de rugosité (K)

8.4.1. Le tems de concentration:

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit:

- Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$ $T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$ Ventura
- Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$ $T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{AL}}{P}$ Giandotti
- lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ $T_c = \frac{4\sqrt{A}}{0.8} + \frac{1.5L}{\sqrt{H}}$ Passini

Où:

- **T_c** : Temps de concentration (heure)
- **A** : Superficie du bassin versant (km²)
- **L** : Longueur de bassin versant (km)
- **P** : Pente moyenne du bassin versant
- **H** : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m)

8.4.2. L'intensité horaire:

$$I_{tc} = \frac{P_{tc}}{tc}$$

- **I_{tc}** : Intensité de la pluie (mm/h).
- **T_c** : Temps de concentration (heure).
- **P_{tc}** : pluie courte durée pour une fréquence donnée (mm).

9. Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements :

9.1. Dimensionnement des dalots :

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot. On fixe la hauteur tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture L nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0,8$.

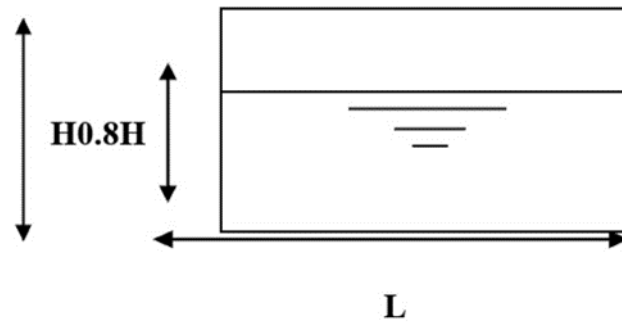


Figure.59 : Dalots

On à:

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = (2 \times 0,8 \times h) + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0,8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé : } R_H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L}$$

$$Q_a = Q_s = S_m \times K_{st} \times R_H^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_s = 0,8 \times h \times L \times K_{st} \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times I^{1/2}$$

Avec:

$$K_{st} = 70 \text{ (dalot en béton).}$$

I : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_a = Q_s$$

$$Q_a = (0,8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times I^{1/2}$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

9.2. Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s . Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition

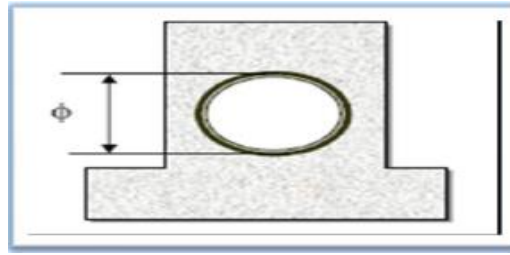


Figure 60: Buses

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_H^{2/3} \times I^{1/2}$$

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

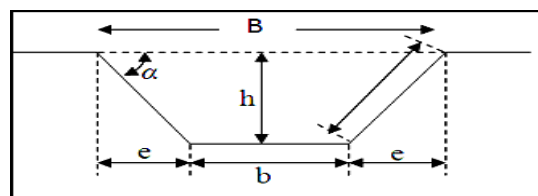
$$Q_s = 80 \times \left(\frac{R}{2}\right)^2 \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times I^{1/2}$$

Avec:

- S_m : section mouillée, $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$
- R_H : rayon hydraulique, $R_H =$
- $K_{st} = 80$ pour les buses en béton.
- I : la pente de pose égale la pente de profil en travers.

9.2.1. Dimensionnement Des Fossés :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support. Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous. On fixe la base de la fosse à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($p=1/n=1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h



➤ Calcul de la surface mouillée:

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

- $\tan \alpha = h/e = 1/n$ D'où $e = n \times h$
- $S_m = (b \times h) + (n \times h^2) = h \times [b + (n \times h)]$
- $S_m = h \times [b + (n \times h)]$
-

➤ Calcul du périmètre mouille:

$$P_m = b + 2B$$

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

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

➤ Calcul le rayon hydraulique:

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

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant:

$$Q_a = Q_s \Rightarrow K \times C \times I_t \times A = S_m \times K_{st} \times R_H^{2/3} \times j^{1/2}$$

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

10. Application au Projet

✓ Données pluviométriques :

- La pluie journalière moyenne $P_{jmoy} = 61.8 \text{ mm}$
- Le coefficient de variation $Cv = 0.38$

- L'exposant climatique $b=0.41$
- Variable de Gauss $u = 1.28$ (fréquence décennale).
- Indice de compacité (**kc**)

➤ **Calcul hydraulique**

❖ **Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j**

$$P_{j_{\max}} (\%) = \frac{P_j}{\sqrt{(C_V^2+1)}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_V^2+1)}}$$

En général pour les routes principales on prend en compte de fréquence décimale (10ans)

donc la variable de gauss $U = 1.28$ et $C_v = 0.38$

$$P_j(10\%) = \frac{61.8}{\sqrt{0,38^2+1}} \cdot e^{(1.28 \cdot \sqrt{\ln(0,38^2+1)})} = \mathbf{92.40}$$

Pour une période de retour de (50ans) on a $U = 2.057$

$$P_j(2\%) = \frac{61.8}{\sqrt{0,38^2+1}} \cdot e^{(2.057 \cdot \sqrt{\ln(0,38^2+1)})} = \mathbf{122.967 \text{ mm}}$$

❖ **Fréquence d'averse P_t (10%):**

$$P_t(\%) = P_j(\%) \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

$$b=0.41$$

$$A < 5 \text{ km}^2 \quad t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.1984}{0.223}} = \mathbf{0.25 \text{ h}}$$

$$P_{tc} (10\%) = 92.40 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.41} = \mathbf{14.22 \text{ mm}}$$

$$P_{tc} (2\%) = 122.967 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.41} = \mathbf{18.92 \text{ mm}}$$

❖ **Calcul de l'intensité de l'averse :**

$$I(10\%) = \frac{P_t(10\%)}{T_c} = \frac{14.22}{0.25} = \mathbf{56.88 \text{ mm/h}}$$

$$I(2\%) = \frac{Pt(10\%)}{T_c} = \frac{18.92}{0.25} = 72 \text{ mm/h}$$

➤ **Dimensionnement des fosses :**

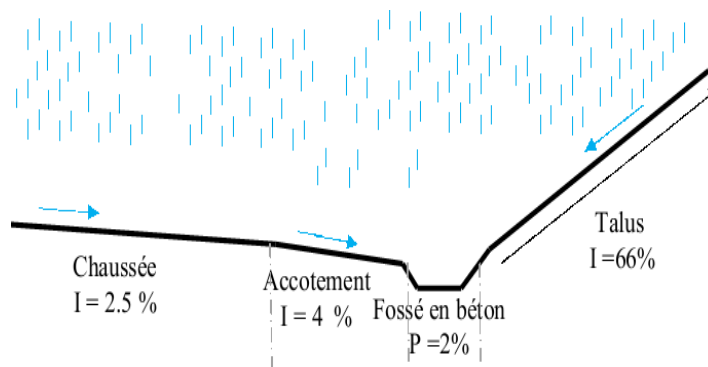
❖ **Calculs des débits:**

Le débit d'apport est évalué à l'aide de formule rationnelle suivante:

$$Q_a = K.C. i. A$$

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement ,talus), la section de 100m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus: été prise défavorable égale (10m).

