

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL

Faculté des sciences et de la technologie

Département de génie civil et hydraulique

N° :...../2023

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE: Sciences et Technologies

FILIERE: Travaux Publics

SPECIALITE: Voies Et Ouvrage D'art

Thème

**Etude du dédoublement d'un tronçon routier de la RN 77A
reliant le carrefour RN100/RN77A et les limites de la wilaya
de Sétif sur une distance de 12Km**

Présenté Par: CHERBAL Rania

Encadré Par: BOUMEHRAZ Mohammed-Amin

BENZAHERA Meroua

Date de soutenance:...../...../.....

Jury de Soutenance

Président: LAOUCHE Mohamed

Grade MCB

UnivMSB jijel

Encadreur: BOUMEHRAZ M^{ed}-Amin

Grade MCB

Univ MSB jijel

Examineur 1: MENDACI Farida

Grade MAA

Univ MSB jijel

Promotion:2022 /2023

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous adonné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*Nous voudrions présenter nos chaleureux remerciements à notre encadreur et enseignante **Mr BOUMEHRAZ Mohammed Amin**; nous voudrions également lui témoigner notre gratitude pour son soutien, sa disponibilité, ses conseils et ses orientations qui nous ont été précieux afin de mener notre travail à bon port.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **MmeMENDACI Farida** et **Mr LAOUCHE MOHAMED** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Merci aussi à l'ingénieur de l'entreprise Nostrap **Mr CHERFI ALI**, pour son bon accueil durant la période de notre stage.*

Enfin nous tenons à remercier tous ceux et celles qui de près ou de loin ont contribué à finaliser ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce travail

A mon cher père Ahmed, grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité et ta compréhension.

A ma chère mère Hassina, aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A mes belles sœurs, Khadidja, Imane, Samar, Anfel et Nessrine.

A mon cher frère Elmahdi.

A mes proches et tous mes amis.

RANIA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

À moi-même pour tous ces sacrifices, mes chers parents, sœur et frères

*À mon mari qui a été à mes côtés, m'encourage et me soutenu pour tous ce
cursus*

À toute personne qui m'a aidé à pour suivre mes études.

À toute ma famille et à tous ceux que j'aime.

*À tous mes amis qui n'ont cessé de m'aider et de me conseiller pour accomplir
mon travail.*

À mon binôme Rania avec qui j'ai partagé de bons moments

malgré les difficultés que nous avons rencontrées.

Et enfin à tous ceux qui m'ont aidée de prêt ou de loin.

MEROUA

Résumé: ce projet présente une étude détaillée du dédoublement d'un tronçon routier sur une distance de 12Km reliant la daïra de Ferdjioua et les limite de la wilaya de Sétif. Nous visions à travers la présente étude, la mise en application de nos connaissances acquises durant notre cycle de formation, en mettant en évidence, les normes géométriques, choix de terrain, étude du trafic, choix de l'axe en plan, dessiner la ligne rouge du projet en profil en long, défini les éléments du profil en travers, calcul cubatures pour connaitre les volumes déblais et remblais, l'aménagement des carrefours, le dimensionnement du corps de chaussée et enfin la signalisation routière.

Mots-clefs: tracé routier, déblai, chaussée, vitesse de référence, carrefour, environnement.

Summary: this project presents a detailed study of the duplication of a road section over a distance of 12Km linking the daïra of Ferdjioua and the limits of the wilaya of Sétif. We aimed through this study, the application of our knowledge acquired during our training cycle, highlighting the geometric standards, choice of land, study of traffic, choice of the axis in plan, draw the line red of the project in longitudinal profile, defined the elements of the cross section, calculation of cubatures to know the volumes of cut and fill, the development of intersections, the dimensioning of the body of the roadway and finally the road signs.

Keywords: road layout, cut, pavement, reference speed, crossroads, environment.

المخلص: يقدم هذا المشروع دراسة تفصيلية لازدواجية مقطع طريق على مسافة 12 كلم تربط بين دائرة فرجيوة وحد ولاية سطيف. استهدفنا من خلال هذه الدراسة تطبيق المعرفة المكتسبة خلال دورة التدريب لدينا، وإبراز المعايير الهندسية، واختيار الأرض، ودراسة حركة المرور، واختيار المحور في المخطط، ورسم الخط الأحمر للمشروع في ملف تعريف طولي، وتحديد عناصر المقطع العرضي، حساب المكعبات لمعرفة أحجام القطع والتعبئة، تطور التقاطعات، أبعاد جسم الطريق وأخيراً علامات الطريق.

الكلمات المفتاحية: تخطيط الطريق، الردم، الطريق، سرعة مرجعية، مفترق طرق، بيئة.

Sommaire

Introduction générale.....	2
----------------------------	---

Chapitre I: Présentation du projet

I.1.Introduction.....	4
I.2. Présentation de la région d'étude.....	4
I.2.1. Présentation de la wilaya de Mila	4
I.2.2. Population.....	5
I.2.3. Climat.....	5
I.2.4. Les reliefs	5
I.2.5. Hydrographie.....	5
I.2.6. Les infrastructures	5
a) Réseaux routiers	5
b) Réseau ferroviaire.....	6
I.2.7. Contexte géologique.....	6
I.3. Présentation du projet	7
I.4. Objectif de l'étude et l'état actuel de la route	7
I.5. Conclusion	8

Chapitre II: Caractéristiques géométriques de la route

II.1. Introduction	10
II.2.Travaux topographique.....	10
II.2.1. Implantation des stations.....	10
II.2.2. Cheminement des stations.....	10
II.2.3. Levé topographique	10
II.3. Catégorie de la route.....	10
II.4. Environnement de la route.....	11

II.4.1. Dénivelée cumulée moyenne	12
II.4.2. Sinuosité.....	13
II.5. Vitesse de référence.....	14
II.6.Paramètres de base pour étudier d'une route.....	15
II.6.1. Vitesse de référence des véhicules légers «V _{VL} » et des poids lourds «V _{PL} ».....	15
II.6.2. Paramètres cinématiques.....	15
II.6.2.1. Distance minimale de freinage	15
a) Cas en palier et en alignement	16
b) Cas en déclivité (i)	16
II.6.2.2. Distance d'arrêt	17
a) Temps de perception-réaction.....	18
b) Distance d'arrêt en alignement droit.....	19
c) Distance d'arrêt en courbe (d ₃)	20
II.6.2.3. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre.....	20
a) Distance de visibilité de dépassement minimale «dm»	20
b) Distance de visibilité de dépassement normale «dN».....	21
c) Distance de visibilité de manœuvre de dépassement «d _{Md} »	21
d) Distances de sécurité entre deux véhicules (D _s)	22
II.7.Application au projet	22
II.7.1. La catégorie.....	22
II.7.2. L'environnement.....	22
II.7.3. Vitesse de référence	25
II.7.4. Distance minimale de freinage.....	25
II.7.5. Distance d'arrêt.....	26
a) Distance d'arrêt en alignement droit	26
b) Distance d'arrêt en courbe	26
c) Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre	26

Chapitre III: Etude du trafic

III.1.Introduction	29
III.2. Analyse de trafic.....	29
III.2.1. Les comptages	29
a) Comptages automatiques	29
b) Comptages manuels.....	30
III.2.2. Les enquêtes	30
a) Les enquêtes papillons ou distributions de cartes.....	30
b) Interview des conducteurs	30
c) Les enquêteurs à domicile-enquête ménage	31
III.3. Différents types de trafic	31
III.3.1. Trafic normal	31
III.3.2. Trafic dévié.....	31
III.3.3. Trafic induit	31
III.3.4. Trafic total	31
III.4.Modèles de présentation de trafic.....	31
III.4.1.Prolongation de l'évolution passée.....	32
III.4.2. Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.....	32
III.4.3. Modèle gravitaire.....	32
III.4.4. Modèle de facteurs croissance	32
III.5. Capacité des voies	33
III.5.1. Trafic à un horizon donné.....	33
III.5.2. Trafic effectif.....	33
III.5.3. Débit de pointe horaire normale	34
III.5.4. Débit horaire admissible	34
III.5.5. Calcul du nombre de voies	35
a) Cas d'une chaussée bidirectionnelle.....	35
b) Cas d'une chaussée unidirectionnelle.....	35

III.6. Application dans notre projet	36
III.6.1. données de projet	36
III.6.2. Calcul de trafic.....	36
III.6.3. Calcul de trafic effectif	37
III.6.4. Débit de pointe horaire normal	37
III.6.5. Capacité admissible	37
III.6.6. Calcul du nombre des voies	38
III.6.7. Détermination de l'année de saturation	38
III.7. Conclusion.....	39

Chapitre IV: Tracé en plan

IV.1. Introduction	41
IV.2. Règles à respecter dans le tracé en plan	41
IV.3. Eléments du tracé en plan	41
IV.3.1. Les alignements (droites)	42
a) Longueur minimum L_{\min}	42
b) Longueur maximum L_{\max}	43
IV.3.2. Arcs de cercle	43
IV.3.2.1. Condition de stabilité en courbe	43
a) Rayon minimal absolu (R_{Hm})	45
b) Rayon minimal normal (R_{HN})	45
c) Rayon au dévers minimal (R_{Hd})	45
d) Rayon minimal non déversé (R_{Hnd}).....	45
IV.3.2.2. Visibilité en courbe.....	47
IV.3.2.3. Sur largeur	47
IV.3.3. Raccordements progressifs (Clothoïde)	48
IV.3.3.1. La Clothoïde	48
IV.3.3.2. Expression mathématique de la clothoïde	48

IV.3.3.3. Eléments de la clothoïde	49
IV.3.3.4. Choix de la clothoïde	50
a) Condition de confort optique	50
b) Condition de confort dynamique	50
c) Condition de gauchissement	51
IV.4. Application au projet.....	52
IV.4.1. Calcul des longueurs des alignements.....	52
a) Longueur minimum (Lmin).....	52
b) Longueur maximum(Lmax)	52
IV.4.2. Calcul des rayons en plan.....	52
a) Rayon minimal absolu (R_{Hm}).....	52
b) Rayon minimal normal (R_{HN}).....	52
c) Rayon au dévers minimal (R_{Hd}).....	52
d) Rayon minimal non déversé (R_{Hnd})	53
IV.4.3. Paramètres fondamentaux	53
IV.4.4. Exemple de calcul des caractéristiques géométrique d'une clothoïde	54
a) Calcul de la longueur minimale de la clothoïde (L)	55
b) Calcule de paramètre de Clothoïde (A)	56
c) Formules et méthodes de calculs	56
IV.4.5. Trace en plan de la route	59

Chapitre V: Profil en long

V.1. Introduction	61
V.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long	61
V.3. Éléments du profil en long	62
V.3.1. Déclivité.....	62
a) Déclivité minimale	62
b) Déclivité maximale.....	62

V.3.2. Raccordements du profil en long.....	63
V.3.2.1.Raccordements convexes (angle en saillant)	63
a) Pour les chaussées unidirectionnelles.....	63
b) Pour les chaussées bidirectionnelles.....	64
V.3.2.2. Rayons en angle rentrant (raccordements concaves).....	65
V.4. Application dans notre projet	66
V.4.1. Déclivité maximale.....	66
V.4.2. Cas d'un angle saillant.....	66
V.4.3. Cas d'un angle rentrant.....	67
V.4.4. Profil en long de la route	67

Chapitre VI: Profil en travers

VI.1. Introduction.....	70
VI.2. Les éléments constitutifs du profil en travers	70
VI.2.1.L'emprise.....	71
VI.2.2.Assiette	71
VI.2.3. La plate-forme	71
VI.2.4. La chaussée.....	71
VI.2.5.La largeur roulable	71
VI.2.6.Les accotements	71
VI.2.7. Le terre-plein central	71
VI.2.8.Fossé.....	71
VI.2.9.Bande dérasée.....	72
VI.2.10. Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	72
VI.2.11.Berne	72
VI.2.12.Terre-plein central (T.P.C)	72
VI.2.13. Les talus.....	72
VI.3. Classification de profil en travers	72

VI.3.1. Profil en travers courant	72
VI.3.2. Profil en travers type	73
VI.4. Dévers	73
VI.4.1. Dévers en alignement	73
VI.4.2. Dévers vers l'intérieur des courbes	74
VI.5. Profil en travers type pour le projet	74
VI.5.1. Surlargeur	75
VI.5.2. Pente de talus	75
VI.6. Types de profils en travers	76
VI.6.1. Cas remblai	76
VI.6.2. Cas déblai	76
VI.6.3. Cas mixte	77

Chapitre VII: Etude géotechnique

VII.1. Introduction.....	79
VII.2. Objectif de la géotechnique routière.....	79
VII.3. Reconnaissance des essais	79
VII.4. Essais in-situ	80
VII.4.1. Programme des essais in-situ	80
VII.4.2. Moyens de reconnaissance.....	81
VII.4.3. Objectif des essais in-situ.....	82
VII.4.3.1. Sondage à ciel ouvert et sondage carotté.....	82
VII.4.3.2. Essai piézométrique.....	82
VII.4.3.3. Essai SPT.....	82
VII.4.4. Description des résultats des essais in-situ	83
VII.5. Essais au laboratoire	86
VII.5.1. Les essais mécaniques.....	86
a) Teneur en eau et la densité	86

b) Essai d'analyse granulométrique	86
c) Essai limite d'Atterberg	86
d) Essai bleu de méthylène (V_{BS}).....	87
VII.5.2. Les essais mécaniques.....	87
a) Essai Proctor	87
b) Essai CBR.....	87
c) Essai fragmentabilité	87
d) Essai dégradabilité	87
VII.5.3. Les essais chimiques	88
VII.6. Résultat des essais sur notre projet	88
VII.6.1. Caractéristiques physiques	88
a) Teneur en eau et la densité	88
b) Analyse granulométrique	88
c) Limites d'Atterberg	89
d) Bleu de méthylène (V_{BS})	89
VII.6.2. Caractéristiques mécaniques	89
a) Essai Proctor modifié.....	89
b) Essai CBR.....	89
c) Coefficient de fragmentabilité	89
d) Coefficient de dégradabilité.....	89
VII.6.3. Caractéristiques chimiques	89
VII.7. Classification géotechnique des sols selon GTR	91
VII.8. Conclusion	92

Chapitre VIII: Dimensionnement du corps de chaussée

VIII.1. Introduction	94
VIII.2. La chaussée.....	94
VIII.2.1. Définition.....	94

VIII.2.2. Les différentes catégories de chaussée	94
a) Chaussées souples.....	95
b) Les chaussées semi-rigides	95
c) Les chaussées rigides	95
VIII.3. Les principaux rôles des couches	96
VIII.3.1. Couche de surface.....	97
VIII.3.2. Couche d'assise	97
VIII.3.3. Couche de forme.....	97
VIII.4. Principales paramètres pour dimensionner d'une chaussée	98
VIII.4.1.Trafic.....	98
VIII.4.2. Le climat et l'environnement.....	98
VIII.4.3. Le sol support	99
VIII.4.4. Les matériaux utilisés	99
VIII.5. Principales méthodes de dimensionnement.....	99
VIII.5.1. Méthode C.B.R (California –Bearing –Ratio).....	99
VIII.5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).....	101
VIII.5.2.1. Le trafic	102
a) Détermination du type de réseaux principaux	102
b) Détermination de la classe de trafic (TPLi)	102
c) Le trafic cumulé de poids lourd (TCi)	103
d) Trafic cumulé équivalent (TCEi)	104
VIII.5.2.2. Risque de calcul	104
VIII.5.2.3. Présentation des classes de portance des sols	104
VIII.5.2.4. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement	105
VIII.5.2.5.Amélioration de la portance du sol support	105
VIII.5.2.6. Les données climatiques	106
VIII.5.2.7. Choix de la couche de roulement.....	106
VIII.5.2.8. Détermination la structure du corps de chaussée	106

VIII.6. Application dans notre projet	107
VIII.6.1. Méthode CBR	107
a) Données de l'étude	108
b) Répartition de trafic	108
c) Calcul d'épaisseur	108
VIII.6.2. Méthode du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)	109
VIII.6.3. Vérification de la structure à la fatigue et les déformations admissibles	111
a) La déformation admissible au niveau du sol support	112
b) La déformation admissible pour les matériaux bitumineux	112
VIII.6.4. Vérifications avec ALIZE.....	113
VIII.7. Conclusion.....	114

Chapitre IX: Calcul des terrassements

IX.1. Introduction.....	116
IX.2. Définition	116
IX.2.1. Déblais.....	116
IX.2.2. Remblais.....	116
IX.2.3. Cubature	116
a) Formule de SARRAUS	117
b) Méthode linéaire	119
c) Méthode de GULDEN.....	119
IX.3. Exécution des remblais	119
IX.3.1. Préparation sous remblai	119
IX.3.2. Opération de mise en remblai.....	120
a) Déchargement.....	120
b) Régalage	120
c) Compactage	120
IX.3.3. Engins de compactage	121
IX.4. Application au projet.....	121

Chapitre X: Aménagement des carrefours

X.1. Introduction	123
X.2. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour	123
X.2.1. La visibilité	123
X.2.2. Données de base	123
X.2. 3. Les ilots.....	124
a) Ilot séparateur	124
b) Ilot directionnel.....	124
c) Les couloirs d'entrée et de sortie	124
X.2.4. Signalisation du carrefour.....	124
X.3. Choix du type de carrefour	124
X.4. Type de conflit dans un carrefour.....	125
X.4.1. Conflit d'écoulement parallèle	125
X.4.2. Conflits de l'écoulement divergent.....	125
X.4.3. Conflit de l'écoulement convergent.....	125
X.4.4. Conflit d'écoulement sécant	126
a) Cisaillement	126
b) Entrecroisement	126
X.5. Types des carrefours.....	126
X.5.1. Carrefours dénivelés (échangeurs)	126
X.5.2. Carrefours plans.....	126
X.5.2.1. Carrefours plans ordinaires	126
a) Carrefour à trois branches (en T)	126
b) Carrefour à trois branches (en Y).....	127
c) Carrefour à quatre branches (en croix)	128
X.5.2.2. Carrefour type giratoire.....	128
a) Les avantages	128
b) Les inconvénients.....	129

c) Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires.....	129
d) Eléments propres au carrefour giratoire.....	129
X.6. Visibilité aux carrefours	130
X.6.1. Triangle de visibilité	130
X.6.2. Priorité à droite	130
X.6.3. Balise de priorité B ₁	131
X.6.4. Signal STOP	132
X.7. Application dans notre projet	133
X.7.1. Triangle de visibilité	133
X.8. Conclusion.....	134

Chapitre XI: Assainissement routier et dimensionnement des ouvrages

XI.1. Introduction.....	136
XI.2. Objectif de l'assainissement.....	136
XI.3. Drainage des eaux souterraines	137
XI.3.1. Nécessité du drainage des eaux souterraines.....	137
XI.3.2. Protection contre la nappe phréatique	137
XI.4. Ouvrages d'assainissement	138
XI.4.1. Réseaux de canalisation longitudinaux	138
a) Fossé de pied talus en déblai	138
b) Fossés de crête de talus en déblai	138
c) Fossés de pied de talus en remblai.....	138
d) Fossés de crête de talus de remblai.....	138
e) Réseau de terre-plein central (TPC)	138
XI.4.2. Ouvrages transversaux	139
a) Buses et dalots	139
XI.4.3. Ouvrages de raccordements.....	140
a) Les regards.....	140

b) Descentes d'eau	140
c) Collecteur principal (canalisation).....	140
d) Chambre de visite (cheminée)	140
e) Sacs.....	140
f) Bassin versant.....	140
XI.5. Choix des ouvrages d'assainissement	141
XI.5.1. Critère de choix	141
XI.6. Dimensionnement des ouvrages de rétablissement.....	142
XI.6.1. Calcul des débits d'apports.....	142
a) Coefficient de ruissellement (C).....	142
b) L'intensité de la pluie (I_t)	143
b.1. L'intensité horaire I.....	143
b.2. Temps de concentration t_c	143
b.3. Pluie journalière maximale annuelle P_j	144
XI.6.2. Débit de saturation.....	144
XI.6.3. Dimensionnement des buses	145
XI.6.4. Dimensionnement des dalots.....	146
XI.6.5. Dimensionnement des fossés.....	147
XI.7. Application au projet.....	148
XI.7.1. Données hydrauliques	148
XI.7.2. Calcul hydraulique	149
a) Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j	150
b) L'intensité horaire I	150
c) Calcul de la surface du bassin versant	150
XI.7.3. Dimensionnement des buses	151
XI.7.3.1. Calcul des débits d'apport	151
a) Débit apporté par le bassin versant	151
b) Débit apporté par la chaussée	151

c) Débit apporté par l'accotement.....	151
d) Débit apporté par talus	152
XI.7.3.2. Calcul de débit de saturation (Qa).....	152
XI.7.4. Dimensionnement des dalots.....	153
XI.7.4.1. Calcul des débits d'apport	153
a) Débit apporté par le bassin versant	153
b) Débit apporté par la chaussée	153
c) Débit apporté par l'accotement.....	153
d) Débit apporté par talus	154
XI.7.4.2. Calcul de débit de saturation (Qa).....	154
XI.7.5. Dimensionnement des fossés.....	154
XI.8. Conclusion	155

Chapitre XII: Signalisation routière

XII.1. Introduction.....	158
XII.2. Objectifs de la signalisation routière	158
XII.3. Critères à respecter pour les signalisations	158
XII.4. Principes de la signalisation routière	158
XII.4.1. Principe de valorisation.....	158
XII.4.2. Principe de concentration.....	159
XII.4.3. Principe de visibilité.....	159
XII.5. Catégories de signalisation	159
XII.6. Types de signalisation.....	159
XII.6.1. Signalisation verticale	159
a) Signaux de danger	159
b) Signaux comportant une prescription absolue.....	159
c) Signaux à simple indication.....	160
d) Signaux de position des dangers.....	160
XII.6.2. Signalisation horizontale.....	160

XII.6.2.1. Marquage longitudinales	160
a) Lignes continues	160
b) Lignes discontinues.....	161
XII.6.2.2. Marquages transversales.....	162
a) Lignes transversales continue	162
b) Lignes transversales discontinue.....	162
XII.6.2.3. Autres marques.....	162
a) Flèches de rabattement.....	162
b) Flèches de sélection	162
XII.7. Caractéristiques générales des marques.....	163
XII.7.1. Couleur des marques	163
XII.7.2. Largeur des lignes	163
XII.7.3. Modulation des lignes discontinues	164
XII.8. Application dans notre projet.....	165
XII.8.1. Signalisation horizontale.....	165
XII.8.2. Signalisation verticale	166
a) Panneaux de signalisation.....	166
XII.9. Eclairage	168
XII.9.1. Introduction.....	168
XII.9.2. Paramètres d’implantation des luminaires	168
XII.9.3. Eclairage de la voie (le long de la route)	169
XII.10. Sécurité	169
XII.10.1. Dispositifs de sécurité	169
a) Glissières de sécurité	169
b) La murette de protection en béton armé	169
Conclusion générale	171
Références bibliographiques	173

Liste des tableaux

Tableau II.01: Classification du relief en fonction de la dénivellation moyenne selon B40	12
Tableau II.02: Classification de la sinuosité moyenne selon B40	13
Tableau II.03: Environnement en fonction de relief et de la sinuosité.....	14
Tableau II.04: Vitesse de référence en fonction de catégorie et de l'environnement	14
Tableau II.05: V_{VL} et V_{PL} en fonction de la Catégorie et de l'environnement d'après B40.	15
Tableau II.06: Coefficient de frottement longitudinal « f_L » en fonction de la vitesse (B40).	17
Tableau II.07: Valeurs des distances de freinage (d_0), d'arrêt en alignement droit (d_1) et en courbe (d_3).....	20
Tableau II.08: Valeurs de « d_m » en fonction de la vitesse de référence (B40).....	21
Tableau II.09: Valeurs de « d_N » en fonction de la vitesse de référence (B40).....	21
Tableau II.10: Valeurs de « d_{Md} » en fonction de la vitesse de référence (B40).	21
Tableau II.11: Valeurs de distance de sécurité (m) en fonction de la vitesse (Km/h) (B40).	22
Tableau II.12: Calcul de la dénivellée cumulée h_1 (pente >0).....	22
Tableau II.13: Calcul de la dénivellée cumulée h_2 (pente <0).....	23
Tableau II.14: Calcul de la longueur sinueuse.	24
Tableau II.15: Valeurs calculées et celles données par le B40.....	27
Tableau III.01: Coefficient d'équivalence «P».	34
Tableau III.02: Valeurs du coefficient «K1».	34
Tableau III.03: Valeurs du coefficient «K2».	35
Tableau III.04: Valeurs de la capacité théorique selon B40.	35
Tableau III.05: Capacités des routes (B40).	36
Tableau III.06 : Valeurs calculées.....	38
Tableau IV.01: Coefficient de frottement transversal (ft) (selon B40).	44
Tableau IV.02: Dévers en fonction de la catégorie et de l'environnement (selon B40).....	46

Tableau IV.03: Valeurs des rayons en plan selon B40.....	46
Tableau IV.04: Valeurs des rayons en plan.....	53
Tableau IV.05: Paramètres fondamentaux.....	53
Tableau IV.06: Coordonnées des sommets d'un exemple de rayon de la clothoïde.....	55
Tableau V.01: Déclivité maximale en fonction de la catégorie et de l'environnement.....	62
Tableau V.02: Valeurs des rayons en angle saillant du profil en long (B40).....	64
Tableau V.03: Valeurs des rayons en angle rentrant (selon B40).....	66
Tableau V.04: Valeurs des rayons du profil en long calculées et selon B40.....	67
Tableau VI.01: Paramètre des dévers.....	75
Tableau VI.02: Pentés des talus.....	75
Tableau VII.01: Types des essais in-situ.....	81
Tableau VII.02: Résultats des sondages des puits à connaissances.....	83
Tableau VII.03: Résultats des sondages carotté.....	85
Tableau VII.04: Résultats de teneur en eau et de la densité.....	88
Tableau VII.05: Récapitulation des résultats des analyses chimiques.....	90
Tableau VII.06: Classification géotechnique des sols.....	91
Tableau VIII.01: Coefficient d'équivalence en fonction de matériaux utilisés.....	100
Tableau VIII.02: Choix du type de réseaux principaux.....	102
Tableau VIII.03: Niveau du réseau type des matériaux.....	102
Tableau VIII.04: Classes de trafic TPLi adoptées (fascicule N° 2).....	103
Tableau VIII.05: Classe du trafic.....	103
Tableau VIII.06: Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001)....	104
Tableau VIII.07: Risque adopté pour le réseau RP1(fascicule N° 2).....	104
Tableau VIII.08: Classe de portance des sols Si (fascicule 1).....	105
Tableau VIII.09: Classes de terme du sol support (fascicule 1).....	105
Tableau VIII.10: Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.....	105
Tableau VIII.11: Caractères des zones climatiques en Algérie.....	106

Tableau VIII.12: Récapitulatif des résultats du calcul	109
Tableau VIII.13: Tableau des données.....	112
Tableau VIII.14: Résultats de la simulation.....	113
Tableau VIII.15: Résumé des résultats obtenu par les deux méthodes.....	114
Tableau X.01: Aménagements possibles aux routes de type T.....	125
Tableau X.02: Distances de visibilité d_p et d_{np} selon B40.....	131
Tableau X.03: Distances de visibilité d’P (Balise B1 et STOP) selon B40.....	132
Tableau XI.01: Coefficient de ruissellement.....	143
Tableau XI.02: Variation de Gauss	144
Tableau XI.03: Caractéristiques des bassins	148
Tableau IX.04: Tableau récapitulatif des résultats	155
Tableau XII.01: Caractéristiques de lignes discontinues.....	164

Liste des figures

Figure I.01: Situation géographique de la wilaya de Mila.....	4
Figure I.02: Carte du réseau routier de la wilaya de Mila	6
Figure I.03: Situation géographique de notre projet	7
Figure I.04: Images représentées l'état actuel de notre projet	8
Figure II.01: classification des routes en Algérie.	11
Figure II.02: Dénivelée cumulée moyenne H/L	12
Figure II.03: Sinuosité de l'itinéraire.....	13
Figure II.04: Distance de freinage	16
Figure II.05: Cas d'une route en déclivité	17
Figure II.06: Distance d'arrêt.	18
Figure II.07: Obstacles mobiles.....	19
Figure IV.01: Eléments d'un tracé en plan.	42
Figure IV.02: Schéma représente la condition de stabilité d'un véhicule en courbe.....	43
Figure IV.03: Rayon en plan (inclinaison i).	44
Figure IV.04: Zone de dérasement.....	48
Figure IV.05: Eléments d'un clothoïde.....	49
Figure IV.06: Exemple de calcul de la clothoïde.....	54
Figure IV.07: Tracé en plan dans notre projet (image du logiciel piste).	59
Figure V.01: Profil en long.	61
Figure V.02: Raccordements du profil en long.	63
Figure V.03: Profil en long dans notre projet (image du logiciel piste).	68
Figure VI.01: Eléments constitutifs du profil en travers.....	70
Figure VI.02: Divers du profil en travers en alignement droit.	74
Figure VI.03: Profil en travers en remblai.	76

Figure VI.04: Profil en travers en déblai.	77
Figure VI.05: Profil en travers en mixte.	77
Figure VII.01: Essais géotechniques sur le sol support.	80
Figure VII.02: Moyens des essais in-situ.	81
Figure VIII.01: Chaussée souple.	95
Figure VIII.02: Exemple des chaussées semi-rigides.	95
Figure VIII.03: Chaussée rigides.	96
Figure VIII.04: Schéma récapitulatif des structures de chaussée.	96
Figure VIII.05: Différentes couches de la chaussée.	98
Figure VIII.06: Démarches de la méthode de catalogue.	101
Figure VIII.07: Exemple des structures du corps des chaussées (catalogue CTTP).	107
Figure VIII.08 : Corps de chaussée méthode CBR.	109
Figure VIII.09: Dimensionnement par le catalogue des chaussées neuves.	111
Figure VIII.10: Résultats par alizé LCPC.	113
Figure IX.01: Profils en travers mixte.	117
Figure IX.02: Profils en travers successifs.	117
Figure IX.03: Profil en long d'un tracé donné.	118
Figure X.01: Carrefour en T.	127
Figure X.02: Carrefour en Y.	127
Figure X.03: Carrefour en X.	128
Figure X.04: Schéma de carrefour giratoire.	130
Figure X.05: Distance de visibilité.	131
Figure X.06: Triangle de visibilité.	133
Figure X.07: Carrefour type de notre projet.	134
Figure XI.01: Réseaux de canalisation longitudinaux.	139
Figure XI.02: Ouvrages transversaux.	139

Figure XI.03: Bassin versant.....	141
Figure XI.04: Buses.	145
Figure XI.05: Dalots.	146
Figure XI.06: Fossés.	147
Figure XII.01: ligne continue.	160
Figure XII.02: lignes discontinues.....	161
Figure XII.03: Flèches de rabattement.	162
Figure XII.04: Flèches de sélection.	163
Figure XII.05: Largeur des lignes.....	164
Figure XII.06: Signalisation directionnelles (de sélection).	165
Figure XII.07: Flèche de rabattement.	166
Figure XII.08: Signalisation verticale type A.....	166
Figure XII.09: Signalisation verticale type B.	167
Figure XII.10: Signalisation verticale type E.	167
Figure XII.11: Paramètres de l'implantation des luminaires.....	168

Liste des symboles

PK : point kilomètres	RV_{min} : rayon minimal en angle saillant.
APD : avant projet détaillé	R'V_{min} : rayon minimal en angle rentrant.
RN : route nationale	TN : terrain naturel.
VB : vitesse de bas	TPC : terre-plein central.
d₀ : distance de freinage.	BDU : Bande d'arrêt d'urgence.
V_r : vitesse de référence.	BDG : Bande dérasée de gauche.
i : la déclivité de la route.	VR : volume de remblai total.
t₁ : temps de perception-réaction.	VD : volume de déblai total.
f_L : Coefficient de frottement longitudinal.	V_p : vitesse de propagation des ondes.
η : taux d'accroissement du trafic (%).	EM : module pressiometrique.
T_{eff} : trafic effectif.	PF : pression de fluage.
P : coefficients d'équivalence.	γ_d : la masse volumique sèche.
PL : poids lourds.	ω_{opt} : teneur en eau optimale.
UVP : Unités des Véhicules Particuliers.	ω : teneur en eau.
Z : pourcentage de poids lourds (%).	WL : limite de liquidité.
Q : Débit de pointe horaire normal.	WP : limite de plasticité.
Q_{adm} : Débit horaire admissible.	I_p : indice de plasticité.
K₁ : coefficient lié à l'environnement.	ES : équivalence de sable.
K₂ : coefficient de réduction de capacité.	VBS : valeur de bleu méthylène.
C_{th} : capacité théorique.	CBR : California - Bearing – Ratio
L_{min} : la longueur d'alignement minimale.	BB : béton bitumineux.
L_{max} : la longueur d'alignement maximale.	G.N.T : grave non traité.
d : dévers de la route.	GB : grave bitume.
S : sur largeur.	GT : grave traité.
A : paramètre la de clothoïde.	GC : grave ciment.
ΔR : décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage).	TPL : trafic poids lourds.
ε_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.	I_t : l'intensité de la pluie.
ε_Z : étant la déformation verticale sur le sol support.	KST : coefficient de rugosité.
P_{j max} : Pluie journalière maximale.	IDF : Intensité-Durée-Fréquence.
	Q_a : débits d'apports.

TC : temps de concentration.

QS : débit de saturation.

KST : coefficient de rugosité.

C: Coefficient de ruissellement.

J : pente de l'ouvrage d'évacuation.

RH : rayon hydraulique.

Sm : section mouillée.

QS : débit de saturation.

Pm : périmètre mouillée.


Lce : Longueur de bassin versant.

Kc: Indice de Graveleuse.

Pjmoy: pluie moyenne journalière.

Cv: coefficient de variation climatique;

U: variation de Gauss.

A decorative border in orange and grey, resembling a scroll or a frame, surrounds the text. The border has rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a scroll's edge. The text is centered within this frame.

***Introduction
générale***

Introduction générale

L'efficacité économique et sociale des infrastructures de transport, en particulier des routes, est essentielle. Elles facilitent la communication et les échanges entre les populations, jouant ainsi un rôle crucial dans l'intégration des activités économiques à la vie locale. Les avantages et les coûts sociaux des aménagements réalisés doivent être pris en compte pour évaluer leur impact.

La problématique à l'origine des projets d'infrastructure routière est souvent liée à un réseau existant insuffisant, soit en termes de capacité, soit en raison de la saturation. Il est donc nécessaire de définir clairement les contours de cette problématique, de proposer des solutions appropriées et de quantifier précisément les différentes composantes qui y sont associées.

Nous visons à travers la présente étude, la mise en application nos connaissances acquises durant notre cycle de formation, en mettant en évidence; les normes géométriques et celles géotechniques appliquées à ces types de projet, avec la prise en considération du volet économique et financier. Durant la réalisation de la présente étude, nous accordons beaucoup d'importance à la sécurité routière, le confort routier pour les usagers de la route.

Notre projet de fin d'étude intitulé par: étude du dédoublement d'un tronçon routier de la RN 77A reliant le carrefour RN100/RN77A et les limites de la wilaya de Sétif sur une distance de 12Km, a pour objet d'améliorer l'aménagement de telle sorte à augmenter le niveau de service.

La démarche suivie lors de notre étude qui contient deuze chapitres est structurée comme suit: une introduction générale suivie par une présentation de la région, puis l'étude géométrique. Ensuite nous entamons l'étude géotechnique qui sera suivi du dimensionnement du corps de chaussé de la route à construire, et enfin cette étude est terminé par une conclusion générale.



CHAPITRE I
Présentation de projet

Chapitre I: Présentation du projet

I.1.Introduction

Le réseau routier est le seul moyen de communication dans la wilaya de Mila en l'absence de transports aériens, ferroviaire et maritimes et dans ce cas il est nécessaire d'améliorer ce réseau et de construire de nouvelles infrastructures routières pour faciliter les déplacements et les échanges commerciaux soit dans la wilaya même soit avec les autres wilayas voisines.

I.2. Présentation de la région d'étude

I.2.1. Présentation de la wilaya de Mila

La wilaya de Mila est située au Nord-Est du pays. Elle est constituée de 32 communes et 13 daïra, et elle est limitée (voir la figure I.01):

- Au Nord-Ouest par la wilaya de Jijel;
- Au Nord-Est par la wilaya de Constantine;
- A l'Ouest par la wilaya de Sétif;
- Au Sud par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Batna.

Le chef-lieu de la wilaya est situé à 490Km à l'Ouest de la capitale Alger, et à 33Km de la mer méditerranée [1].

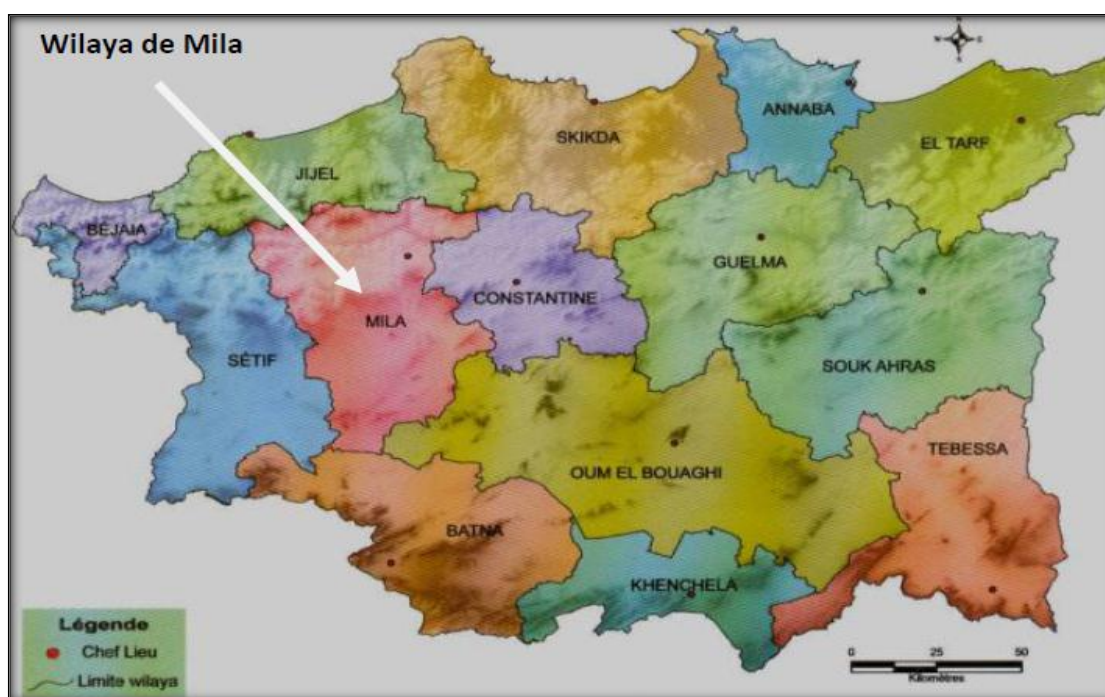


Figure I.01: Situation géographique de la wilaya de Mila [2].

I.2.2. Population

La wilaya de Mila est une wilaya d'Algérie. Elle compte 766885 habitants sur une superficie de 3512Km². La densité de population de notre région d'étude est de 218,4 habitants par Km²;ou 89580 habitants seulement au chef-lieu de la ville de Mila.

I.2.3. Climat

La wilaya de Mila est régie par trois microclimats, calqués sur l'agencement de trois grands ensembles morphologiques:

- Humide, pour les reliefs montagneux du Nord et de la partie médiane, qui s'étend de Bou Hatem à Ain Tine;
- Semi-aride à humide, pour la partie médiane de la wilaya «dépression et ses versants»;
- Semi-aride, pour les «hautes plaines».

La pluviométrie de la région d'étude varie entre 700mm/an dans la zone montagneux, 350mm/an au sud et 400 à 600mm/an dans la partie centrale.

I.2.4. Les reliefs

Elles sont structurées en trois ensembles morphologiques:

- Au nord, les montagnes et collines du Nord Constantinois tel que: M'sid Aïcha, Zouagha et El-Halfa traversé par l'Oued-el-Kebir;
- Au sud, les plaines fertiles de Milev, arrosées par le plus grand cours d'eau de l'Est Algérien, le Rhummel;
- Au Sud, un ensemble des hautes plaines (plaines et collines).

I.2.5. Hydrographie

La wilaya de Mila abrite le plus grand barrage d'eau en Algérie, le barrage de Beni Haroun qui alimente une grande partie de l'Est Algérien en eau potable et eau d'irrigation. Les principaux cours d'eau sont Rhummel et Oued-ElKebir. Elle abrite aussi le barrage d'Oud Athmania.

I.2.6. Les infrastructures

a) Réseaux routiers

Le réseau routier de la wilaya de Mila comporte ce qui suit: une distance de 310Km des routes nationales, une distance de 295Km des chemins de wilaya et une distance de 1522Km des chemins communaux.

b) Réseau ferroviaire

La wilaya de Mila est traversée dans la partie Sud de son territoire par un tronçon de chemin de fer d'une longueur d'environ 50Km.

I.2.7. Contexte géologique

Les potentialités et les gisements géologiques naturels de la wilaya de Mila sont constitués pour une grande part par les ressources en géo-matériaux. Cette richesse minière se présente, à l'état actuel des explorations et de l'exploitation, sous deux catégories principales:

- Les ressources minérales non métalliques regroupant tous les matériaux utilisés dans le domaine des travaux publics et de la construction (granulats, sables, argiles...);
- Les ressources minérales métalliques représentées comme des indices non exploitables, à l'état actuel des données.

Les ressources minérales non métalliques sont caractérisé par des calcaires exploités pour granulats, des grès quartzeux, de l'onix, du gypse, de l'argile, du gravier, du sel gemme et des ophites. Les ressources minérales métalliques sont représentées par des minéralisations de Pb-Zn, Cu, Fe [3].

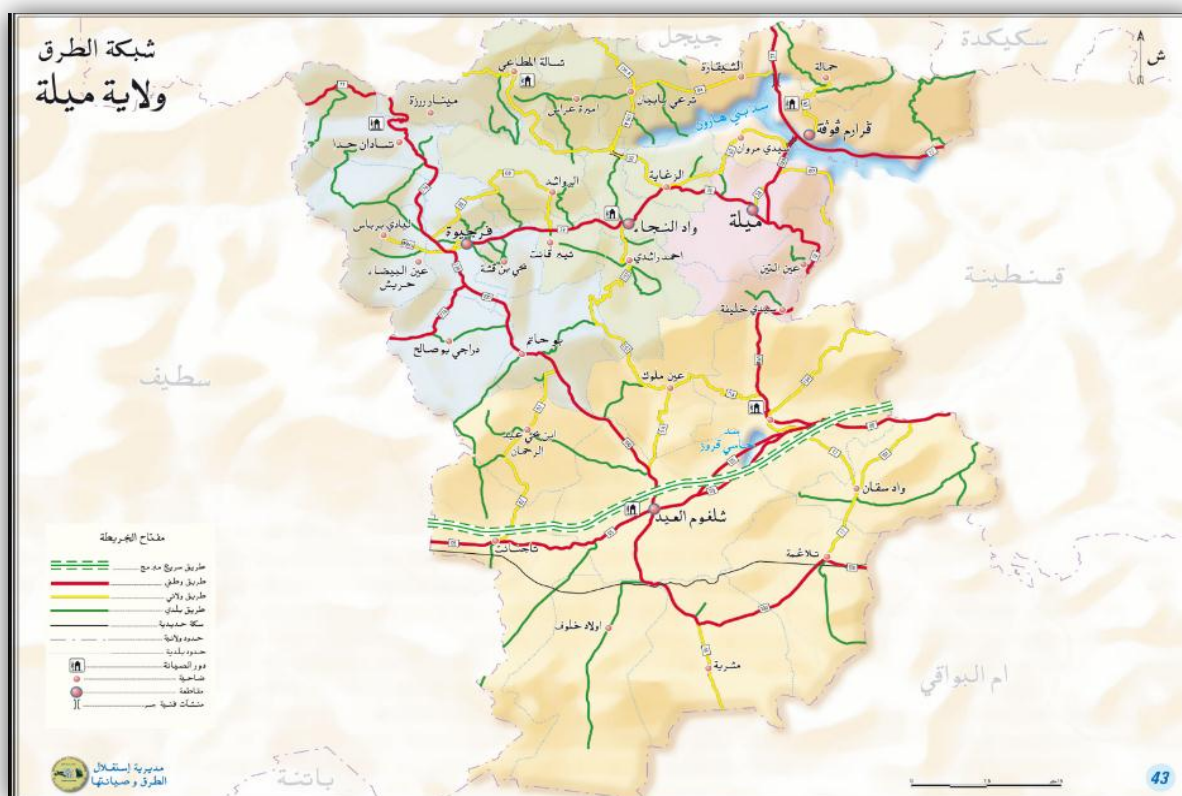


Figure I.02: Carte du réseau routier de la wilaya de Mila [2].

I.3. Présentation du projet

Notre projet a pour objet d'étudier le dédoublement d'un tronçon routier de la RN 77A reliant le carrefour RN100/RN77A et les limites de la wilaya de Sétif sur une distance de 12Km (la figure ci-dessous montre la situation géographique de notre projet).



Figure I.03: Situation géographique de notre projet [2].

I.4. Objectif de l'étude et l'état actuel de la route

L'objectif principal de notre projet consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par un élargissement, et de procéder à son renforcement. Pour atteindre l'objectif visé, notre travail a été structuré comme suit:

- L'augmentation de la capacité de la route;
- Procéder un renforcement pour la partie existante;
- L'amélioration du niveau de service de la route;
- Le développement économique de la région;
- Améliorer les conditions de circulations;
- Assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser les voyageurs sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente;
- Réduire le temps de parcours;

- Amélioré la sécurité [4].

Les caractéristiques de la route RN77A sont les suivantes:

- Une chaussée bidirectionnelle, dont la largeur varie de 7 à 8m.
- Des accotements de 1,5m de largeur sur chaque côté.

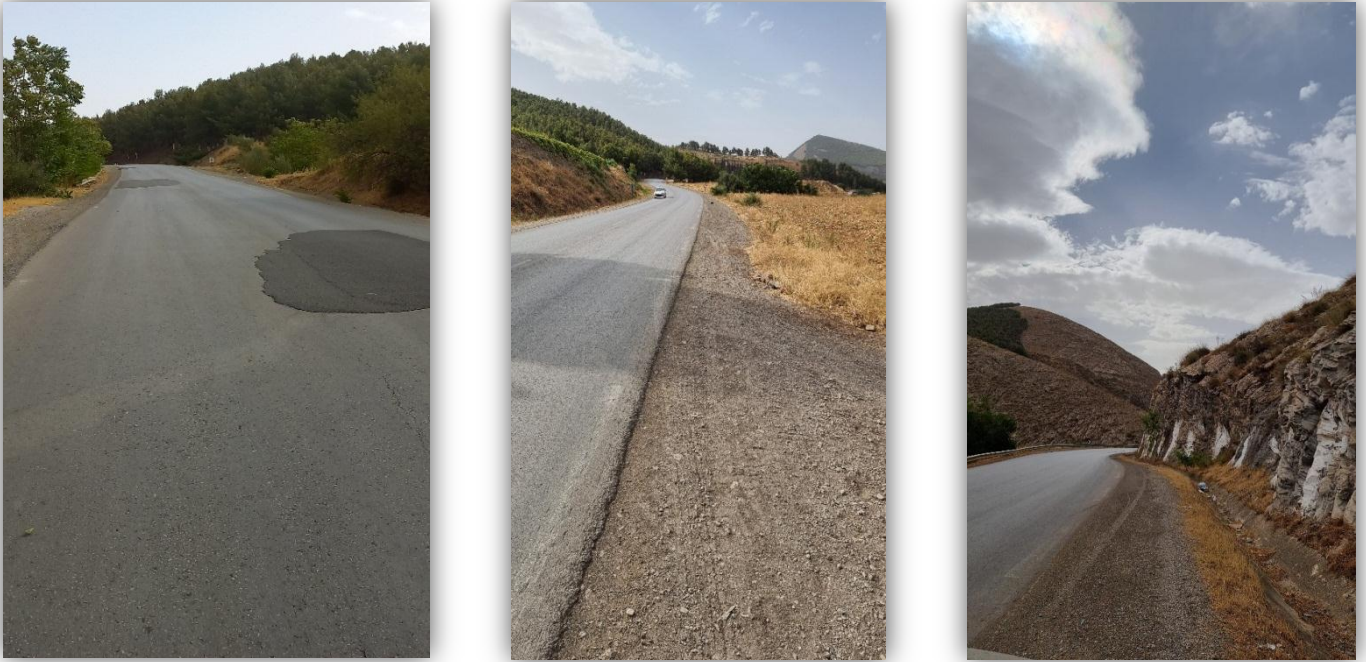
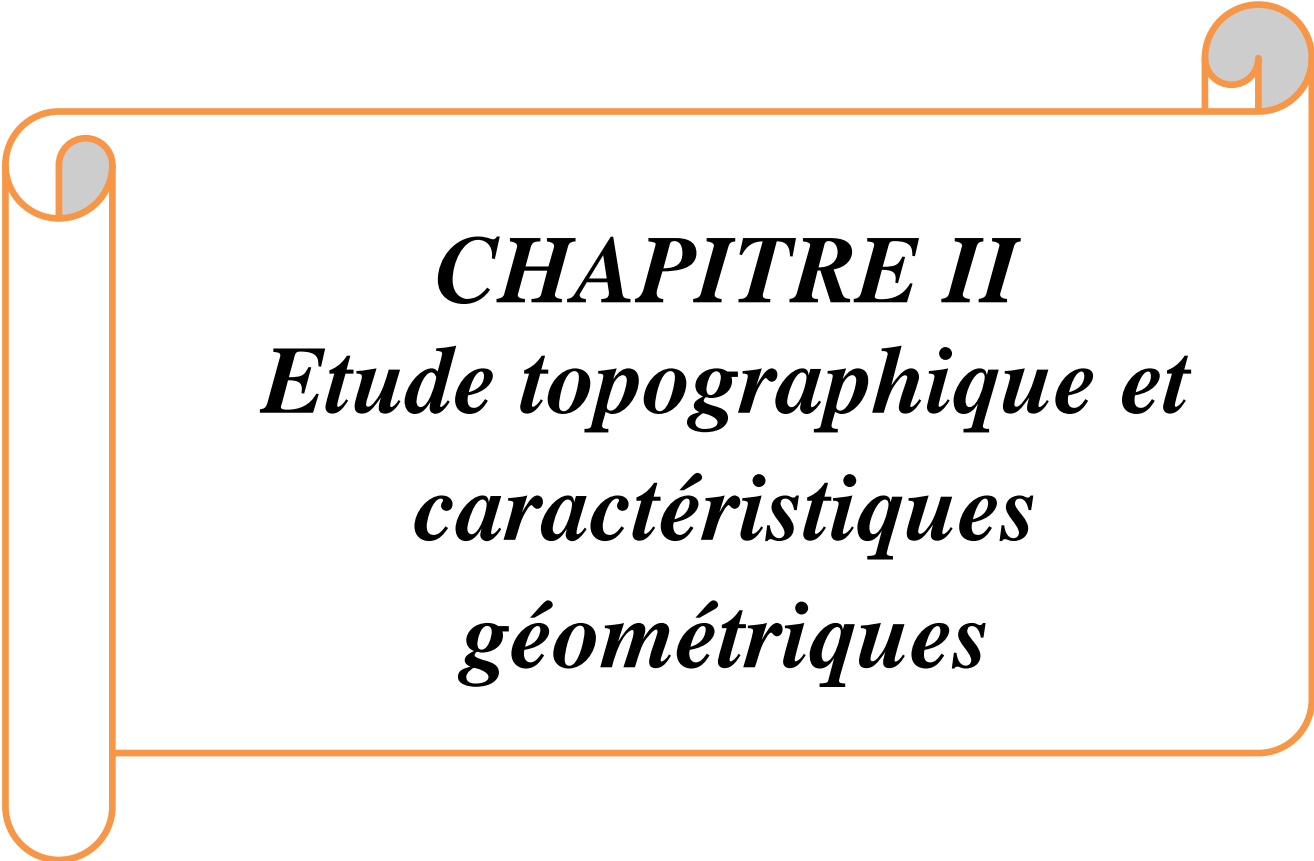


Figure I.04: Images représentées l'état actuel de notre projet [4].

I.5. Conclusion

Une fois que toutes les caractéristiques de la région et du site du projet ont été étudiées, il est nécessaire de prendre en compte les données géotechniques, hydrologiques et hydrauliques pour concevoir l'infrastructure de manière à prévenir les problèmes techniques qui pourraient surgir au cours de l'exécution des travaux.



CHAPITRE II
Etude topographique et
caractéristiques
géométriques

Chapitre II: Caractéristiques géométriques de la route

II.1. Introduction

Les paramètres fondamentaux d'un projet routier sont déterminés en fonction de sa référence, sa catégorie et son environnement. L'étude cinématique permet de la sécurité de conducteur on doit donner en cas de freinage d'urgence une distance de visibilité suffisante qui lui permettra de freiner sans qu'il ait un risque.

Les niveaux élevés de sécurité et de confort impliquent de bonnes conditions de visibilité permettant au conducteur d'anticiper les événements survenant sur l'autoroute.

II.2.Travaux topographique

II.2.1. Implantation des stations

Celles-ci sont matérialisées par des piquets bétonnés enfoncés dans le sol. Leur enfoncement se fait de telle manière à dominer le plus long possible, et le tracé sur une bande de 30 à 50m et parfois plus. Le nombre des stations dans cette étude est de 47 stations.

II.2.2. Cheminement des stations

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

II.2.3. Levé topographique

Levé topographique initial est une opération technique ayant pour but de capture une situation géographique à un temps données. L'objectif est ensuite de réaliser un plan qui restitue le terrain à une échelle spécifique.

II.3. Catégorie de la route

Les routes algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires.

- **Catégorie 01:** liaison entre les grands centres économiques, les centres d'industrie lourde (A).
Liaison assurant le rabattement des centres d'industrie de transformation (B) sur ce réseau;

- **Catégorie 02:** liaison entre les centres d'industrie de transformation (B). Liaison assurant le rabattement des pôles d'industries légères diversifiées (C) sur le réseau précédent (catégorie 01);
- **Catégorie 03:** relier les chefs-lieux de daïra et la wilaya, qui n'étaient pas desservies par le réseau précédent avec le réseau des catégories 01 et 02;
- **Catégorie 04:** les centres de vie (E) sont connectés aux réseaux de catégorie 01, 02 et 03;
- **Catégorie 05:** routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

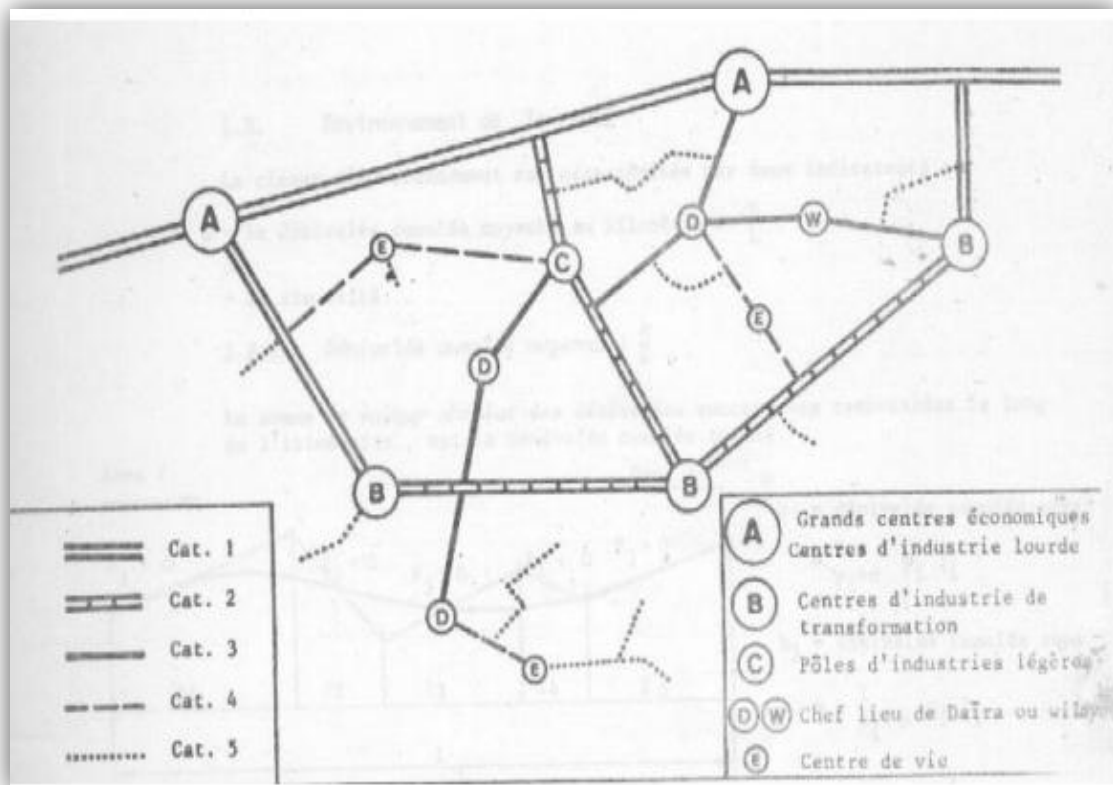


Figure II.01: classification des routes en Algérie.

II.4. Environnement de la route

Par définition, l'environnement est l'état actuel du relief. Trois classes d'environnement sont proposées dans le (B40) E_1 , E_2 et E_3 . La détermination de la catégorie de l'environnement repose sur deux indicateurs, ces derniers sont ci-après:

- ❖ La dénivelée cumulée moyenne;
- ❖ La sinuosité [5].

II.4.1. Dénivelée cumulée moyenne

Cette dénivelée définit par le rapport de la somme des dénivelées cumulées au long de l'itinéraire existant sur la longueur totale de cet itinéraire ($\frac{H}{L}$).

- **H:** dénivelée cumulée moyenne;
- **L:** est la longueur de l'itinéraire.

Avec;

$$H = h_1 + h_2$$

$$h_1 = \sum P_i \times L_i \text{ Avec } P_i > 0 \quad (\text{II.01})$$

$$h_2 = -\sum P_i \times L_i \text{ Avec } P_i < 0 \quad (\text{II.02})$$

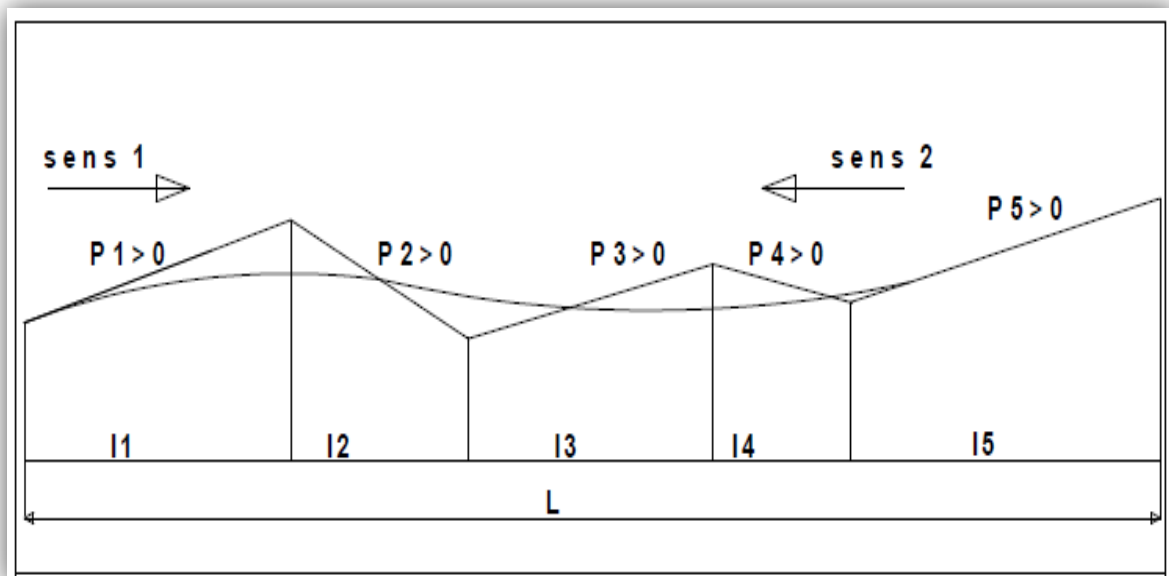


Figure II.02: Dénivelée cumulée moyenne H/L.

Tableau II.01: Classification du relief en fonction de la dénivelée moyenne selon B40 [5].

N°	Classification	Dénivelée cumulée moyenne
1	Terrain plat	$H/L \leq 1,5\%$
2	Terrain vallonné	$1.5\% < H/L \leq 4\%$
3	Terrain est montagneux	$H/L > 4\%$

II.4.2. Sinuosité

La sinuosité d'un itinéraire définit par le rapport de la longueur sinueuse (L_S) sur la longueur totale de l'itinéraire.

$$\sigma = \frac{\sum LS}{L} \quad (\text{II.03})$$

- L_S : est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200m;
- L : est la longueur totale de l'itinéraire.

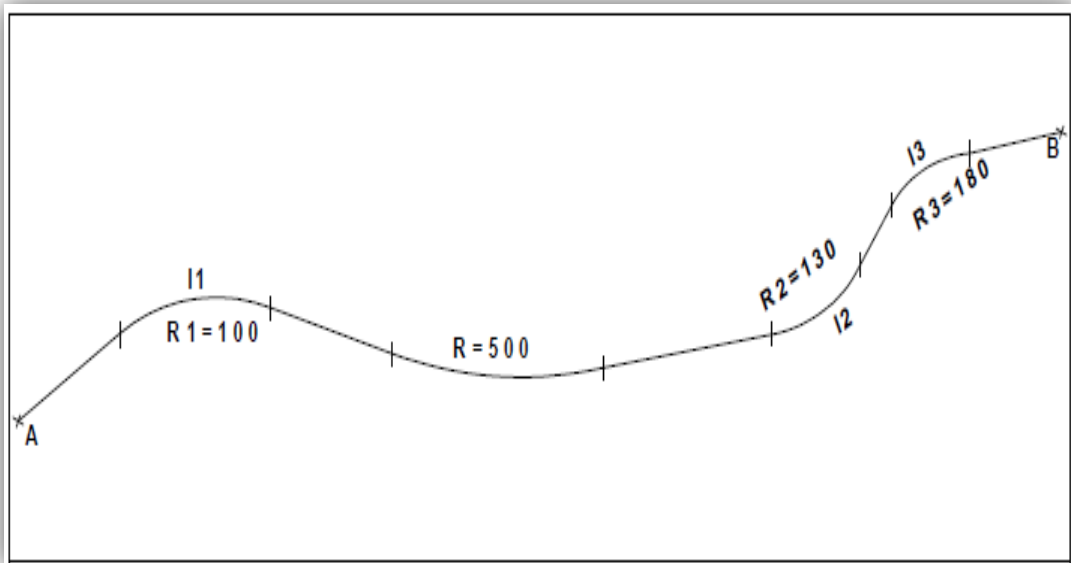


Figure II.03: Sinuosité de l'itinéraire.

Tableau II.02: Classification de la sinuosité moyenne selon B40 [5].

Sinuosité moyenne	$\sigma \leq 0.1$	$0.1 < \sigma \leq 0.3$	$\sigma > 0.3$
Classification	Faible	Moyenne	Forte

L'association de deux paramètres précédentes qui donne le type de l'environnement ceci selon le tableau ci-dessous.

Tableau II.03: Environnement en fonction de relief et de la sinuosité [5].

Sinuosité Relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E ₁	E ₂	
Vallonné	E ₂	E ₂	E ₃
Montagneux		E ₃	E ₃

II.5. Vitesse de référence

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

- ✓ La catégorie;
- ✓ L'environnement.

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

Tableau II.04: Vitesse de référence en fonction de catégorie et de l'environnement.

Environnement Catégories	E₁	E₂	E₃
Catégorie1	120 - 100-80	100 - 80-60	80 - 60-40
Catégorie2	120 - 100-80	100 - 80-60	80 - 60-40
Catégorie3	120 - 100-80	100 - 80-60	80 - 60-40
Catégorie4	100 - 80-60	80 - 60-40	60-40
Catégorie5	80 - 60-40	60-40	40

II.6. Paramètres de base pour étudier d'une route

En dehors de la demande du trafic à satisfaire et de l'évolution des caractéristiques géométriques, il est nécessaire de connaître les vitesses pratiquées sur un tracé projeté, car ces dernières constituent le facteur déterminant.

II.6.1. Vitesse de référence des véhicules légers « V_{VL} » et des poids lourds « V_{PL} »

La vitesse de référence des véhicules légers « V_{VL} » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces points particulières. Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale permet de garantir l'homogénéité.

La vitesse de référence des poids lourds « V_{PL} » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques limites des rampes. Le choix de la vitesse de référence dépend:

- ❖ Type de la route;
- ❖ L'importance et le genre de trafic;
- ❖ La topographie;
- ❖ Les conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

Tableau II.05: V_{VL} et V_{PL} en fonction de la Catégorie et de l'environnement d'après B40.

Catégories		01	02	03	04	05
Environnement						
E_1	V_{VL}	120	120	120	100	80
	V_{PL}	40	40	35	30	X
E_2	V_{VL}	100	100	100	80	60
	V_{PL}	35	35	30	25	X
E_3	V_{VL}	80	80	80	60	40
	V_{PL}	30	30	25	20	X

II.6.2. Paramètres cinématiques

On doit donner à un conducteur en cas de freinage d'urgence une distance de visibilité suffisante qui lui permettra de freiner sans qu'il ait un risque de danger.

II.6.2.1. Distance minimale de freinage

La distance de freinage est la distance parcourue par la voiture à partir de l'instant où le conducteur appuie sur la pédale de frein, et celui où la voiture s'arrête complètement.

$$\frac{1}{2} mv^2 = P \times f_L \times d_0 \Rightarrow d_0 = \frac{v^2 \left(\frac{m}{s}\right)}{2 \cdot g \cdot f_L}$$

a) Cas en palier et en alignement

$$d_0 = \frac{v^2 \left(\frac{Km}{h}\right)}{260 \times f_L} \quad (\text{II.04})$$

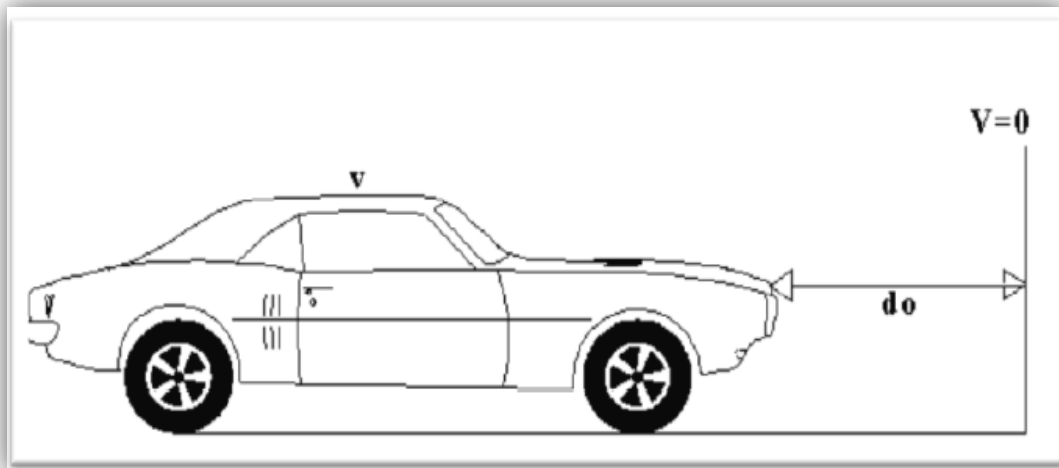


Figure II.04: Distance de freinage.

Avec;

- ✓ f_L : Coefficient de frottement longitudinal;
- ✓ V : Vitesse de référence en(Km/h).

b) Cas en déclivité (i)

Dans le cas général, la route est déclive c'est-à-dire elle est en rampe ou en pente.

$$d_0 = \frac{v^2 \left(\frac{Km}{h}\right)}{260(f_L \pm i)} \quad (\text{II.05})$$

- ✓ f_L : Coefficient de frottement longitudinal;
- ✓ i : déclivité de la route en %;
- ✓ V : vitesse(Km/h).

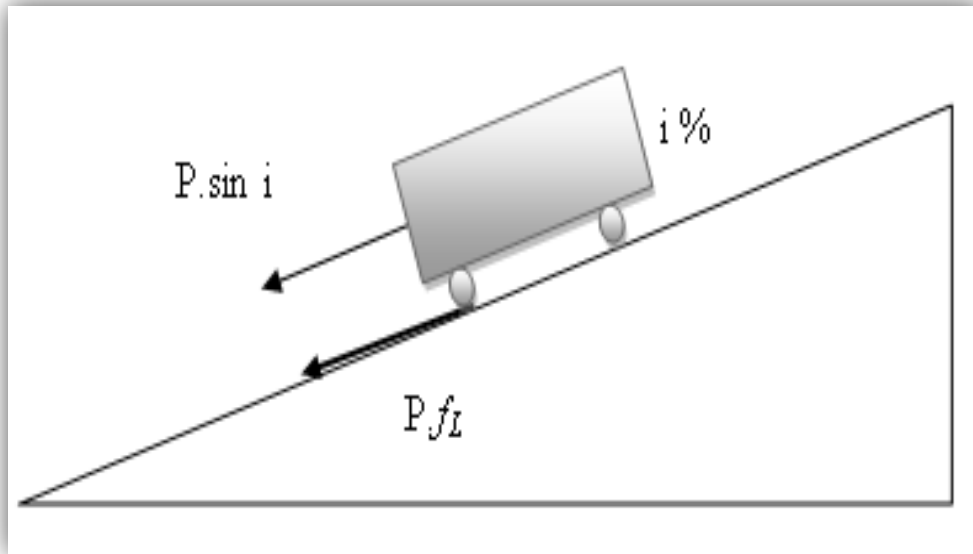


Figure II.05: Cas d'une route en déclivité.

Le coefficient de frottement longitudinal f_L varie avec l'état des pneus et l'état de la chaussée; comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

Tableau II.06: Coefficient de frottement longitudinal « f_L » en fonction de la vitesse (B40).

Vitesse de référence(Km/h)	40	60	80	100	120
Catégories 1, 2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33
Catégories 3, 4, 5	0.49	0.46	0.43	0.4	0.36

II.6.2.2. Distance d'arrêt

La distance d'arrêt (d_1) à une vitesse V est égale à la distance élémentaire de freinage (m) augmentée de la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction avant le début du freinage.

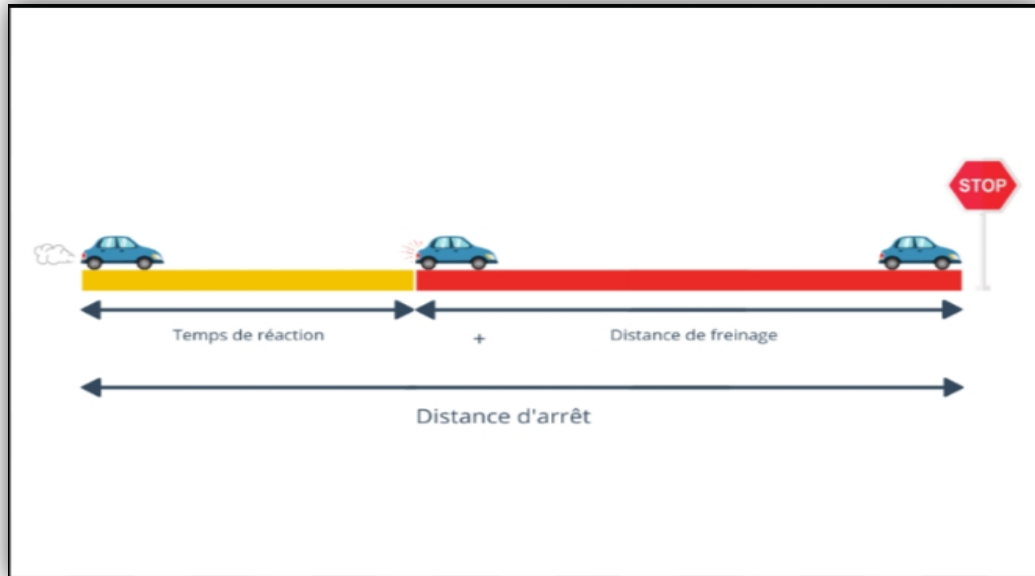


Figure II.06: Distance d'arrêt.

a) Temps de perception-réaction

C'est le temps nécessaire au conducteur pour prendre les mesures nécessaires à sa propre sécurité en toutes circonstances; sa durée dépend des caractéristiques du conducteur et du véhicule. Les temps de perception-réaction interviennent pour:

- Le freinage;
- Le dépassement;
- L'observation de la signalisation.

Le temps perception –réaction est composé de deux temps :

- Le temps physiologique de perception réaction du conducteur pour apercevoir, comprendre et agir soit 1.3 s à 1.5 s [6].
- Le temps d'inertie des organes mécaniques du véhicule ; course de la pédale de freins et demi temps de mise en pression du dispositif de freinage soit 0.5 s [6].

On aura en fin de compte un temps de perception-réaction égale à:

✓ **Catégories 1-2:** $t_1 = 1.8S$ Pour $V > 80Km/h$

$t_1 = 2S$ Pour $V \leq 80Km/h$ environnement E_1-E_2

$t_1 = 1.8S$ Quel que soit V en environnement E_3

✓ **Catégories 3-4-5:** $t_1 = 1.8S$ Pour $V > 60Km/h$

$t_1 = 2S$ Pour $V \leq 60Km/h$

b) Distance d'arrêt en alignement droit

✚ Obstacle immobile

La distance d'arrêt d_1 est égale à la somme de:

- ❖ La distance de freinage d_0 déterminée précédemment;
- ❖ La distance parcourue pendant le temps de perception-réaction.

$$d_1 = d_0 + \frac{V}{3.6} t_1 \quad (\text{II.06})$$

Avec;

- t : temps de perception-réaction en S;
- d_0 : distance de freinage en m;
- V : vitesse de référence [5].

Donc on aura:

En palier et en alignement la distance d'arrêt est égale:

$$d_1 = \frac{V^2(\text{Km/h})}{260.f_L} + \frac{V(\text{Km/h})}{3.6} t_1 \quad (\text{II.07})$$

Et, en déclivité la distance d'arrêt est égale:

$$d_1 = \frac{V^2(\text{Km/h})}{260.(f_L \pm i)} + \frac{V(\text{Km/h})}{3.6} t_1 \quad (\text{II.08})$$

✚ Obstacle mobile

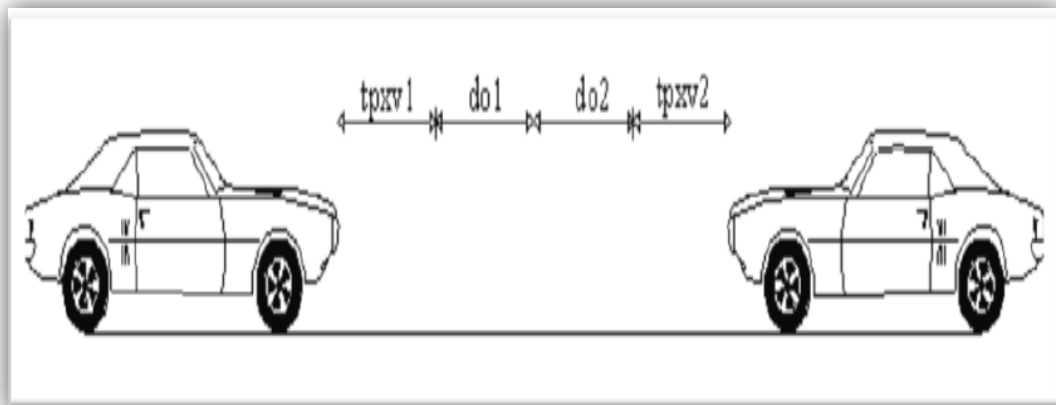


Figure II.07: Obstacles mobiles.

Si; $V \geq 100 \text{ Km/h}$

$$d_2 = d_{01} + 0,5V_1 + d_{02} + 0,5V_2$$

Si; $V < 100\text{Km/h}$

(II.09)

$$d_2 = d_{01} + 0,55V_1 + d_{02} + 0,55V_2$$

Avec;

- d_{01} : distance de freinage du première véhicule;
- d_{02} : distance de freinage du deuxième véhicule;
- V_1 : vitesse du première véhicule;
- V_2 :vitesse du deuxième véhicule;
- d_2 :distance d'arrêt d'obstacle mobile [5].

c) Distance d'arrêt en courbe (d_3)

En virage on doit majorer la distance d'arrêt à 25%, parce que dans les courbes on doit freiner moins énergiquement.

Si; $R \leq 5V$

$$d_3 = d_1 + 0,25.d_0$$

Si; $R > 5V$

(II.10)

$$d_3 = d_1$$

Avec;

- R :rayon en plan;
- V :vitesse du véhicule.

Tableau II.07: Valeurs des distances de freinage (d_0), d'arrêt en alignement droit (d_1) et en courbe (d_3).

V(Km/h)		40	60	80	100	120
Catégories1-2	$d_0(\text{m})$	14	34	65	111	175
	$d_1(\text{m})$	36	67	109	161	235
	$d_3(\text{m})$	40	72	120	181	273
Catégories3-4et5	$d_0(\text{m})$	13	31	59	100	160
	$d_1(\text{m})$	35	64	99	150	220
	$d_3(\text{m})$	38	72	118	175	250

II.6.2.3. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre

a) Distance de visibilité de dépassement minimale « d_m »

Elle correspondant à la longueur parcourue par le véhicule qui effectue une manœuvre de dépassement court qui duré 7 à 8 secondes pour des véhicules disposent d'une réserve de puissance suffisante. La valeur de d_m est calculée pour environ 15 secondes, elle est donnée par la relation suivante:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Pour } V \leq 90\text{Km/h: } d_m = 4V(\text{Km/h}) \\ \text{Pour } V = 140\text{Km/h: } d_m = 5V(\text{Km/h}) \end{array} \right. \quad (\text{II.11})$$

Les différentes valeurs de « d_m » sont données dans le tableau ci-après.

Tableau II.08: Valeurs de « d_m » en fonction de la vitesse de référence (B40).

Vitesse en (Km/h)	40	60	80	100	120	140
d_m en(m)	150	250	325	425	550	700

b) Distance de visibilité de dépassement normale « d_N »

Elle correspond à la longueur parcourue pendant une manœuvre de dépassement normale qui duré environ 11 à 12 secondes pour les vitesses en dessous de 90Km/h.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Pour } V \leq 90\text{Km/h: } d_N = 6V(\text{Km/h}) \\ \text{Pour } V = 140\text{Km/h: } d_N = 7V(\text{Km/h}) \end{array} \right. \quad (\text{II.12})$$

Les valeurs de « d_N » sont présentées au tableau ci-dessous.

Tableau II.09: Valeurs de « d_N » en fonction de la vitesse de référence (B40).

Vitesse en(Km/h)	40	60	80	100	120
d_N en(m)	250	350	500	625	800

c) Distance de visibilité de manœuvre de dépassement « d_{Md} »

La distance de manœuvre de dépassement sert à calculer le rayon minimal de courbure du profil en long au sommet.

Tableau II.10: Valeurs de « d_{Md} » en fonction de la vitesse de référence (B40).

Vitesse en(Km/h)	40	60	80	100	120
d_{Md} en(m)	70	120	200	300	425

d) Distances de sécurité entre deux véhicules (D_S)

Elle est l'espace nécessaire entre deux véhicules circulant dans le même sens, sur le même itinéraire et la même vitesse, afin d'éviter la collision en cas où la première action les freins au maximum.

$$D_S = \left(\frac{V}{3.6} t\right) + L \quad (\text{II.13})$$

Avec;

- ✓ t : Temps perception réaction (sec);
- ✓ V : Vitesse de véhicule (Km/h);
- ✓ L : Longueur de véhicule à la moyenne égale à 8m [5].

Tableau II.11: Valeurs de distance de sécurité (m) en fonction de la vitesse (Km/h) (B40) [5].

Vitesse(Km/h)		40	60	80	100	120	
D_S	Catégories 1 et 2	E_1-E_2	30	41	52	58	68
		E_3	28	38	48	58	68
	Catégories 3, 4 et 5		30	38	48	58	58

II.7. Application au projet**II.7.1. La catégorie**

Dans notre projet routier est de catégorie C1, parce que c'est une route reliant la daïra de Ferdjioua et El Eulma (liaison entre les grands centres économiques).

II.7.2. L'environnement

 **Dénivelée cumulée moyenne**

Tableau II.12: Calcul de la dénivelée cumulée h_1 (pente >0).

N°	Pentes	Longueurs	h_1
1	2,317%	315,406	7,31
2	1,982%	273,486	5,42
3	1,178%	852,488	10,04
4	6,116%	48,483	2,96
5	2,305%	425,648	9,81

6	4,656%	117,323	5,46
7	1,086%	115,418	1,25
8	2,201%	229,371	5,04
9	2,667%	1,972	0,05
10	0,233%	248,044	0,58
11	3,864%	50,462	1,932
12	0,833%	15,943	0,13
13	2,174%	29,333	0,64
14	0,997%	112,537	1,12
15	1,486%	64,741	0,96
16	1,922%	102,564	1,98
17	1,716%	196,255	3,37
18	0,556%	50,071	0,28
19	0,833%	31,334	0,26
20	0,534%	134,278	0,72
21	2,795%	158,242	4,42
22	1,500%	78,548	1,18
23	3,333%	121,135	4,04
24	5,000%	218,578	10,93
25	7,00%	8,969	0,63
			80.512

$$h_1 = \sum_{P_i > 0} P_i \times L_i = 80.512m$$

Tableau II.13: Calcul de la dénivelée cumulée h_2 (pente <0).

N°	Pentes	Longueurs	h_2
1	-0,244%	485,192	1,18
2	-2,426%	349,829	8,49
3	-0,976%	43,492	0,42

4	-0,705%	95,989	0,68
5	-1,084%	116,601	1,26
6	-0,615%	35,038	0,22
7	-0,241%	327,058	0,79
8	-0,851%	91,165	0,78
9	-1,324%	170,567	2,25
10	-1,071%	365,798	3,92
11	-2,500%	33,643	0,84
12	-2,004%	32,262	0,65
			21,48

$$h_2 = \sum_{p_i < 0} P_i \times L_i = 21.48m$$

$$H = 80.512 + 21.48 = 101.992m$$

$$\frac{H}{L} = \frac{101.992}{11699.793} = 0.00871 = \mathbf{0.871\%}$$

Selon les règles de B40: $H/L \leq 1,5\%$

Donc, le terrain du projet est **plat**.

 **La sinuosité**

Tableau II.14: Calcul de la longueur sinueuse.

N°	Rayons	Longueurs
1	200	127.716
2	120	123.838
3	60	70.365
4	130	68.931
5	180	114.422
6	100	74.865

7	50	38.516
8	30	19.834
9	30	22.337
10	200	216.787
11	200	164.849
12	160	117.643
		1160.103

$$LS = \Sigma L \text{ (Pour } R \leq 200) = 1160.103\text{m}$$

$$L = 11699.793\text{m}$$

$$\sigma = \frac{\Sigma LS}{L} = \frac{1160.103}{11699.793} = \mathbf{0.09} \quad \Rightarrow \quad \sigma \leq \mathbf{0.1}$$

Donc, la sinuosité est **faible**.

D'après les calculs de la dénivelée cumulée moyenne et de la sinuosité, on a conclu que l'environnement de cette route est de type **E1**.

II.7.3. Vitesse de référence

Selon les règles de B40, la vitesse de référence dans notre projet est estimée à 80Km/h.

Selon le tableau II.05:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Catégorie 1} \\ \text{Environnement (E1)} \end{array} \right.$

II.7.4. Distance minimale de freinage

✚ Cas en palier et en alignement

D'après le tableau II.06: $f_L = \mathbf{0.39}$

$$d_0 = \frac{80^2}{260 \times 0.39} = \mathbf{63.11m}$$

✚ Cas en déclivité

Dans notre projet, la déclivité maximale (i) est égale à 5%.

$$d_0 = \frac{80^2}{260 \times (0.39 - 0.05)} = \mathbf{72.4m}$$

II.7.5. Distance d'arrêt

a) Distance d'arrêt en alignement droit

+ Obstacle immobile

$$d_0 = 63.11\text{m D'après B40: } t_1 = 2\text{S} \quad V_r = 80\text{Km/h}$$

$$d_1 = 63.11 + \frac{80}{3.6} \times 2 = \mathbf{107.55\text{m}}$$

+ Obstacle mobile

$$V_r = 80\text{Km/h} < 100\text{Km/h}$$

$$d_2 = d_{01} + 0,55.V_1 + d_{02} + 0,55.V_2$$

$$V_1 = V_2 \quad d_{01} = d_{02} = d_0$$

$$d_2 = 2 \times d_0 + 2 \times 0,55 \times V \Rightarrow d_2 = 2 \times 63.11 + 2 \times 0,55 \times 80 = \mathbf{214.22\text{m}}$$

b) Distance d'arrêt en courbe

$$R \leq 5V \quad \Rightarrow \quad 5 \times 80 = 400$$

$$\text{Alors } d_3 = d_1 + 0,25.d_0$$

$$\text{Donc } d_3 = 107.55 + 0,25 \times 63.11 = 123.33\text{m}$$

c) Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre

+ Distance de visibilité de dépassement minimal (d_m)

$$V_r = 80\text{Km/h} \leq 90\text{Km/h}$$

$$d_m = 4 \times 80 = \mathbf{320\text{m}}$$

+ Distance de visibilité de dépassement normale (d_N)

$$\text{Pour; } V \leq 90\text{Km/h}$$

$$d_N = 6 \times 80 = \mathbf{480\text{m}}$$

+ Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (d_{Md})

$$\text{Selon le tableau II.10: } d_{Md} = \mathbf{200\text{m}}$$

+ Distances de sécurité entre deux véhicules (D_S)

L: Longueur du véhicule en moyenne (8m).

$$D_s = \left(\frac{80}{3.6} \times 2 \right) + 8 = 52.45\text{m}$$

Tableau II.15: Valeurs calculées et celles données par le B40.