Donc :



❖ **Calcul des surface des sous bassins versants :**

SBV	A(km ²)
Chaussée	$7 \times 100 \times 10^{-6} = 0.0007$
Accotement	$1.8 \times 100 \times 10^{-6} = 0.00018$
Talus	$10 \times 100 \times 10^{-6} = 0.001$

Tableau.50 : Les surfaces des sous bassins versants.

❖ **Calcul L'intensité de l'averse :**

Pour une période de retour de 10 ans on a :

✓ **Pour la Chaussée :** $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.0007}{0.025}} = 0.021 \text{ h}$

$$I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.021}{24}\right)^{-0.59} = 222.98$$

✓ Pour l'accotement : $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.00018}{0.04}} = 0.008 \text{ h}$

$I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.008}{24}\right)^{-0.59} = 433.473$

✓ Pour le talus : $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \cdot 1.27 \Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.001}{0.66}} = 0.004 \text{ h}$

$I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.004}{24}\right)^{-0.59} = 652.484$

✚ L'intensité de l'averse IT:

SBV	Pente(%)	Tc(h)	It(mm/h)
Chaussée	2.5	0.021	222.98
Accotement	4	0.008	433.473
Talus	66	0.004	652.484

Tableau.51 : Calcul de l'intensité

✚ Débit total:

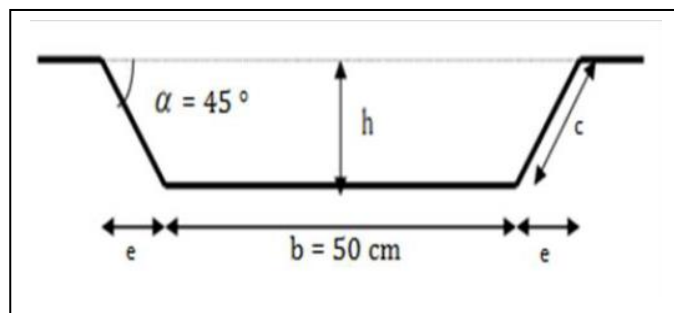
SBV	C	K	I(mm/h)	A(km ²)	Q(m ³ /s)	Q total (m ³ /s)
chaussée	0,95	0.278	222.986	0.0007	0.041	0.103
Accotement	0,4	0.278	433.473	0.00018	0.008	
talus	0.3	0.278	652.484	0.001	0.054	

Tableau.52: Le débit total des bassins versants

D'où:

$Q_a = Q_c + Q_a + Q_t = 0.109 \text{ (m}^3/\text{s)}$

▪ Débit de saturation (Qs)



□ **La section mouillée:**

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

▪ **Le périmètre mouillé:**

$$P_m = b + 2 h \cdot (2)^{1/2}$$

□ **Le Rayon hydraulique:**

$$R_H = S_m / P_m$$

Les dimensions de la fosse obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport **Q_a** et débit de saturation **Q_s**.

$$Q_a = Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot R_H^{2/3} = \mathbf{0,103 \text{ m}^3/\text{s}}$$

On prend **b=0,5m** et Pour un angle de 45° => n = 1.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on met : I= 2 % c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé

KST : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (pour buses préfabriquée sen BA).

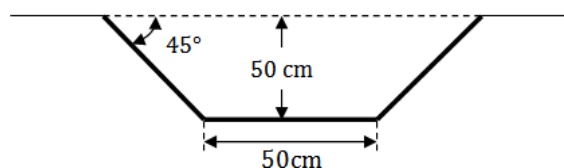
Donc: on obtient la formule suivante :

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

$$H = \left[\frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}} = 0.45 \text{ m}$$

D'après le calcul on a trouvé la hauteur **H= 0.50m**

Pour des raisons des sécurités on prend un fossé standard (b=50cm, H=50cm,).



➤ **Dimensionnement du système de drainage transversal (buses et dalots) :**

❖ **Dimensionnement des buses:**

Pour dimensionner les buses on prend **Q_a=Q_s**

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

- Q_s : débit maximum (débit de la pénétrante).
- K_{st} : coefficient de rugosité de canalisation.
- I : pente de canalisation.(%).
- S : section transversale de l'écoulement.
- R_h : rayon hydraulique ($RH=S_m/P_m$).

Pour notre cas ;Nous avons :

- $A= 0.1984 \text{ km}^2$
- $P = 22.3 \%$
- $T_c=0.25 \text{ h}$
- $I_t=56.88 \text{ mm/h}$
- $Q_a=0.103 \text{ m}^3/\text{s}$
- $K_{st} = 80$ coefficient de rugosité pour le beton

$$R^{\frac{8}{3}} = \left(\frac{Q_a \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{\left(\frac{1}{2}\pi \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}}\right)} \right)^{\frac{3}{8}} = \left(\frac{0.103 \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{\left(\frac{1}{2}\pi \cdot 80 \cdot 0.223^{\frac{1}{2}}\right)} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.49$$

- $D=2R = 0.98 \text{ m} = 980 \text{ mm}$
- On prendre $D= \Phi 1200$

❖ Dimensionnement des dalot:

La section de dalot est calculée comme celle du fossé. Seulement, on change la hauteur de remplissage par la hauteur du dalot. Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

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

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

H : hauteur du dalot.