Vitesse de référence	$V_r(\text{Km/h})$	D'aprèsB40	80
Distance de freinage	$d_0(\text{m})$	Calculé	63.11
		D'aprèsB40	65
Distance d'arrêt en alignement droit obstacle immobile	$d_1(\text{m})$	Calculé	107.55
		D'aprèsB40	109
Distance d'arrêt en alignement droit obstacle mobile	$d_2(\text{m})$	Calculé	214.22
Distance d'arrêt en courbe	$d_3(\text{m})$	Calculé	123.33
		D'aprèsB40	120
Distance de visibilité de dépassement minimal	$d_m(\text{m})$	Calculé	320
		D'aprèsB40	325
Distance de visibilité de dépassement normale	$d_N(\text{m})$	Calculé	480
		D'aprèsB40	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	$d_{Md}(\text{m})$	D'aprèsB40	200
Distance de sécurité entre deux véhicules	$D_S(\text{m})$	Calculé	52.45
		D'aprèsB40	52



CHAPITRE III
Etude du trafic

Chapitre III: Etude du trafic

III.1.Introduction

Les déplacements sont un reflet de l'organisation de l'espace et des liens entre les activités et les hommes, aussi en amont de toute réflexion relative à un projet d'aménagement, est-il nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant la connaissance des trafics. L'étude du trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement qui convient et la caractéristique à lui donner depuis le nombre de voie, jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude du trafic constitue un moyen important de saisir des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Cette conception repose, pour partie «stratégie, planification» sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour:

- Apprécier la valeur économique des projets;
- Estimer les coûts d'entretiens;
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

III.2. Analyse de trafic

Cette étape est importante car elle sert à définir le nombre et les déplacements de véhicules sur une route laquelle on nomme le trafic, qui se fait pendant une période de temps avec une unité la plus employée qui est nombre de véhicules par jour (uvp/j). Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires à savoir:

- Les comptages;
- Les enquêtes.

III.2.1. Les comptages

Ils permettent de quantifier le trafic et ce type lui-même divisé en deux comptages manuels et automatiques. [7]

a) Comptages automatiques

Ils peuvent être permanents ou temporaires. Des comptages permanents sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes (réseau autoroutier,

réseau routier national). Dans le reste du réseau, des comptages temporaires peuvent être effectués un mois par ans.

b) Comptages manuels

Ils sont réalisés par des enquêteurs qui enregistrent la composition du trafic pour compléter les indications fournies par les comptages automatiques (parts relatives du trafic lourd, du transport en commun...). Ils sont souvent utilisés pour quantifier le mouvement directionnel du côté droit d'un intersection. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.M.J.A).

III.2.2. Les enquêtes

Ils Permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs. Cette méthode permet d'identifier le flux de trafic entre les régions en définissant leurs points de départ et d'arrivée, et il existe plusieurs types d'enquêtes:

a) Les enquêtes papillons ou distributions de cartes

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, et l'agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes. Cette méthode permet d'obtenir des résultats sans gêner la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable. Les inconvénients de cette méthode sont les suivantes:

- Manque d'exhaustivité (nous ne peuvent pas identifier tous les véhicules);
- Des erreurs de lecture fréquentes fausseront partiellement les résultats.

b) Interview des conducteurs

Cette méthode est lourde et coûteuse mais donne des renseignements précis. On arrête (avec l'aide des autorités pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peine d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées: origine et destination, motif du déplacement, fréquence et durée, et trajet utilisé, qui s'ajoutent à celle que l'enquêteur peut relever directement telle que le type de véhicule. Cette méthode est conditionnée par:

- Nécessite la possibilité d'arrêter et de stocker des véhicules sans danger;
- Implique de bien choisir les questions en fonction des besoins de l'étude;
- Présenter les limites des méthodes par sondage.

c) Les enquêteurs à domicile-enquête ménage

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'une interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble de déplacements des ménages dans une agglomération.[7]

III.3. Différents types de trafic

III.3.1. Trafic normal

Il s'agit du trafic existant de l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

III.3.2. Trafic dévié

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

III.3.3. Trafic induit

C'est le trafic, qui résulte:

- Le nouveau mouvement de personnes qui a lieu en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier n'a pas été réalisé auparavant ou a été réalisé vers d'autres destinations;
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production, et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

III.3.4. Trafic total

C'est le trafic du nouveau projet d'aménagement, c'est-à-dire la somme du trafic induit et du trafic dévié.

III.4. Modèles de présentation de trafic

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

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont [7]:

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

- Modèle de facteur de croissance.

III.4.1. Prolongation de l'évolution passée

Cette méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé [7]. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel. Le trafic T_n à l'année n sera:

$$T_n = T_0 \times (1 + \tau)^n \quad (\text{III.01})$$

Avec;

- T_0 : Le trafic à l'arrivée pour origine (à l'année zéro);
- T_n : Le trafic à l'année horizon;
- τ : le taux de croissance annuel du trafic.

III.4.2. Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques

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

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

III.4.3. Modèle gravitaire

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

III.4.4. Modèle de facteurs croissance

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

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

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

III.5. Capacité des voies

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation (congestion significative). C'est le trafic horaire au-delà du quelle plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons. Ces valeurs sont valables pour des sections en rase campagne, hors zones de carrefour et pour des régions relativement plates. Unité : UVP / jour. [5]

La capacité dépend :

- Des conditions de trafic;
- Des distances de sécurité(en milieu urbain ce facteur est favorable, il l'est beaucoup moins en rase campagne, où la densité de véhicules sera beaucoup plus faible) ;
- Des conditions météorologiques ;
- Des caractéristiques géométriques de la route.

III.5.1. Trafic à un horizon donné

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le TMJA évolue d'une année à l'autre. La relation de calcul du trafic moyen journalier annuel à l'année horizon est:

$$TMJA_h = TMJA_0 \times (1 + \tau)^n \quad (\text{III.02})$$

Avec;

- **TMJA_h**: trafic à l'année horizon;
- **TMJA₀**: trafic à l'année de référence;
- **n**: nombre d'année;
- **τ**: Taux de croissance annuel du trafic en (%).

III.5.2. Trafic effectif

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement. Le trafic effectif est donné par la relation suivante:

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P \cdot Z] \times TMJA_h \quad (\text{III.03})$$

Avec;

- **T_{eff}**: Est le trafic effectif a l'année horizon en (uvp/jour);
- **P**:Coefficient d'équivalence pour le poids lourds (d'après le tableau III.01);
- **Z**:Pourcentage de poids lourds.

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

Tableau III.01: Coefficient d'équivalence «P». [5]

	E₁(Plane)	E₂(Vallonné)	E₃(Montagneux)
2voies	3	6	12
3voies	2.5	5	10
4voies et plus	2	4	8

III.5.3. Débit de pointe horaire normale

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon, est calculé par la formule ci-après:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times T_{eff} \quad (\text{III.04})$$

Avec;

- **Q:** débit de pointe horaire, et il est exprimé en unité véhicule particulier (uvp) par heure;
- **n:** nombre d'heure, (généralement, il est égal à 8 heures).

III.5.4. Débit horaire admissible

C'est le débit admissible que peut supporter une route.

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} \quad (\text{III.05})$$

Avec;

- **C_{th}:** Capacité théorique;
- **K₁:** Coefficient qui dépend de l'environnement;
- **K₂:** Coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Tableau III.02: Valeurs du coefficient «K₁». [5]

Environnements	E₁	E₂	E₃
K₁	0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau III.03: Valeurs du coefficient «K₂». [5]

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E ₁ (Facile)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E ₂ (Moyen)	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E ₃ (Difficile)	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

Tableau III.04: Valeurs de la capacité théorique selon B40.

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

III.5.5. Calcul du nombre de voies

a) Cas d'une chaussée bidirectionnelle

On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir:

$$Q \leq Q_{adm} \quad (\text{III.06})$$

b) Cas d'une chaussée unidirectionnelle

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du «n» avec:

$$n = S \times Q / Q_{adm} \quad (\text{III.07})$$

Avec;

- **S**: Coefficient dissymétrie en général = 2/3;
- **Q_{adm}**: Débit admissible par voie.

Tableau III.05: Capacités des routes (B40).

Capacité des routes en uvp/heure									
Suivant la largeur de la chaussée et les dégagements latéraux(1)									
Dégagement latéral ou largeur des accotements (dans 2 cotés de la chaussée)	Largeur de la chaussée unique								Deux(2) chaussées
	02voies				03voies		04voies		Autoroutes, routes express
	4m	5m	6m	7m	9m	10.5m	12m	14m	
(1)			(2)			(3)			
1,80m	1100	1300	1600	2000	2600	3200	3000(4500)	3400(5100)	1800(5400)
1,20m	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950(4400)	3300(5000)	1750(5300)
0,60m	X	110	1350	1700	2200	2700	2900(4300)	3200(4600)	1700(5100)
0,00m	X	X	1200	1500	2000	2400	2650(4000)	3000(4500)	1500 (4500)

III.6. Application dans notre projet

III.6.1. données de projet

D'après les résultats du trafic qui nous ont été fournis par la société d'étude technique de Sétif ou S.E.T.S:

- Le trafic à l'année 2025 $TMJA_{2025} = 4377V/j$.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de référence $V = 80\text{Km/h}$.
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 23\%$.
- L'année de mise en service 2029.
- La durée de vie estimée est de 20 ans.
- Environnement E_1 et la catégorie C_1 .

III.6.2. Calcul de trafic

Le trafic à l'année de mise en service (2029).

$$TMJA_{2029} = 4377 \times (1 + 0,04)^4 = 5121 \text{ V/J.}$$

Le trafic à l'année (2049) pour une durée de vie de 20 ans.

$$TMJA_{2049} = 5121 \times (1 + 0,04)^{20}$$

Donc;

$$\mathbf{TMJA_{2049} = 11221V/j}$$

III.6.3. Calcul de trafic effectif

$$T_{eff2049} = [(1 - Z) + P.Z] \times TMJA_{2049}$$

{ D'après le tableau III.01: P = 2
Z = 23%.

$$T_{eff2029} = [(1 - 0,23) + 2 \times 0,23] \times 5121 = 6299$$

Donc:

$$\mathbf{T_{eff(2029)} = 6299uvp/j}$$

$$T_{eff2049} = [(1 - 0,23) + 2 \times 0,23] \times 11221 = 13802$$

Donc:

$$\mathbf{T_{eff(2049)} = 13802uvp/j}$$

III.6.4. Débit de pointe horaire normal

$$Q_{2029} = 0.12 \times T_{eff2029} \quad \rightarrow \quad Q_{2029} = 0.12 \times 6299$$

Donc:

$$\mathbf{Q_{2029} = 756uvp/h}$$

$$Q_{2049} = 0.12 \times T_{eff2049} \quad \rightarrow \quad Q_{2049} = 0.12 \times 13802$$

Donc:

$$\mathbf{Q_{2049} = 1656uvp/h}$$

III.6.5. Capacité admissible

On a;

$$K_1 = 0.75 \text{ (environnement } E_1);$$

$K_2=1$ (environnement E_1 et catégorie C_1);

Catégorie C_1 alors: $C_{th}=1800$ uvp/h. d'après B40.

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1.00 \times 1800$$

Donc:

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

III.6.6. Calcul du nombre des voies

$$n = \frac{2}{3} \times \frac{Q_{2049}}{Q_{adm}} \rightarrow n = \frac{2}{3} \times \frac{1656}{1350} = 0.82 \text{ voie/sens.}$$

Donc; la RN 77A est une route de **2x2 voies**.

III.6.7. Détermination de l'année de saturation

$$\begin{cases} T_{eff(2029)} = 6299 \text{ uvp/j} \\ Q_{2029} = 756 \text{ uvp/h} \end{cases}$$

Et on a;

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} \rightarrow Q_{saturation} = 4 \times 1350 = 5400 \text{ uvp/h}$$

Donc;

$$Q_{sat} = 5400 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{sat} = (1 + \tau)^n \times Q_{2023} \rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q}\right)}{\ln(1+\tau)} \Rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{5400}{756}\right)}{\ln(1+0.04)} = 50$$

Donc; **n = 50 ans**

Enfin, notre route sera saturée 50 ans après la mise en service, donc l'année de saturation est l'année 2079.

Tableau III.06 : Valeurs calculées.

TMJA ₂₀₂₉ (V/j/)	TMJA ₂₀₄₉ (V/j)	T _{eff2049} (uvp/j)	Q ₂₀₄₉ (uvp/h)	N
5121	11221	13802	1656	2

III.7.Conclusion

D'après les calculs précédents, on a conclu que le profil en travers de notre projet est de type chaussée unidirectionnelle de 2X2 voies de 3.5m de largeur. La saturation surviendra 50ans après l'année de mise en service soit en 2079.



CHAPITRE IV

Trace en plan

Chapitre IV: Tracé en plan

IV.1. Introduction

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

IV.2. Règles à respecter dans le tracé en plan

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants;
- Eviter de passer si possible sur des terrains agricoles et des zones forestières;
- Se raccorder au réseau routier existant;
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrage d'arts et ce la pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais;
- Remplacer deux cercles voisins de même sens et de rayon différent par un cercle unique;
- Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques;
- Il faut toujours appliquer les rayons supérieurs au rayon minimal normal;
- Eviter les très longs alignements droits [8].

IV.3. Eléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

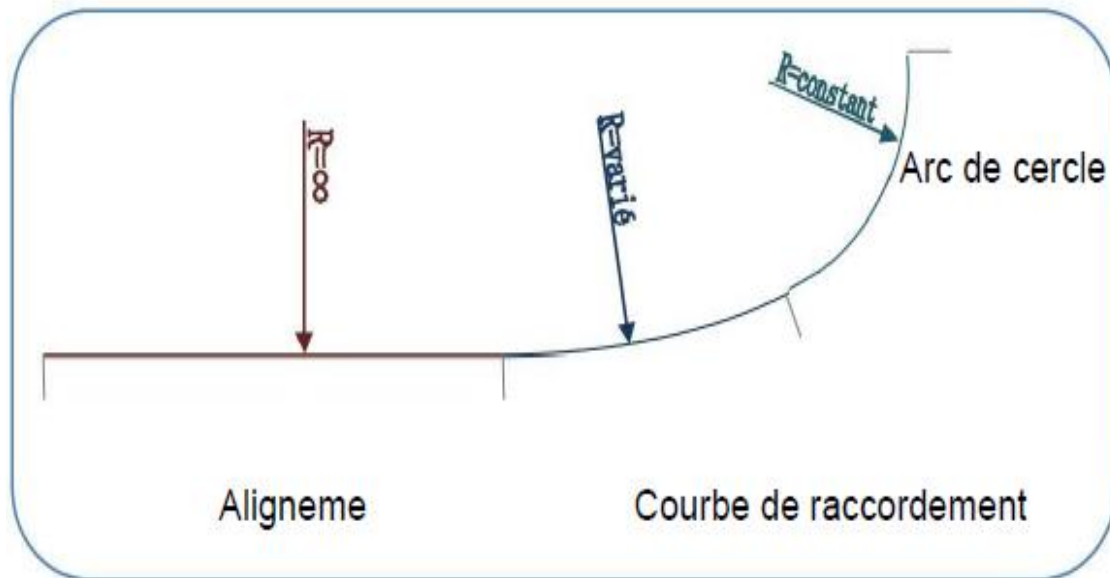


Figure IV.01: Eléments d'un tracé en plan.

IV.3.1. Les alignements (droites)

L'alignement est l'élément de la route le plus simple, et son emploi dans le tracé des routes modernes est restreint, car il présente des inconvénients, notamment:

- Eblouissement causé par les phares (conduite de nuit);
- Mauvaise adaptation de la route au paysage;
- Esthétique difficile;
- Encourage les vitesses excessives.

Pour cela, on est amené à faire un tracé légèrement infléchi. On doit donc remplacer ces alignements droits trop longs par une succession d'alignements courts et de courbes. En faits, il est préférable d'avoir un pourcentage compris entre 20% et 60% en alignement droit, d'une section de route [5]. 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.

a) Longueur minimum L_{min}

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

$$L_{min} = v \times t \Rightarrow L_{min} = \frac{V}{3.6} \times t \quad (IV.01)$$

Avec ; $t = 5S$ V : vitesse du véhicule.

b) Longueur maximum L_{\max}

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

$$L_{\max} = v \times t \Rightarrow L_{\max} = \frac{V}{3.6} \times t \quad (\text{IV.02})$$

Avec; $t = 60\text{S}$ V : vitesse du véhicule.

IV.3.2. Arcs de cercle

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- La stabilité des véhicules;
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon;
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé [5].

IV.3.2.1. Condition de stabilité en courbe

Un véhicule qui se déplace dans un virage est soumis à différentes forces, parmi les quelles figurent son poids propre P et la force centrifuge F_c . Si la composante de la résultante des deux forces R' passe en dehors du polygone des roues, le véhicule perd sa stabilité et se renverse [9].

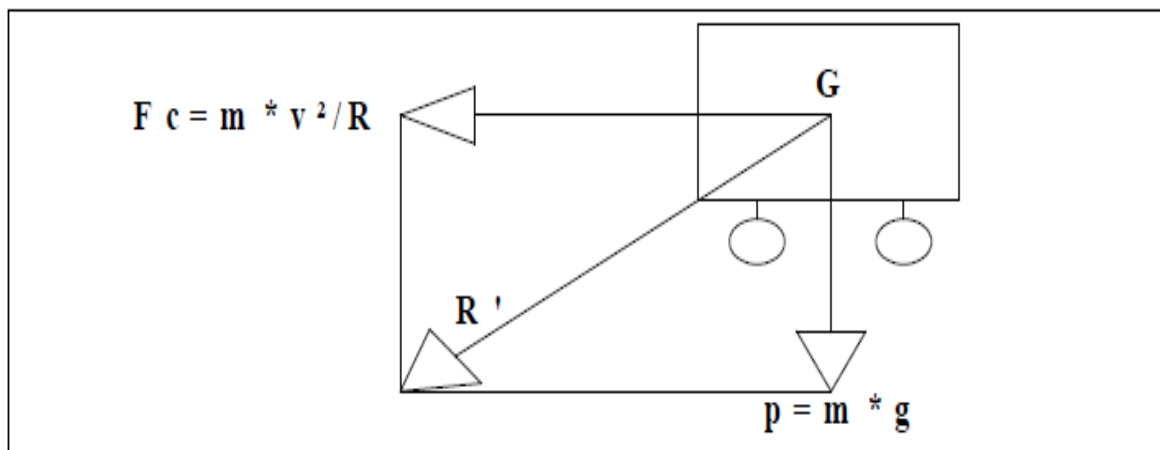


Figure IV.02: Schéma représente la condition de stabilité d'un véhicule en courbe.

Avec;

- F_c : force centrifuge;
- R' : rayon de courbure (la résultante);
- P : poids du véhicule.

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 surhaussement **h** du bord extérieur de la voie [9].

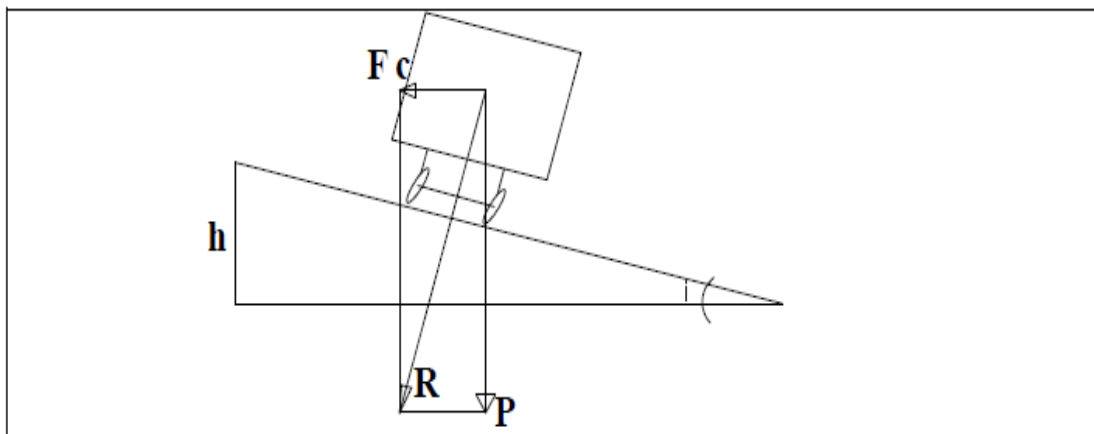


Figure IV.03: Rayon en plan (inclinaison i).

En fonction de la vitesse de référence, le rayon minimal à admettre est:

$$R \geq \frac{V_r^2}{g(f_t + d)} \tag{IV.03}$$

Tel que;

- **Vr**: Vitesse de référence (m/s);
- **g**: Gravitation (m/s²);
- **ft**: Coefficient de frottement transversal;
- **d**: Dévers en %.

Les valeurs du coefficient de frottement transversal dépendent de la vitesse de référence, et de la catégorie de l'environnement selon les normes B40 (voir le tableau IV.01).

Tableau IV.01: Coefficient de frottement transversal (*f_i*) (selon B40) [5].

	120	100	80	60	40
Catégories1-2	0,10	0,11	0,13	0,16	0,20
Catégories3-4-5	0,11	0,125	0,15	0,18	0,22

a) Rayon minimal absolu (R_{Hm})

C'est le rayon qui assure la stabilité des véhicules à la vitesse de référence, lorsqu'il est associé au dévers maximal.

$$R_{Hm} = \frac{V_r^2}{127(ft + d_{max})} \quad (IV.04)$$

b) Rayon minimal normal (R_{HN})

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20Km/h.

$$R_{HN} = \frac{(V_r + 20)^2}{127(ft + d)} \quad (IV.05)$$

- $d = d_{max} - 2\%$ pour les catégories (1.2.3.4);
- $d = d_{max} - 3\%$ pour la catégorie 5.

c) Rayon au dévers minimal (R_{Hd})

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

$$R_{Hd} = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \quad (IV.06)$$

d) Rayon minimal non déversé (R_{Hnd})

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 minimal qui permet cette disposition est le rayon minimal non déversé (R_{Hnd}) [5].

$$R_{Hnd} = \frac{V_r^2}{127(f'' - d_{min})} \quad (IV.07)$$

Tel que;

- Pour les catégories 1 et 2: $f'' = 0.06$;

- Pour la catégorie 3: $f'' = 0.07$;
- Pour les catégories 4 et 5: $f'' = 0.075$.

Tableau IV.02: Dévers en fonction de la catégorie et de l'environnement (selon B40).

Catégories \ Environnements	Environnements			
	Facile(E ₁)	Moyen(E ₂)	Difficile(E ₃)	
<u>Catégorie1-2</u>	Dévers min	2.5%	2.5%	2.5%
	Dévers max	7%	7%	7%
<u>Catégorie3-4</u>	Dévers min	3%	3%	3%
	Dévers max	8%	8%	7%
<u>Catégorie5</u>	Dévers min	3%	3%	3%
	Dévers max	9%	9%	9%

Les valeurs des rayons en plan selon B40 sont données par le tableau ci-après.

Tableau IV.03: Valeurs des rayons en plan selon B40 [5].

Catégories	Symbole (d%)	Environnement1			Environnement2			Environnement3		
Catégories 1-2	Vr(Km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40
	RHm(7%)(m)	650	450	250	450	250	125	250	125	50
	RHN(5%)(m)	1000	650	450	650	450	250	450	250	125
	RHd(2,5%)(m)	2200	1600	1000	1600	1000	550	1000	550	250
	RHnd(-2,5%)(m)	3200	2200	1400	2200	1400	800	1400	800	350
Catégorie 3	Vr(Km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40
	RHm(m)	600	375	220	375	220	115	230	115	40
	RHN(m)	850	600	375	600	375	220	400	230	115
	RHd(3%)(m)	1900	1300	800	1300	800	450	800	450	200
	RHnd(-3%)(m)	2800	2000	1200	2000	1200	700	1200	700	300

Catégorie 4	Vr(Km/h)	100	80	60	80	60	40	60	40	-
	RHm(m)	375	220	115	220	115	40	115	40	-
	RHN(m)	600	375	220	375	220	115	230	115	-
	RHd(m)	1300	800	450	800	450	200	450	200	-
	RHnd(m)	1250	1100	650	1100	650	280	650	280	-
Catégorie 5	Vr(Km/h)	80	60	40	60	40	-	40	-	-
	RHm(9%)(m)	210	105	40	105	40	-	40	-	-
	RHN(6%)(m)	350	210	105	210	105	-	105	-	-
	RHd(3%)(m)	800	450	200	450	200	-	200	-	-
	RHnd(-3%)(m)	1100	650	280	650	280	-	280	-	-

IV.3.2.2. Visibilité en courbe

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

IV.3.2.3. Sur largeur

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

$$S = \frac{L^2}{2R} \quad (\text{IV.08})$$

Tel que;

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

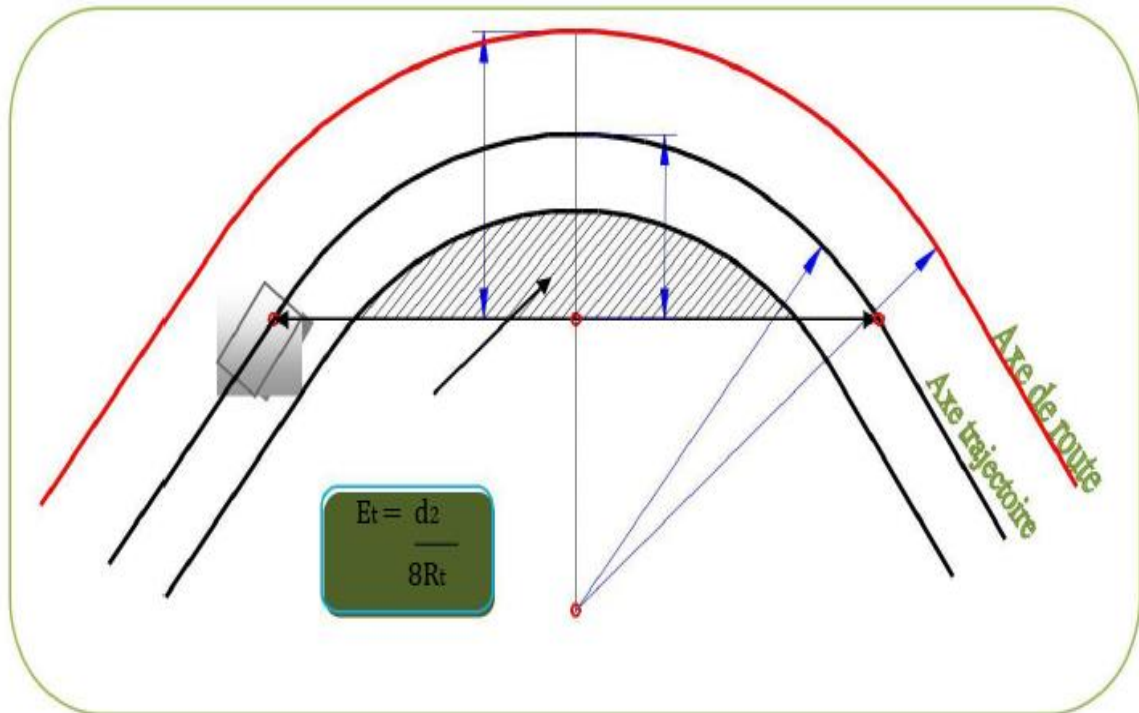


Figure IV.04: Zone de dérasement.

IV.3.3. Raccordements progressifs (Clothoïde)

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

- La stabilité transversale de véhicule;
- Le confort des passagers;
- La transition de la chaussée;
- Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

IV.3.3.1. La Clothoïde

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers [10].

IV.3.3.2. Expression mathématique de la clothoïde

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L .

$$K = C.L$$

On pose : $\frac{1}{c} = A^2 \Rightarrow A^2 = L.R$ (IV.09)

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

IV.3.3.3. Eléments de la clothoïde

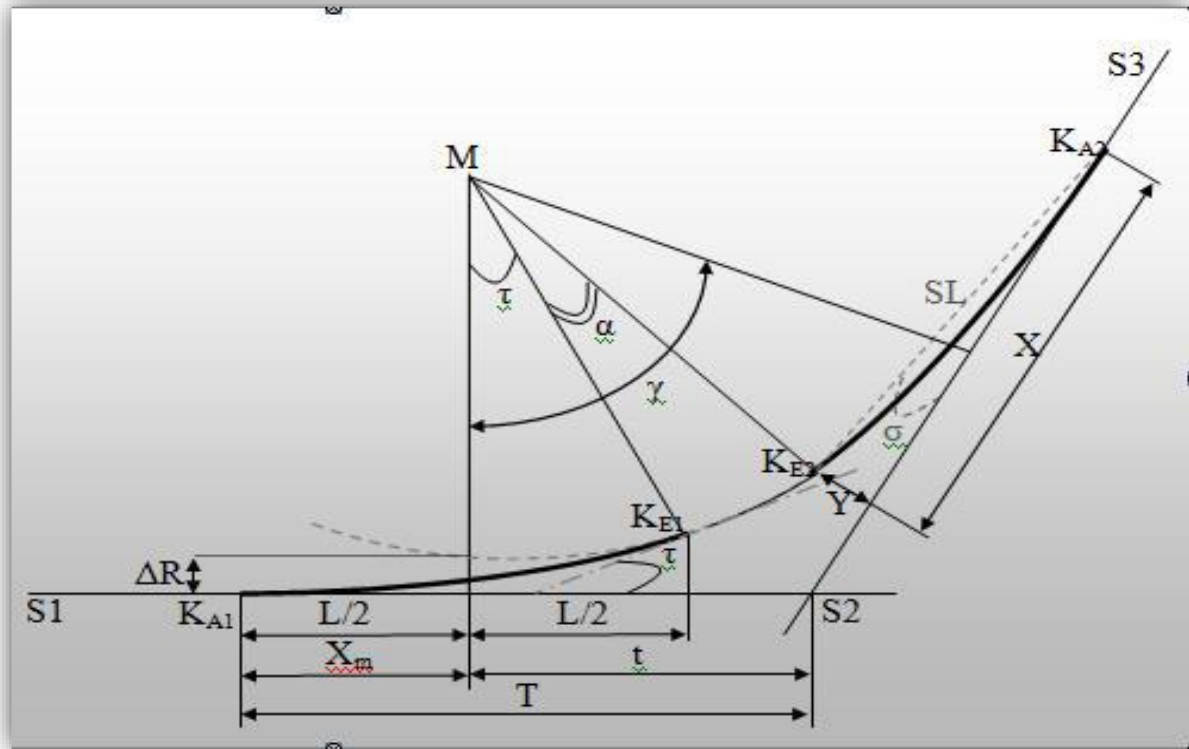


Figure IV.05: Eléments d'un clothoïde.

- **A**: Paramètre de la clothoïde;
- **M**: Centre de cercle;
- **R**: Rayon de cercle;
- **KA**: Origine de la clothoïde;
- **KE**: Extrémité de la clothoïde;
- **L**: Longueur de la branche de la clothoïde;
- ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage);
- **Xm**: Abscisse du centre du cercle;
- τ : Angle des tangentes;
- **X**: Abscisse de KE;
- **Y**: Origine de KE;
- **SL**: Corde (KA – KE);
- α : Angle polaire (angle de corde avec la tangente).

IV.3.3.4. Choix de la clothoïde

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

a) Condition de confort optique

Cette condition permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route en annonçant le virage. L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau = \frac{1}{18} \text{rad}(3^\circ) \Rightarrow \frac{L}{2R} \geq \frac{1}{18} \Rightarrow L \geq \frac{R}{9} \quad (\text{IV.10})$$

Soit;

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R \quad (\text{IV.11})$$

D'après les règles de B40; on applique pour effectuer les calculs les formules ci-après:

$$L = \sqrt{24 \cdot \Delta R \cdot R} \quad (\text{IV.12})$$

Et, on adoptera d'une façon générale, les valeurs suivantes:

- **Pour les rayons supérieur à 5000m:** $\Delta R = 2.5\text{m}$, ce qui équivaut à la condition $A/R = 0.331$ pour $R = 5000 \text{ m}$.
- **Pour les rayons compris entre 2000m et 5000m:** $\Delta R = 1.75\text{m}$ à 2.5m , ce qui équivaut à la condition $0.331 < A/R < 0.381$.
- **Pour les rayons compris entre 1000m et 2000m:** $\Delta R = 1\text{m}$ à 1.75m , ce qui équivaut à la condition $0.381 < A/R < 0.394$.
- **Pour les rayons inférieur à 1000m:** $\Delta R = 0.5\text{m}$ à 1m , ce qui équivaut à la condition $0.394 < A/R < 0.5$.
- **Pour les rayons inférieurs à 192m:** $\Delta R = 0.5\text{m}$ et $A/R = 0.5$.

b) Condition de confort dynamique

Cette condition a pour but d'assurer l'introduction progressive de dévers et de la courbure, et au même temps respecté les conditions de la stabilité et du confort dynamique, en limitant par unité de temps la variation de la sollicitation transversale des véhicules [11]. Cette condition s'exprime par la relation suivante:

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} \left[\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right] \quad (\text{IV.13})$$

Avec; $\Delta d = d + d_{\min}$

- Δd : variation de dévers.

Les rayons en plan ayant été adoptés, on calcule les dévers qui leurs sont, associés par formule d'interpolation.

- Si; R situé entre R_{Hm} et R_{HN} : $d = \frac{d(RHm) - d(RHN)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}} \times \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) + d(RHm)$
- Si; R situé entre R_{HN} et R_{Hd} : $d = \frac{d(RHN) - d(RHd)}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} \times \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) + d(RHd)$
- Si; R situé entre R_{Hd} et R_{Hnd} : $d = d_{\min} = 2.5 \%$ Pour les catégories 1-2
 $d = d_{\min} = 3 \%$ Pour les catégories 3 -4-5
- Si; R Supérieur à R_{Hnd} $d = -d_{\min} = -2.5 \%$ Pour les catégories 1-2
 $d = -d_{\min} = -3 \%$ Pour les catégories 3 -4-5

c) Condition de gauchissement

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

$$\Delta p = \frac{0.5}{V_r \left(\frac{km}{h} \right)} \quad (IV.14)$$

Avec; $\Delta p \geq 0,5\%$ afin d'assurer un écoulement satisfaisant des eaux.

La condition de gauchissement s'exprime par la relation suivante:

$$L \geq \frac{5}{36} \cdot \Delta d \cdot V_r \quad (IV.15)$$

Δd est exprimé en valeur réelle.

IV.4. Application au projet

Pour notre projet on a:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Catégorie 1} \\ \text{Environnement (E1), } V_r = 80 \text{ Km/h} \end{array} \right. \Longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} f_t = 0.13 \text{ (Tableau IV.01), } f'' = 0.06 \\ d_{\max} = 7\% \text{ et } d_{\min} = 2.5\% \end{array} \right.$$

IV.4.1. Calcul des longueurs des alignements

a) Longueur minimum (L_{\min})

$$t = 5S \quad V_r = 80 \text{ Km/h}$$

$$L_{\min} = \frac{80}{3.6} \times 5 = 111.11 \text{ m}$$

b) Longueur maximum (L_{\max})

$$t = 60S \quad V_r = 80 \text{ Km/h}$$

$$L_{\max} = \frac{80}{3.6} \times 60 = 1333.33 \text{ m}$$

IV.4.2. Calcul des rayons en plan

a) Rayon minimal absolu (R_{Hm})

$$R_{Hm} = \frac{80^2}{127(0.13 + 0.07)} = 251.96 \text{ m}$$

b) Rayon minimal normal (R_{HN})

$$R_{HN} = \frac{100^2}{127(0.11 + 0.05)} = 492.12 \text{ m}$$

Pour $V=100 \text{ km/h}$ et catégorie 1: $f_t = 0.11$

c) Rayon au dévers minimal (R_{Hd})

$$R_{Hd} = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1007.87 \text{ m}$$

d) Rayon minimal non déversé (R_{Hnd})

$$R_{Hnd} = \frac{80^2}{127(0.06 - 0.025)} = 1439.82m$$

Pour notre projet, situé dans un environnement (E_1), et classé en catégorie (C_1) avec une vitesse de base de **80Km/h**, donc à partir du règlement **B40**, on peut avoir le tableau suivant:

Tableau IV.04: Valeurs des rayons en plan.

Rayons en plan	Calculé	SelonB40
Rayon minimal absolu (R_{Hm})(m)	251.96	250
Rayon minimal normal (R_{HN})(m)	492.12	450
Rayon au dévers minimal (R_{Hd}) (m)	1007.87	1000
Rayon minimal non déversé (R_{Hnd})(m)	1439.82	1400

IV.4.3. Paramètres fondamentaux

Le tableau ci-dessous résume les paramètres fondamentaux de notre projet selon le règlement des normes algériennes B40.

Tableau IV.05:Paramètres fondamentaux.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse des véhicules légers (Km/h)	V_r	80
Vitesse de poids lourd (Km/h)	VPL	40
Devers minimal(%)	d_{min}	2.5
Devers maximal (%)	d_{max}	7
Temps de perception réaction(s)	t_1	2
Frottement longitudinal	f_l	0,39
Frottement transversal	f_t	0,13
Longueur minimale (m)	L_{min}	111.11
Longueur maximale (m)	L_{max}	1333.33
Distance de freinage(m)	d_0	63.11
Distance d'arrêt(m)	d_1	107.55

Distance de visibilité de dépassement minimale(m)	d_m	325
Distance de visibilité de dépassement normale(m)	d_n	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement(m)	d_{Md}	200
Rayon minimal absolu(m) (dévers associé en %)	R_{Hm}	251.96 (7%)
Rayon minimal normal(m) (dévers associé en %)	R_{HN}	492.12 (5%)
Rayon au dévers minimal(m) (dévers associé en %)	R_{Hd}	1007.87 (2.5%)
Rayon minimal non déversé(m) (dévers associé en %)	R_{Hnd}	1439.82 (-2.5%)

IV.4.4. Exemple de calcul des caractéristiques géométrique d'une clothoïde

Exemple pour un rayon (R) égale à 370m.

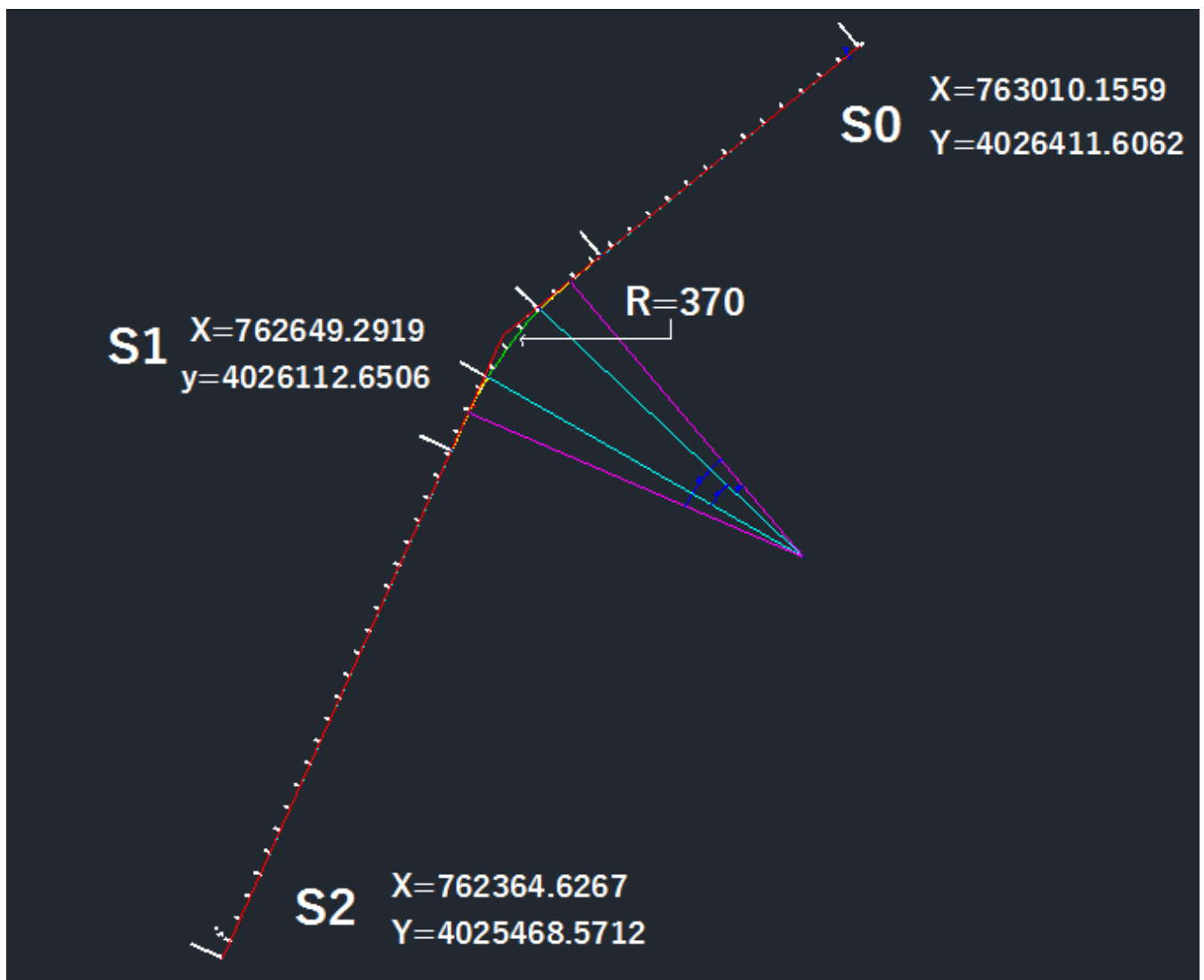


Figure IV.06: Exemple de calcul de la clothoïde.

Le tableau ci-après représente les valeurs des coordonnées des sommets d'un rayon de l'axe en plan dans notre projet obtenu après la désignation de l'axe par logiciel AutoCad.

Tableau IV.06: Coordonnées des sommets d'un exemple de rayon de la clothoïde.