Donc On à:

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = (2 \times 0,8 \times h) + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0,8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé: } R_H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L}$$

$$Q_a = Q_s = S_m \times K_{st} \times R_H^{2/3} \times j^{1/2}$$

$$Q_s = 0,8 \times h \times L \times K_{st} \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times I^{1/2}$$

Avec:

- $K_{st} = 70$ (dalot en béton).
- I : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_a = Q_s$$

$$Q_a = (0,8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times I^{1/2}$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération

En fixant la largeur $L=1.5$ m et par calcul itérative, on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité

Au notre cas : $Q_a = 0.103 \text{ m}^3/\text{s}$ et $I = 1\%$

D'apprêt le calcul itérative, on tire la valeur de $H = 1.5$ m Donc on prend $H=1.8$ m.

N°BV	PK	Surface (Km2)	Perimetre (Km)	L (Km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmoy (m)	Pente TW (%)	kc
1	25+900	0.1984	2	0.455	202	76	139	22.3	1.26
2	26+450	0.0652	1.353	0.351	212	80	146	22.6	1.48
3	26+700	0.0621	1.104	0.162	124	76	100	11.4	1.24
4	26+975	0.01729	0.52631	0.115	90	74	82	10	1.12
5	27+250	0.01956	0.62759	0.134	98	84	91	10.7	1.26
6	27+500	0.2488	2.219	0.752	214	76	145	15.2	1.25
7	27+700	0.0396	0.9784	0.229	126	82	104	9.4	1.38
8	27+875	0.2549	1.983	0.601	236	78	157	22	1.10
9	28+050	0.507	2.866	0.991	296	74	185	14.7	1.13
10	28+450	0.0571	1.033	0.305	160	86	123	15.9	1.21
11	28+900	0.02839	0.6848	0.168	130	82	106	16.6	1.14
12	29+400	0.01089	0.54506	0.126	122	78	100	22.6	1.13
Caracteristiques Morpho-métrique des bassins versant									

N° BV	PK	Nombre de cellules	Hauteur ou diamètres		Débit total à évacuer Q (m ³ /s)	Type d'ouvrage		Caractéristiques hydraulique	
			B (m)	H (m)		Dalot	Buse	Hamont (m)	Haval (m)
1	25+900	1	1.5	1.8	1.03	x		1.3845	0.9
2	26+450	1	1	1	1.21		X	0.943	0.659
3	26+700	1	1	1	1.16		X	0.918	0.64
4	26+975	1	1	1	0.32		X	0.437	0.319
5	27+250	1	1	1	0.36		X	0.466	0.326
6	27+500	1	1	1	4.41		X	1.095	0.768
7	27+700	1	1	1	0.74		X	0.697	0.482
8	27+875	1	1	1	4.74		X	1.143	0.798
9	28+050	1	1	1	7.16		x	1.772	1.1
10	28+450	1	1	1	1.06		x	0.867	0.601
11	28+900	1	1	1	0.53		X	0.576	0.413
12	29+400	1	1	1	0.34		x	0.452	0.316

Localisation et justification des dimensions des ouvrage hydrauliques

11. Conclusion

L'étude des ouvrage hydraulique a pur objectif de déterminer les dimensions des ouvrages hydrauliques en fonction du débit de projet et de la configuration de la route et du terrain naturel tout en assurant la transparence hydraulique.

- Buses : conduites circulaires en béton armé.
- Dalots : ouvrage en béton armé de section rectangulaire (1.5X1.8) m.
- Le diamètre adopter pour cette route est de Ø 1200 mm .

Chapitre VIII

Signalisation et éclairage

I. SIGNALISATION

1. Introduction :

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

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

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

2. L'objectif de la signalisation routière :

- De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

3. Catégories de signalisation :

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

4. Règles à respecter pour la signalisation :

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

5. Les types de signalisation :

5.1. Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

5.1.1. Signalisation avancée :

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

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

5.1.2. Signalisation de position :

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

5.1.3. Signalisation de direction :

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

A) Signaux de danger :

L'objet de la signalisation routière de danger est d'attirer de façon toute spéciale l'attention des usagers de la route aux endroits où leur vigilance doit redoubler en raison de la présence d'obstacles ou de points dangereux.

B) Signaux comportant une prescription absolue :

- Signaux d'interdiction.
- Signaux d'obligation.
- Signaux de fin d'interdiction.
- Signaux de fin d'obligation.

C) Signaux à simple indication :

L'objet de la signalisation d'indication est de porter à la connaissance des usagers de la route des informations utiles à la conduite des véhicules. Les signaux sont des panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche.

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



Figure.61 : Signalisation Verticale

D) Signalisation horizontale :

Les signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

5.2. Marquage longitudinal :**5.2.1. Lignes continue :**

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

5.2.2. Lignes discontinue :

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

5.2.3. Les lignes de rive :

Les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour

lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.

5.2.4. Les lignes d'avertissement :

De lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

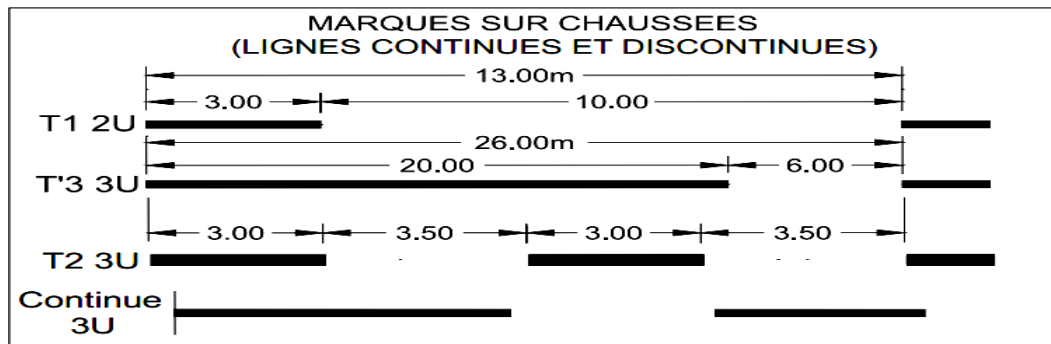


Figure.62 : les lignes « continue et discontinue »

5.3. Marquage transversal :

5.3.1. Lignes transversales continues :

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

5.3.2. Lignes transversales discontinues :

Eventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

5.4. Autre marquage :

5.4.1. Flèche de rabattement :

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

5.4.2. Flèches de sélection :

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

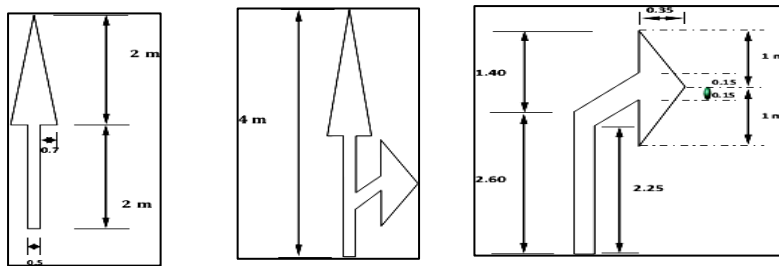


Figure.63: les lignes « continue et discontinue

»

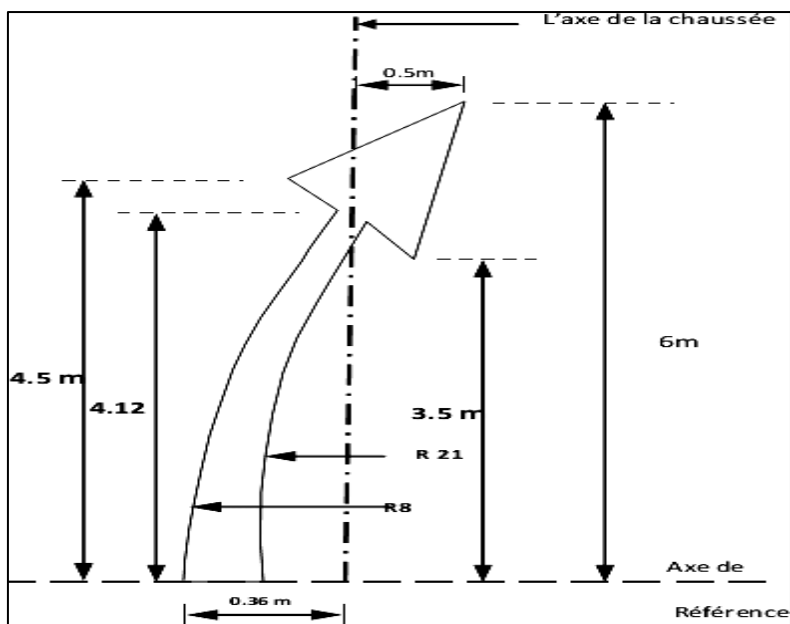


Figure.64 : Flèche de signalisation rabattement

6. Application au projet :

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

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A1a-A14a).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B1 et B2).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C1, C11a).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D2).
- Panneaux de signalisation de direction (type E3a).

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale pour notre cas, elle est de : $U = 5 \text{ cm}$.