	S ₀	S ₁	S ₂
X(m)	763010,1559	762649,2919	762364,6267
Y(m)	4026411,6062	4026112,6505	4025468,5712

a) Calcul de la longueur minimale de la clothoïde (L)

✚ Condition optique

On a :

$$R = 370\text{m} < 1000\text{m} \implies \Delta R = 0.5$$

$$L_1 \geq \frac{R}{9} \implies L_1 = \frac{370}{9} = 41.11\text{m}$$

$$L_1 = \sqrt{24 \cdot \Delta R \cdot R} \implies L_1 = \sqrt{24 \times 0.5 \times 370} = 66.63\text{m}$$

$$L_1 = 66.63\text{m}$$

✚ Condition de confort dynamique

$$L_2 \geq \frac{V_r^2}{18} \left[\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right]$$

$$\Delta d = d + d_{\min}$$

R situé entre RHm et RHN donc:

$$d = \frac{d(RHm) - d(RHN)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}} \times \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) + d(RHm)$$

$$d = \frac{0.07 - 0.05}{\frac{1}{251.96} - \frac{1}{492.12}} \times \left(\frac{1}{370} - \frac{1}{251.96} \right) + 0.07 = 0.05$$

$$\text{Donc; } \Delta d = 0.05 + 0.025 = 0.075 \implies L_2 \geq \frac{80^2}{18} \left[\frac{80^2}{127 \times 370} - 0.075 \right] = 26.66\text{m}$$

$$L_2 = 26.66\text{m}$$

✚ Condition de gauchissement

$$L_3 \geq \frac{5}{36} \cdot \Delta d\% \cdot Vr = \frac{5 \times 7.5 \times 80}{36} = 83.33m$$

$$L_3 = 83.33m$$

$$L = \max(L_1, L_2, L_3) \implies L = L_3 = 83.33m$$

b) Calcule de paramètre de Clothoïde (A)

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

$$A = \sqrt{L \cdot R} = \sqrt{83.33 \times 370} = 175.59m$$

La condition $\frac{R}{3} \leq A \leq R$ elle est vérifiée ($123.33 \leq 175.59 \leq 370$)

c) Formules et méthodes de calculs

• Calcul de l'angle des tangentes (τ)

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{83.33}{2 \times 370} \times \frac{200}{\pi} = 7.17 \text{ grad}$$

• Calcul des gisements

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.

$$gis = \arctg\left(\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right)$$

Où;

$$(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y > 0) \Rightarrow \text{Gis} = \text{gis}$$

$$(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y < 0) \Rightarrow \text{Gis} = \text{gis} + 200 \text{ (Avec; gis} < 0)$$

$$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y < 0) \Rightarrow \text{Gis} = \text{gis} + 200 \text{ (Avec; gis} > 0)$$

$$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y > 0) \Rightarrow \text{Gis} = \text{gis} + 400 \text{ (Avec; gis} < 0)$$

$$\begin{cases} \Delta X_1 = X_{S1} - X_{S0} = 762649.2919 - 763010.1559 = -360.864m < 0 \\ \Delta Y_1 = Y_{S1} - Y_{S0} = 4026112.6505 - 4026411.6062 = -298.9557m < 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_2 = X_{S2} - X_{S1} = 762364.6267 - 762649.2919 = -284.6652m < 0 \\ \Delta Y_2 = Y_{S2} - Y_{S1} = 4025468.5712 - 4026112.6505 = -644.0793m < 0 \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} g_{S_0}^{S_1} = \arctg\left(\frac{|-360.864|}{|-298.9557|}\right) = 55.95\text{grad} \\ g_{S_2}^{S_1} = \arctg\left(\frac{|-284.6652|}{|-644.0793|}\right) = 26.49\text{grad} \end{array} \right. \Rightarrow \begin{array}{l} G_{S_0}^{S_1} = 200 + g_{S_0}^{S_1} = 255.95\text{grad} \\ G_{S_2}^{S_1} = 200 + g_{S_2}^{S_1} = 226.49\text{grad} \end{array}$$

- Calcul de l'angle γ

$$\gamma = |G_{S_2}^{S_1} - G_{S_0}^{S_1}| = |255.95 - 226.49| = 29.46\text{grad}$$

- Vérification de non chevauchement

Cas de non chevauchement, si la condition suivante est vérifiée: $\tau < \frac{\gamma}{2}$

Après les calculs; on a obtenu que:

$$\tau < \frac{\gamma}{2} \Rightarrow 7.17 < \frac{29.46}{2} = 14.73 \text{ grad}$$

Donc la condition est vérifiée ou pas de chevauchement.

- Calcul des distances

$$\overline{S_0S_1} = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} = \sqrt{(-360.864)^2 + (-298.9557)^2} = 468.61\text{m}$$

$$\overline{S_1S_2} = \sqrt{\Delta X_2^2 + \Delta Y_2^2} = \sqrt{(-284.6652)^2 + (-644.0793)^2} = 704.18\text{m}$$

- Calcul de l'abscisse du centre du cercle

$$X_m = \frac{A^2}{2 \times R} = \frac{175.59^2}{2 \times 370} = 41.66\text{m}$$

- Abscisse de KE

$$X_{KE} = L \times \left(1 - \frac{L^2}{40 \times R^2}\right) = 83.33 \times \left(1 - \frac{83.33^2}{40 \times 370^2}\right) = 83.22\text{m}$$

- Origine de KE

$$Y_{KE} = \frac{L^2}{6 \times R} = \frac{83.33^2}{6 \times 370} = 3.12\text{m}$$

- Calcul de la tangente

$$T = X_m + (R + \Delta R) \times \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 41.66 + 370.5 \times \tan\left(\frac{29.46}{2}\right) = 128.948$$

- Calcul des coordonnées SL

$$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2} = \sqrt{83.22^2 + 3.12^2} = 83.27\text{m}$$

- Calcul de σ

$$\sigma = \arctang\left(\frac{Y_{KE}}{X_{KE}}\right) = \arctang\left(\frac{3.12}{83.22}\right) = 2.83\text{grad}$$

- Calcul de l'arc

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 29.46 - 2 \times 7.22 = 15.12\text{grad}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \times \alpha \times \pi}{200} = \frac{370 \times 15.02 \times \pi}{200} = 87.83\text{m}$$

- Calcul des coordonnées des points singuliers

$$X_{KA1} = X_{S0} + (\overline{S_0S_1} - T)\sin(G_{S_0}^{S_1})$$

$$X_{KA1} = 763010.1559 + (468.61 - 128.948)\sin(255.95) = 762749.3051\text{m}$$

$$Y_{KA1} = X_{S0} + (\overline{S_0S_1} - T)\cos(G_{S_0}^{S_1})$$

$$Y_{KA1} = 4026411.6062 + (468.61 - 128.948)\cos(255.95) = 4026194.892\text{m}$$

$$X_{KA2} = X_{S1} + T \sin(G_{S_2}^{S_1})$$

$$X_{KA2} = 762649.2919 + 128.948 \sin(226.49) = 762597.1711\text{m}$$

$$Y_{KA2} = Y_{S1} + T \cos(G_{S_2}^{S_1})$$

$$Y_{KA2} = 4026112.6505 + 128.948 \cos(226.49) = 4025994.7055\text{m}$$

$$X_{KE1} = X_{KA1} + SL \sin(G_{S_0}^{S_1} - \sigma)$$

$$X_{KE1} = 762749.3051 + 83.27\sin(255.95 - 2.83) = 762687.6104\text{m}$$

$$Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cos(G_{S_0}^{S_1} - \sigma)$$

$$Y_{KE1} = 4026194.892 + 83.27\cos(255.95 - 2.83) = 4026138.9664\text{m}$$

$$X_{KE2} = X_{KA2} - SL \sin(G_{S_2}^{S_1} + \sigma)$$

$$X_{KE2} = 762597.1711 - 83.27\sin(226.49 + 2.83) = 762634.18\text{m}$$

$$Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \cos(G_{S_2}^{S_1} + \sigma)$$

$$Y_{KE2} = 4025994.7055 - 83.27\sin(226.49 + 2.83) = 4026069.299\text{m}$$

IV.4.5. Tracé en plan de la route

L'étude de notre route a été faite par logiciel piste, ainsi que ce logiciel est simplifié les calculs de l'étude et il présente des avantages très utiles par rapport aux autres logiciels. La figure ci-dessous montre une image de l'axe en plan de la route dans notre projet tiré par logiciel piste. Les résultats de calcul de l'axe en plan par logiciel piste seront présentés en annexe.

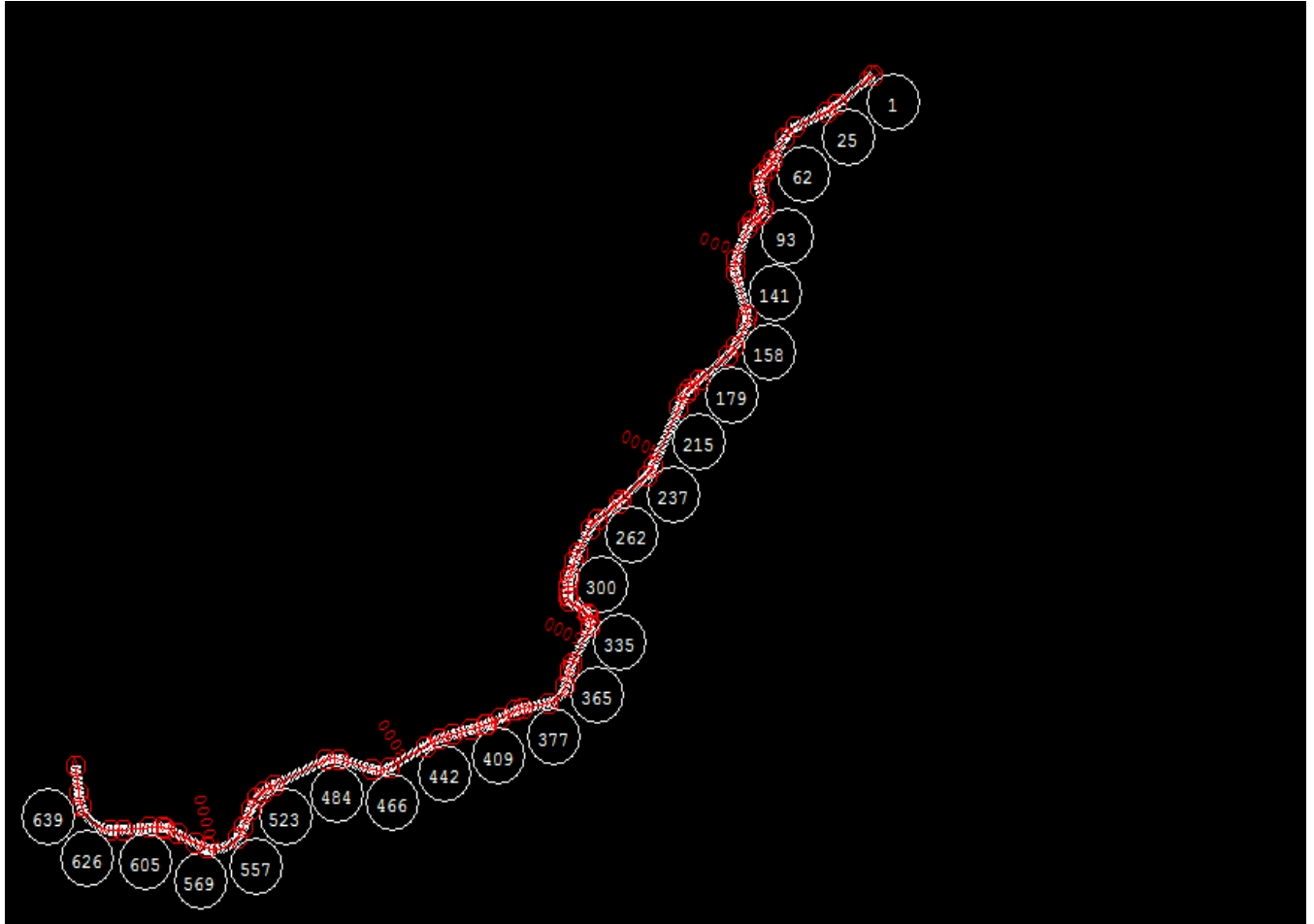


Figure IV.07: Tracé en plan dans notre projet (image du logiciel piste).

The text is enclosed in a decorative orange border that resembles a scroll. The border has rounded corners and a vertical strip on the left side, with small circular details at the top and bottom corners.

CHAPITRE V
Profile en long

Chapitre V: Profil en long

V.1. Introduction

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, il représente la surface de la chaussée avec un plan vertical passant par l'axe de la route. Le trait d'intersection donne le profil en long. Il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pentes ou rampes), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leurs rayons. De plus, 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.

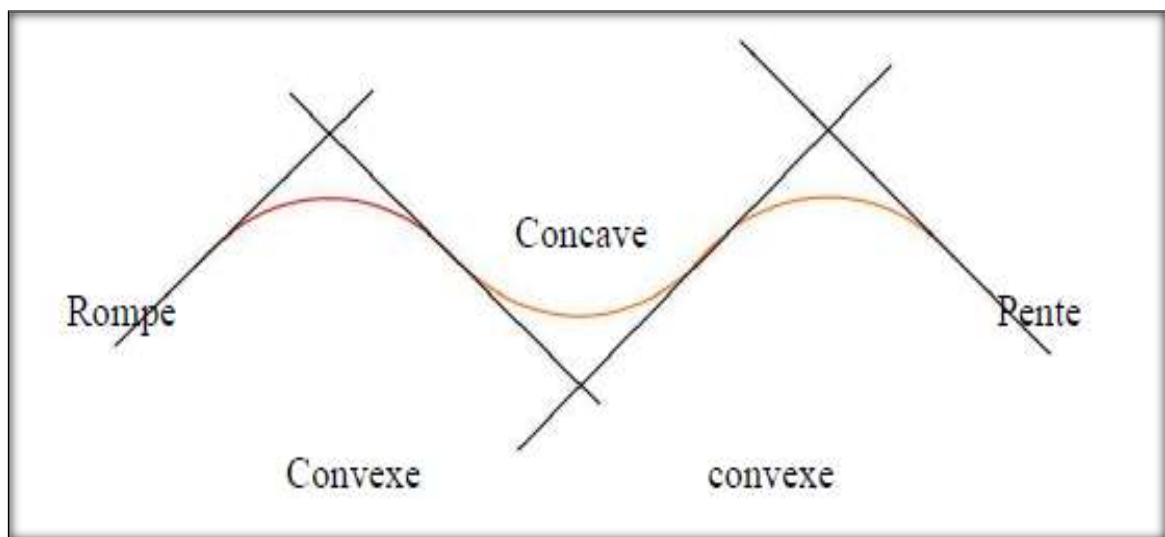


Figure V.01: Profil en long.

V.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

L'élaboration du tracé de profil en long s'appuiera sur les règles suivantes: [5]

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur;
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement;
- Recherche un équilibre entre les volumes de remblais et les volumes de déblais;
- Eviter une hauteur excessive en remblai;
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long;
- Eviter une hauteur excessive en remblai.

V.3. Éléments du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer:

- L'altitude du terrain naturel;
- L'altitude du projet;
- La déclivité du projet.

V.3.1. Déclivité

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

a) Déclivité minimale

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0,5% et de préférence 1%. [5]

b) Déclivité maximale

Du point de vue technique, la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de l'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les poids lourds qui sont déterminants, car la plupart des Pl ont une grande réserve de puissance. L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Le tableau ci-après illustre la déclivité maximale selon la catégorie et l'environnement de la route.

Tableau V.01:Déclivité maximale en fonction de la catégorie et de l'environnement. [5]

Environnements Catégories	E1	E2	E3
Catégories1-2	4%	5%	6%
Catégorie3	5%	6%	7%
Catégories4-5	6%	7%	8%

V.3.2. Raccordements du profil en long

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types de raccordements:

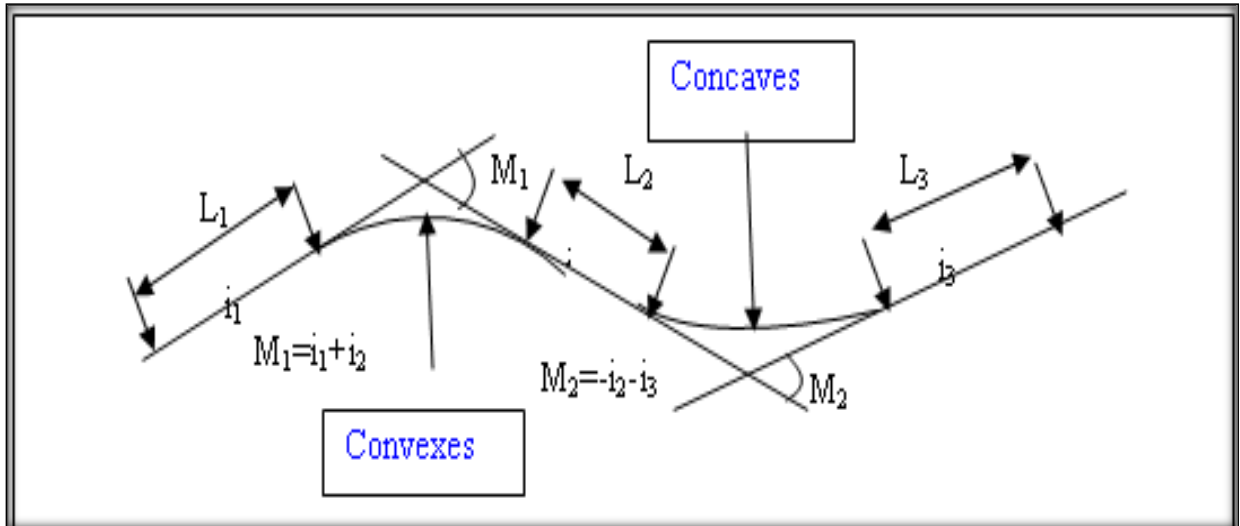


Figure V.02: Raccordements du profil en long.

V.3.2.1. Raccordements convexes (angle en 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 et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

a) Pour les chaussées unidirectionnelles

❖ Rayon minimal absolu

R_{vm1} : est le rayon minimal absolu sur chaussée unidirectionnelle, il est calculé par la formule suivante:

$$R_{vm1} = a \times d_1^2 \quad (V.01)$$

Avec;

- Catégorie 1 et 2: $a = 0,24$
- Catégorie 3,4 et 5: $a = 0,22$

❖ Rayon minimal normal

Ce rayon est obtenu par l'application la formule suivante:

$$R_{vN1} = R_{vm1}(Vr + 20) \quad (V.02)$$

b) Pour les chaussées bidirectionnelles

❖ Rayon minimal absolu

$$R_{Vm2} = b \times d_{Md}^2 (vr) \quad (V.03)$$

Avec;

- **Catégorie 1 et 2:** $b = 0,11$
- **Catégorie 3,4 et 5:** $b = 0,09$

❖ Rayon minimal normal

Les valeurs minimales normales sont obtenues par application de mêmes relations, pour la vitesse $(Vr+20)$ Km/h, avec plafond à 120Km/h.

$$R_{VN2} = R_{Vm2} (Vr + 20) \quad (V.04)$$

❖ Rayon de liberté de dépassement RVD

$$R_{VD} = b \times dm^2 \quad (V.05)$$

Tableau V.02: Valeurs des rayons en angle saillant du profil en long (B40). [5]

Rayon $R_v(m)$	Vitesse(Km/h)	120	100	80	60	40
	Symbol					
<u>Catégories 1-2</u>						
<u>Unidirectionnel</u>						
Min absolu	R_{Vm1}	12000	6000	2500	1000	300
Min normal	R_{VN1}	18000	18000	6000	2500	1000
<u>Bidirectionnel</u>						
Min absolu	R_{Vm2}	20000	10000	4500	1500	500
Min normal	R_{VN2}	20000	20000	10000	4500	1500
Dépassement	R_{VD}	30000	20000	11000	6000	2500

<u>Catégories 3 - 4-5</u>						
<u>Unidirectionnel</u>						
Min absolu	R_{Vm1}	10000	4500	2000	800	250
Min normal	R_{VN1}	15000	10000	4500	2000	800
<u>Bidirectionnel</u>						
Min absolu	R_{Vm2}	16000	8000	3500	1300	450
Min normal	R_{VN2}	16000	16000	8000	3500	1300
Dépassement	R_{VD}	27000	16000	9000	5000	2300

V.3.2.2. Rayons en angle rentrant (raccordements concaves)

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

❖ Rayon minimal absolu

Pour $V \leq V'$

$$\begin{cases} V' = 80\text{Km/h pour les catégories 1 et 2} \\ V' = 60\text{Km/h pour les catégories 3,4 et 5} \end{cases}$$

Cette condition s'exprime par la relation:

$$R'_{Vm} = \frac{d_1^2(Vr)}{1,5 + 0,035d_1(Vr)} \quad (\text{V.06})$$

Pour $V > V'$

$$\begin{cases} V' = 80\text{Km/h pour les catégories 1 et 2} \\ V' = 60\text{Km/h pour les catégories 3,4 et 5} \end{cases}$$

Dans ce cas les rayons sont calculés par ces relations:

$$R'_{Vm} = C \times V_r^2 \quad (\text{V.07})$$

❖ Rayon minimal normal

Ce rayon est calculé par cette relation:

$$R'_{VN} = R'_{Vm}(Vr + 20) \quad (\text{V.08})$$

Tableau V.03: Valeurs des rayons en angle rentrant (selon B40). [5]

Rayons	V(Km/h)	120	100	80	60	40
	Symboles					
<u>Catégories1-2</u>						
Rayon minimal absolu	R'_{Vm}	4200	4200	2400	1200	500
Rayon minimal normal	R'_{VN}	6000	3000	3000	2400	1200
<u>Catégories3 - 4-5</u>						
Rayon minimal absolu	R'_{Vm}	3500	2400	1600	1100	500
Rayon minimal normal	R'_{VN}	4500	3500	2400	1600	1100

V.4. Application dans notre projet

V.4.1. Déclivité maximale

D'après le tableau V.01, la déclivité maximale est égale à 4% (Catégorie 1 et environnement E₁).

V.4.2. Cas d'un angle saillant

✚ Rayon minimal absolu R_{Vm1}

Pour notre cas, on a une chaussée unidirectionnelle de catégorie C1 et environnement E1 avec une vitesse de référence égale à 80Km/h :

On a: $d_1 = 107.55m$ et $a = 0,24$

Donc :

$$RVm1 = a \times d_1^2 = 0.24 \times 107.55^2 = 2776.28m$$

✚ Rayon minimal normal R_{VN1}

Pour une vitesse de $V_r + 20 = 100 km/h$

$$d_1 = \frac{100^2}{260 \times 0.39} + \frac{100}{3.6} \times 2 = 154.17m$$

$$RVN1 = RVm1 (100) = 0.24 \times 154.17^2 = 5704.41m$$

V.4.3. Cas d'un angle rentrant

✚ Rayon minimal absolu

Pour notre cas, on a: $V' = V_r = 80 \text{ km/h}$ et $d_1 = 107.55 \text{ m}$

$$R'Vm = \frac{107.55^2}{1,5 + 0,035 \times 107.55} = 2197.27 \text{ m}$$

✚ Rayon minimal normal

Pour une vitesse de $V_r + 20 = 100 \text{ km/h}$ et $d_1 = 154.17 \text{ m}$

$$R'VN = R'Vm (100)$$

$$R'Vm = \frac{154.17^2}{1,5 + 0,035 \times 154.17} = 3446.72 \text{ m}$$

Les valeurs calculées de différents rayons et ceux donnés par B40 sont récapitulés au tableau ci-dessous.

Tableau V.04: Valeurs des rayons du profil en long calculées et selon B40.

Rayons	Valeurs		Calculées	Selon B40
	Symboles			
<u>En angle saillant:</u>				
• Rayon minimal absolu	R_{Vm1}		2776.28	2500
• Rayon minimal normal	R_{VN1}		5704.41	6000
<u>En angle rentrant:</u>				
• Rayon minimal absolu	$R'Vm$		2197.27	2400
• Rayon minimal normal	$R'VN$		3446.72	3000

V.4.4. Profil en long de la route

Notre étude a été faite par logiciel piste, ainsi que ce logiciel simplifie les calculs de l'étude et il présente des avantages très utiles par rapport aux autres logiciels. La figure ci-dessous montre une image de profil en long de la route dans notre projet tiré par logiciel piste. Les résultats de calcul du profil en long par logiciel piste seront présentés en annexe.

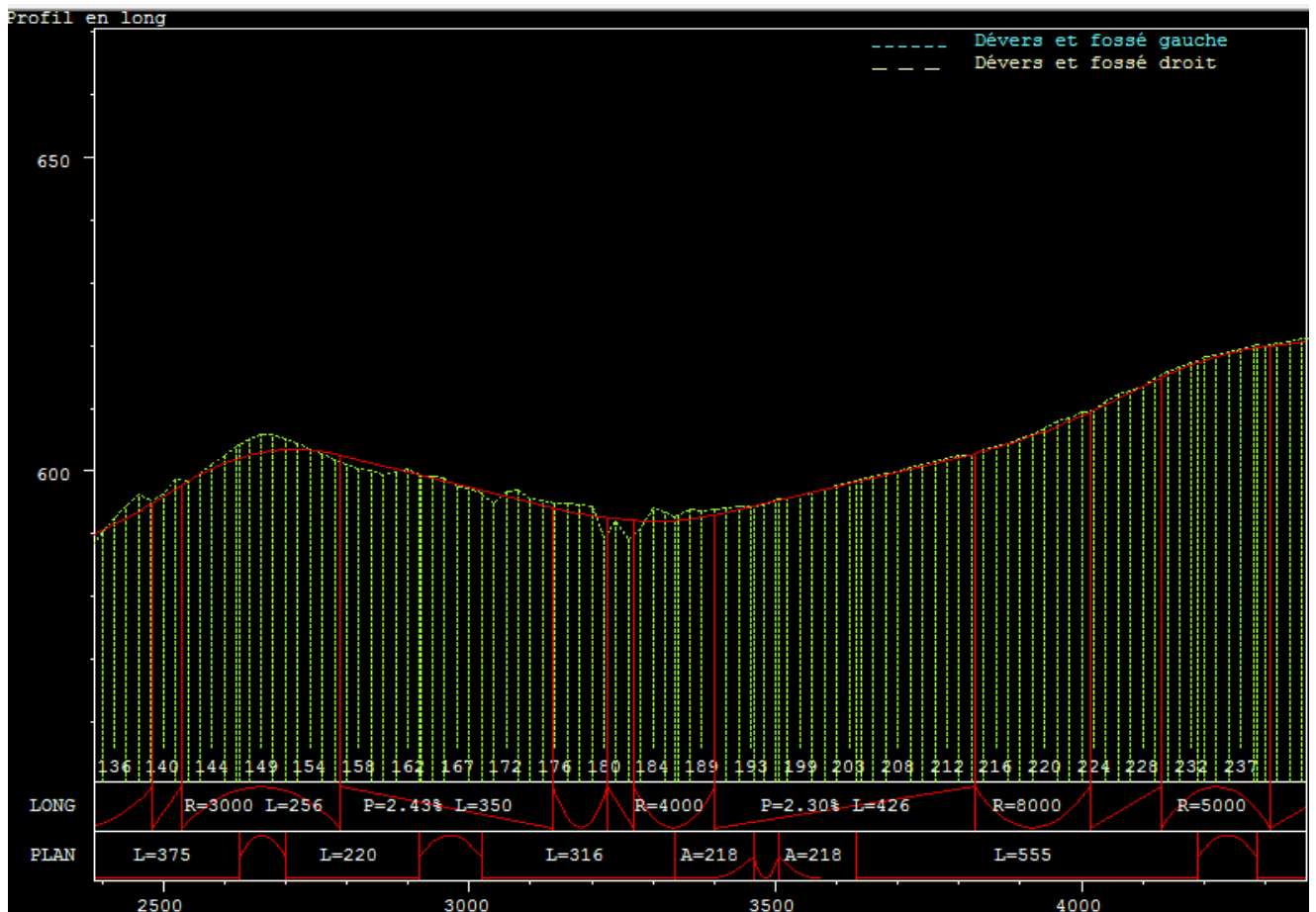


Figure V.03: Profil en long dans notre projet (image du logiciel piste).

An orange border that resembles a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a binding or a scroll edge. The text is centered within this border.

CHAPITRE VI
Profile en travers

Chapitre VI: Profil en travers

VI.1. Introduction

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «profil en travers» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux ...). [12] Ils permettent de calculer les paramètres suivants :

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

VI.2. Les éléments constitutifs du profil en travers

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

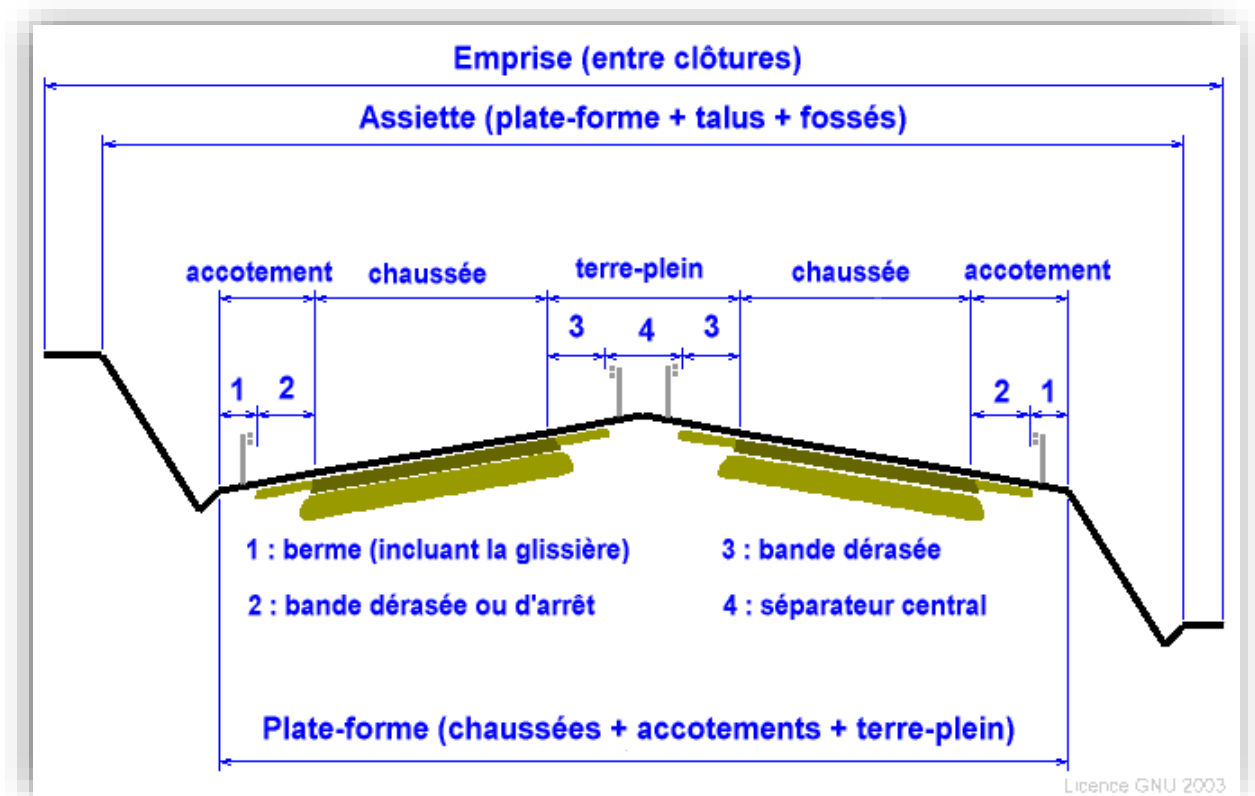


Figure VI.01: Eléments constitutifs du profil en travers.

VI.2.1.L'emprise

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances elle coïncidant généralement avec le domaine public. [13]

VI.2.2.Assiette

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

VI.2.3. La plate-forme

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

VI.2.4. La chaussée

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

VI.2.5.La largeur roulable

C'est la bande de la plate-forme accessible sans dommage aux véhicules roulants normalement sur la chaussée. Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée, la bande d'arrêt et la bande dérasée.

VI.2.6.Les accotements

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés. Ils comportent généralement les éléments suivants:

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

VI.2.7. Le terre-plein central

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

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

VI.2.8.Fossé

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux pluviales. On peut le trouver sous forme triangulaire ou sous forme trapézoïdal.[14]

VI.2.9. Bande dérasée

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.

VI.2.10. Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)

C'est une partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée.

VI.2.11. 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.

VI.2.12. Terre-plein central (T.P.C)

La terre pleine centrale, s'étend entre les limites intérieures de deux chaussées (au sens géométrique), du point de vue structural, il comprend:

- Les deux sur largeurs de chaussées supportant les bandes de guidages;
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

VI.2.13. Les talus

Le talus est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue, tel que la cohésion (C) et l'angle de frottement (φ). En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (2/3) pour les remblais et pour les déblais entre (1/1) et (2/3).

VI.3. Classification de profil en travers

On distingue deux types de profils :

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

VI.3.1. Profil en travers courant

S'applique aux PK indiqués, il reprend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la route au PK considéré, notamment cote terrain naturel (TN), cote de projet et devers de la chaussée. [15]

VI.3.2. Profil en travers type

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (Remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements. On distingue trois types de profils en travers :

- Profil en Travers en déblai ;
- Profil en Travers en remblai ;
- Profil en Travers mixte (remblai et déblai). [15]

VI.4. Dévers

Le dévers 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. Il existe deux formes de dévers pour assurer un écoulement facile des eaux de ruissellement, soient:

- Forme en toit ou double pentes;
- Une pente unique rectiligne sur toute la largeur de la chaussée.

Les valeurs minimales des dévers selon le type de la chaussée étant données ci-dessus:

- Chaussée en béton de ciment: 2%;
- Chaussée en enduit superficiel ou enrobé: 2,5% à 3%;
- Chaussée non revêtue: 4%.

VI.4.1. Dévers en alignement

Lorsqu'elle est alignée, le dévers est conçu pour assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. L'épaisseur du film d'eau est conditionnée par deux types de paramètres:

- **Paramètres non liés aux route:** intensité et durée de la pluie;
- **Paramètres liés à la route:** la nature et l'état du revêtement de surface.

Les valeurs suivantes seront adoptées; ainsi que le dévers minimal égal à 2,5% ($d_{\min} = 2,5\%$). Pour les routes de catégories 3,4 ou 5; ou celles de catégories 1 et 2 risquant de poser des problèmes de tassement, d'orniérage, ou des difficultés d'exécution, un dévers de 3% sera adopté.

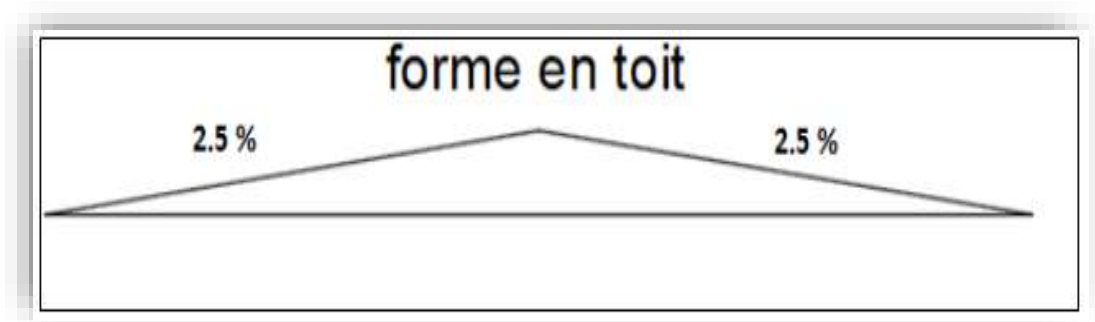


Figure VI.02:Divers du profil en travers en alignement droit.

VI.4.2. Dévers vers l'intérieur des courbes

En courbe; le dévers permet de:

- Assurer un bon écoulement des eaux de surface;
- Compenser une fraction de la force centrifuge, et assurer la stabilité dynamique des véhicules;
- Améliorer le guidage optique. [16]

VI.5. Profil en travers type pour le projet

Le profil en travers type est (2×2 voies), est constitué de:

- Chaussée voies de 3,5 m avec 0,5m pour les bancs de guidage gauche et droit:

$$[(2 \times 3,5) \times 2] + [(0,5 + 0,5) \times 2] = 16m$$

- **Accotements:** 1.8m de chaque côté ($1.8 \times 2 = 3.6m$);
- **Un terre-plein central de 1m;**
- **Devers minimum:** 2,5%;
- **Devers maximum:** 7%.

Les dévers appliqués pour le projet sont basés sur les recommandations de l'ICTAAL, et ils sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau VI.01 : Paramètre des dévers.

Dévers en section droite	
Chaussée	2,5 % vers l'extérieur
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	identique à celle de la chaussée.
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4 % vers l'extérieur
Berme extérieure	8% vers l'extérieur.
Dévers en courbe	
Chaussée	2.5 % (maximum).
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	identique à celle de la chaussée
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	identique à celle de la chaussée

VI.5.1. Surlargeur

Pour éviter l'inscription des véhicules dans les virages inférieurs à 200m, on donne à la voie parcourue par ces derniers une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement égale à **50/R**.

Exemple: pour un rayon (R) égale à 120m.

$$\text{Donc : Surlargeur} = \frac{50}{120} = 0.42 \approx 0.5\text{m}$$

VI.5.2. Pente de talus

La pente des remblais est fixée à 2/3 quelques soit la nature de terrain, mais les déblais d'une pente variée selon le terrain entre 1/1 et 2/3.

Tableau VI.02: Pentes des talus.

	Natures de terrain		
	Meuble	Rocheux	Rippable
Déblais	2/3	1/5	1/1
Remblais	2/3		

VI.6. Types de profils en travers

Il existe trois types de profils en travers: les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes.

Les exemples des profils ci-dessous sont retirés au logiciel piste:

VI.6.1. Cas remblai

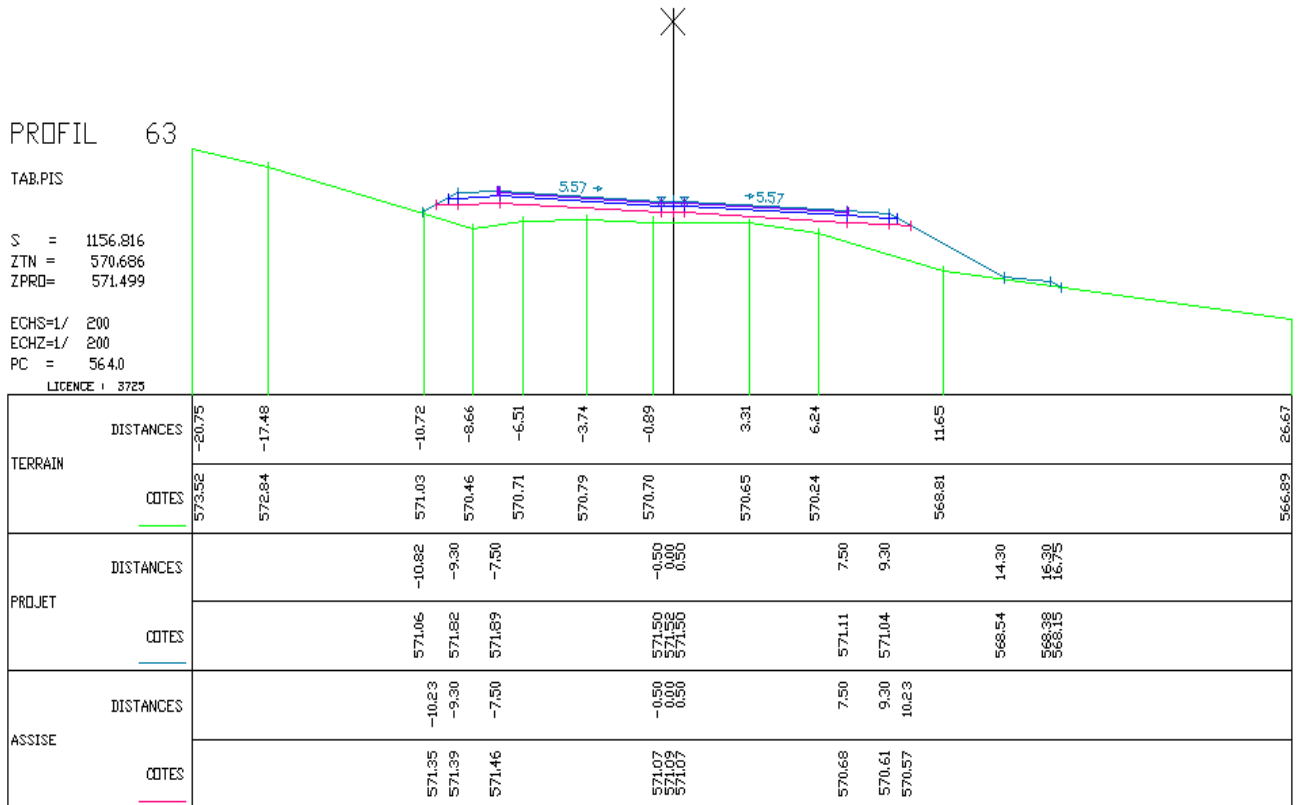


Figure VI.03: Profil en travers en remblai.

VI.6.2. Cas déblai

PROFIL 178

TAB.PIS

S = 3180.000
ZTN = 594.719
ZPRD= 593.179

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 590.0
LICENCE : 3725

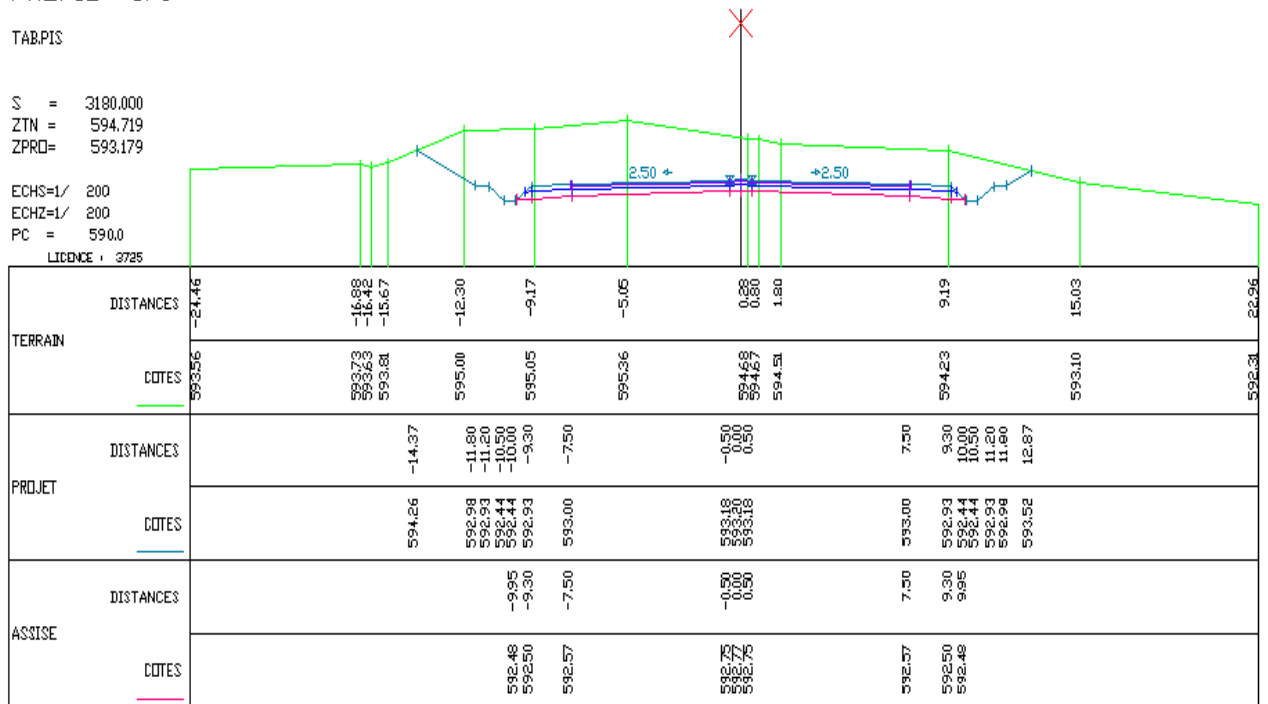


Figure VI.04: Profil en travers en déblai.

VI.6.3. Cas mixte

PROFIL 46

TAB.PIS

S = 840.000
ZTN = 568.396
ZPRD= 568.678

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 564.0
LICENCE : 3725

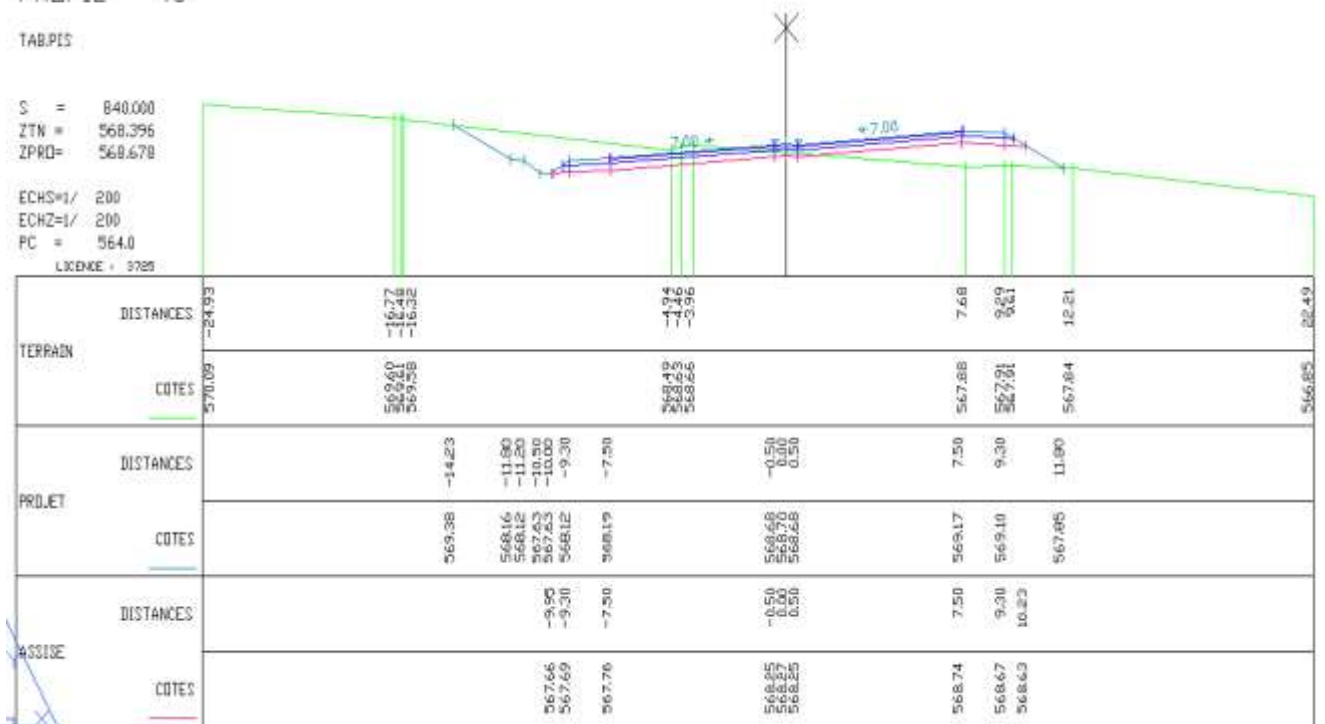


Figure VI.05: Profil en travers en mixte.



CHAPITRE VII
Etude géotechnique

Chapitre VII: Etude géotechnique

VII.1. Introduction

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques, chimique et mécaniques des roches, et des sols qui vont jouer le rôle d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs. Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés et qui exige des reconnaissances géotechniques. La reconnaissance de sol, utilisant différents équipements et instrumentation sur terrain ou au laboratoire est un moyen pour le géotechnicien, à mieux connaître les sols et surtout le massif de sol étudié appelé à supporter dans de bonnes conditions le projet. La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment: les propriétés physiques et mécaniques du sol support, les terrassements (déblais et remblais), et les caractéristiques des couches de la chaussée.

VII.2. Objectif de la géotechnique routière

La géotechnique routière ayant pour objectif de:

- Définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée;
- Etablir le projet de terrassement;
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée;
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles;
- Minimiser les coûts de terrassement par un choix judicieux du tracé et de la ligne rouge qui prend en compte la nature et l'état des sols à terrasser ainsi que leur emplacement.

VII.3. Reconnaissance des essais

La géotechnique couvre un grand champ qui va de la reconnaissance des sols au calcul, et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais du sol en laboratoire ou in situ. Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des études géotechnique. Les

moyens de reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement:

- L'étude des archives et documents existants (cartes géologiques et géotechniques);
- Les visites sur site;
- Les essais «in-situ» ou in situ (essais pressiométriques, pénétromètre statique ou dynamique);
- Les essais de laboratoire (essais d'identification et de classification) [17].

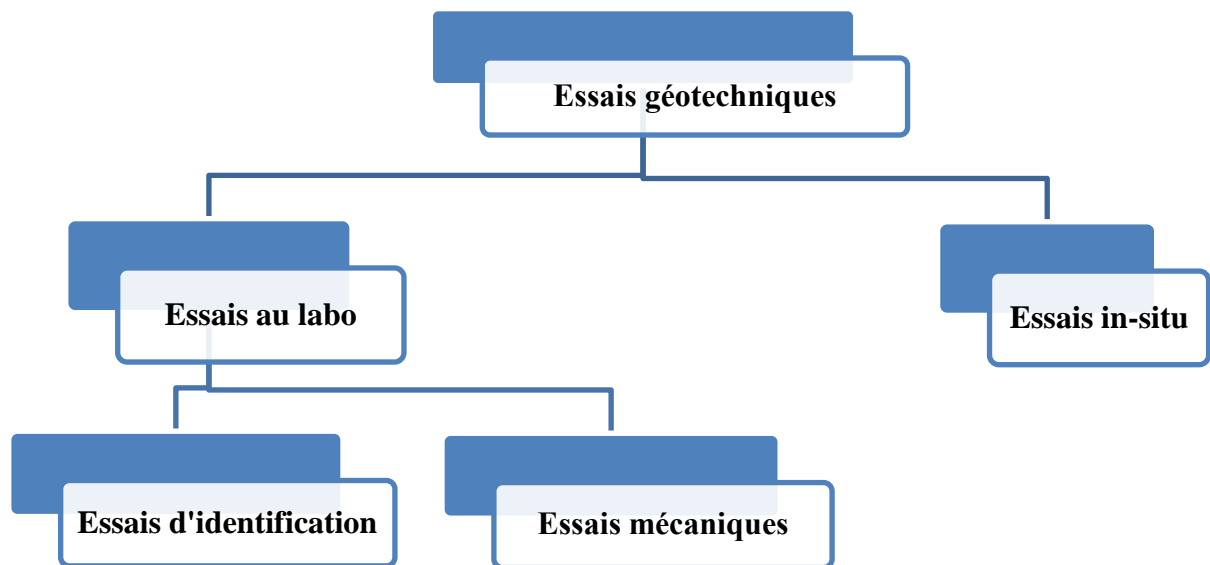


Figure VII.01: Essais géotechniques sur le sol support.

VII.4. Essais in-situ

Les essais in situ en géotechnique permettent d'approfondir l'étude des sols et des roches avant toute construction en surface ou en profondeur. Parfois discrédités au profit des essais de laboratoire, ils évitent pourtant toute contrainte de transport et de conservation susceptible d'altérer les prélèvements et leurs résultats. Les avantages de l'essai in situ sont les suivants:

- Son exécution est rapide, donc on peut le multiplier pour permettre une meilleure reconnaissance du sol;
- Il est parfois le seul à réaliser, lorsqu'on ne peut pas extraire des échantillons intacts;
- Il donne des résultats globaux par rapport aux essais de laboratoire qui donnent des résultats discontinus.

VII.4.1. Programme des essais in-situ

Le programme de reconnaissance géotechnique in situ établi est réparti sur le lot route consiste en la réalisation de ce qui suit:

Tableau VII.01: Types des essais in-situ [18].

Désignation des essais in-situ	Unités	Quantités
Sondage par puits de reconnaissance	U	21
Sondage carotté jusqu'au 15m de profondeur	Ml	75
Installation et pose de tube piézométrique	Ml	75

VII.4.2. Moyens de reconnaissance

Pour exécuter le programme de reconnaissance en question, il a été utilisé des moyens d'investigation suivants:

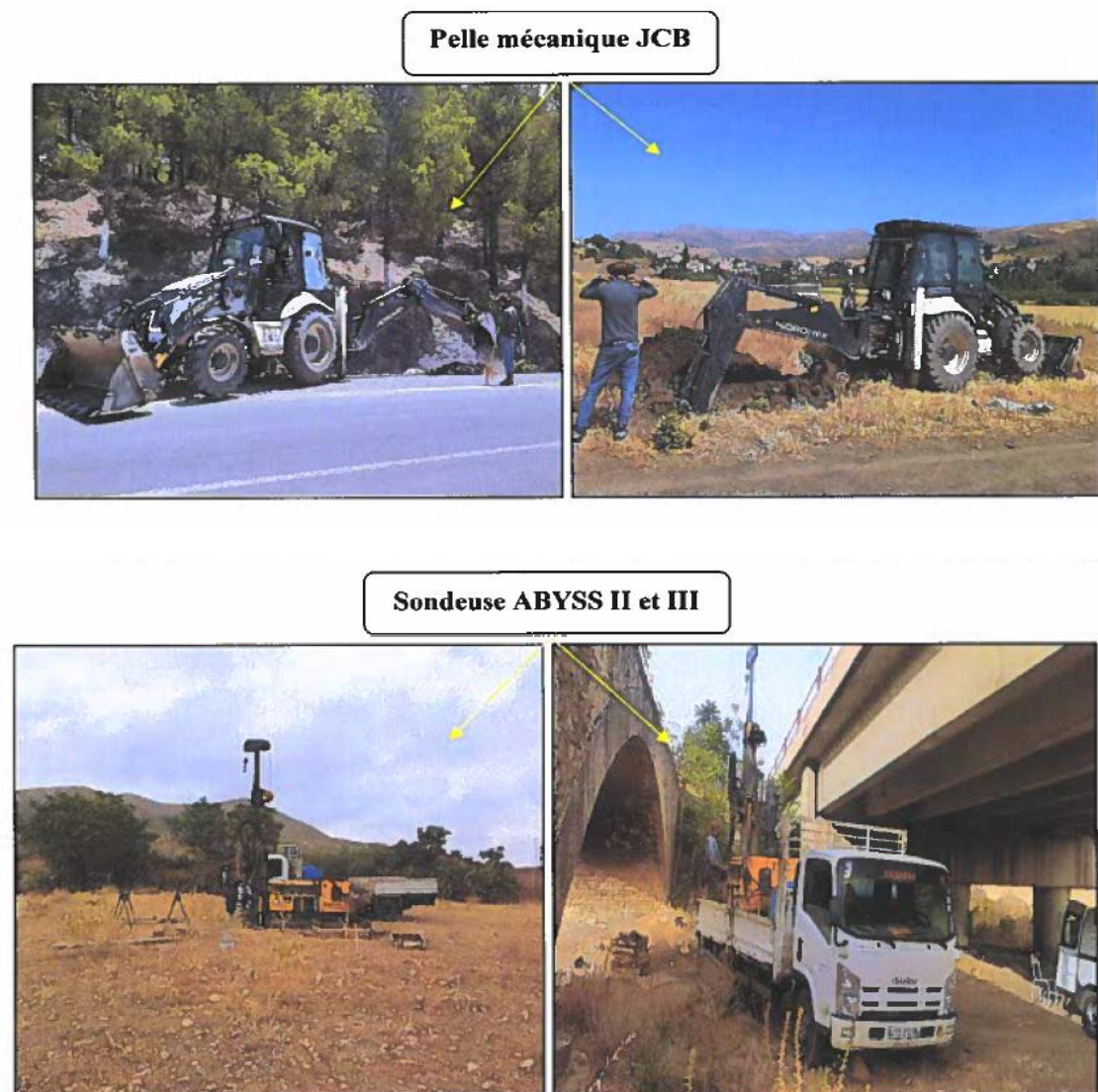


Figure VII.02: Moyens des essais in-situ [18].

- Une pelle mécanique pour l'exécution des sondages à ciel ouvert (puits de reconnaissance);
- Une sondeuse puissante type ABYSS III pour les sondages carottés la réalisation de toute sorte de forage destiné pour l'exécution des essais (pressiométrique, SPT et pose des tubes piézométriques);
- Une sondeuse multifonction type ABYSS II pour la réalisation des essais de pénétration au carottier (SPT);
- Une sonde piézométrique manuelle avec signal lumineux sonore pour la détection de la présence d'eau sous terrain [18].

VII.4.3. Objectif des essais in-situ

VII.4.3.1. Sondage à ciel ouvert et sondage carotté

En vue de:

- Identifier la nature de différentes formations géologiques le long du tracé;
- Déterminer la succession des couches et leurs épaisseurs;
- Etablir une coupe litho-stratigraphique pour chaque sondage ainsi que de tracer des coupes géologiques schématiques;
- Visualiser les conditions de sédimentation et l'âge géologiques correspondant;
- Prélever des échantillons de sol intacts pour des essais en laboratoire [18].

VII.4.3.2. Essai piézométrique

Afin de détecter la présence d'eau sous terrain (nappe souterraine ou écoulement superficiel (sources)), et de poursuivre la variation de niveau hydrostatique pendant l'investigation.

VII.4.3.3. Essai SPT

L'essai de pénétration «Standard pénétration test (SPT)» est un essai de pénétration dynamique qui permet de tester la résistance du sol par la détermination de la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé battu au fond d'un forage préalable. Après la pénétration initiale du carottier solide de l'ensemble du train de tiges, l'essai est exécuté en deux phases, enfoncement d'amorçage et enfoncement de l'essai.

L'essai SPT est plus adéquat aux sols pulvérulents, l'interprétation des résultats d'essai SPT est faite au moyen de corrélations empiriques pour obtenir les paramètres géotechniques recherchés.

VII.4.4. Description des résultats des essais in-situ

- a) Dans cette étude, un nombre de **21** sondages à ciel ouvert (puits de reconnaissance) sur une profondeur variable de 3 à 4m le long du tracé, avec prélèvement d'échantillons en vue d'effectuer les analyses physico-mécaniques en laboratoire, les puits en question ont été réalisés conformément à l'implantation figurée dans le marché à savoir.

Tableau VII.02:Résultats des sondages des puits à connaissances [18].

Sondage par puits de reconnaissance (section/PK)	Résultats
K₁ (PK 0+200)	0.0-0.3m : Limon peu argileux renfermant des graves
	0.3-4m : Argile limoneuse à débris marneux renfermant des graves
K₂ (PK 0+820)	0.0-0.2m : Limon peu argileux renfermant des graves.
	0.2- 4.0m : Argile limoneuse à débris marneux.
K₃ (PK 1+620)	0.0-0.4m : Limon peu argileux renfermant des graves.
	0.4-4.0m : Argile limoneuse à débris marneux.
K₄ (PK 2+100)	0.0-0.3m : Limon peu argileux
	0.3-4.0 m : Argile limoneuse légèrement sableuse
K₅ (PK 2+400)	0.0-0.4m : Limon à débris marneux
	0.4-4.0 m : Marne altérée
K₆ (PK2+640)	0.0-0.2m : Terre végétale.
	0.2-4.0m : Marne compacte
K₇ (PK3+020)	0.0-0.3m : Limon peu argileux
	0.3-4.0m : Argile limoneuse à débris marneux
K₈ (PK3+380)	0.0-0.3m : Limon peu argileux
	0.3-4.0m : Argile limoneuse à débris marneux
K₉ (PK4+140)	0.0-0.2m : Limon peu argileux
	0.2-4.0m : Argile limoneuse à débris marneux renfermant des cailloux et des blocs
K₁₀ (PK4+780)	0.0-0.3m : Limon argileux peu graveleux
	0.3-4.0m : Argile marneuse.
K₁₁ (PK5+520)	0.0-0.3m : limon sableux peu graveleux
	0.3-4.0m : Argile sableuse à débris marneux

K₁₂ (PK6+100)	0.0-2.0m : Calcaire massif blanc peu altéré
	2.0-4.0m : Calcaire massif blanc à silex noir d'aspect compact
K₁₃ (PK6+360)	0.0-0.3m : Limon à débris marneux
	0.3-4.0m : Marne altérée
K₁₄ (PK6+820)	0.0-0.3m : Limon à débris marneux
	0.3-4.0m : Argile sableuse à débris marneux renfermant des cailloux et des blocs
K₁₅ (PK7+480)	0.0-0.5m : Limon légèrement sableux
	0.5-4.0m : Argile limono-sableuse renfermant des cailloux
K₁₆ (PK8+100)	0.0-0.3m : Limon légèrement sableux
	0.3-4.0m : Argile limono-sableuse renfermant des cailloux
K₁₇ (PK8+780)	0.0-0.3m : Limon légèrement sableux
	0.3-4.0m : Limon argileux à débris marneux
K₁₈ (PK9+400)	0.0-4.0m : Argile limono-sableuse.
K₁₉ (PK9+940)	0.0-0.2m : Limon légèrement sableux renfermant des graves
	0.2-4.0m : Argile limono-sableuse
K₂₀ (PK10+300)	0.0-0.2m : Limon argileux légèrement sableux
	0.2-4.0m : Argile limono-sableuse à débris marneux
K₂₁ (PK11+540)	0.0-0.3m : Limon argileux légèrement sableux
	0.3-2.7m : Argile limoneuse à débris marneux
	2.7-4.0m : Argile marneux

- b) Une profondeur de **75ml** de sondages carottée équipés en piézomètre avec prélèvement d'échantillons intacts pour les analyses en laboratoire, ils ont été répartis sur cinq (05) points de sondage de 15ml pour chacun, à savoir.

Tableau VII.03: Résultats des sondages carotté [18].

Sondage carottée(Sc) et essai piézométrique (Pz)	Section /PK	Résultats
Sc 01 / Pz 01	(2+640)	0.0-0.3m : Argile limoneuse
		0.3-1.2m : Argile marneuse
		1.2-3.0m : Marne altérée
		3.0-15m : Marne compacte
Sc 02 / Pz 02	(6+680)	0.0-7.0m : Argile à débris marneux renfermant des passages graveleux et caillouteux
		7.0-9.0m : Alluvions peu grossières
		9.0-11m : Argile sableuse renfermant des graves et cailloux
		11-13.5m : calcaire marneux fragmenté
		13.5-15m : Alluvions peu grossières
Sc 03 / Pz 03	(8+080)	0.0-2.0m : Argile limoneuse à débris marneux
		2.0-8.5m : Argile marneuse renfermant des cailloux
		8.5-13.5m : Marne altérée
		13.5-15m : Marne compacte
Sc 04 / Pz 04	(10+300)	0.0-1.7m : Argile sablo-limoneuse renfermant des graves
		1.7-8.5m : sable peu argileux renfermant des galets cailloux
		8.5-11m : Argile sableuse à débris marneux
		11-15m : Argile marneuse
Sc 05 / Pz 05	(10+440)	0.0-2.0m : Argile sablo-limoneuse renfermant des graves
		2.0-9.0m : sable peu argileux renfermant des galets cailloux
		9.0-12m : Argile sableuse à débris marneux
		12-15m : Argile marneuse

VII.5. Essais au laboratoire

Compte tenu de la lithologie des échantillons prélevés au niveau des sondages à ciel ouvert (puits de reconnaissance) et sondage de carottés, un programme d'essai a été arrêté et mis en exécution pour l'objet de déterminer les caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques à savoir.

VII.5.1. Les essais d'identification

a) Teneur en eau et la densité

- ✓ La teneur en eau est la quantité d'eau contenue dans un échantillon de matière, par exemple un échantillon de sol, de roche, de céramique ou de bois, la quantité étant évaluée par un rapport (W) de poids humides sur poids secs (selon la norme NF P 94-056).
- ✓ La densité humide (γ_h) ou la densité sèche (γ_d) est le poids par unité de volume. Le but de cet essai est d'identifier le type de sol et d'apprécier l'état dans lequel se trouve le sol [19].

b) Essai d'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique est une étape fondamentale pour la classification d'un sol, cela consiste à mesurer la dispersion des grains d'un sol suivant leurs dimensions soit par tamisage. Les essais de granulométrie ont été effectués sur les différentes natures de sols meubles prélevés (argile limoneuse/ limono-sableuse/ sablo-limoneuse/sableuse/marneuse et marnes altérées).

Cet essai permet de tracer la courbe granulométrique et déduire le module de finesse des matériaux (sable). Ce module est une caractéristique très intéressante surtout pour le sable (un bon sable doit avoir un module de finesse compris entre 2,2 et 2,8).

c) Essai limite d'Atterberg

Ces sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent les seuils entre:

- Le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique (ou limite de liquidité w_L);
- Le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide (limite de plasticité w_P).

Ces limites ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition considéré, exprimée en pourcentage du poids du matériau sec. La différence de deux limite (ou $I_P = w_L - w_P$) qui définit l'étendue du domaine plastique, est particulièrement importance, c'est l'indice de plasticité (I_P) [19].

d) Essai bleu de méthylène (V_{BS})

L'essai au bleu de méthylène, ou «essai au bleu», est utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, il consiste à déterminer la quantité de particules argileuses présentes dans l'échantillon.

La valeur de bleu méthylène d'un sol (V_{BS}) constitue un paramètre d'identification qui mesure globalement la quantité de la fraction argileuse contenue dans un sol.

VII.5.2. Les essais mécaniques**a) Essai Proctor**

L'essai Proctor est un essai géotechnique qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol granulaire par compactage à une énergie fixée. L'essai Proctor a pour but de déterminer la teneur en eau optimale pour un sol de remblai donné et des conditions de compactage fixées, qui conduit au meilleur compactage possible ou encore capacité portante maximale selon la norme française NF P 94-093.

b) Essai CBR

L'essai CBR (California Bearing Ratio) permet de réaliser la caractérisation mécanique des sols naturels et de sols compactés dans des remblais et des couches de forme, de fondations et de sous-fondations de routes et aéroports. Il mesure la résistance à l'effort tranchant d'un sol et le gonflement du sol, lorsqu'il est immergé dans l'eau pendant quatre (04) jours. Il nous permet de calculer la portance du sol, en estimant sa résistance au poinçonnement. Cet essai est utilisé pour déterminer l'épaisseur des couches de fondation, établir une classification des sols et permettre d'étudier la traficabilité.

c) Essai fragmentabilité

L'essai de fragmentabilité vise à déterminer la capacité des matériaux rocheux peu résistants à être affectés par le trafic de chantier et à être compatibles avec un réemploi en remblai.

Cet essai consiste à déterminer la réduction de la dimension des grains en-dessous de laquelle se situe 10% de la masse d'un matériau constitué de grains retenus en totalité entre deux tamis de mailles de taille donnée soumis à un pilonnage conventionnel selon la norme NF P 94-066.

d) Essai dégradabilité

La sensibilité du matériau rocheux aux sollicitations hydriques (risque d'évolution à long terme).

Cet essai consiste à déterminer la réduction de la dimension des grains en-dessous de laquelle se situe 10% de la masse d'un matériau constitué de grains retenus en totalité entre deux tamis de mailles de taille donnée soumis à quatre cycle imbibition-séchage conventionnels.

VII.5.3. Les essais chimiques

Pour connaître la composition chimique et l'agressivité de notre sol il faut passer par des différents essais, parmi lesquels les plus importants sont :

- Teneur en carbonate % de **CaCo₃** ;
- Détermination du taux des sulfates ;
- Détermination du taux de sels solubles.

VII.6. Résultat des essais sur notre projet

VII.6.1. Caractéristiques physiques

a) Teneur en eau et la densité

Les mesures de teneur en eau ont été effectuées sur les différentes natures du sol prélevé, dont les valeurs résultantes ont permis de scinder les formations géologiques en question en trois familles potentiel hydrique distinct, à savoir.

Tableau VII.04:Résultats de teneur en eau et de la densité [18].

Nature de sol	Teneur en eau naturel (W _n) en %	Densité humide et sèche (γ _h) en t/m ³
Sol meuble (limon argileux et argile)	$8 \leq (W_n\%) \leq 23$	$1,82 \leq \gamma_h \leq 2,13$ $1,63 \leq \gamma_d \leq 1,98$
Sol mi-dur (marne altérée)	$6 \leq (W_n\%) \leq 8$	$2,16 \leq \gamma_h \leq 2,46$ $1,98 \leq \gamma_d \leq 2,18$
Sol compact et dur (marne compacte)	W _n = 4%	γ _h =2,44 γ _d =2,22

b) Analyse granulométrique

L'examen et l'analyse des courbes granulométriques résultantes a permis de porter les éléments d'appréciation suivant:

- Le diamètre maximum ne dépasse pas les 50mm;
- La fraction caillouteuse est faiblement présente, voire nulle pour la majorité des prélèvements;
- Présence d'une fraction sableuse en pourcentage variable d'un échantillon à l'autre;

- La fraction fine argileuse est prédominante, notamment pour les argiles et les sols d'altération tel que les marnes;
- Le pourcentage des passants à 80 μ m est variable d'une formation à une autre, ce qui indique des sols de sensibilité distincte aux variations hydriques.

c) Limites d'Atterberg

Les essais de plasticité effectués sur la fraction fine des sols argileux marneux prélevés ont donné des valeurs de limite de liquidité et de l'indice de plasticité variables d'une formation à l'autre, à savoir.

- $w_L = 36,40$ à $53,10\%$
- $w_P = 18,50$ à $31,20\%$
- $I_P = 17,30$ à $25,70\%$

d) Bleu de méthylène (V_{BS})

Les valeurs du bleu de méthylène varient de 2,67 à 6,22.

VII.6.2. Caractéristiques mécaniques

a) Essai Proctor modifié

Les résultats de l'essai du Proctor modifié sont présentés ci-après:

- $\gamma_{Opt} = 1,81$ à $2,18t/m^3$
- $W_{Opt} = 7,40$ à $12,80\%$

b) Essai CBR

- On générale Pour les échantillons des sondages effectué l'indice CBR varie de 1,32 à 4,50.

c) Coefficient de fragmentabilité

A partir des valeurs obtenues des coefficients de fragmentabilité, on considère que les échantillons rocheux analysés sont des roches peu fragmentable en présentant un coefficient FR inférieur à 7.

d) Coefficient de dégradabilité

D'après les résultats du coefficient de dégradabilité, on a trouvé que les sols de notre étude sont: une marne compacte moyennement dégradable, et un calcaire blanc peu dégradable [19].

VII.6.3. Caractéristiques chimiques

Les analyses chimiques effectuées à différente profondeur sur les échantillons du sol prélevés n'ont indiqué aucune nuisible des sulfates, il s'agit d'un environnement non agressif.

Tableau VII.05: Récapitulation des résultats des analyses chimiques [18].

Sondage N°/PK		Prof (m)	Nature du sol	CaCO ₃ (%)	Sulfates (%)	Insolubles (%)
Sc 01	(2+640)	(0.7/1.2)	Argile marneuse	24.78	Néant	68.80
		(2.5/3.0)	Marne altérée	37.41		54.16
Sc 02	(6+680)	(2.5/3.0)	Argile sableuse	7.52		88.82
		(5.0/5.5)		8.29		83.86
		(8.0/9.0)	Alluvions	3.45		87.14
Sc 03	(8+080)	(1.5/2.0)	Argile limoneuse	5.91		88.71
		(4.0/4.5)	Argile marneuse	27.15		64.20
		(9.0/9.5)	Marne altérée	33.49		60.22
Sc 04	(10+300)	(1.0/1.5)	Argile sablo- limoneuse	6.98		88.23
		(5.0/5.5)	Alluvions	3.64		92.59
		(9.0/9.5)	Argile sableuse	9.23		83.34
		(12.5/13)	Argile marneuse	25.88		64.48
Sc 05	(10+440)	(1.0/1.5)	Argile sablo- limoneuse	5.13	90.39	
		(5.0/5.5)	Alluvions	4.72	91.69	
		(9.0/9.5)	Argile marneuse	22.19	67.96	

VII.7. Classification géotechnique des sols selon GTR

En ce qui concerne la classification des sols, nous avons utilisé le Guide technique: «Réalisation de remblai et de couche de forme fascicule 1 et 2» établi par le L.C.P.C et S.E.T.R.A, relative à l'utilisation des sols ayant un usage routier.

Tableau VII.05: Classification géotechnique des sols [18].

puits N°	Sous en fonction de la nature	Classement selon l'état hydrique
K₁ (PK 0+200)	A ₂	A ₂ th
K₂ (PK 0+820)	A ₃	A ₃ th
K₃ (PK 1+620)	A ₃	A ₃ th
K₄ (PK 2+100)	A ₂	A ₂ th
K₅ (PK 2+400)	A ₂	A ₂ m
K₆ (PK2+640)	R ₃	R ₃₂
K₇ (PK3+020)	A ₂	A ₂ th
K₈ (PK3+380)	A ₂	A ₂ th
K₉ (PK4+140)	A ₂	A ₂ th
K₁₀ (PK4+780)	A ₂	A ₂ th
K₁₁ (PK5+520)	A ₂	A ₂ th
K₁₂ (PK6+100)	R ₂	/
K₁₃ (PK6+360)	A ₂	A ₂ m
K₁₄ (PK6+820)	A ₂	A ₂ s
K₁₅ (PK7+480)	A ₂	A ₂ m
K₁₆ (PK8+100)	A ₂	A ₂ m
K₁₇ (PK8+780)	A ₂	A ₂ s
K₁₈ (PK9+400)	A ₂	A ₂ th
K₁₉ (PK9+940)	A ₂	A ₂ th
K₂₀ (PK10+300)	A ₂	A ₂ h
K₂₁ (PK11+540)	A ₂	A ₂ th

VII.8. Conclusion

D'après cette étude, nous avons conclu que:

- L'interprétation des résultats a montré que le tronçon étudié est constitué majoritairement par des formations meubles hétérogènes, soit des marnes altérées ou bien des argiles; soit des sols limoneuses, sableuses, des argiles à débris marneux et marneuses;
- L'indice CBR est inférieur à 5 dont la classification de S₄;
- Une amélioration de portance est vivement recommandée par la mise en place d'une couche de forme d'une épaisseur variable de 40 à 70cm environ ayant de bonnes caractéristiques géotechniques, afin de mettre en œuvre les couches de chaussée dans des conditions acceptables;
- A l'exception des puits (K₆ et K₁₂) où il a été constaté des affleurements rocheux bien consolidés, il s'agit respectivement d'une marne compacte et d'un calcaire massif blanc à silex noir.



CHAPITRE VIII
Dimensionnement
de corps de
chaussée

Chapitre VIII: Dimensionnement du corps de chaussée

VIII.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..... Pour cela, il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants:

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

VIII.2. La chaussée

VIII.2.1. Définition

D'après l'exécution des terrassements, y'compris la forme, la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet. A la suite, on définit:

- ❖ **Au sens géométrique:** la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules;
- ❖ **Au sens structurel:** l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges. [20]

VIII.2.2. Les différentes catégories de chaussée

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

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

a) Chaussées souples

Elles constituent l'immense majorité des routes actuelles. Elles sont composées d'une fondation constituée d'un matériau non traité mais stabilisé mécaniquement (compact), d'une couverture bitumineuse mince (couche de roulement) moins de 15cm. Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes:

- ❖ Couches de surface (couche de liaison + couche de roulement);
- ❖ Couches d'assise (couche de base + couche de fondation). [21]

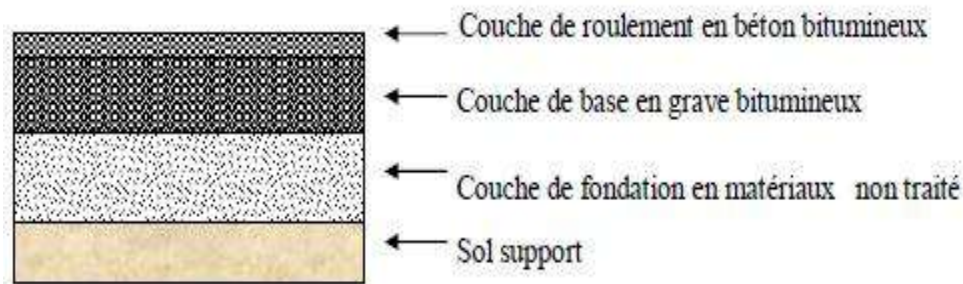


Figure VIII.01:Chaussée souple. [21]

b) Chaussées semi-rigides

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides. On peut le retrouver dans les chaussées renforcées, qui comportent des couches d'assises en matériaux traités avec un liant hydraulique ou hydrocarboné.

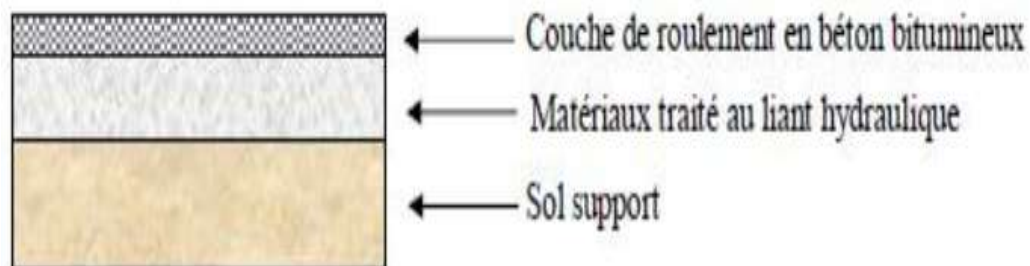


Figure VIII.02:Exemple des chaussées semi-rigides. [21]

c) Chaussées rigides

Comportant des dalles en béton (correspondant aux couche de base de chaussée souple), qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance; et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement. La structure d'une chaussée rigide est beaucoup plus simple que celle d'une chaussée souple, elle comprend:

- ❖ Une couche de surface rigide;
- ❖ Une couche de fondation, qui repose sur le sol naturel.

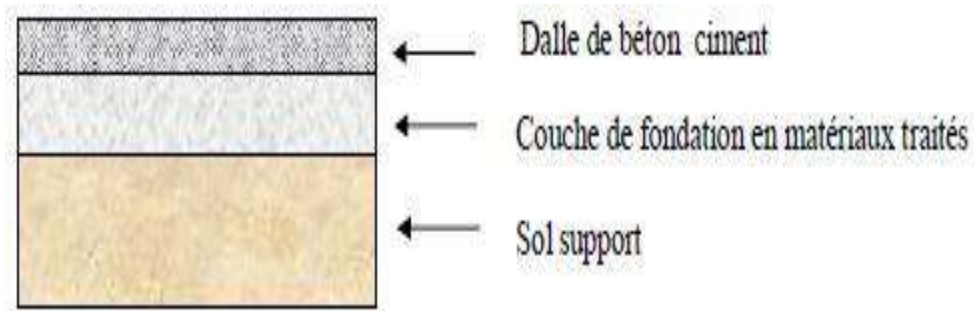


Figure VIII.03: Chaussée rigides. [21]

✚ Schéma récapitulatif

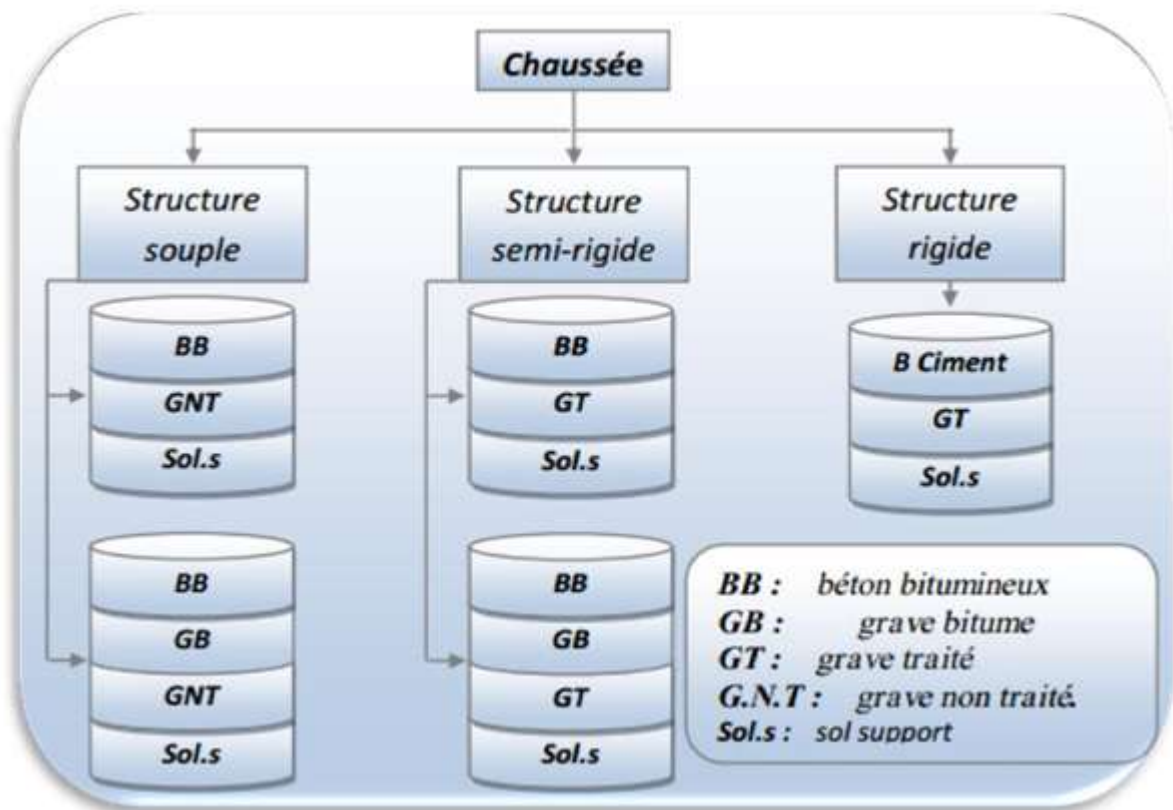


Figure VIII.04: Schéma récapitulatif des structures de chaussée.

VIII.3. Les principaux rôles des couches

Les couches sont choisies de sorte qu'elles répondent aux contraintes du :

- A la charge des véhicules;
- Des intempéries;
- Des efforts tangentiels (véhicule en mouvement).

En principe une chaussée peut avoir en ordre les trois couches suivantes:

VIII.3.1. Couche de surface

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers. Elle est composée de:

- **Couche de roulement:** Elle est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts des cisaillements provoqués par la circulation;
- **Couche de liaison:** Elle joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8cm.

VIII.3.2. Couche d'assise

Elle est composée de deux (02) couches:

- **Couche de base:** Elle joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base en général varie entre 10 et 25cm.
- **Couche de fondation:** Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base. Les deux couches forment le corps de chaussée.

VIII.3.3. Couche de forme

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblais ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques, et améliorer la portance du sol support à long terme. Elle répondre à certain objective de la nature du sol support:

- ✓ **Sol rocheux:** rôle nivellement;
- ✓ **Sol peu portant (argileux à teneur élevée en eau):** rôle d'assurer une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

L'épaisseur de la couche de fondation est en général entre 40 et 70cm.

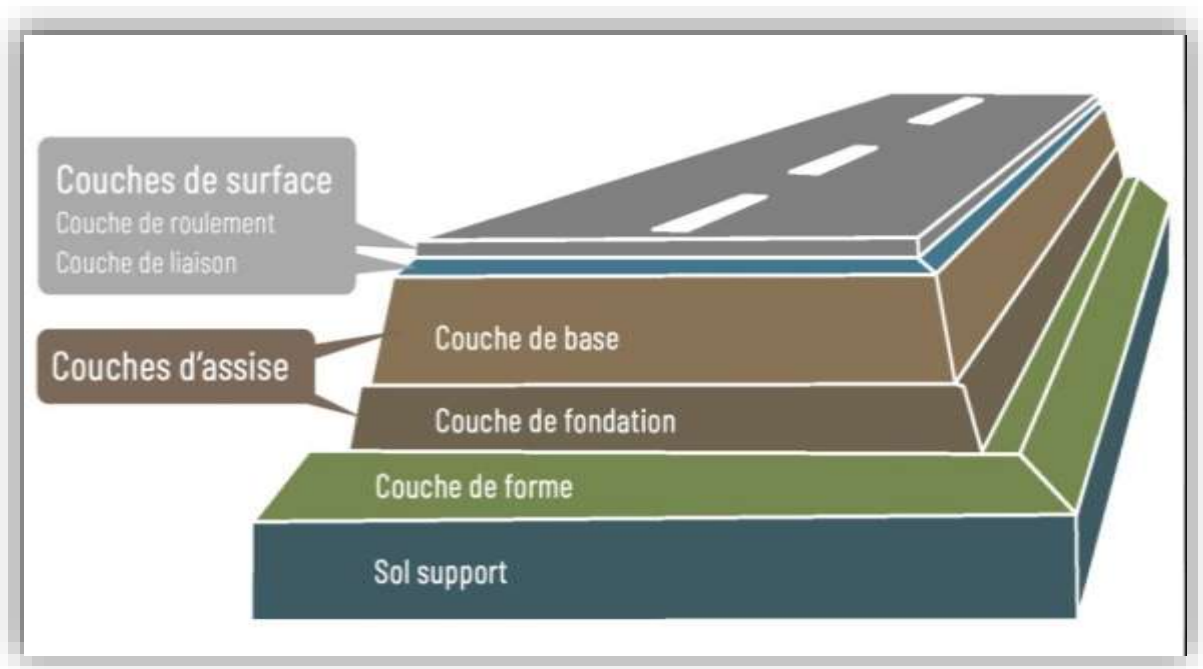


Figure VIII.05: Différentes couches de la chaussée.

VIII.4. Principales paramètres pour dimensionner d'une chaussée

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

VIII.4.1. Trafic

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

- ✓ Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface;
- ✓ Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

VIII.4.2. Climat et l'environnement

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations. L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydraulique.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support, et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai. [20]

VIII.4.3. Sol support

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

- ✓ La nature et de l'état du sol;
- ✓ La nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

VIII.4.4. Les matériaux utilisés

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche et du trafic poids lourds. [13]

VIII.5. Principales méthodes de dimensionnement

Nous avons deux grandes familles de méthodes:

- ✓ Celles qui transforment la structure de la chaussée par un modèle mécanique, dont le but est de déterminer les contraintes et les déformations qui résultent sous l'effet des charges, ces méthodes sont appelés des méthodes rationnelles;
- ✓ D'autres méthodes qui sont basés sur l'observation du comportement de différents corps de chaussée sous l'effet du trafic (réelles ou expérimentales), et d'en déduire les règles pratiques de dimensionnement sous forme d'abaques, ces méthodes sont dites méthodes empiriques.

VIII.5.1. Méthode C.B.R (California –Bearing –Ratio)

C'est une méthode (semi-empirique), elle se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol-support en compactant les éprouvettes de (90 à 100°) de l'O.P.M. Les abaques qui donnent l'épaisseur «e» des chaussées en fonction des pneus et du nombre de répétitions des charges, tout en tenant compte de l'influence du trafic.

- Pour un trafic en voiture particulière: $TMJA \times 365 \times 1.5t < 100\ 000\ t/ans$

$$E = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I_{CBR} + 5} \quad (VIII.01)$$

- Pour un trafic en voiture particulière: $TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100\ 000\ t/ans$

$$E = \frac{100 + \sqrt{P} (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad (VIII.02)$$

Avec;

- **E**: Epaisseur équivalente (cm);
- **I_{CBR}**: Indice CBR (sol support);
- **N**: Nombre de véhicule par jour;
- **P**: Charge par roue P = 6.5t (essieu 13t).