➤ **Type A:**



A1a



A1b



A1d



A1c

➤ **Type B:**



B2 stop

➤ **Type C :**

C11a vitesses limitées





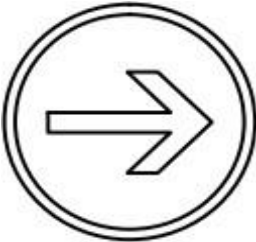
➤ Type E



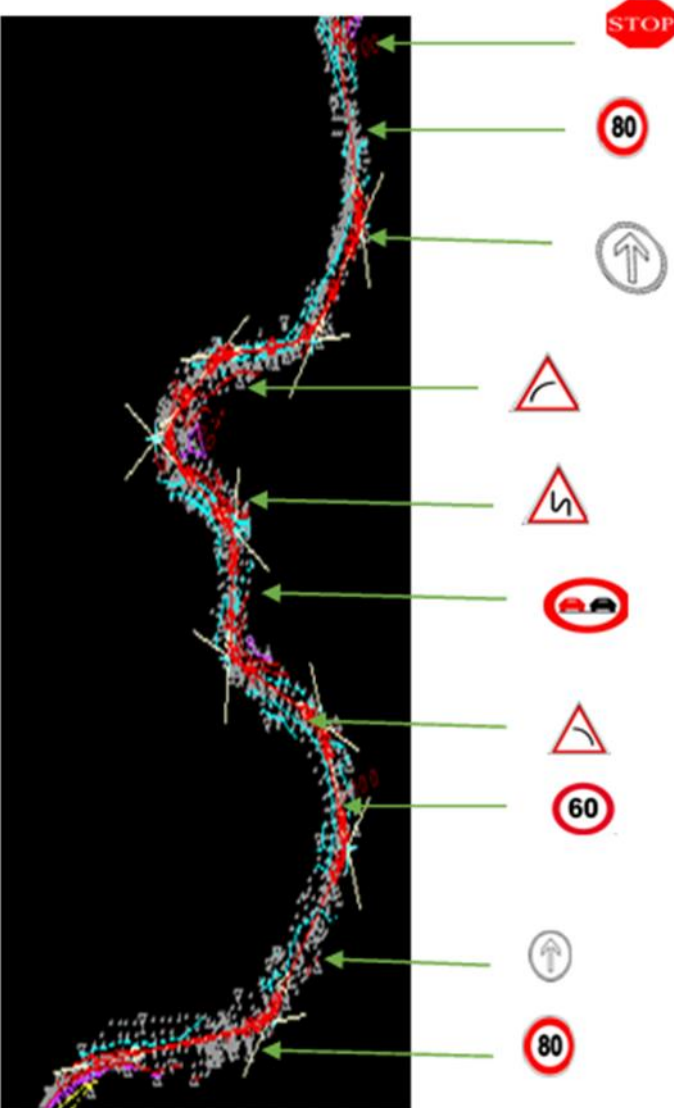
➤ Type D

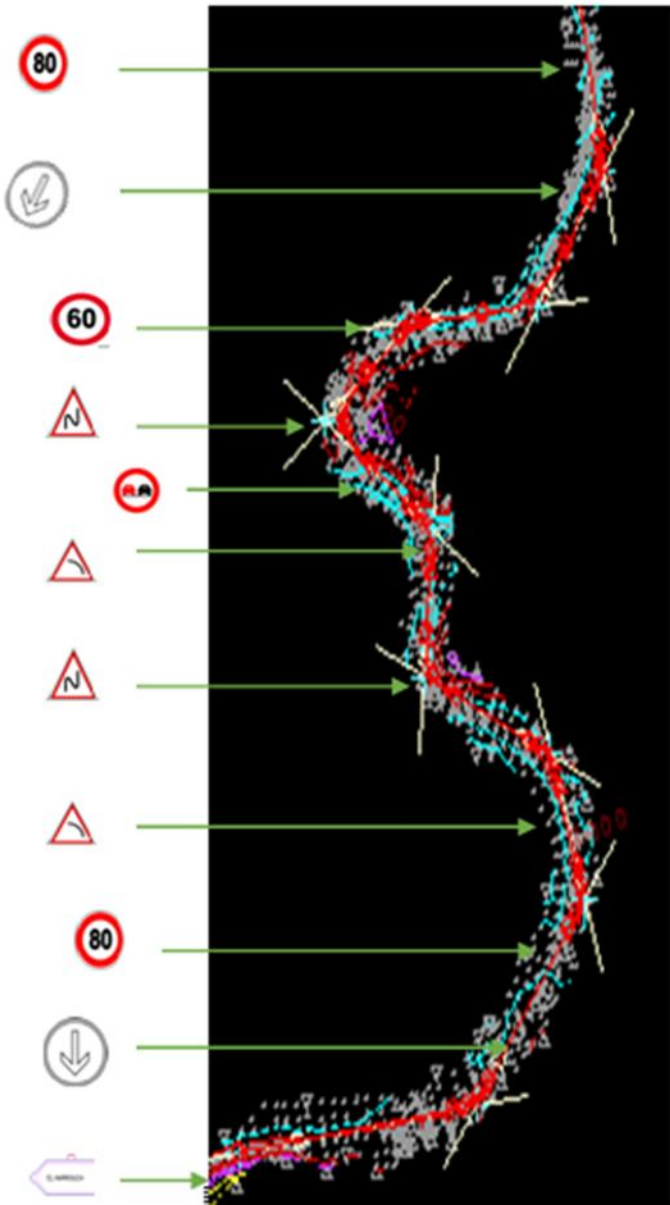


D3



D





II. ECLAIRAGE

1. Introduction

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

2. Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

3. Paramètre de l'implantation des luminaires :

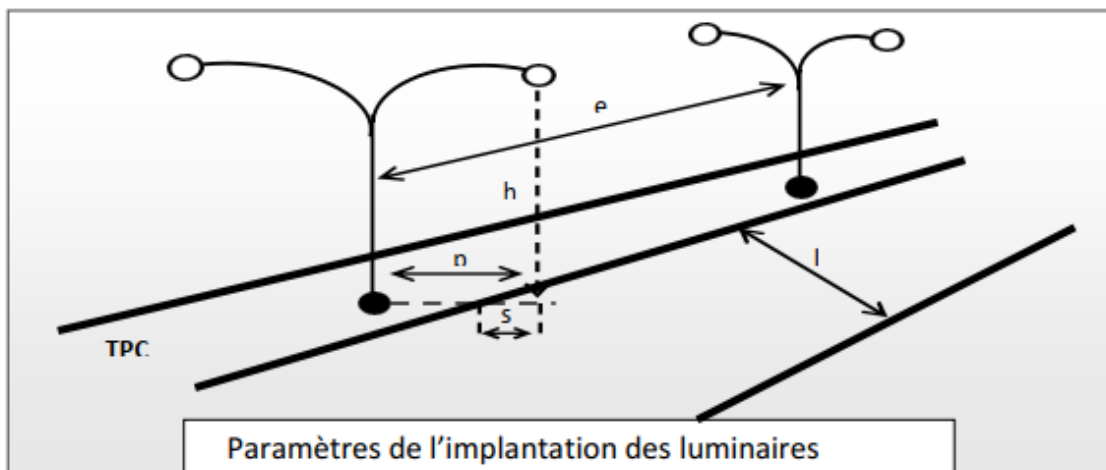


Figure.65 : Paramètre de l'implantation

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 10 m et parfois 12 m 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.

4. Application Au Projet :

pour l'éclairage de la chaussée

- Condélabre sahel de 09 m de hauteur en double crosses sera implanté au niveau du terre-plein central.
- 02 luminaires 250 W sodiums fixés sur double crosse.
- Cable de raccordement
- socle en béton (0.6x0.6x0.8) cm
- Cable entré (fouilles en tranchée, lit de sable, grillage avertisseur) PVC 80 de section
- Nombre des poteaux électriques : 110

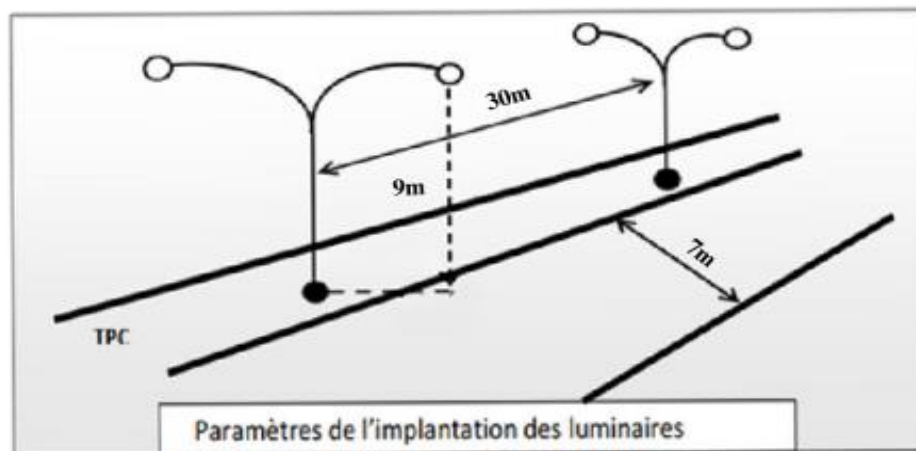


Figure.66 : Paramètre de l'implantation



Figure.67 : Model d'éclairage.