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée en matériaux divers est obtenue en utilisant les coefficients d'équivalence qui permettent de convertir l'épaisseur équivalente calculée en une épaisseur réelle constituée de plusieurs matériaux.

D'où;

$$E_{eq} = e_1 \times C_1 + e_2 \times C_2 + e_3 \times C_3 \quad (\text{VIII.03})$$

Avec;

- **e₁ × C₁**: Couche de roulement;
- **e₂ × C₂**: Couche de base;
- **e₃ × C₃**: Couche de fondation.

Où;

- **C₁, C₂, C₃**: Coefficients d'équivalences;
- **e₁, e₂, e₃**: Epaisseurs réelles des couches.

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

Tableau VIII.01: Coefficient d'équivalence en fonction de matériaux utilisés. [20]

Matériaux utilisés	Coefficients d'équivalence «C»
Béton bitumineux ou enrobe dense	2,00
Grave bitume	1,2 à 1,7
Grave ciment	1,5
Sable ciment	1,00 à 1,2
Grave concasse ou gravier	1,00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0,75
Sable	0,5
Tuf	0,6

VIII.5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP)

L'utilisation du catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées: trafic, matériaux, sol support et environnement. Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches:

- Approche théorique;
- Approche empirique.

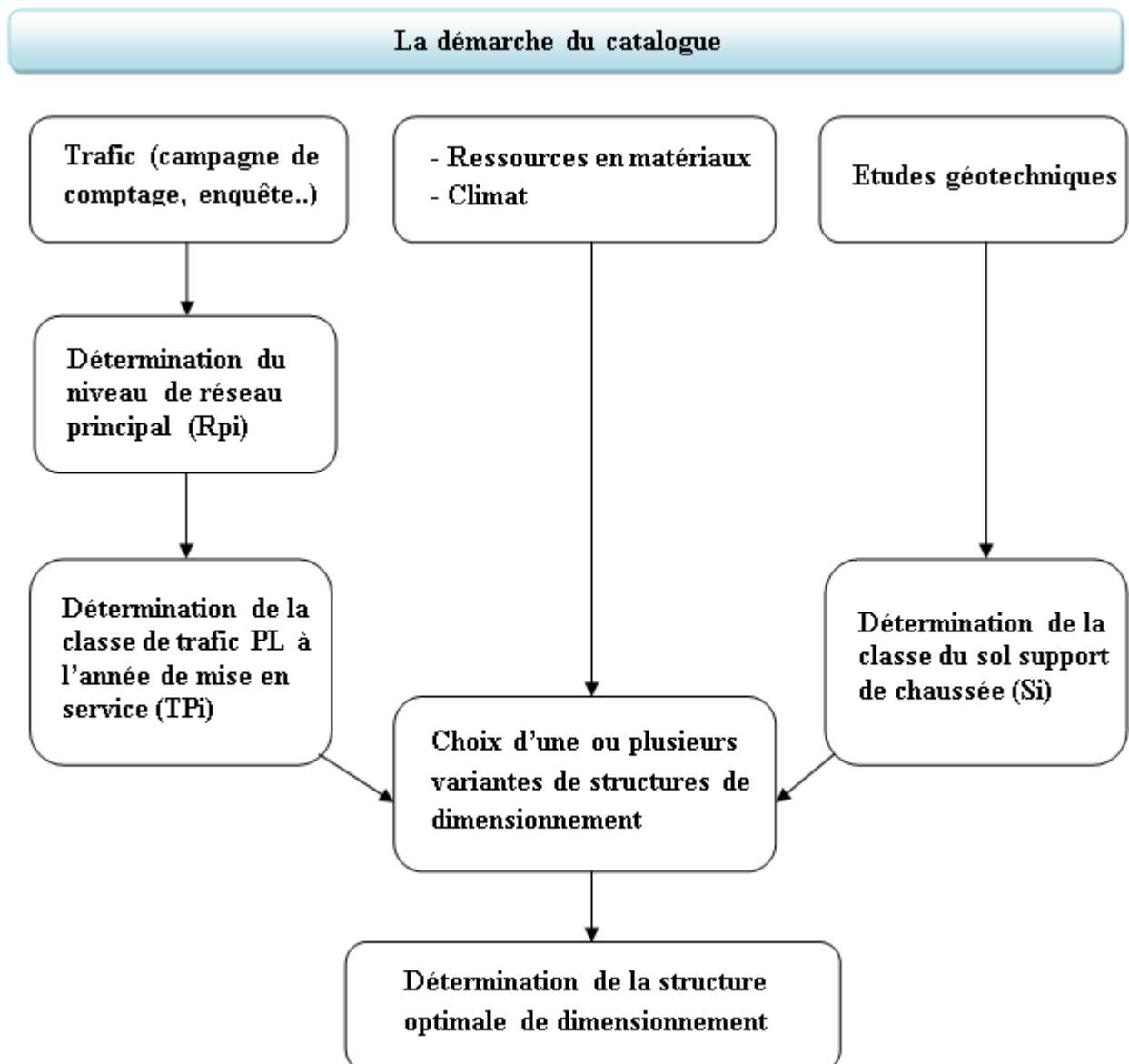


Figure VIII.06: Démarches de la méthode de catalogue. [22]

VIII.5.2.1. Le trafic

a) Détermination du type de réseaux principaux

D'après le catalogue on a la classification suivante:

Tableau VIII.02: Choix du type de réseaux principaux.

Réseau principal	Trafic (Véhicules/Jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

Le choix est fait en relation avec le type de réseau retenu (RP1 ou RP2). Le tableau ci-dessous synthétise l'éventail des structures types disponibles dans les fiches techniques de dimensionnement du catalogue.

Tableau VIII.03: Niveau du réseau type des matériaux. [20]

Niveau de réseau principal(RPi)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB,GB/GNT,GB/TUF, GB/SG,GB/AG
	MTLII (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL BCg/GC
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF,AG/AG,SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG
<p>GB: Grave Bitume. GL: Grave Laitier. BCg: Béton de Ciment goujonné. GC: Grave Ciment. GNT: Grave Non Traitée. SG: Sable Gypseux. TUF: Encroutement calcaire. AG: Arène Granitique. SB: Sable Bitume.</p>		

b) Détermination de la classe de trafic (TPLi)

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

Tableau VIII.04: Classes de trafic TPLi adoptées (fascicule N° 2). [23]

	TPLi R _{Pi}	TPL ₀	TPL ₁	TPL ₂	TPL ₃	TPL ₄	TPL ₅	TPL ₆	TPL ₇
PI/J/Sens	RP1	-	-	-	150- 300	300- 600	600- 1500	1500- 3000	3000- 6000
	RP2	0-50	50- 100	100- 150	150- 300	-	-	-	-

c) Trafic cumulé de poids lourd (TCi)

Le TCi est le trafic de PI sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il est donné par la formule suivante:

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau} \quad (\text{VIII.04})$$

Avec;

- **TPLi:** Trafic poids lourds à l'année de mise en service;
- **n:** Nombres d'années;
- **τ:** Taux d'accroissement annuel du trafic en %.

Tableau VIII.05: Classe du trafic.

Classe de trafic	Trafic PL cumulé à la fin de la durée de vie
T0	$T < 3,5 \cdot 10^5$
T1	$3,5 \cdot 10^5 < T < 7,3 \cdot 10^5$
T2	$7,3 \cdot 10^5 < T < 2,0 \cdot 10^6$
T3	$2,0 \cdot 10^6 < T < 7,3 \cdot 10^6$
T4	$7,3 \cdot 10^6 < T < 4,0 \cdot 10^7$
T5	$T > 4,0 \cdot 10^7$

d) Trafic cumulé équivalent (TCEi)

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

$$\text{TCEi} = \text{TCi} \times \text{A} \quad (\text{VIII.05})$$

Avec;

- **A:** Coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes. En fonction de réseau principal RPi.

Tableau VIII.06: Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001).

Niveau de réseau Principal (RPi)	Type de matériaux et structures	Valeur de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume: GB/GC, GB/TUF, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités au liant hydraulique: GL/GL, BCg/GC	1

VIII.5.2.2. Risque de calcul

C'est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de la durée de vie de la chaussée des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.

Tableau VIII.07: Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2).

Classe de Trafic		TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (R %)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2

VIII.5.2.3. Présentation des classes de portance des sols

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S₄ à S₀. Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

Tableau VIII.08: Classe de portance des sols Si (fascicule 1).

Portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
CBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

VIII.5.2.4. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante.

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR} \quad (\text{VIII.06})$$

Tableau VIII.09: Classes de terme du sol support (fascicule 1).

Class de sol-support	S4	S3	S2	S1	S0
Module E (MPA)	15-25	25-50	50-125	125-200	>200

VIII.5.2.5. Amélioration de la portance du sol support

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, 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.

Tableau VIII.10: Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF	Portance visée
<S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

VIII.5.2.6. Données climatiques

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistante, c'est-à-dire la température équivalente θ_{eq} , en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année. La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site (voir le tableau VIII.10).

Tableau VIII.11:Caractères des zones climatiques en Algérie.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq (°)	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

VIII.5.2.7. Choix de la couche de roulement

Toutes les fiches techniques de dimensionnement, excepté celle concernant les chaussées en béton de ciment, font apparaître une couche de roulement. Le choix de la couche de roulement est fait en fonction du niveau de réseau principal comme suit:

- **Réseau principal RP1:** couche de roulement en béton bitumineux (BB), les épaisseurs sont modulées en fonction de la classe de trafic (TPLi) et du type de structure de l'assise de chaussée.
 - 6BB à 8BB pour les structures traitées au bitume (GB/GB, GB/GNT...);
 - 6BB à 10BB pour les structures GL/GL.
- **Réseau principal RP2:** couche de roulement en enduit superficiel (ES) ou enrobée à froid (EF) en fonction du matériau choisi en assise de chaussée et de la zone climatique correspondante.

VIII.5.2.8. Détermination la structure du corps de chaussée

Nous présentons un seul croqué de différent structure de corps de chassée selon les trois(03) fascicules de catalogue du CTTTP.

- **Exemple:** Type MTB, zone climatique I et II, duré de vie de 20ans, taux de croisement 4%.










		RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1) GB/GNT		
FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE NON TRAITEE				
Type : MTB				
Zone climatique : I et II				
Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%				
TPLi PL/λ/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000				
TPL7				
3000				
TPL6				
1500				
TPL5				
600				
TPL4				
300				
TPL3				
150				

Figure VIII.07: Exemple des structures du corps des chaussées (catalogue CTTP).

VIII.6. Application dans notre projet

Pour notre projet, nous optons pour l'application des deux méthodes (CBR et CTTP).

VIII.6.1. Méthode CBR

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

a) Données de l'étude

- $TMJA_{2025} = 4377V/j$
- L'année de mise en service 2029, $TMJA_{2029} = 5121 v/j$
- Le taux de croissance est de 4 %
- Pourcentage (%) des poids lourds: $Z = 23\%$
- Année horizon: 2049
- $P = 6.5 t$

b) Répartition de trafic

- $TMJA_{2049} = 11221V/j$
- $N(PL) = TMJA_{2049} \times (\%)_{PL} \Rightarrow N(PL) = 2581 PL/j$
- $N(PL/sens) = k \times N(PL)/2$

$$N(PL/sens) = 0.9 \times 1290 = 1161 PL/J/Sens.$$

Avec;

- $K=90\%$ (coefficient de répartition transversale, Chaussées unidirectionnelles à 2 voies 90% du trafic PL sur la voie lente de droite;
- **S**: Coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en général 2/3.

c) L'épaisseur du corps de chaussés

On a;

$$TMJA_{2049} \times 365 \times 1.5 = 11221 \times 365 \times 1.5 = 6143498 > 100000 t/sens$$

- La classe du sol support est S_4 par rapport au tableau VIII.08, pour notre cas $I_{CBR} < 5$.
- Nous ajoutant deux couches en matériaux sélection (TVO ou bien TVC) pour améliorer la portance de sol support au bien la classe S_2 pour un nouveau I_{CBR} variable entre 10 – 25.
- Donc; l'indice de CBR choisi est égal à 10, afin de calculer l'épaisseur du corps de chaussée.

$$E = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1161}{10})}{10 + 5} = 36.96cm$$

$$E_{\acute{e}q} = 37 cm$$

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante.

$$e = (e_1 \times C_1) + (e_2 \times C_2) + (e_3 \times C_3) = 37cm$$

Tableau VIII.12: Récapitulatif des résultats du calcul.

Nom des couches	Matériaux	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Épaisseur Equivalente (cm)
Roulement	BB	6	2	12
Base	GB	12	1.2	14.4
Fondation	GNT	25	0.75	18.75
Total		43	///	45.15

C'est-à-dire notre structure comporte: **6BB + 12GB + 25 GNT**

Comme indique la figure suivante.

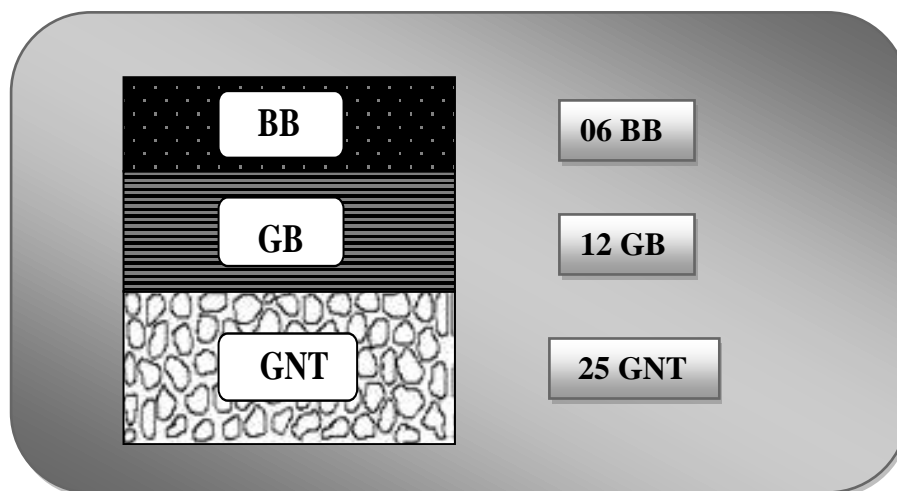


Figure VIII.08 : Corps de chaussée méthode CBR.

VIII.6.2. Méthode du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

- **Détermination du type de réseau**

On a: $TMJA_{2029} = 5121v/j > 1500 v/j$.

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

- **Détermination de la zone climatique**

Notre projet situé à Mila, alors c'est le nord de l'Algérie Zone climatique **I** (ou la pluviométrie $>600\text{mm/an}$).

- **Détermination de la classe de trafic**

- Durée de vie: 20ans
- Taux de d'accroissement: 4%
- Le Pourcentage de poids lourds: $Z = 23\%$
- $TMJA_{2029} = 5121V/j$ (2029 c'est l'année de mise en service).
- 90% du trafic PL sur la voie de droite.

$$TPL_{2029} = \frac{TMJA_{2029}}{2} \times Z \times 90\% = \frac{5121}{2} \times 0.23 \times 0.9 = 530Pl/j/sens$$

$$TPL_{2029} = 530(Pl / j /sens)$$

D'après; le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en **TPL4**.

- **Calcul de trafic cumulé de poids lourd (TC_i)**

$$TC_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1 + \tau)^n - 1}{\tau}$$

$$TC_{2049} = 530 \times 365 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04} = 5.760 \times 10^6$$

$$TC_{2049} = 5.76 \times 10^6(Pl / j /sens)$$

- **Calcul le trafic cumulé équivalent (TCE_i)**

$$TCE_i = TC_i \times A$$

Coefficient d'agressivité PL: $A=0.6$

$$TCE_i = 5.76 \times 10^6 \times 0.6 = 3.45 \times 10^6 PL/J/sens$$

- **Détermination de la portance de sol support de chaussée**

D'après le rapport géotechnique, on prendre un indice de CBR < 5 (notre sol de portance faible), donc la portance de sol support est de **S4**. On doit prévoir une couche de forme en matériau non traité de 60cm (en 02 couches), pour améliorer la portance de sol support. La classe de la portance visée est du **S2** (CBR = 10 – 25), le passage de S4 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 60cm en TVO en deux (02) couches de 30cm pour chacune (voir le tableau VIII.10).

✚ Récapitulatif

Le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves a été utilisé pour fins de validation des structures de chaussées calculées. Comme résultat de la méthodologie de dimensionnement appliquée, on obtient les structures de chaussées recommandées pour la construction des diverses chaussées visées par le projet. On a :

- TPL = 530Pl/j/sens ou **TPL4**;
- Durée de vie de 20ans;
- Zone climatique I, $\theta_{eq} = 20^{\circ}\text{C}$ (température équivalente, tableau VIII.10);
- Classe de portance visée S2;
- $\tau = 4\%$.

Les structures recommandées sont les suivantes:

6BB + 15GB + 35GNT+ 60TVO de couche de forme

La structure finale par la méthode de dimensionnement des chaussées neuves sera donc:

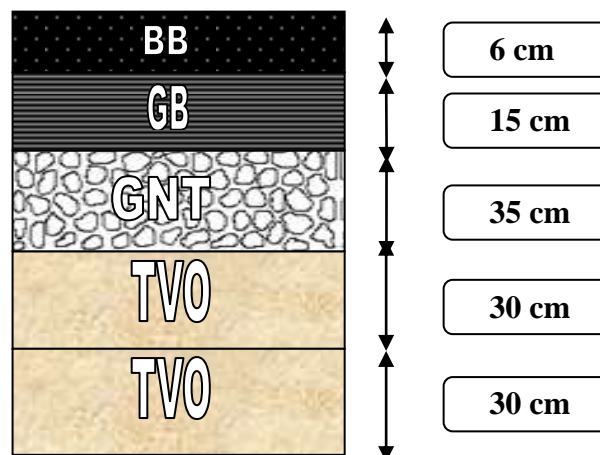


Figure VIII.09: Dimensionnement par le catalogue des chaussées neuves.

VIII.6.3. Vérification de la structure à la fatigue et les déformations admissibles

Il faudra vérifier ϵ_t et ϵ_z que calculées à l'aide d'alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées c'est-à-dire respectivement à $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$

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

Avec :

$\epsilon_{t,adm}$: étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ϵ_z : étant la déformation verticale sur le sol support.

a) Déformation admissible au niveau du sol support

$$\varepsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times TCE_i^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (3.45 \times 10^6)^{-0.235} = 6.39 \times 10^{-4}$$

b) Déformation admissible pour les matériaux bitumineux

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{HZ}) \times k_{ne} \times k_\theta \times k_r \times k_c$$

Selon les trois fascicules de catalogue on a.

Tableau VIII.13: Tableau des données.

Pente de la fatigue «b»	Coefficient de calage «K _C »	Dispersion sur la loi de fatigue «SN»	Dispersion sur les épaisseurs «Sh»	Risque de calcul «r»	Déformation limite $\varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{HZ})$	«C»
0.146	1.3	0.45	3	15	100×10^{-6}	0.02

On résume les paramètres suivant:

- **E (10°C,10HZ):** Module complexe du matériau bitumineux égal 12500Mpa;
- **E (20°,10Hz):** Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente égal 7000Mpa;
- **t:** facture de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r %). On a comme donné **TPL4** en prendre **r = 15** donc **t = 1.036** (tableau: 16 ; fascicule 2).

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(c \times \frac{S_h}{b}\right)^2} \Rightarrow \delta = \sqrt{0.45^2 + \left(0.02 \times \frac{3}{0.146}\right)^2} = 0.609$$

$$k_r = 10^{-tb\delta} \Rightarrow k_r = 10^{-(1.036 \times 0.146 \times 0.609)} = 0.8$$

$$k_{ne} = \left(\frac{10^6}{TCE_i}\right)^b \Rightarrow k_{ne} = \left(\frac{10^6}{3.45 \times 10^6}\right)^{-0.146} = 1.198$$

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

Donc;

$$\varepsilon_{t,ad} = 100 \times 10^{-6} \times 1.198 \times 1.34 \times 0.8 \times 1.3 = 167 \times 10^{-6}$$

VIII.6.4. Vérifications avec ALIZE

- Calcul par Alize

Alizé-Lcpc - 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	65.7	0.481	-16.9	0.659
			0.060	32.3	0.331	54.4	0.571
0.120	7000.0 collé	0.350	0.060	32.3	0.626	6.4	0.571
			0.180	-120.6	-1.128	116.7	0.100
0.250	312.5 collé	0.250	0.180	-120.6	-0.013	332.7	0.100
			0.430	-134.4	-0.041	185.4	0.039
0.300	125.0 collé	0.250	0.430	-134.4	-0.008	342.6	0.039
			0.730	-80.6	-0.007	177.7	0.019
0.300	125.0 collé	0.250	0.730	-80.6	-0.007	177.7	0.019
			1.030	-83.0	-0.010	123.2	0.010
infini	50.0	0.250	1.030	-83.0	-0.002	227.2	0.010

Figure VIII.10: Résultats par alizé LCPC.

- Résultats de la simulation

Tableau VIII.14: Résultats de la simulation.

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ϵ_z sol support	227.2×10^{-6}	639×10^{-6}
ϵ_t à la base de GB	120.6×10^{-6}	167×10^{-6}

$227.2 \times 10^{-6} < 639 \times 10^{-6}$ Condition vérifiée

$120.6 \times 10^{-6} < 167 \times 10^{-6}$ Condition vérifiée

VIII.7. Conclusion

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants.

Tableau VIII.15: Résumé des résultats obtenu par les deux méthodes.

Méthode	Méthode CBR	Méthode de catalogue Algérien
Corps de chaussée	6BB + 12GB + 25 GNT	6BB + 15GB +35GNT

D'après le tableau ci-dessus, on a remarqué que les épaisseurs de différentes couches sont différentes d'une méthode à l'autre. De plus, la vérification des déformations des couches de la chaussée (épaisseurs des couches calculées par la méthode CBR) à l'aide du logiciel **ALIZE – LCPC**, a montré que ces déformations sont nettement inférieures aux celles des déformations admissibles. Ce qui nous conduit à adopter la structure obtenue par la méthode CBR pour des raisons économiques; à savoir, **6BB+12GB+25GNT** avec une couche de forme de 60cm (voir la figure VIII.08).



CHAPITRE IX
Calcul des
terrassements

Chapitre IX: Calcul des terrassements

IX.1. Introduction

Tous les travaux de préparation de l'infrastructure des ouvrages de génie civil ou mouvement des terres pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général et qui permettent d'établir la plateforme des niveaux inférieurs d'une construction ainsi que les accès à ces niveaux, appelant terrassement. 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 il s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième il s'agit d'enlever des terres (déblai). Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle les cubatures des terrassements.

IX.2. Définition

IX.2.1. Déblais

Les déblais c'est l'action d'enlever des décombres pour niveler ou abaisser le sol pour la construction d'ouvrages d'arts, route, chemins de fer....

IX.2.2. Remblais

Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour remplir des cavités (remplir une tranchée, aplanir un terrain....). Les remblais sont constitués par des couches superposées qui ne doivent contenir aucun débris végétal. Les remblais sont commencés par les points les plus bas. Ils sont exécutés par couche de 20cm environ.

IX.2.3. Cubature

C'est un calcul géométrique a pour objectif de déterminer les quantités de différents matériaux à mettre en œuvre. Il est réalisé par superposition:

- Du plan topographique et des plans du projet;
- De profils du terrain naturel et de coupes du projet.

Il permet de localiser et de quantifier les zones où il va falloir enlever des matériaux, le cas de déblais et les zones où il va falloir en rapporter le cas de remblais. Ces calculs permettent d'apprécier et d'ajuster un projet pour équilibrer au mieux remblais et déblais, afin de pouvoir limiter au maximum le transport de matériaux. Le calcul des cubatures permet également la quantification des matériaux de chaussée selon les coupes du projet de voirie, et il permet encore

d'anticiper l'évolution d'une exploitation (mine, carrière, ...). Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi ces méthodes on citera:

- Méthode SARRAUS (méthode des moyennes des aires);
- Méthode linéaire;
- Méthode GULDEN.

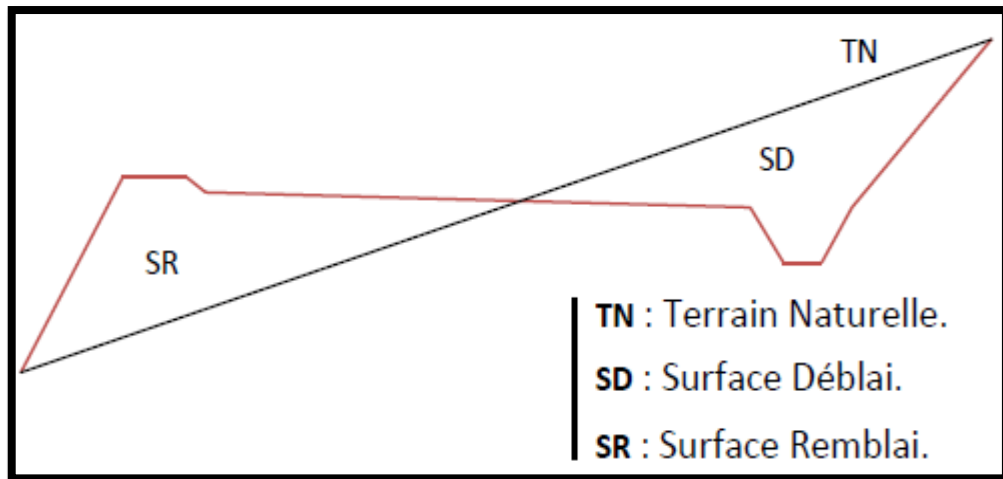


Figure IX.01: Profils en travers mixte.

Le travail consiste à calculer les surfaces de déblais (SD) et de remblais (SR) pour chaque profil en travers, ensuite on les soustrait pour trouver la section correspondant à notre projet.

a) Formule de SARRAUS

C'est la méthode de la formule des trois niveaux, elle consiste à calculer les volumes des déblais ou des remblais des tronçons compris entre deux profils en travers successifs. [24]

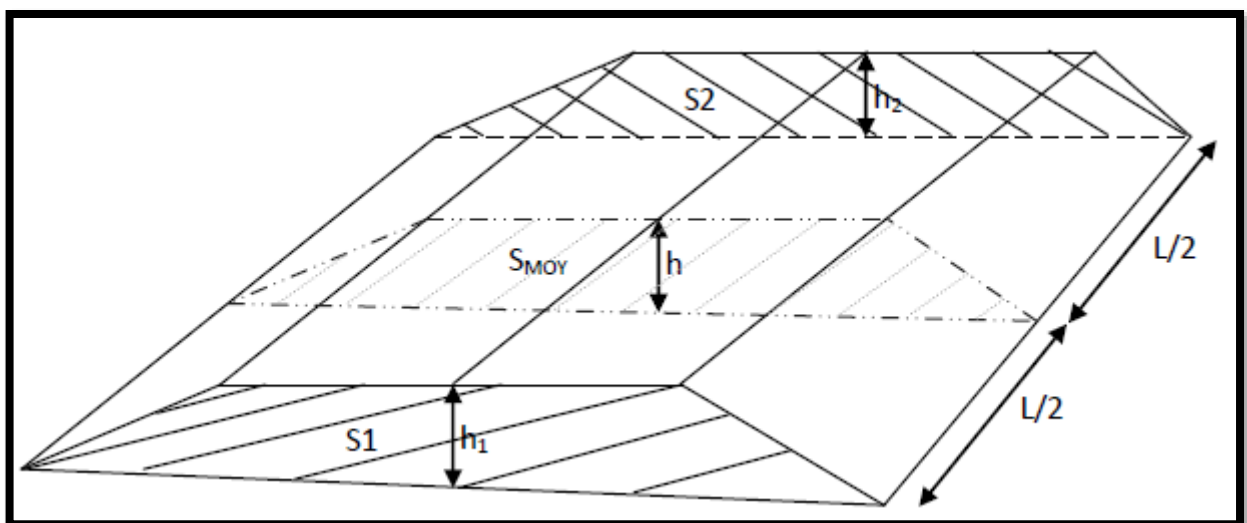


Figure IX.02: Profils en travers successifs. [13]

$$V = \frac{L_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{Moy}) \quad (IX.01)$$

Avec;

- **L₁**: Distance entre deux profils (P₁ et P₂);
- **V**: Volume sera soit totalement en déblai, soit en remblai;
- **S₁ et S₂**: Surfaces des profils en travers P₁ et P₂.
- **S_{Moy}**: Surface intermédiaire parallèles à S₁ et S₂.

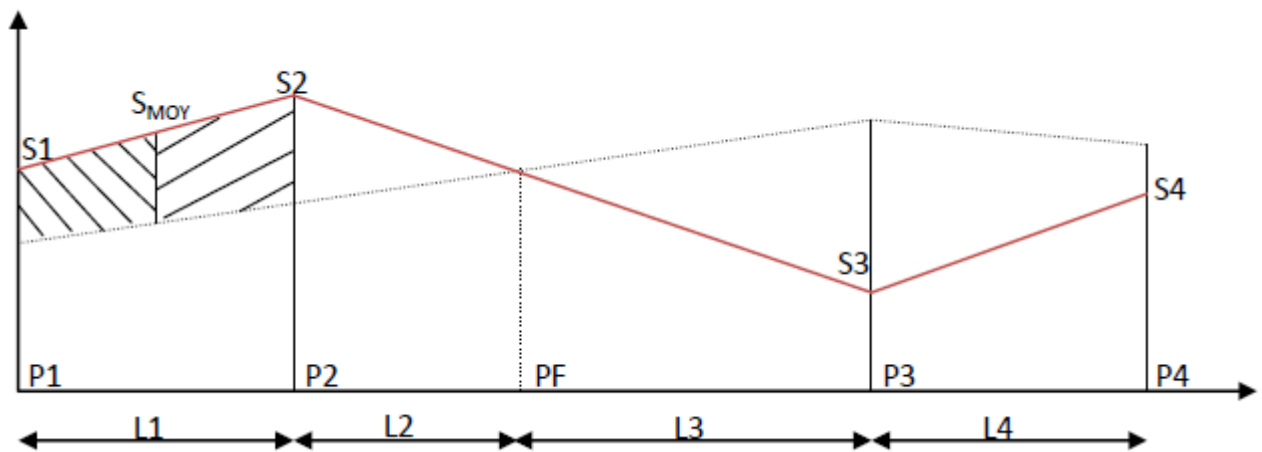


Figure IX.03: Profil en long d'un tracé donné. [13]

Avec;

- **P_i**: Profil en travers;
- **PF**: Profil fictive dont la surface est nulle ($S_{\text{déblai}} = S_{\text{remblai}} = 0$);
- **S_i**: Surface de profil en travers P_i;
- **L_i**: Distance entre deux profils.

Pour simplifier la formule de V on considère que les deux expressions (S_{Moy}) et $(S_1 + S_2)/2$ sont plus voisines [24]. Ceci donne:

$$V = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_{i+1}) \quad (IX.02)$$

Donc; les volumes seront;

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) \text{ Entre P}_1 \text{ et P}_2$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \text{ Entre P}_1 \text{ et PF}$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \text{ Entre PF et P}_3$$

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

En additionnant ces expressions membre à membre afin d'obtenir le volume total des terrassements:
[24]

$$V = \frac{L_1}{2} \times S_1 + \frac{L_1+L_2}{2} \times S_2 + \frac{L_2+L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3+L_4}{2} \times S_3 + \frac{L_4}{2} \times S_4 \quad (\text{IX.03})$$

N.B.: On appelle point de passage dans un profil en long le point géométrique où la ligne du cote projet coupe la ligne du terrain naturel, dans ce point l'air est nulle.

b) Méthode linéaire

C'est une méthode classique dont les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet, donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé du plan. [25]

c) Méthode de GULDEN

Dans cette méthode on distingue deux différentes sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de GULDEN où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil. Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure). [26]

IX.3. Exécution des remblais

IX.3.1. Préparation sous remblai

Avant de commencer un remblai, il faut dans un certain nombre de cas, effectuer une préparation "sous remblai". Bien que, l'on ait souvent exagéré l'importance de cette opération, il ne faut pas négliger:

- D'aplanir le terrain naturel lorsqu'il est en pente, pour éviter que le remblai ait tendance à glisser (lorsque la pente du terrain naturel est forte, on taille progressivement des redans dans la pente, au fur et à mesure de la montée du remblai);
- D'enlever les matériaux putrescibles comme les souches d'arbres;
- De drainer et canaliser hors de l'emprise toutes les venues d'eau.

Cette dernière opération est certainement la plus importante mais souvent la plus mal exécutée.
[7]

IX.3.2. Opération de mise en remblai

L'opération de mise en remblai peut se décomposer en trois parties, auxquelles s'ajoutent des problèmes annexes (talutage):

- Le déchargement du véhicule transporteur;
- Le régalage;
- Le compactage. [7]

a) Déchargement

Lorsque les terres sont déplacées au boueur, cette opération est évitée puisque les terres ne sont pas chargées dans un véhicule. Lorsque les terres sont transportées à la décapeuse, le déchargement et le régalage se font en une seule opération.

Lorsque les terres sont transportées en camion ou en tombereau, le déchargement se fait par basculement de la benne, si bien que l'on vient constituer un tas qu'il faudra ensuite régaler avec un autre engin (boueur ou niveleuse). Il arrive toutefois que l'on décharge le camion ou le tombereau en le faisant avancer qui étale quelque peu le tas et constitue un début de régalage. [7]

b) Régalage

Le problème essentiel est celui de l'épaisseur de la couche de matériaux, elle est conditionnée par le compactage et doit être adaptée:

- À la puissance de l'engin de compactage;
- À la nature du sol à compacter;
- À la teneur en eau de ce sol.

On trouvera sur cette épaisseur des indications précieuses dans le GTR. [7]

c) Compactage

C'est l'opération essentielle de la mise en remblai, c'est aussi la plus délicate:

- Pour obtenir en effet un compactage efficace et économique, il faudrait se placer à une teneur en eau voisine de l'Optimum Proctor Normal;
- Pour les sols peu sensibles à l'eau et perméables, les excès d'eau ne sont pas gênants, car celle-ci s'évacue sous l'effet de la densification de squelette minéral;
- Mais au contraire, pour les sols sensibles à l'eau, les excès d'eau se traduisent, par des chutes de portance sensible: le sol se comporte alors comme une "boue" fluide incompatible. [7]

IX.3.3. Engins de compactage

Le compactage a pour but de ramener la teneur en vide du sol à un niveau voisin de la teneur en vides, qu'il avait avant extraction, sachant que cet objectif sera impossible à atteindre dans certains cas comme les matériaux rocheux extraits à l'explosif ou à la défenseuse. La qualité du compactage est primordiale pour éviter les tassements ultérieurs, et pour améliorer la portance du sol (Essai Proctor et CBR) [7].

Les engins de compactage les plus couramment utilisés sur les chantiers de terrassement sont:

- Les compacteurs à pneus (P_i);
- Les compacteurs vibrants à cylindres lisses (V_i);
- Les compacteurs vibrants à pieds dameurs (V_{pi});
- Les compacteurs statiques à pieds dameurs (S_{pi});
- Les plaques vibrantes (P_{Qi}) [7].

IX.4. Application au projet

La méthode choisie pour le calcul est celle de **GULDEN**.

Le calcul des cubatures de terrassement sont faits à l'aide du logiciel **Piste 5.05**, les résultats sont les suivants:

- Le volume de remblai total est: $V_R = 88780 \text{ m}^3$
- Le volume de déblai total est: $V_D = 353836 \text{ m}^3$

Les tableaux des terrassements et tabulations, et les planches de notre projet sont joint **en annexes**.



CHAPITRE X
Aménagement des
carrefours

Chapitre X: Aménagement des carrefours

X.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....).

[27]

X.2. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleures conditions de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale ;
- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires ;
- Regrouper les points d'accès à la route principale ;
- Assurer une bonne visibilité de carrefour ;
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales ;
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

X.2. 1. La visibilité

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide. 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. [27]

X.2.2. Données de base

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

X.2. 3. Les îlots

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, ou aussi de limiter les voies de circulation. [5]

a) Ilot séparateur

Les éléments principaux de dimensionnement sont : [5]

- Décalage entre la tête d'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m ;
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m ;
- Rayon en tête d'îlot séparateur : 0,5m à 1m ;
- Longueur de l'îlot : 15m à 30m.

b) Ilot directionnel

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées Et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1 m. [5]

c) Les couloirs d'entrée et de sortie

Longueur de couloirs	}	Entrée 4m (accotement dérasé 1,5m).
		Sortie 5m (accotement dérasé 0,5m).

X.2. 4. Signalisation du carrefour

La signalisation du carrefour est composée de quatre éléments complémentaires : [5]

- La signalisation de priorité : On trouve le panneau de route prioritaire Sur la route principale ;
- Les panneaux de prescription : On trouve les panneaux de priorité de passage, Céder passage et Stop sur la route secondaire ;
- Le marquage au sol et les plots ;
- La signalisation de direction.

X.3. Choix du type de carrefour

Le choix du type de carrefour à niveau, giratoire ou plan ordinaire, dépend principalement du volume de trafic, de la distribution du trafic et de l'importance des échanges existants ou que, l'on crée entre les routes concernées.

a) **Routes de type L:** l'échangeur est le seul type de carrefour possible;

- b) **Routes de type T:** le tableau X.01 regroupe les aménagements possibles et les conditions générales de leurs emplois;
- c) **Routes de type R:** les aménagements les plus adaptés sont les carrefours plans, giratoires ou non (croix, té). Un carrefour dénivelé peut être exceptionnellement justifié (cas de saturation d'un carrefour giratoire);
- d) **Voies secondaires en milieu rural:** recommandées par deux types de carrefours:
- Les carrefours plans ordinaires, avec priorité à droite ou priorité réglée par «STOP ou Cédez le passage»;
 - Les carrefours giratoires de petites dimensions.

Tableau X.01: Aménagements possibles aux routes de type T.

Aménagements possibles	Conditions générales d'emploi
Carrefour dénivelé sans échange.	Faible trafic secondaire, existence ou aménagement d'une voirie parallèle.
Carrefour dénivelé ou échangeur.	Fort trafic, échanges importants.

X.4. Type de conflit dans un carrefour

Il y a différents courants de circulation qui se croisent dans un carrefour créant un nombre de conflit qui résultent de la combinaison de quatre conflits élémentaire, qui s'ils sont bien étudiés permettent d'appréhender les problèmes, et d'en proposer les solutions d'aménagement adéquates du point de vue capacité et permettraient que tous les mouvements tournants aient en toute sécurité. [28]

X.4.1. Conflit d'écoulement parallèle

Ces conflits sont dus aux changements de files, essentiellement en section courants. On peut caractériser l'intensité de ces conflits par le taux de changement du file par unité de temps ou de distance.

X.4.2. Conflits de l'écoulement divergent

Il y a divergence lorsque deux courants issus de la même direction, se dirigent vers deux directions différentes. Ces conflits apparaissent lorsque cela pose des problèmes de choix entre plusieurs directions.

X.4.3. Conflit de l'écoulement convergent

Ces conflits sont de nature plus délicate, les difficultés résident dans l'insertion d'un des courants dans l'autre pour des raisons de sécurité, un des courants doit toujours être prioritaire. S'il on veut

que ces mouvements se fassent à des vitesses relativement élevées pour les deux courants, il faut alors introduire des voies supplémentaires qui doivent être suffisamment longues pour permettre une convergence progressive tout en préservant la priorité pour le courant principal.

X.4.4. Conflit d'écoulement sécant

Ces conflits de l'écoulement sécant, sont très dangereux pour les conducteurs ils peuvent être réglés par: [28]

- a) **Cisaillement:** dans le cas où les débits ne sont pas importants, l'exploitation est réalisée par un panneau de (cède le passage) ou priorité à droite. Dans le cas où les débits sont plus importants, il faudrait penser à une exploitation par feux ou même déniveler le carrefour;
- b) **Entrecroisement:** il peut être réalisé à vitesse relativement élevée, si la section d'écoulement est suffisamment longue pour que le taux de changement de file soit faible.

X.5. Types des carrefours

On distinguera deux grandes familles de carrefours:[5]

X.5.1. Carrefours dénivelés (échangeurs)

Dans ce type de carrefours les échanges sont séparés les uns des autres et gérés en dehors des axes principaux, pour limiter au maximum 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.

X.5.2. Carrefours plans

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

X.5.2.1. 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) Carrefour à trois branches (en T)

Carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires unique et orthogonale, ou aussi ($\pm 20^\circ$), à l'axe principal. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

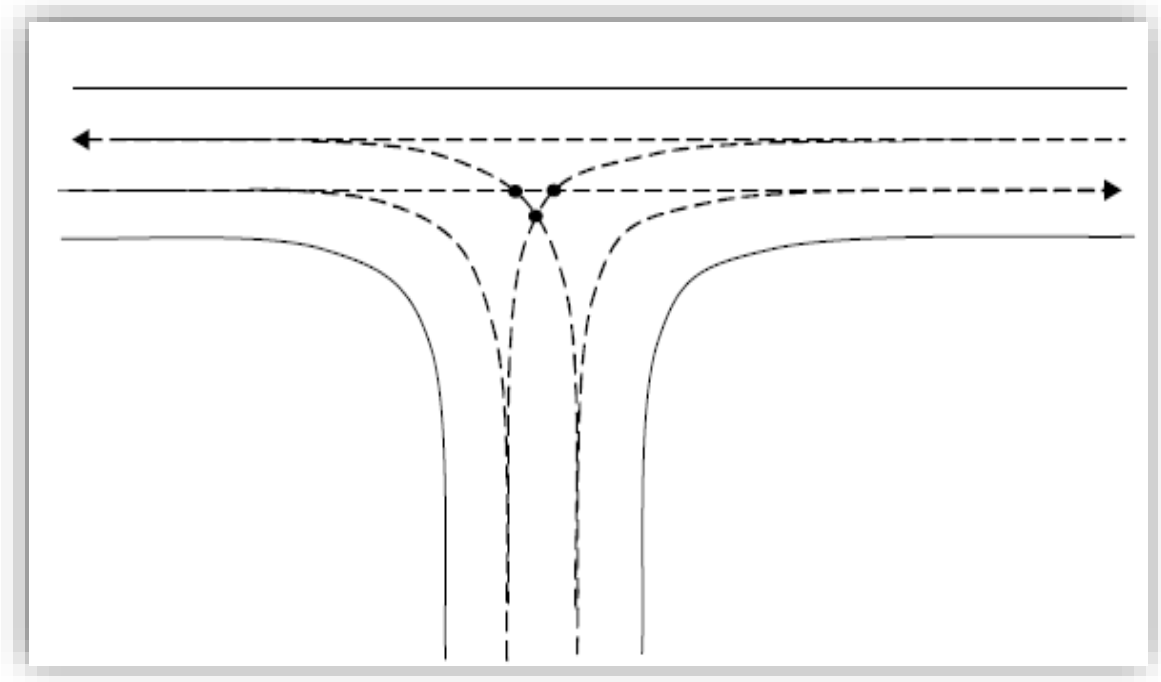


Figure X.01: Carrefour en T.

b) Carrefour à trois branches (en Y)

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

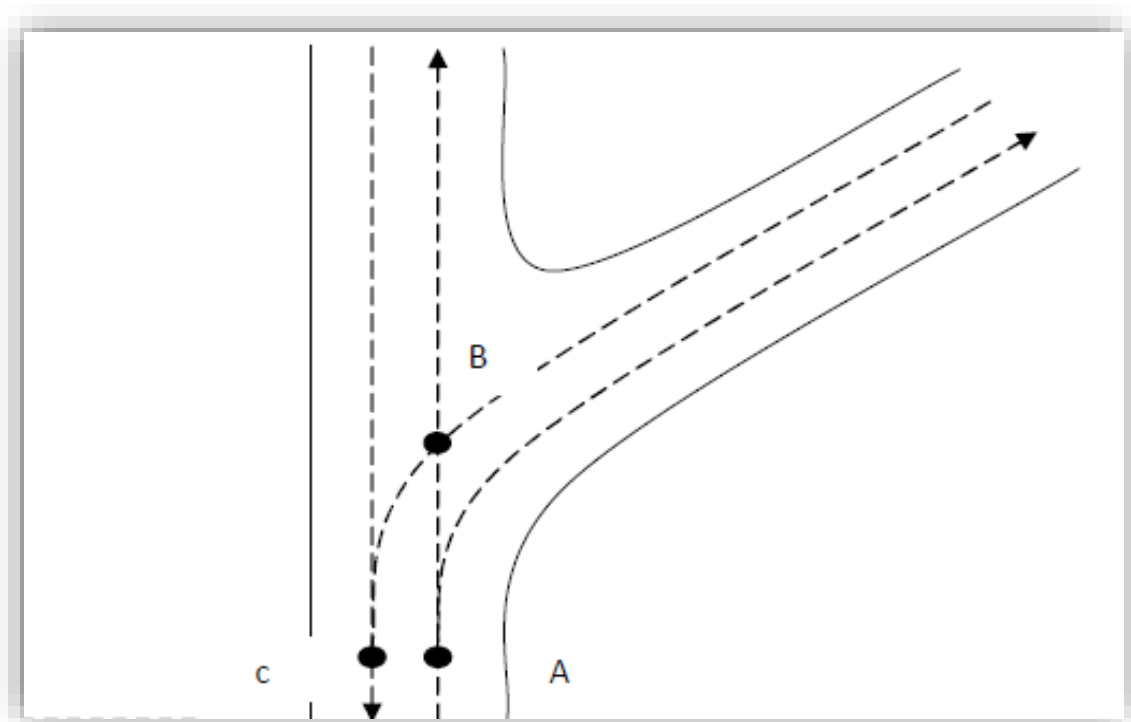


Figure X.02: Carrefour en Y.

c) Carrefour à quatre branches (en croix)

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.