Chapitre XI

Devis

quantitatif et

estimatif

N ⁰	désignation	Unité	P.U. En DA	quantité	montant
1-Travaux de terrassements chaussée et carrefour					
1.1	Déblais en toute nature des terres y/c évacuation à la décharge publique	M ³	400	213566	85426400
1.2	Remblai en matériaux sélectionnés y/c transport et mise en œuvre	M ³	800	100195	80156000
SOUS TOTAL 1:					1655824000
2-Travaux de chaussée et carrefour					
2.1	Fourniture et mise en œuvre d'une Couche de forme en tuf sur 60 cm	M ³	1500	30900	46350000
2.2	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de fondation en GNT sur 30 cm	M ³	1800	15234.66	27422388
2.3	Fourniture et mise en œuvre d'une Couche de base en GB 0/20 sur 20 cm	T	7000	22807.33	159651310
2.4	Couche d'imprégnation en cut-back 0/1	M ²	100	49300	4930000
2.5	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement BB de 06 cm épaisseur y compris couche d'accrochage	T	8000	7015.93	56127440
2.6	Matériaux sélectionnés pour rechargement d'accotement	M ²	1500	12600	18900000
	Réalisation d'un mur séparateur symétrique par coffrage glissant en béton dosé à 350 Kg/m ³ /CPA et toutes sujétions de bonne exécution	ml	3500	7000	11200000
2.7	Remplissage en terre végétale pour TPC avec toute soujection de bonne exécution	M ³	500	3500	1750000

SOUS TOTAL 2:					326331138
3-Assainissement					
3.1	Réalisation d'un dalot 1.5X1.5 d'ouverture	U	250000	2	500000
3.2	BUSE Ø1000	ml	70000	150	10500000
3.3	Fossé en béton légèrement armé	ml	3000	3500	10500000
SOUS TOTAL 3:					21500000
4- SIGNALISATION :					
4.01	Marquage longitudinaux	U	200	214	42800
4.1.1	Type A - Panneaux de danger	U	7000	6	42000
4.1.2	Type E1 - Panneaux d'intersection	U	20000	2	40000
4.1.3	Type E2 - Panneaux d'intersection	U	18000	3	5400
4.1.4	Type C - Panneaux d'interdiction et de restriction	U	7000	5	35000
4.1.5	Type D - Panneaux d'obligation	U	7000	3	21000
4.1.6	Borne kilométrique	U	5000	3	15000
			Sous total		169700
5-Eclairage Public En Energie Solaire					
5.1	Construction d'un socle en béton (0,60*0,60*0,90) ciment HTS dosé à 350kg/m3 et toute sujétion de la bonne exécution.	U	141	400	56400
5.2	Fourniture et pose d'un candélabre (acier galvanise thermolaquetrite contre la corrosion, hauteur de 9m) avec crosse double et toute sujétion de la bonne exécution.	U	141	35000	4935000
5.3	Fourniture et pose d'un lampadaire LED LUMEN 7000lm (puissance supérieure au égale 60W) à énergie solaire avec panneau solaire (puissance 18V80 silicium monocristallin a haute efficacité) et capteur crépusculaire et de	U	282	130000	36660000

	mouvement ,batterie interne en lithium(12.8V 64AH batterie liFePO4 durée de vie 5ans)et toute sujétion de la bonne exécution.				
	Fourniture et pose de bordure T2 avec peinture et toute soujection de bonne exécution	MI	409	1000	490000
			Sous total		400281400
Montant en HT					2336426700

TOTAL(HT) (1) = 2336426700,00DA

TVA 19%(2) = 443920503,00 DA

TOTAL TTC (1) + (2) = 2 780 347 2037,00 DA

Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme :

Deux milliards sept cent quatre-vingts millions trois cent quarante-sept mille sept cent soixante-treiz

Conclusion

Conclusion :

Le présent projet nous a permis de concilier le social, l'économique et l'environnemental qui traduit directement la notion de développement durable.

Le transport routier représente une grande part du marché en termes d'économie dans la mesure qu'il présente un grand impact sur les autres modes de transport.

C'est dans ce but qu'on s'intéresse à l'amélioration et à l'aménagement des infrastructures de base, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les usagers et répondre à la demande en matière de transport.

Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation.

Pour notre étude nous avons essayé d'appliquer rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain.

Cette étude nous a permis de prendre en considération d'autres aspects : le confort, la sécurité des usagers de la route, l'économie et l'aspect environnemental.

Finalement, grâce à ce projet on s'est immergé un peu dans le milieu professionnel de notre domaine qui se base beaucoup sur l'aspect pratique.

LISTE DES REFERENCES :

- B40 (norme technique d'aménagement des routes et des trafic et capacité des routes 1972)
- catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).
- Fascicule 1 (Notice d'utilisation).
- Fascicule 2 (Hypothèses Et Données De Dimensionnement).
- Fascicule 3 (Fiches Techniques De Dimensionnement).
- Documents depuis la société d'études Techniques de Sitif (SETS)
- Cours d'hydrologie préparé par Dr. Mohamed Zine Belhadj 2017/2018 .
- Aide Mémoire Des Route
- Cours de route 1ere année master (VOA 2022/2023)
- Google Wikipédia

ANNEXES :

Le 23/06/2024 à 16:21 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3725
 C:\Users\pci\OneDrive\Desktop\PROJET~3\Piste\Abla\NEWFOL~1\TABULL~1.PIS

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	291137.480	4072336.690
D1	GIS = 91.351g	484.107			
			484.107	291617.126	4072402.254
L1	A = 50.000 Rf= 79.000 L = 31.646				
			515.752	291648.070	4072408.610
	XC= 291622.012 YC= 4072483.189 R = 79.000 L = 30.452				
			546.204	291674.198	4072423.880
	Rd= 79.000 A = 50.000 L = 31.646	93.743			
			577.850	291694.924	4072447.720
D2	GIS = 41.310g	301.099			
			878.949	291876.882	4072687.620
L2	A = 50.000 Rf= 79.000 L = 31.646				
			910.594	291894.251	4072714.005
	XC= 291823.068 YC= 4072748.269 R = 79.000 L = 45.683				
			956.278	291901.405	4072758.483
	Rd= 79.000 A = 50.000 L = 31.646	108.974			
			987.923	291893.186	4072788.985
D3	GIS = 378.995g	132.971			
			1120.894	291850.105	4072914.783
L3	A = 50.000 Rf= 79.000 L = 31.646				
			1152.540	291837.900	4072943.919
	XC= 291769.748 YC= 4072903.966 R = 79.000 L = 34.607				
			1187.147	291814.517	4072969.056
	Rd= 79.000 A = 50.000 L = 31.646	97.898			
			1218.792	291786.339	4072983.333
D4	GIS = 325.606g	188.010			
			1406.802	291613.332	4073056.931
L4	A = 56.040 Rf= -50.000 L = 62.810				
			1469.613	291562.778	4073092.330

Le 23/06/2024 à 16:21 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3725
 C:\Users\pc\OneDrive\Desktop\PROJET~3\Piste\Abla\NEWFOL~1\TABULL~1.PIS
AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	Rd= -50.000 A = 56.040 L = 62.810	125.621			
			1532.423	291555.326	4073153.594
D5	GIS = 5.578g	102.016			
			1634.439	291564.254	4073255.219
L5	A = 50.000 Rf= 79.000 L = 31.646				
			1666.085	291564.914	4073286.802
	XC= 291486.415 YC= 4073277.920 R = 79.000 L = 50.994				
			1717.079	291543.777	4073332.239
	Rd= 79.000 A = 50.000 L = 31.646	114.285			
			1748.725	291519.196	4073352.080
D6	GIS = 338.983g	112.784			
			1861.509	291426.905	4073416.907
L6	A = 68.035 Rf= -50.000 L = 92.576				
			1954.085	291372.832	4073487.720
	Rd= -50.000 A = 68.035 L = 92.576	185.153			
			2046.661	291422.163	4073561.915
D7	GIS = 56.855g	96.998			
			2143.659	291497.725	4073622.734
L7	A = 38.532 Rf= -50.000 L = 29.694				
			2173.353	291522.485	4073638.914
	Rd= -50.000 A = 38.532 L = 29.694	59.388			
			2203.047	291551.570	4073644.290
D8	GIS = 94.663g	135.287			
			2338.334	291686.382	4073655.619
L8	A = 117.419 Rf= 125.000 L = 110.298				
			2448.632	291792.833	4073680.618
	Rd= 125.000 A = 117.419 L = 110.298	220.596			
			2558.930	291867.479	4073760.522
D9	GIS = 38.488g	97.976			
			2656.906	291923.169	4073841.131

Le 23/06/2024 à 16:21 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3725
 C:\Users\pc\OneDrive\Desktop\PROJET~3\Piste\Abla\NEWFOL~1\TABULL~1.PIS
AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
L9	A = 50.000 Rf= 79.000 L = 31.646				
			2688.551	291939.352	4073868.260
	XC= 291866.720 YC= 4073899.336 R = 79.000 L = 31.605				
			2720.156	291945.719	4073899.002
	Rd= 79.000 A = 50.000 L = 31.646	94.896			
			2751.802	291941.646	4073930.328
D10	GIS = 387.518g	313.509			
			3065.311	291880.570	4074237.830
LONGUEUR DE L'AXE 3065.311					

Le 23/06/2024 à 16:22 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3725
 C:\Users\pc\OneDrive\Desktop\PROJET~3\Piste\Abla\NEWFOL~1\TABULL~1.PIS
PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	93.008
D1	PENTE= -1.128 %	1237.733		
			1237.733	79.051
PR1	S= 1271.5607 Z= 78.8606 R = 3000.00	76.495		
			1314.227	79.164
D2	PENTE= 1.422 %	664.234		
			1978.461	88.611
PR2	S= 2021.1277 Z= 88.9142 R = -3000.00	61.758		
			2040.219	88.853
D3	PENTE= -0.636 %	1025.092		
			3065.311	82.330
LONGUEUR DE L'AXE 3065.311				

Le 23/06/2024 à 16:25 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3725
 C:\Users\pc\OneDrive\Desktop\PROJET~3\Piste\Abla\NEWFOL~1\TABULL~1.PIS

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	225.4	1055.0	0.0	0.0
2	25.000	212.9	1030.0	0.0	0.0
3	50.000	235.3	788.8	0.0	0.0
4	75.000	202.1	1025.7	0.0	0.0
5	100.000	297.3	837.3	0.0	0.0
6	125.000	579.2	633.3	0.0	0.0
7	150.000	1107.4	514.7	0.0	0.0
8	175.000	1302.9	505.6	0.0	0.0
9	200.000	1532.3	482.6	0.0	0.0
10	225.000	1467.7	476.0	0.0	0.0
11	250.000	1168.9	498.7	0.0	0.0
12	275.000	1093.5	483.9	0.0	0.0
13	300.000	783.5	440.4	0.0	0.0
14	325.000	396.7	515.2	0.0	0.0
15	350.000	0.0	911.3	0.0	0.0
16	375.000	0.0	1244.5	0.0	0.0
17	400.000	0.0	1607.8	0.0	0.0
18	425.000	0.0	1681.8	0.0	0.0
19	450.000	0.0	2024.8	0.0	0.0
20	475.000	0.0	1857.2	0.0	0.0
21	484.107	0.0	1496.3	0.0	0.0
22	500.000	0.0	1929.3	0.0	0.0
23	515.752	0.0	1512.6	0.0	0.0
24	525.000	0.0	1658.7	0.0	0.0
25	546.204	0.0	1175.7	0.0	0.0
26	550.000	0.0	1270.2	0.0	0.0
27	575.000	0.0	632.7	0.0	0.0
28	577.850	0.0	609.0	0.0	0.0
29	600.000	0.0	1560.9	0.0	0.0
30	625.000	0.0	1428.8	0.0	0.0
31	650.000	0.0	1225.9	0.0	0.0
32	675.000	0.0	1347.5	0.0	0.0
33	700.000	0.0	1801.2	0.0	0.0
34	725.000	0.0	1412.1	0.0	0.0
35	750.000	0.0	1474.0	0.0	0.0
36	775.000	0.0	1446.8	0.0	0.0
37	800.000	0.0	1172.3	0.0	0.0
38	825.000	0.0	1022.7	0.0	0.0
39	850.000	288.0	420.4	0.0	0.0
40	875.000	178.6	117.9	0.0	0.0
41	878.949	183.0	77.9	0.0	0.0
42	900.000	2.6	250.5	0.0	0.0
43	910.594	0.0	401.9	0.0	0.0
44	925.000	0.0	1191.4	0.0	0.0
45	950.000	0.0	1359.8	0.0	0.0
46	956.278	0.0	1094.8	0.0	0.0
47	975.000	0.0	1182.7	0.0	0.0
48	987.923	0.0	778.5	0.0	0.0
49	1000.000	0.0	871.6	0.0	0.0
50	1025.000	0.0	1130.7	0.0	0.0
51	1050.000	0.0	1543.4	0.0	0.0
52	1075.000	0.0	1616.4	0.0	0.0
53	1100.000	0.0	1050.9	0.0	0.0
54	1120.894	0.0	724.6	0.0	0.0
55	1125.000	0.0	1021.9	0.0	0.0