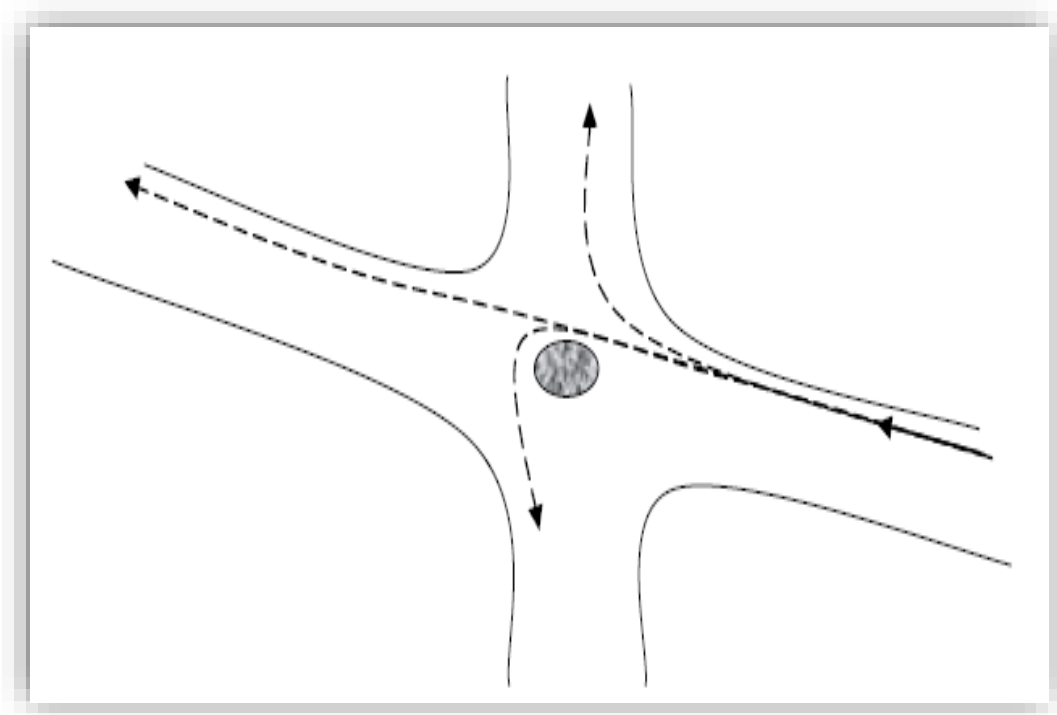


Figure X.03: Carrefour en X.

X.5.2.2. Carrefour type giratoire

Un giratoire est un carrefour dans lequel certains courants empruntent une chaussée annulaire continue, ils ordonnent une circulation à sens unique, disposé autour d'un îlot central. La sortie de véhicule doit être plus grande que celle de la rentrée, et ça pour faciliter la manœuvre pour le conducteur qui va quitter le carrefour et pour gêner les véhicules entrant et ça pour faire ralentir. On doit définir la géométrie d'ensemble du carrefour en ramenant à des tracés simples et connus, puis dimensionner les divers éléments.

Les giratoires sont en généralement moins coûteux que les intersections à niveau, mais ils requièrent une grande surface de terrain, en plus ils se prêtent mal à la circulation pour un carrefour giratoire pour les raisons ci-dessous:

a) Les avantages

- L'adaptation au trafic est automatique, par la priorité donnée aux véhicules déjà insérés;
- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise un espace;
- Diminution des nuisances;

- Faciliter d'insertions d'un grand nombre des tranches;
- Economie de régulation et d'exploitation. [29]

b) Les inconvénients

- Consommation d'emprise importante;
- Entretien de l'îlot central;
- Transport public non prioritaire;
- Absence de prise en charge correcte des piétons;
- Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité). [29]

c) Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires

- **Le rayon extérieur (Re):** distance entre le centre du carrefour et la limite extérieure de la chaussée annulaire;
- **Le rayon intérieur (Ri):** c'est le rayon de l'îlot central incluant la bande franchissable;
- **La largeur de l'anneau:** c'est la largeur de la chaussée annulaire délimitée par les limites extérieures des rayons extérieur et intérieur;
- **Les rayons des entrées (Re) et la sortie (Rs):** ce sont des rayons intérieurs des voies d'entrée et de sortie;
- **La largeur des entrées (Le) et des sorties (Ls):** ce sont des largeurs des voies d'entrer et de sortie mesurée entre la bordure du côté droit et la ligne de marquage du côté gauche, perpendiculairement à leur jonction avec l'anneau;
- **La largeur des approches:** c'est la largeur des voies de circulation en amont du carrefour avant tout changement à la géométrie.

d) Eléments propres au carrefour giratoire

- **Chaussée annulaire:** partie circulaire où circulent les véhicules, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, autour de l'îlot central;
- **L'îlot central:** aménagement circulaire, construit ou marqué selon la catégorie du carrefour, situé à l'intersection des voies et autour duquel circulent les véhicules;
- **La bande franchissable:** espace surélevés ou marqués séparant les voies d'entrée et de sortie d'une branche, et pouvant servir de refuge aux piétons et aux usagers vulnérables durant leur traversée;
- **Les lignes de «cédez le passage»:** lignes de marquage qui indiquent l'endroit où les véhicules entrants doivent céder le passage à tous les véhicules circulant sur la chaussée annulaire.

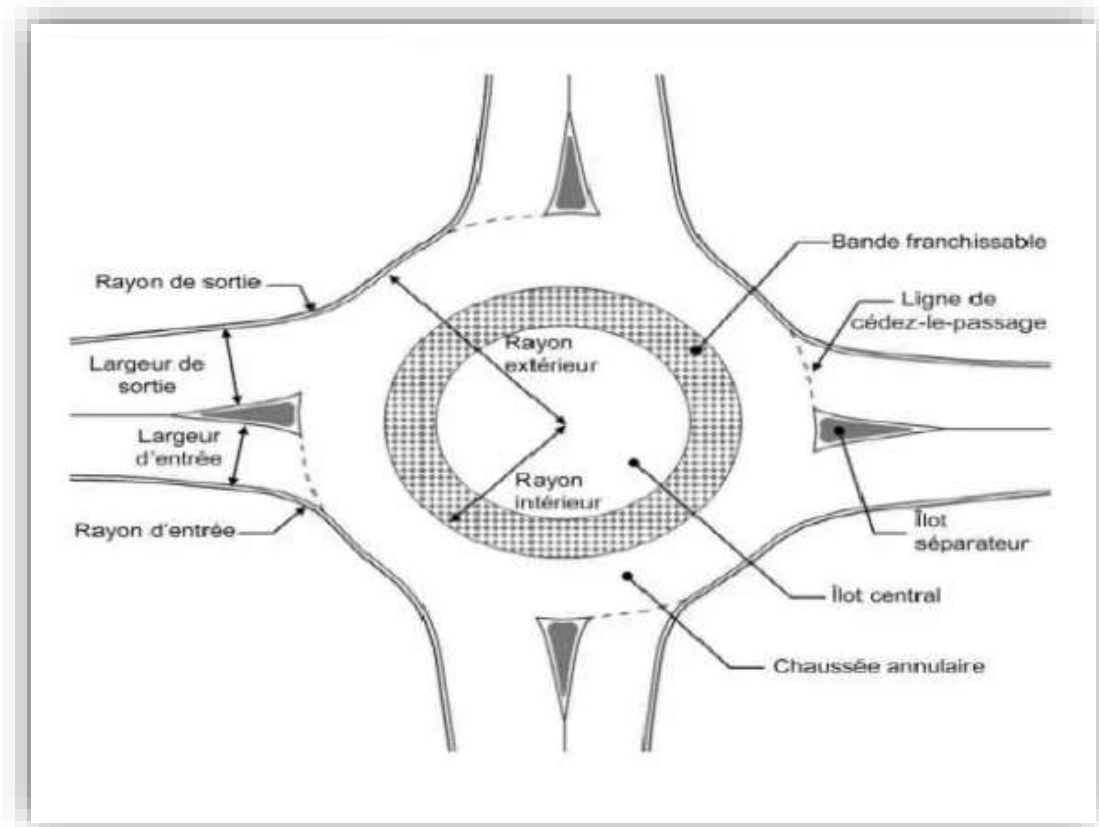


Figure X.04: Schéma de carrefour giratoire.

X.6. Visibilité aux carrefours

Il est important d'assurer des conditions de visibilité optimales à proximité du carrefour. La détermination des distances de visibilité s'effectuera en se référant aux vitesses appliquées à vide, qui traduisent de façon plus réaliste le comportement des véhicules à l'approche des carrefours.

X.6.1. 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.

X.6.2. Priorité à droite

Lorsqu'il aperçoit un véhicule prioritaire susceptible d'arriver en même temps que lui au point de conflit, le conducteur du véhicule non prioritaire doit se trouver à une distance du carrefour au moins égale à la distance d'arrêt sur obstacle éventuel. Le conducteur prioritaire doit se trouver lui-même à une distance du carrefour au moins égale à la distance parcourue pendant le freinage éventuel du conducteur non prioritaire.

Tableau X.02: Distances de visibilité d_p et d_{np} selon B40.

Vitesse d'approche à vide VP	Vitesse d'approche v_{NP}	60	80	90	100	110
		Distance de visibilité sur voie non prioritaire d_{np}	70	110	130	160
60	Distance de visibilité sur voie prioritaire d_p	70	80	90	100	105
80		95	110	120	130	140
90		105	120	130	145	160
100		130	135	145	160	175
110		130	150	160	175	190
120		140	160	175	193	210

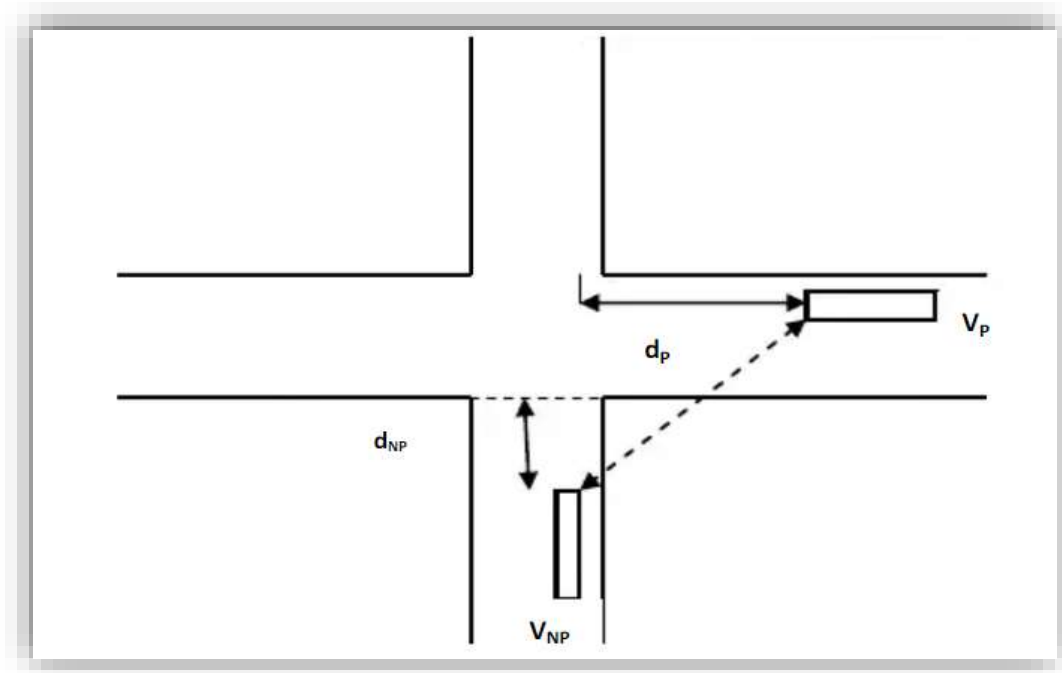


Figure X.05: Distance de visibilité

X.6.3. Balise de priorité B₁

Sur chaque branche, on considère la distance de visibilité d_p sur la route supposé prioritaire et d_{np} sur celui rencontrant la balise B₁ (Tableau X.03). On vérifie également, que pour la position d'arrêt, la visibilité sur l'itinéraire principal est dégagée à la distance d_p . La distance d'_p à dégager sur

l'itinéraire principal est parcourue par le véhicule prioritaire roulant à la vitesse d'approche pendant la manœuvre de traversée du véhicule non prioritaire. Le tableau (Tableau X.03) illustre les valeurs des distances d'_P pour les différentes vitesses d'approche.

X.6.4. Signal STOP

L'œil du conducteur du véhicule non prioritaire est supposé placé à 2,5m de la ligne d'arrêt.

- Les distances de visibilité d'_P sur l'itinéraire prioritaire sont données au tableau X.03;
- Les distances de visibilité d_{NP} sur l'itinéraire non prioritaire sont données dans le tableau X.02.

Tableau X.03: Distances de visibilité d'_P (Balise B1 et STOP) selon B40. [5]

Type de route	Manœuvre		Vitesse d'approche à vide V_P (Km/h) (vitesse de la manœuvre V'_P)					
			60 (45)	80 (60)	90 (67,5)	100 (75)	110 (80)	120 (85)
2 voies	Traversée	VP	100	130	150	165	180	200
		PL(1)	130	175	200	220	245	265
	Tourne-à-gauche	VP	110	175	215	260	310	350
3 voies	Traversée	VP	115	155	175	195	215	235
		PL(1)	150	200	225	250	275	300
	Tourne-à-gauche	VP	115	180	220	265	315	355
4 voies	Traversée	VP	135	175	200	220	245	265
		PL(1)	165	220	250	275	305	335
	Tourne-à-gauche	VP	120	185	225	270	320	360
4voies avec ilot < 5m	Traversée	VP	150	200	225	250	275	300
		PL(1)	180	240	275	305	335	365
	Tourne-à-gauche	VP	125	190	230	275	325	365
Toutes routes	Tourne-à-droite	VP	100	165	205	250	300	340

X.7. Application dans notre projet

Dans notre projet, on propose aux points d'intersection des routes principales et de la route secondaire des carrefours plans. Ces carrefours comportent des îlots centraux aux routes principales et un îlot de la route secondaire, ce carrefour relié trois voies.

X.7.1. Triangle de visibilité

L'itinéraire A est considéré comme une voie prioritaire avec vitesse de base $V_0 = 80 \text{ km/h}$, intersecté avec l'itinéraire B non prioritaire de vitesse de base $V_B = 60 \text{ km/h}$, et avec un signal stop.

- L'itinéraire A

$d'_p = 175 \text{ m}$ (traversé VP)

$d'_p = 220 \text{ m}$ (traversé PL)

$d'_p = 185 \text{ m}$ (T.A.G)

$d'_p = 165 \text{ m}$ (T.A.D)

Signal stop à 2,5m par rapport à l'itinéraire prioritaire.

- L'itinéraire B

Distance de visibilité sur l'itinéraire B non prioritaire est : $d_B = 70 \text{ m}$.

Distance de visibilité sur l'itinéraire A prioritaire est : $d_A = 95 \text{ m}$.

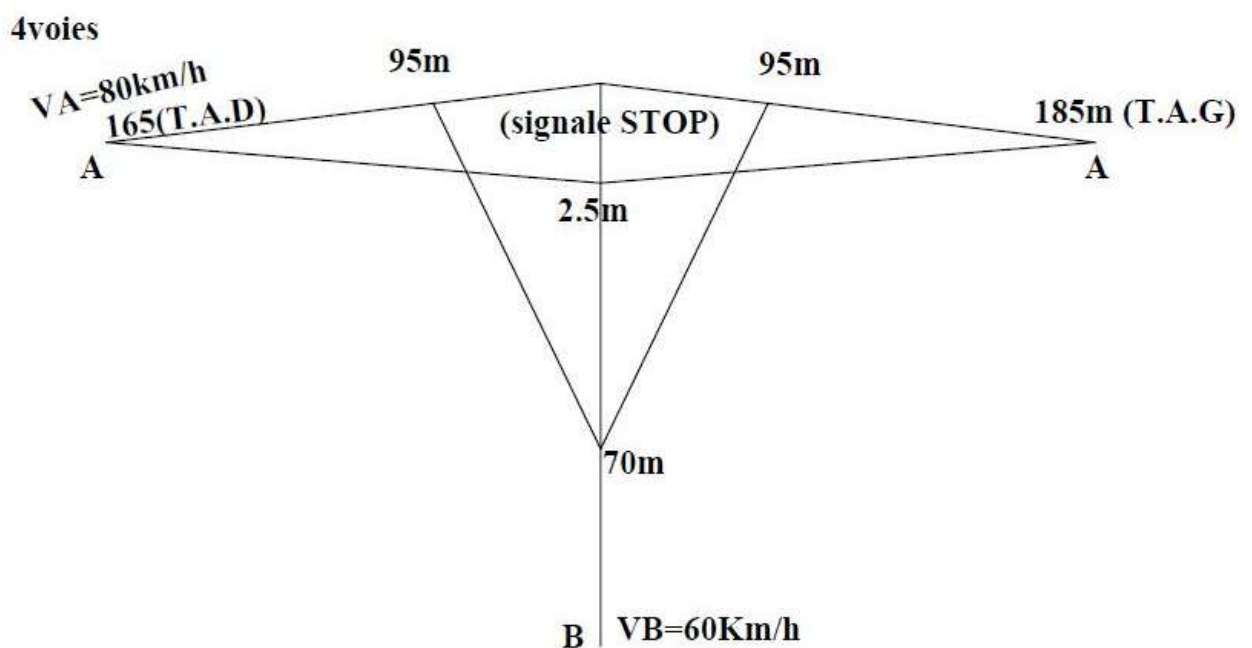


Figure X.06: Triangle de visibilité.

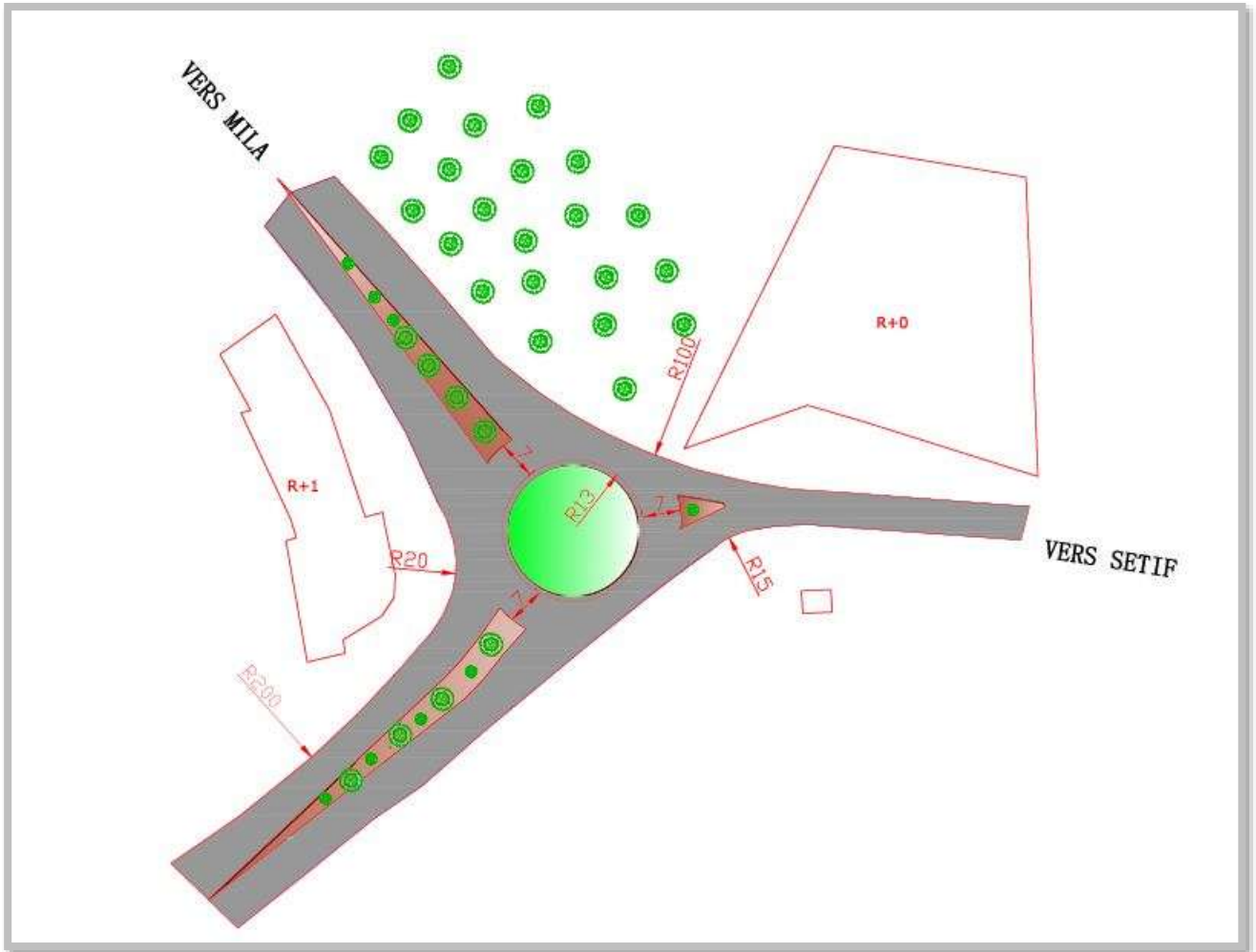


Figure X.07: Carrefour type de notre projet.

X.8. Conclusion

L'objectif de l'aménagement du carrefour dans un projet permet de garantir la sécurité et la commodité qui spécifie l'endroit de l'intersection. Enfin, l'aménagement du carrefour a pour but d'esthétique dans ce dédoublement afin d'obtenir une circulation uniforme.



CHAPITRE XI
Assainissement
routier

Chapitre XI: Assainissement routier et dimensionnement des ouvrages

XI.1. Introduction

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire:

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles,.....
- **Les drainages:** ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant);
- **Les canalisations:** ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...

Les différents ouvrages utilisés peuvent être regroupés en:

- Réseaux longitudinaux (pieds de talus de déblai, crêtes de remblai, ...);
- Liaisons transversales (descentes d'eau traversées sous chaussée);
- Les regards et ouvrages de raccordement.

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

XI.2. Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants:

- L'estimation du débit de pointe d'une fréquence donnée;
- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulent directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning);
- Le maintien de bonnes conditions de viabilité;
- Réduction du cout d'entretien;
- Éviter les problèmes d'érosion;
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel);

- Évacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel) [30].

XI.3. Drainage des eaux souterraines

Le drainage est donc un élément important dans la stabilité des ouvrages et leur durée de vie utile. Le drainage est l'ensemble des opérations artificielles d'évacuation de l'eau présente dans le sol et dans les chaussées traditionnellement, les systèmes de drainage sont conçus avec des matériaux granulaires (grave et sable), avec l'avènement des géo synthétiques, les techniques traditionnelles sont remplacées par des géotextiles et par d'autre moyen de drainage comme les drains agricole [30].

XI.3.1. Nécessité du drainage des eaux souterraines

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol. Il faut donc veiller à éviter:

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée;
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

XI.3.2. Protection contre la nappe phréatique

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation. Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale. Lorsque cette dernière est faible, on pourra:

- Soit dimensionner la chaussée en conséquence;
- Soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces trois solutions dépend:

- Des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité);
- De l'importance des problèmes de gel;
- De leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

XI.3.Ouvrages d'assainissement

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 cout. Les ouvrages sous-chaussés les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots à buses à section circulaire. Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer trois types: [30]

XI.3.1.Réseaux de canalisations longitudinales

a) Fossé de pied talus en déblai

Ces fossés sont prévus au pied des talus en déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale, ils sont bétonnés lorsque la pente en profile en long dépasse les 3% [30].

b) Fossés de crête de talus en déblai

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

c) Fossés de pied de talus en remblai

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

d) Fossés de crête de talus de remblai

Ce type de fossé pour rôle d'éviter l'érosion du talus due au ruissellement des eaux de pluie lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

e) Réseau de terre-plein central (TPC)

Le rôle de ce type de réseau est de collecter et évacuer les eaux issues du TPC et de la demi-chaussée déversée. En alignement ce type de réseau est nécessaire sous les TPC non revêtus afin de protéger les chaussées et les plates-formes contre les infiltrations. Il est constitué d'un drain longitudinal, celui-ci est souvent décalé par rapport à l'axe du TPC pour tenir compte de la présence des glissières ou de zones plantées [30].

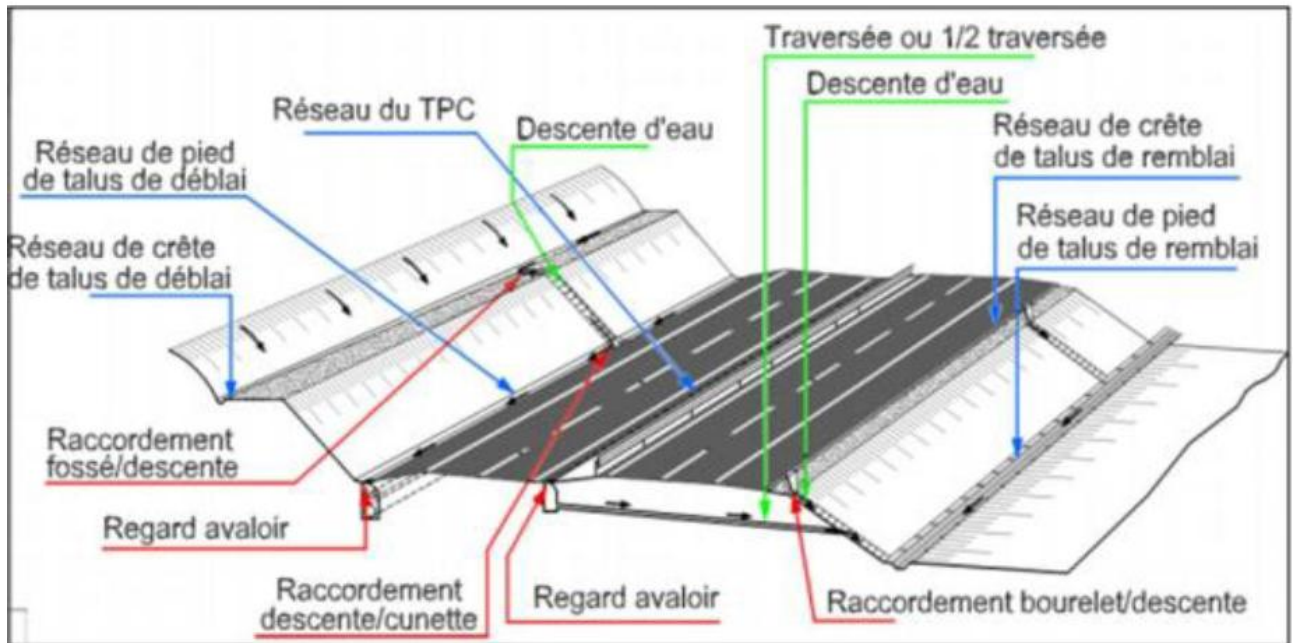


Figure XI.01: Réseaux de canalisation longitudinaux [30].

XI.3.2. Ouvrages transversaux

a) Buses et dalots

Les buses et les dalots jouent un rôle prépondérant dans la préservation de la chaussée et de la prévention des risques d'inondation. L'emplacement et la dimension des buses et dalots sont déterminés au terme d'une enquête détaillée portant sur les conditions topographiques du site et les cours d'eau environnants, ainsi qu'au calcul de débit [30].



Figure XI.02: Ouvrages transversaux [30].

XI.3.3.Ouvrages de raccordements

Les ouvrages de raccordements sont situés à chaque point de ramification, de rejet, ou de changement de nature d'ouvrage. Son rôle est la continuité du réseau longitudinal et transversale [30].

a) Les regards

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tronçon en fonte ou en béton armé dont le rôle est d'assurer le réseau des fonctions de raccordement des conduites de ventilation et d'entretien entre autres ainsi que résister aux charges roulantes et aux poussées des terres [30].

- **Regards de visite:** nécessaire pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés;
- **Regards avaloirs:** servant à l'engouffrement des eaux.

b) Descentes d'eau

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

c) Collecteur principal (canalisation)

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

d) Chambre de visite (cheminée)

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre le contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m [30].

e) Sacs

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

f) Bassin versant

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

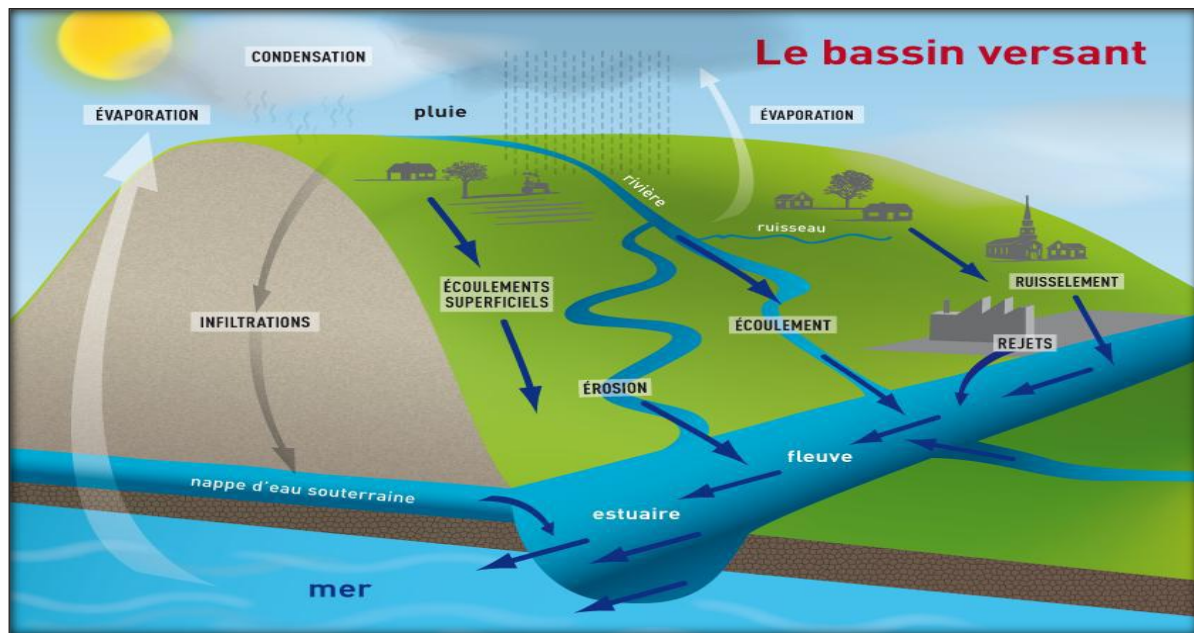


Figure XI.03: Bassin versant.

XI.4. Choix des ouvrages d'assainissement

Le choix et le dimensionnement de ces ouvrages sont faits en tenant compte des précipitations prévisibles, des caractéristiques géométriques et physiques de la route, et des contraintes de sécurité. Les dispositions de principe à prévoir sont généralement les suivantes:

- **En remblai:** lorsque l'érosion des talus est à craindre, il est recommandé de prévoir en crête un dispositif longitudinal recueillant les eaux et les conduisant à des descentes spécialement aménagées, en des points convenablement choisis;
- **En déblai:** les eaux sont collectées et évacuées latéralement par des ouvrages superficiels (cunettes, fossés, caniveaux) associés, lorsque cela est nécessaire à des collecteurs enterrés [26].

XI.4.1. Critère de choix

Le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur quatre critères:

- Sa capacité hydraulique;
- Son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier, donc sa géométrie prend en compte l'aspect sécurité de l'utilisateur;
- Son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux;
- Sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrages.

XI.7. Dimensionnement des ouvrages de rétablissement

Le dimensionnement de différents types d'ouvrages d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le débit de saturation de chaque type d'ouvrage.

XI.7.1. Calcul des débits d'apports

Pour calculer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par les exutoires, on a plusieurs méthodes ont été élaborés [30] :

- Méthode rationnelle;
- Méthode de Caquot;
- Méthode linéaire.

Pour notre cas, on va utiliser la méthode rationnelle, elle est donnée par la formule [14] :

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A \quad (\text{XI.01})$$

Avec;

- Q_a : Débit d'apport provenant du bassin versant en (m^3/s ou L/S).
- C : Coefficient de ruissellement.
- I_t : Intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration en (mm/h).
- K : Coefficient de conversion des unités (mm/h en L/S) $K = 0.2778$
- A : Superficie de la surface drainée (bassin versant) en (ha ou Km^2).

N.B: d'après SETRA, la formule $Q_a = K \times C \times I_t \times A$ est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes:

- Q_a en (m^3/s) valable pour: I_t en (mm/h); A en (Km^2); $K=0.2778$
- Q_a en (L/s) valable pour: I_t en (mm/h); A en (ha); $K=2.778$

a) Coefficient de ruissellement (C)

Le coefficient de ruissellement d'une surface donnée est le rapport du volume d'eau tombé sur le volume d'eau écoulé sur la surface. Ce coefficient dépend essentiellement:

- De la nature des revêtements sur les ruisselles d'eau;
- Des pentes des surfaces drainées;
- De la température de l'air, du sol, de l'eau, degré hygrométrique de l'air, saison;
- Ce coefficient varie au cours d'une averse avant de se stabiliser.

La valeur du coefficient «C» est fixée à partir du tableau ci-dessous:

Tableau XI.01: Coefficient de ruissellement [14].

Type de surface	Coefficient de ruissellement "C"	Valeur prise	Pente(%)
Chaussée revêtement en enrobés	0,80 à 0,95	0,95	2,5
Accotement ou sol légèrement perméable	0,15 à 0,40	0,40	8
Talus	0,10 à 0,30	0,30	67
Terrain naturel	0,05 à 0,20	0,20	/

b) L'intensité de la pluie (I_t)

On peut également utiliser la formule suivante: [30]

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^\beta \quad (\text{XI.02})$$

Avec;

- $\beta = b - 1$
- **b**: Exposant climatique;
- **I**: Intensité de la pluie (mm/h);
- **t_c**: Temps de concentration.

b.1. L'intensité horaire I

$$I = \left(\frac{P_j}{24}\right) \quad (\text{XI.03})$$

Avec;

- **P (j)**: Hauteur de la pluie de durée t_c (mm).

b.2. Temps de concentration t_c

- Si $A < 5\text{Km}^2$, selon VENTURA:

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad (\text{XI.04})$$

- Si $5\text{Km}^2 \leq A < 25\text{Km}^2$, selon GIANDOTTI:

$$t_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}} \quad (XI.05)$$

➤ Si $25\text{Km}^2 \leq A < 200\text{Km}^2$, selon PASSINI:

$$t_c = \frac{(4 \times \sqrt{A}) + (1.5 \times L)}{(0.8\sqrt{H})} \quad (XI.06)$$

Avec;

- **A:** Superficie du bassin versant (Km²);
- **P:** Pente moyenne du bassin versant;
- **L:** Longueur de bassin versant (Km);
- **H:** La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

b.3. Pluie journalière maximale annuelle P_j

Pluie journalière maximale annuelle P_j est donné par la formule de GALTON.

$$P_j(\%) = \left[\frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right] \quad (XI.07)$$

Avec;

- **P_{jmoy}:** Pluie moyenne journalier;
- **C_v:** Coefficient de variation climatique;
- **U:** Variation de Gauss, donnée par le tableau suivant [14]:

Tableau XI. 02: Variation de Gauss [31].

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0	0,84	1,28	2,05	2,372

- Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

XI.7.2. Débit de saturation

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler [14].

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \text{ avec } : R_H = S/p \quad (\text{XI.08})$$

Avec;

- **S**: section mouillée.
- **K_{ST}**: coefficient de STRICKLER.
- KST = 70 pour les dalots.
- KST = 80 pour les buses.
- **RH**: rayon hydraulique (m)
- **J**: la pente moyenne de l'ouvrage.

XI.7.3. 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

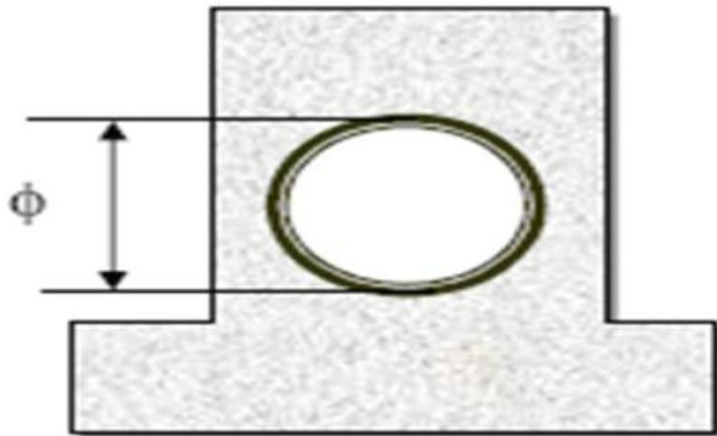


Figure XI.03: Buses.

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \quad \text{et} \quad Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec;

- **S_m**: Section mouillée, $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$
- **R_h**: Rayon hydraulique, $R_h = \frac{R}{2}$
- **K_{st}**= 80 pour les buses en béton.
- **J**: Pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$Q_s = 80 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times J^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \quad \text{On trouve}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_s}{80 \times \pi \times \sqrt{J}} \quad (\text{XI.09})$$

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\varnothing = 2R$.

XI.7.4. 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 0,8h.

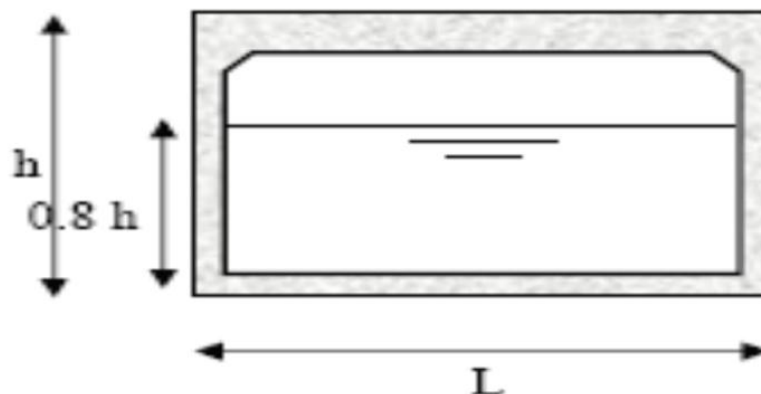


Figure XI.04: Dalots.

- **Périmètre mouillé:** $P_m = (2 \times 0.8 \times h) + L$
- **Section mouillée:** $S_m = 0.8 \times h \times L$
- **Rayon mouillé:** $R_H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}$

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} = (0.8 \times h \times L) \times K_{ST} \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

Avec;

- **K_{st}**= 70 (dalot en béton).
- **J**: pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_s = Q_a$$

$$Q_a = (0.8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times J^{1/2} \quad (\text{XI. 10})$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

XI.7.5. Dimensionnement des fossés

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour notre étude j'adopte des fossés en béton, ceci est en fonction des pentes du fossé et de 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 ($b = 50\text{cm}$) 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 [30].

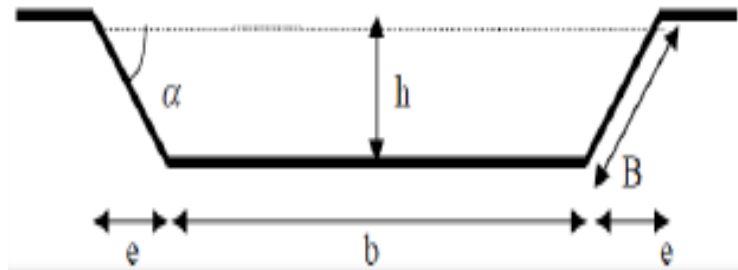


Figure XI.05: Fossés.

➤ Calcul de la surface mouillée

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

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

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

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

➤ Calcul du périmètre mouillé

$$P_m = b + 2B$$

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

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

➤ Calcul le rayon hydraulique

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2h \times \sqrt{1 + n^2}} \quad (\text{XI. 11})$$

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 [30] :

$$Q_a = Q_s \rightarrow K \times C \times I_t \times A = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2}$$

$$Q_a = K_{ST} \times h \times [b + (n \times h)] \times \left[\frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2h \times \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \times J^{1/2} \quad (\text{XI.12})$$

XI.8. Application au projet

XI.8.1. Données hydrauliques

Les caractéristiques des bassins versants sont représentés dans le tableau suivant:

- **Pr**: périmètre du bassin versant (Km);
- **S**: surface du bassin versant (Km²);
- **Lw**: longueur du talweg principale (Km);
- **P**: pente (%).

Tableau XI.03: Caractéristiques des bassins.