Le 23/06/2024 à 16:25 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3725

C:\Users\pc\OneDrive\Desktop\PROJET~3\Piste\Abla\NEWFOL~1\TABULL~1.PIS

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
56	1150.000	0.0	2110.0	0.0	0.0
57	1152.540	0.0	2026.2	0.0	0.0
58	1175.000	0.0	3065.4	0.0	0.0
59	1187.147	0.0	1901.1	0.0	0.0
60	1200.000	0.0	2254.3	0.0	0.0
61	1218.792	0.0	1481.0	0.0	0.0
62	1225.000	0.0	1780.1	0.0	0.0
63	1250.000	0.0	2600.3	0.0	0.0
64	1275.000	0.0	2466.3	0.0	0.0
65	1300.000	0.0	2444.2	0.0	0.0
66	1325.000	0.0	2982.5	0.0	0.0
67	1350.000	0.0	4650.5	0.0	0.0
68	1375.000	0.0	5533.8	0.0	0.0
69	1400.000	0.0	5086.2	0.0	0.0
70	1406.802	0.0	3918.9	0.0	0.0
71	1425.000	0.0	6662.5	0.0	0.0
72	1450.000	0.2	4318.8	0.0	0.0
73	1469.613	32.2	1147.9	0.0	0.0
74	1475.000	57.2	1312.4	0.0	0.0
75	1500.000	248.7	2037.7	0.0	0.0
76	1525.000	76.6	887.5	0.0	0.0
77	1532.423	244.4	270.8	0.0	0.0
78	1550.000	564.5	131.9	0.0	0.0
79	1575.000	728.6	2.4	0.0	0.0
80	1600.000	1438.6	2.4	0.0	0.0
81	1625.000	1535.7	0.0	0.0	0.0
82	1634.439	1021.0	0.0	0.0	0.0
83	1650.000	1584.2	0.0	0.0	0.0
84	1666.085	1193.7	0.0	0.0	0.0
85	1675.000	1980.7	0.0	0.0	0.0
86	1700.000	3094.5	0.0	0.0	0.0
87	1717.079	1719.8	0.0	0.0	0.0
88	1725.000	1962.9	0.0	0.0	0.0
89	1748.725	1464.0	0.8	0.0	0.0
90	1750.000	1514.6	0.7	0.0	0.0
91	1775.000	3321.1	0.0	0.0	0.0
92	1800.000	2429.3	0.0	0.0	0.0
93	1825.000	1295.5	37.7	0.0	0.0
94	1850.000	143.7	1581.3	0.0	0.0
95	1861.509	46.7	2059.5	0.0	0.0
96	1875.000	0.0	4432.4	0.0	0.0
97	1900.000	0.0	6284.7	0.0	0.0
98	1925.000	0.0	5774.8	0.0	0.0
99	1950.000	0.0	3549.7	0.0	0.0
100	1954.085	0.0	3037.3	0.0	0.0
101	1975.000	0.0	4591.0	0.0	0.0
102	2000.000	0.0	4993.1	0.0	0.0
103	2025.000	0.0	3671.9	0.0	0.0
104	2046.661	0.0	1054.9	0.0	0.0
105	2050.000	0.0	1160.6	0.0	0.0
106	2075.000	0.0	721.7	0.0	0.0
107	2100.000	0.0	344.2	0.0	0.0
108	2125.000	166.4	258.2	0.0	0.0
109	2143.659	426.3	152.4	0.0	0.0
110	2150.000	913.0	146.1	0.0	0.0

Le 23/06/2024 à 16:25 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3725

C:\Users\pc\OneDrive\Desktop\PROJET~3\Piste\Abla\NEWFOL~1\TABULL~1.PIS

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
111	2173.353	1936.7	4.6	0.0	0.0
112	2175.000	1951.9	3.9	0.0	0.0
113	2200.000	1634.8	0.2	0.0	0.0
114	2203.047	1405.9	0.1	0.0	0.0
115	2225.000				
116	2250.000				
117	2275.000	3362.8	0.0	0.0	0.0
118	2300.000	3612.2	0.0	0.0	0.0
119	2325.000	2423.8	0.0	0.0	0.0
120	2338.334	1418.2	0.2	0.0	0.0
121	2350.000	1948.1	2.4	0.0	0.0
122	2375.000	2177.0	12.6	0.0	0.0
123	2400.000	414.6	70.2	0.0	0.0
124	2425.000	37.3	308.6	0.0	0.0
125	2448.632	0.0	644.5	0.0	0.0
126	2450.000	0.0	702.2	0.0	0.0
127	2475.000	0.0	1074.0	0.0	0.0
128	2500.000	0.0	3119.1	0.0	0.0
129	2525.000	0.0	3685.5	0.0	0.0
130	2550.000	0.0	2547.4	0.0	0.0
131	2558.930	0.0	1880.8	0.0	0.0
132	2575.000	0.0	3031.4	0.0	0.0
133	2600.000	0.0	3985.6	0.0	0.0
134	2625.000	0.0	4828.1	0.0	0.0
135	2650.000	0.0	3734.2	0.0	0.0
136	2656.906	0.0	3059.8	0.0	0.0
137	2675.000	0.0	4197.8	0.0	0.0
138	2688.551	0.0	3415.3	0.0	0.0
139	2700.000	0.0	4213.3	0.0	0.0
140	2720.156	0.0	2575.8	0.0	0.0
141	2725.000	0.0	2686.2	0.0	0.0
142	2750.000	0.0	530.7	0.0	0.0
143	2751.802	0.0	407.9	0.0	0.0
144	2775.000	949.1	6.1	0.0	0.0
145	2800.000	2269.8	0.0	0.0	0.0
146	2825.000	3488.8	0.0	0.0	0.0
147	2850.000	4953.1	0.0	0.0	0.0
148	2875.000	5782.5	0.0	0.0	0.0
149	2900.000	5871.1	0.0	0.0	0.0
150	2925.000	5408.9	0.0	0.0	0.0
151	2950.000	4417.5	0.0	0.0	0.0
152	2975.000	2660.0	0.0	0.0	0.0
153	3000.000	1236.2	0.0	0.0	0.0
154	3025.000	329.5	3.8	0.0	0.0
155	3050.000	44.2	66.7	0.0	0.0
156	3065.311	0.0	212.4	0.0	0.0
		100195	213566	0	0