N°	S(Km ²)	Pr(Km)	Lw(Km)	P(%)
BV1	0.57	4.35	1.67	7
BV2	0.044	1.04	0.35	15
BV3	0.08	1.34	0.46	12
BV4	0.125	1.60	0.55	21
BV5	0.12	2.17	0.76	8
BV6	0.38	3.35	1.12	14
BV7	0.43	2.89	1.051	9
BV8	0.56	3.64	1.45	25
BV9	0.072	1.37	0.31	18
BV10	0.037	0.97	0.31	16
BV11	0.19	2.36	0.68	24

BV12	177.41	62.833	20.956	86
BV13	5.08	10.96	4.99	60
BV14	0.52	3.86	1.57	25
BV15	2.44	7.73	3.31	62
BV16	0.6	3.50	0.96	14
BV17	0.82	4.27	1.61	18
BV18	0.12	1.39	0.36	22
BV19	0.66	4.56	1.74	15
BV20	0.10	2.17	0.63	8
BV21	0.13	1.53	0.39	12
BV22	0.65	4.23	1.79	24
BV23	0.16	2.09	0.79	23
BV24	0.04	0.988	0.27	17
BV25	0.19	1.86	0.76	28
BV26	1.37	5.44	2.13	50
BV27	0.068	1.21	0.45	21
BV28	0.053	1.02	0.281	21
BV29	0.033	0.769	0.193	11
BV30	0.15	1.56	0.51	19
BV31	0.25	2.14	0.83	32
BV32	0.73	3.833	1.54	16
BV33	4.22	9.09	3.497	75

XI.8.2. Calcul hydraulique

Compte tenu du grand nombre d'écoulements rencontrés par notre tracé, les calculs ont été réalisés à l'aide d'une tabulation Excel. Nous ne donnerons donc que quelques exemples de calculs.

Exemple de calcul: BV7

- Pluie moyenne journalière $P_j = 53$ mm.
- Exposant climatique $b = 0,33$.
- Le coefficient de variation climatique $C_v = 0,42$.

a) Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j

$$P_j(\%) = \left[\frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right]$$

• **Pendant 10ans**

$$u = 1,28, C_v = 0,42, P_{j\text{moy}} = 53\text{mm.}$$

$$P_j(10\%) = \left[\frac{53}{\sqrt{0,42^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(1,28 \sqrt{\ln(0,42^2 + 1)} \right)} \right] \rightarrow P_j(10\%) = 61,98 \text{ mm}$$

• **Pendant 50ans**

$$u = 2,057, C_v = 0,42, P_{j\text{moy}} = 53 \text{ mm.}$$

$$P_j(50\%) = \left[\frac{53}{\sqrt{0,42^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(2,057 \sqrt{\ln(0,42^2 + 1)} \right)} \right] \rightarrow P_j(50\%) = 73,63 \text{ mm}$$

b) L'intensité horaire I

$$I = \left(\frac{P_j}{24} \right)$$

- Pour $P_j(10\%) = 61,98$ mm

$$I(10\%) = \left(\frac{61,98}{24} \right) = 2,58 \text{ mm/h}$$

- Pour $P_j(50\%) = 73,63$ mm

$$I(50\%) = \left(\frac{73,63}{24} \right) = 3,06 \text{ mm/h}$$

c) Calcul de la surface du bassin versant

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants, de la chaussée, l'accotement et le talus.

$$A_{BV} = 0,43\text{Km}^2 \text{ (Surface de bassin versant).}$$

$$A_C = 7,6 \times 1.10^{-4} = 0,0076\text{Km}^2 \text{ (Surface de chaussée).}$$

$$A_A = 1,8 \times 1.10^{-4} = 0,0018\text{Km}^2 \text{ (Surface d'accotement).}$$

$$A_T = 4 \times 1.10^{-4} = 0,004\text{Km}^2 \text{ (Surface de talus).}$$

XI.8.3. Dimensionnement des buses

XI.8.3.1. Calcul des débits d'apport

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

a) Débit apporté par le bassin versant

$$C = 0,3, P = 9\%, I (10\%) = 2.58\text{mm/h}, A = 0.43\text{Km}^2.$$

$$A = 0.45 \text{ km}^2 < 5\text{km}^2 \quad \rightarrow \quad \text{selon VENTURA: } t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.43}{0.09}} = 0.28\text{h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.58 \times \left(\frac{0.28}{24}\right)^{0.33-1} \rightarrow I_t = 50.90 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{bv} = 0.2778 \times 0.3 \times 50.90 \times 0.43$$

$$\rightarrow (Q_a)_{bv} = \mathbf{1.82\text{m}^3/\text{s}}$$

b) Débit apporté par la chaussée

$$C = 0,95, P = 2,5\%, I (10\%) = 2.58\text{mm/h}, A = 0,0076\text{Km}^2.$$

$$A = 0.076 \text{ km}^2 < 5\text{km}^2 \quad \rightarrow \quad \text{selon VENTURA: } t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0076}{0.025}} = 0.070\text{h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.58 \times \left(\frac{0.070}{24}\right)^{0.33-1} \rightarrow I_t = 128.85 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{chaussé} = 0.2778 \times 0.95 \times 128.85 \times 0.0076$$

$$\rightarrow (Q_a)_{chaussée} = \mathbf{0.26\text{m}^3/\text{s}}$$

c) Débit apporté par l'accotement

$$C = 0,4, P = 8\%, I (10\%) = 2.58\text{mm/h}, A = 0,0018\text{Km}^2.$$

$$A = 0.025 \text{ km}^2 < 5\text{km}^2 \quad \rightarrow \quad \text{selon VENTURA: } t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0018}{0.08}} = 0.019\text{h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.58 \times \left(\frac{0.019}{24}\right)^{0.33-1} \rightarrow I_t = 308.74 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 0.2778 \times 0.4 \times 308.74 \times 0.0018$$

$$\rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = \mathbf{0.062 \text{ m}^3/\text{s}}$$

d) Débit apporté par talus

$$C = 0,3, P = 67\%, I (10\%) = 2.58\text{mm/h}, A = 0,004\text{Km}^2.$$

$$A = 0.04 \text{ km}^2 < 5\text{km}^2 \quad \rightarrow \quad \text{selon VENTURA: } t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.004}{0.67}} = 0.0098\text{h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.58 \times \left(\frac{0.0098}{24}\right)^{0.33-1} \rightarrow I_t = 481.1\text{mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 0.2788 \times 0.3 \times 481.10 \times 0.004$$

$$\rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = \mathbf{0.16\text{m}^3/\text{s}}$$

$$Q_a = 0.16 + 0.062 + 0.26 + 1.82$$

$$\rightarrow \mathbf{Q_a = 2.30\text{m}^3/\text{s}}$$

XI.8.3.2. Calcul de débit de saturation (Q_a)

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} = Q_a$$

$$J = 2,5\%, K_{ST} = 80, R_H = \frac{R}{2}, S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

$$Q_s = Q_a \rightarrow 80 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0.025)^{1/2} = 2.30 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_s}{80 \times \pi \times \sqrt{J}} = \frac{2^{5/3} \times 2.30}{80 \times \pi \times \sqrt{0.025}} \rightarrow R^{8/3} \approx 0.18$$

$$\phi = 2R \approx 1000 \text{ mm}$$

Donc; le diamètre de la buse est: $\phi = 1000\text{mm}$

N.B: Afin de permettre le nettoyage ou le curage des buses qui risquent d'être obstruées partiellement par le dépôt de sédiments et de pierres charriés par les eaux ; il est conseillé de ne jamais adopter de diamètre inférieur à 1.0m.

XI.8.4. Dimensionnement des dalots

XI.8.4.1. Calcul des débits d'apport

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

a) Débit apporté par le bassin versant

On choisit pour exemple de calcul le bassin versant N°26

$$C = 0,3, P = 60 \%, I (60\%) = 3.06 \text{ mm/h}, A = 1.37 \text{ km}^2.$$

$$A = 1.37 \text{ km}^2 < 5 \text{ km}^2 \quad \rightarrow \quad \text{Selon VENTURA: } t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{1.37}{0.60}} = 0.19 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.06 \times \left(\frac{0.19}{24}\right)^{0.33-1} \rightarrow I_t = 77.76 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{bv} = 0.2778 \times 0.3 \times 77.76 \times 1.37$$

$$\rightarrow (Q_a)_{bv} = \mathbf{8.88 \text{ m}^3/\text{s}}$$

b) Débit apporté par la chaussée

$$C = 0,95, P = 2,5 \%, I (50\%) = 3.06 \text{ mm/h}, A = 0,0076 \text{ km}^2.$$

$$A = 0.076 \text{ km}^2 < 5 \text{ km}^2 \quad \rightarrow \quad \text{selon VENTURA: } t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0076}{0.025}} = 0.070 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.06 \times \left(\frac{0.070}{24}\right)^{0.33-1} \rightarrow I_t = 152.81 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{chaussé} = 0.2778 \times 0.95 \times 152.81 \times 0.0076$$

$$\rightarrow (Q_a)_{chaussée} = \mathbf{0.30 \text{ m}^3/\text{s}}$$

c) Débit apporté par l'accotement

$$C = 0,4, P = 8 \%, I (50\%) = 3.06 \text{ mm/h}, A = 0,0018 \text{ km}^2.$$

$$A = 0.025 \text{ km}^2 < 5 \text{ km}^2 \quad \rightarrow \quad \text{selon VENTURA: } t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0018}{0.08}} = 0.019 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.06 \times \left(\frac{0.019}{24}\right)^{0.33-1} \rightarrow I_t = 365.54 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 0.2778 \times 0.4 \times 365.54 \times 0.0025$$

$$\rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = \mathbf{0.073 \text{ m}^3/\text{s}}$$

d) Débit apporté par talus

$$C = 0,3, P = 67 \%, I (10\%) = 3.06 \text{ mm/h}, A = 0,004 \text{ km}^2.$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.004}{0.67}} = 0.009 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.06 \times \left(\frac{0.009}{24}\right)^{0.33-1} \rightarrow I_t = 604.11 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 0.2778 \times 0.3 \times 604.11 \times 0.004$$

$$\rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = \mathbf{0.20 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_a = 0.3 + 0.073 + 0.20 + 8.88$$

$$\rightarrow \mathbf{Q_a = 9.45 \text{ m}^3/\text{s}}$$

XI.8.4.2. Calcul de débit de saturation (Q_a)

$$Q_s = (0.8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}\right]^{2/3} \times J^{1/2} = Q_a$$

On fixe; $L=1.5\text{m}$ et on va calculer le h .

$$9.45 = (0.8 \times h \times 1.5) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times h \times 1.5}{1.6 \times h + 1.5}\right]^{2/3} \times 0.025^{1/2}$$

Par un calcul itératif, on trouve $\begin{cases} B = 1.5 \text{ m} \\ h = 1.5 \text{ m} \end{cases}$

- **Vérification:**

$$Q_s = (0.8 \times 1.5 \times 1.5) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times 1.5 \times 1.5}{1.6 \times 1.5 + 1.5}\right]^{2/3} \times 0.025^{1/2} = 11.89 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mathbf{Q_s = 11.89 \text{ m}^3/\text{s} > Q_a = 9.45 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \text{C'est vérifié}}$$

XI.8.5. Dimensionnement des fossés

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

$$(Q_a)_{\text{talus}} + (Q_a)_{\text{accotement}} + (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.26 + 0.062 + 0.16 \text{ (Résultats obtenus précédemment)}$$

$$Q_a \approx 0.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J = 2 \% , K_{ST} = 30; \quad \text{on fixe } (b = 0.5 \text{ m} ; \alpha = 35^\circ ; n = 1.42)$$

$$0.5 = 30 \times h \times [0.5 + (1.42 \times h)] \times \left[\frac{h \times [0.5 + (1.42 \times h)]}{0.5 + 2h \times \sqrt{1 + 1.42^2}} \right]^{2/3} \times 0.02^{1/2}$$

D'Après le calcul itératif on trouve $h = 0,40\text{m}$.

Dimensions retenues du fossé sont: **b= h = 50cm**.

XI.9. Conclusion

Les résultats de dimensionnement des ouvrages de notre projet routier sont récapitulés au tableau ci-après.

Tableau IX.04: Tableau récapitulatif des résultats.

N°: B.V	Débit Q(m ³ /s)	Ouvrages	Dimensions
BV1	2.34	Buse	Ø = 1m
BV2	2.34	Buse	Ø = 1m
BV3	2.34	Buse	Ø = 1m
BV4	2.34	Buse	Ø = 1m
BV5	2.34	Buse	Ø = 1m
BV6	3.31	Buse	Ø = 1m
BV7	2.34	Buse	Ø = 1m
BV8	3.31	Buse	Ø = 1m
BV9	2.34	Buse	Ø = 1m
BV10	2.34	Buse	Ø = 1m
BV11	2.34	Buse	Ø = 1m
BV12	293.72	Pont	/

BV13	23.67	Dalot	B=3m; h=2m
BV14	2.34	Buse	Ø = 1m
BV15	13.91	Dalot	B=3m; h=2m
BV16	3.31	Buse	Ø = 1m
BV17	3.31	Buse	Ø = 1m
BV18	2.34	Buse	Ø = 1m
BV19	2.34	Buse	Ø = 1m
BV20	2.34	Buse	Ø = 1m
BV21	2.34	Buse	Ø = 1m
BV22	3.31	Buse	Ø = 1m
BV23	2.34	Buse	Ø = 1m
BV24	2.34	Buse	Ø = 1m
BV25	2.34	Buse	Ø = 1m
BV26	9.47	Dalot	B=1.5m; h=1.5m
BV27	2.34	Buse	Ø = 1m
BV28	2.34	Buse	Ø = 1m
BV29	2.34	Buse	Ø = 1m
BV30	2.34	Buse	Ø = 1m
BV31	3.31	Buse	Ø = 1m
BV32	3.31	Buse	Ø = 1m
BV33	21.56	Dalot	B=3m; h=2.5m



CHAPITRE XII
Signalisation
routière

Chapitre XII: Signalisation routière

XII.1. Introduction

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers.

- Bien signaler c'est bien communiquer;
- Bien signaler, c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière.

XII.2. Objectifs de la signalisation routière

La signalisation routière a pour rôle:

- De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière;
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route;
- D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières;
- De donner des informations relatives à l'usage de la route. [32]

XII.3. Critères à respecter pour les signalisations

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise:

- Cohérence avec les règles de signalisations;
- Respecter les règles d'implantation et de pose;
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales;
- Éviter les panneaux publicitaires irréguliers;
- Éviter la multiplication des signaux et des super signaux, car la surabondance détruit l'efficacité. [32]

XII.4. Principes de la signalisation routière

La signalisation routière ne peut être efficace que si l'on respecte certains principes:

XII.4.1. Principe de valorisation

La multiplication des signaux nuit à leur efficacité. Il ne faut pas donc en placer que s'ils sont indispensables.

XII.4.2. Principe de concentration

Lorsqu'il est indispensable que plusieurs signaux soient vus en même temps, il faut absolument les implanter de façon que l'usage puisse les apercevoir d'un seul coup d'œil de nuit comme de jour.

XII.4.3. Principe de visibilité

Il ne faut pas demander au conducteur un effort de lecture. On devra donc réduire et simplifier les indications au maximum, et le cas échéant répartir les signaux sur plusieurs supports échelonnés.

XII.5. Catégories de signalisation

a) Lorsqu'on considère les types de dispositifs utilisés par la signalisation, on distingue:

- ✓ La signalisation par panneaux;
- ✓ La signalisation par feux et balisage;
- ✓ La signalisation par marquage des chaussées et bornage;
- ✓ La signalisation par dispositifs de fermeture (barrières).

b) Lorsqu'on considère les fonctions assurées par la signalisation, on distingue:

- ✓ La signalisation permanente;
- ✓ La signalisation temporaire;
- ✓ La signalisation dynamique.

XII.6. Types de signalisation

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

XII.6.1. Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme. Elles peuvent être classées dans quatre classes: [32]

a) Signaux de danger

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

b) Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, placés sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt obligatoire (signalisation de position), on trouve:

- ✓ L'interdiction;

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

c) Signaux à simple indication

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

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

d) Signaux de position des dangers

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

XII.6.2. Signalisation horizontale

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types:[32]

XII.6.2.1. Marquage longitudinales

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

a) Lignes continues

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

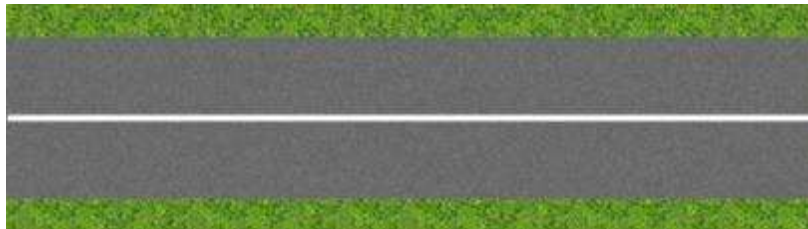


Figure XII.01 : ligne continue.

b) Lignes discontinues

Ces lignes sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des lignes à leurs intervalles. On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles, la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles;
- 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;
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, par lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

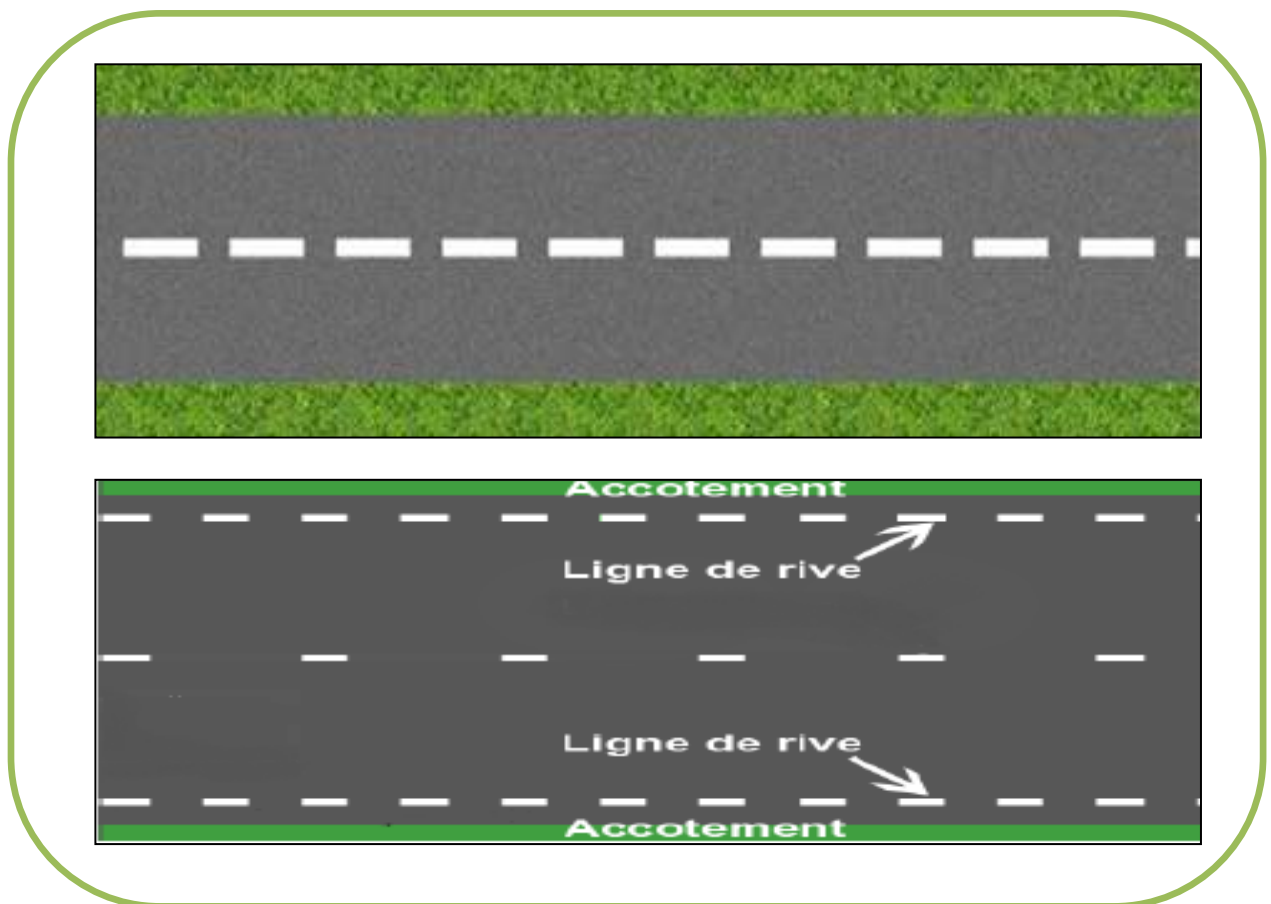


Figure XII.02 : lignes discontinues.

XII.6.2.2. Marquages transversales

a) Lignes transversales continue

Éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

b) Lignes transversales discontinue

Éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

XII.6.2.3. Autres marques

a) Flèches de rabattement

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers, qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

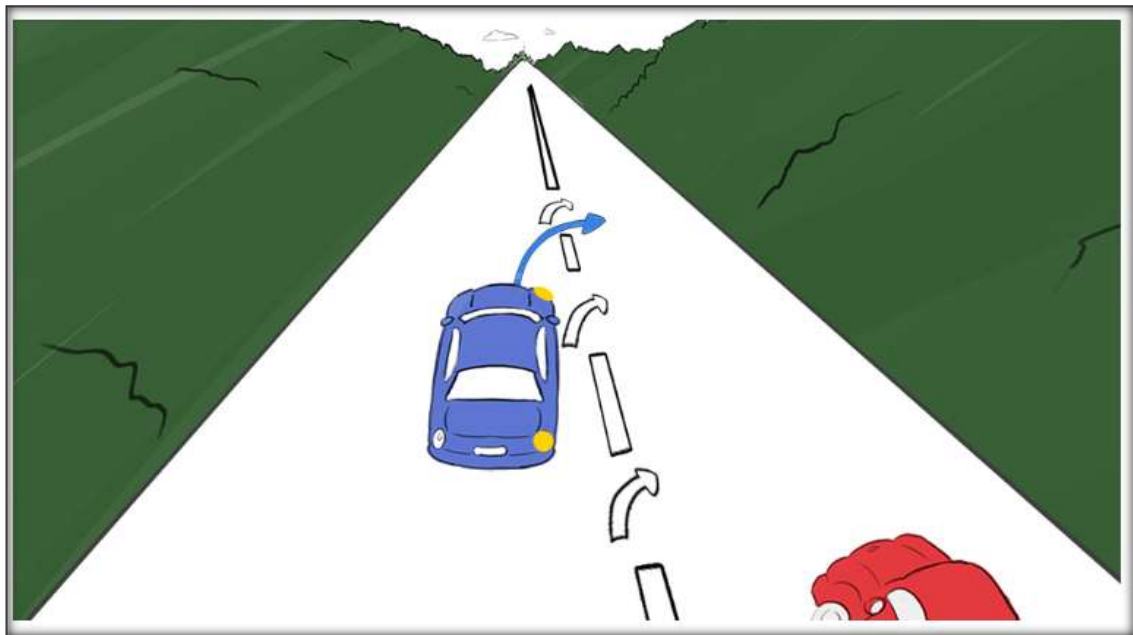


Figure XII.03: Flèches de rabattement.

b) Flèches de sélection

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.



Figure XII.04: Flèches de sélection.

- **Passages pour piétons**

Ce sont de forme rectangulaire de longueur (L) de:

- ✓ L = 2,50m pour $V \leq 60\text{Km/h}$;
- ✓ L = 4,00m pour $V > 60\text{Km/h}$, dont la largeur de 0,5m et leur distance est de 0,5 à 0,8m.

- **Passage pour cycliste**

Signalé par deux lignes discontinues, formé de carrée blanche de 0,5m de côté séparé par des intervalles de 0,5 à 0,8m.

XII.7. Caractéristiques générales des marques

XII.7.1. Couleur des marques

Le blanc est la couleur utilisée pour les marques de chaussée. Pour certaines marques spéciales, on utilise d'autres couleurs dans les conditions des obstacles.

XII.7.2. Largeur des lignes

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité "u" différente selon le type de la route. On adapte les valeurs suivantes pour "u".

- **u = 7,5cm:** sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à quatre voies de rase campagne;
- **u = 6cm:** sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation;
- **u = 5cm:** sur toutes les autres routes;

- **u = 3cm:** pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

La valeur de “u” doit être homogène sur tout un itinéraire. En particulier, elle ne doit pas varier au passage d’un département à l’autre.

XII.7.3. Modulation des lignes discontinues

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13m, Le tableau ci-après résume les caractéristiques de tous les types de lignes discontinues.

Tableau XII.01: Caractéristiques de lignes discontinues.

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport pleins/vides
Axial longitudinal	T1T'1	3,00	10,00	1/3
	T3	1,50	5,00	1/3
		3,00	1,33	3
Rive	T2T'3	3,00	3,5	1
		20,00	6,00	3
Transversal	T'2	0,50	0,50	1

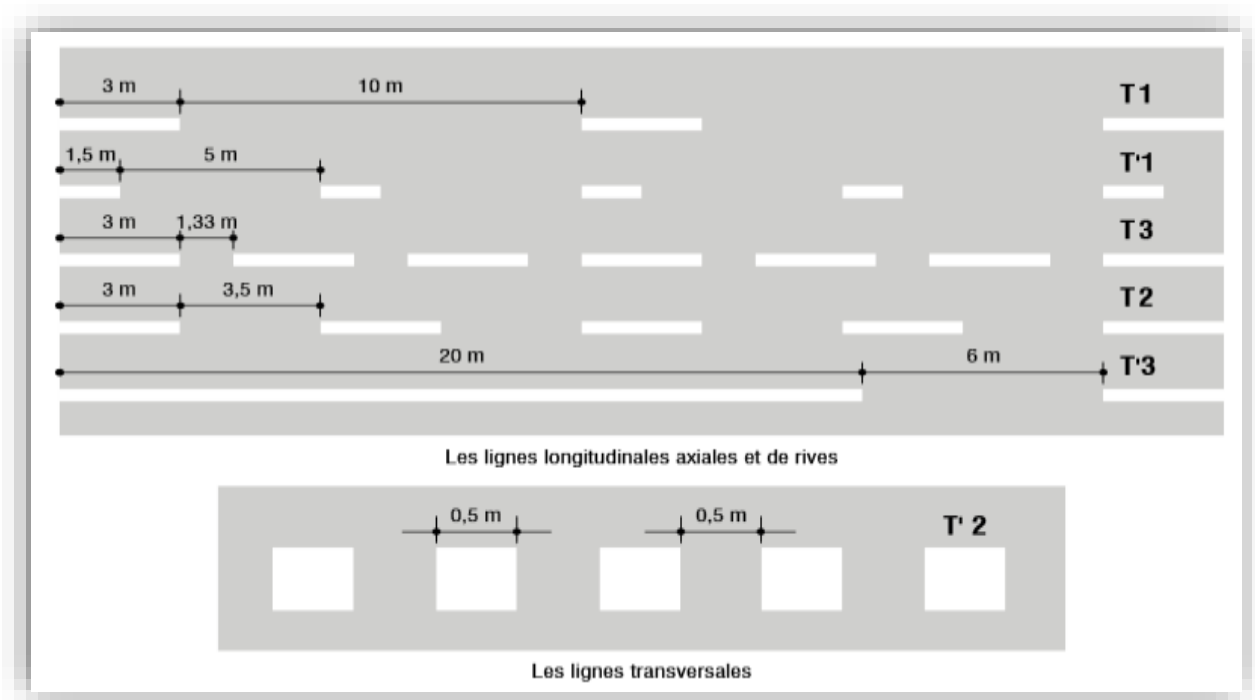


Figure XII.05: Largeur des lignes.

XII.8. Application dans notre projet

La signalisation de notre projet est basée sur le point suivant:

XII.8.1. Signalisation horizontale

- Lignes continues;
- Lignes discontinues ;

La largeur des lignes est déterminée à partir d'un espacement unitaire: $u = 6\text{cm}$

- Les flèches de signalisation.

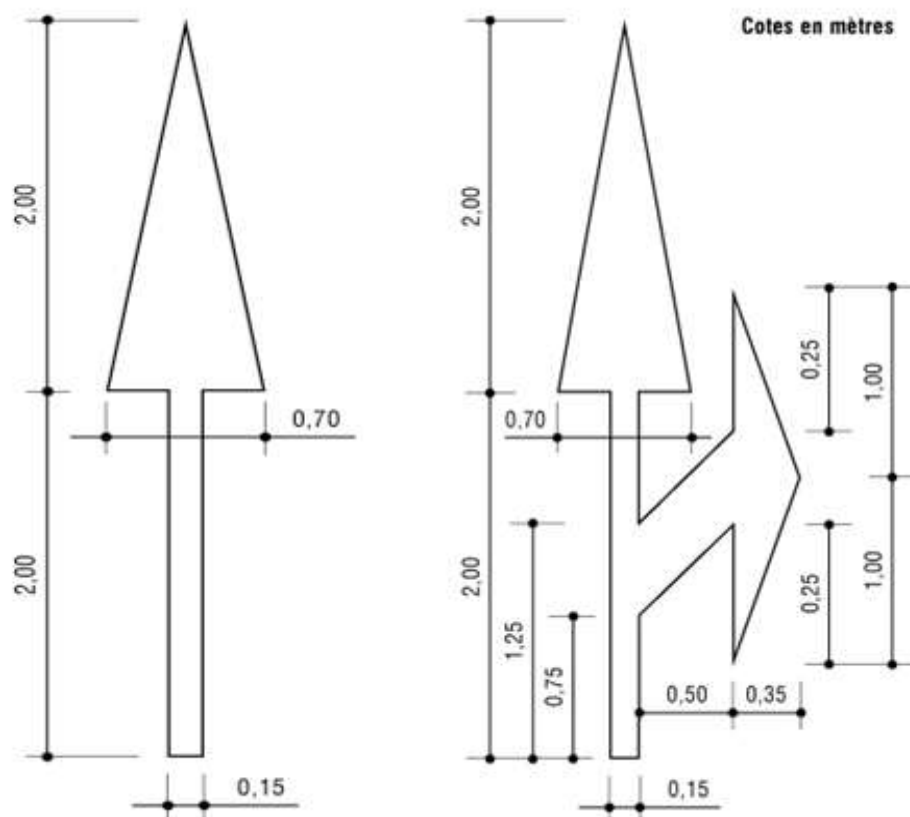


Figure XII.06: Signalisation directionnelles (de sélection).

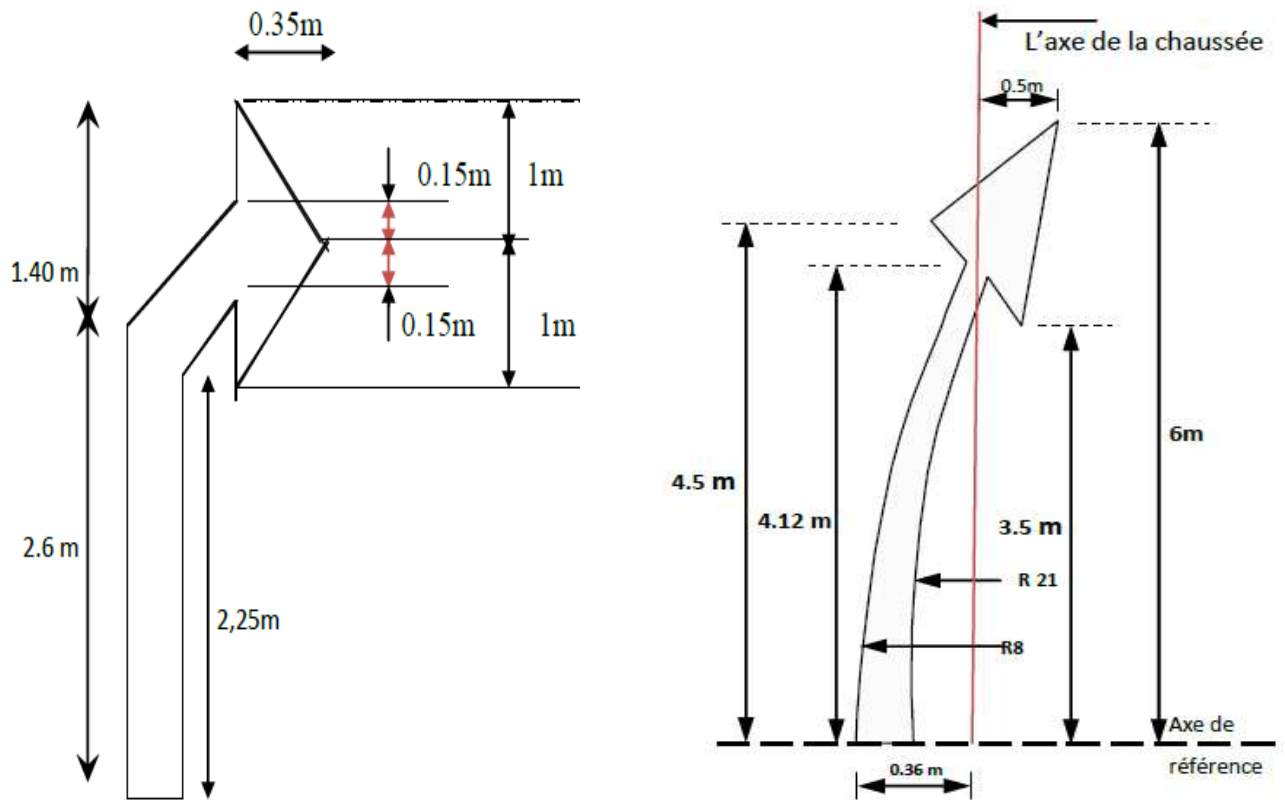


Figure XII.07: Flèche de rabattement.

XII.8.2. Signalisation verticale

a) Panneaux de signalisation

✚ Type A

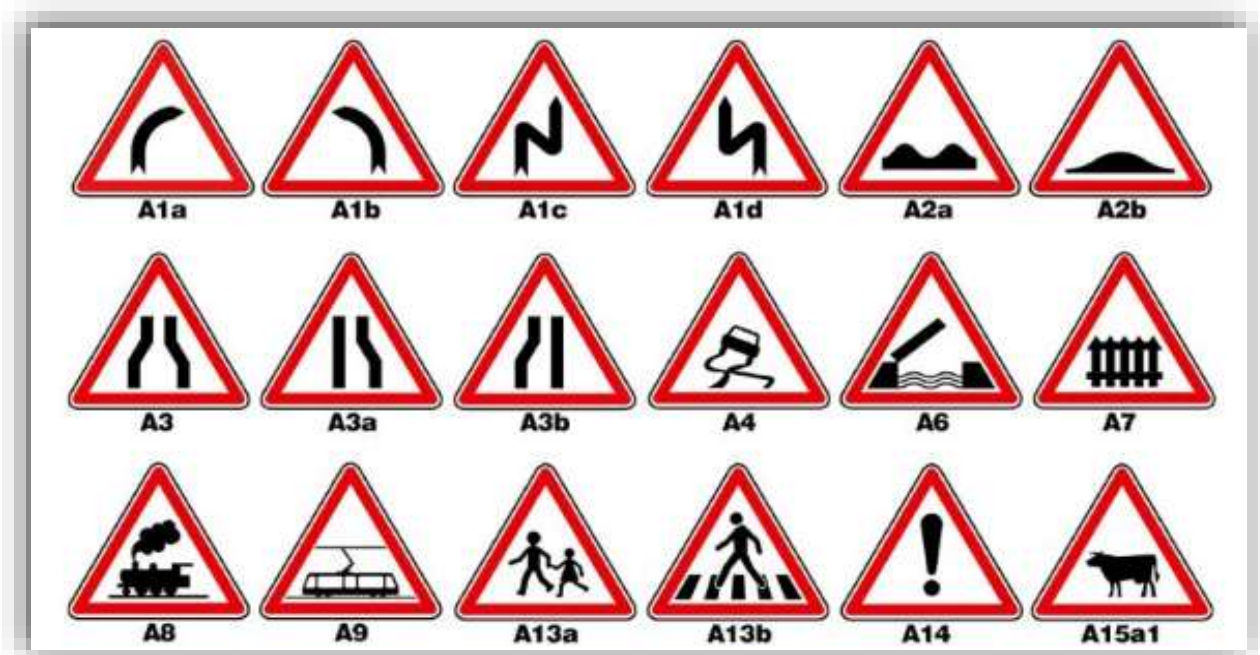


Figure XII.08: Signalisation verticale type A.

+ Type B



Figure XII.09: Signalisation verticale type B.

+ Type E (pour les giratoires)

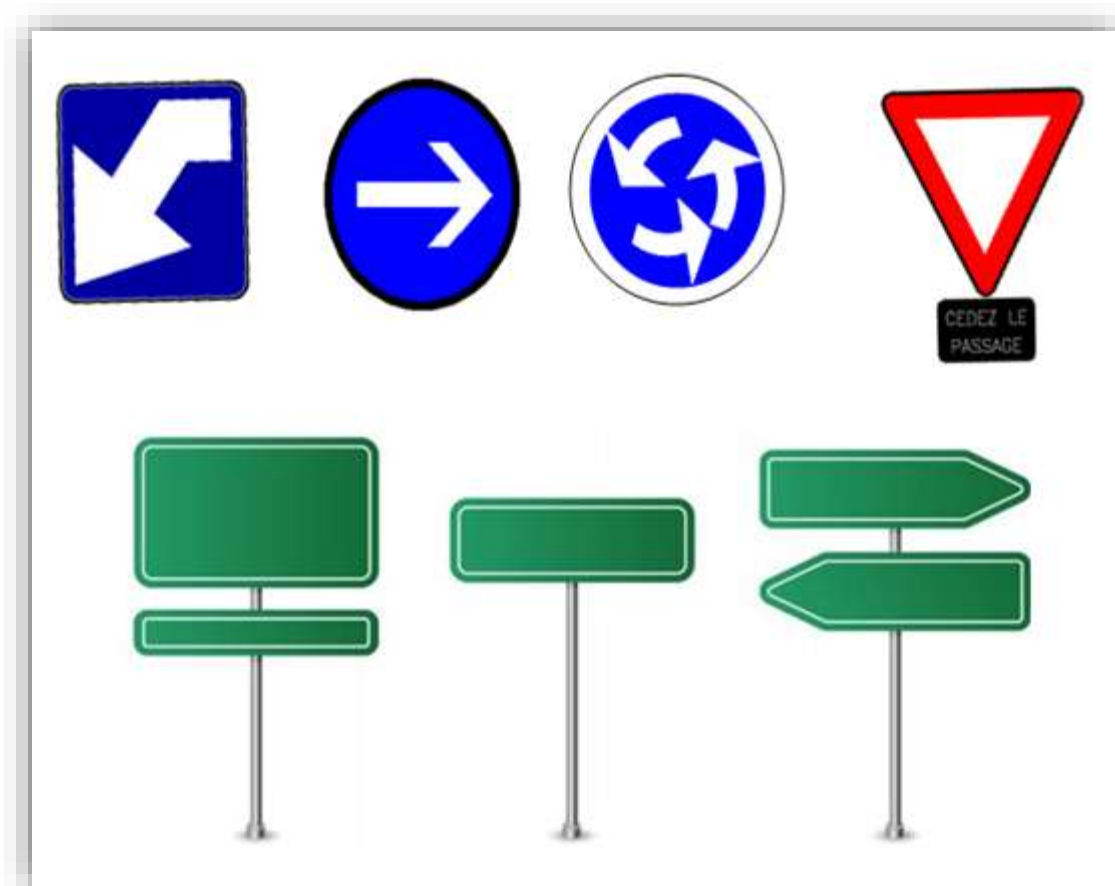


Figure XII.10: Signalisation verticale type E.

XII.9. Eclairage

XII.9.1. Introduction

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible. Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement. Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels. On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- 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 (carre four, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

XII.9.2. Paramètres d'implantation des luminaires

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

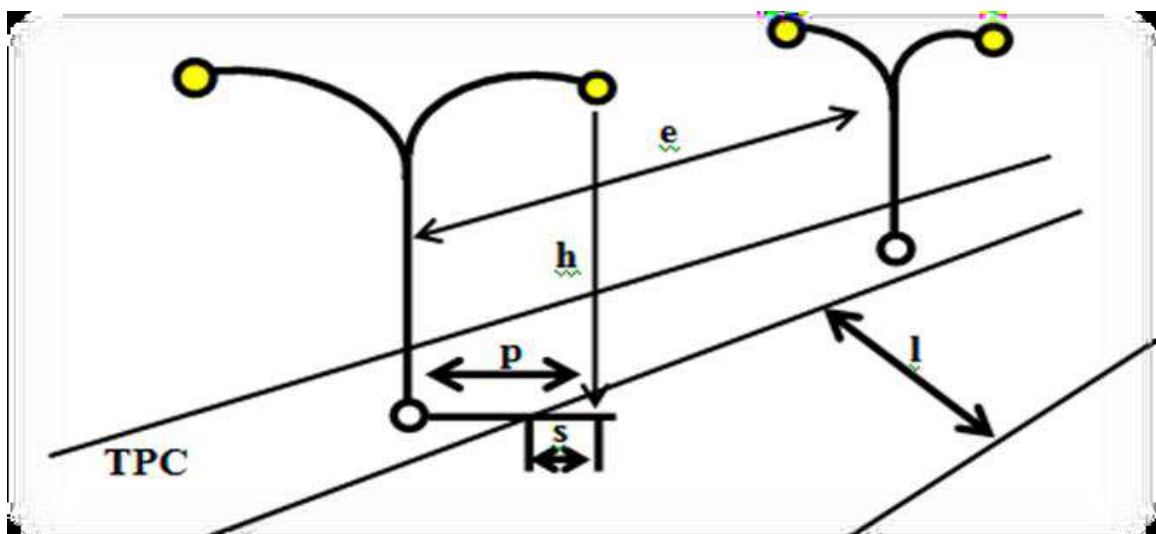


Figure XII.11: Paramètres de l'implantation des luminaires.

XII.9.3. Eclairage de la voie (le long de la route)

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route (la voie express).

XII.10. Sécurité

La route une fois réalisée aura besoin des équipements qui serviront à assurer la sécurité d'un coté et à guider les usagers de la route d'un autre coté.

XII.10.1. Dispositifs de sécurité

Les dispositifs de retenues sont nécessaires pour assurer les bonnes conditions de sécurité aux usagers de la route, ils constituent :

a) Glissières de sécurité


- **Glissières de niveau 1** : adoptées pour les routes principales.
- **Glissières de niveau 2 et 3** : adoptées aux endroits où les vitesses appliquées sont faibles.

Eventuellement **des glissières sur le T.P.C** pour les routes à deux chaussées, et sur accotements en présence d'obstacles ou autre configuration agressive, ou le cas de grandes hauteurs de remblais. [33]

b) La murette de protection en béton armé

Envisagée lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd est important, comme :

- Une section de la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10m. [33]

A decorative orange scroll frame with rounded corners and a vertical strip on the left side, resembling a rolled-up document. The text is centered within the frame.

***Conclusion
générale***

Conclusion générale

Nous avons arrivés par cette étude à la mise de 2 x 2 voies et avoir exposé les différentes étapes de réalisation d'un dédoublement respectant toutes les différents guides et normes algériennes tels que le guide des terrassements routiers (GTR- fascicules 1 et 2), le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves CTTP et le B40, cette expérience nous a permis de connaître pas mal de logiciels de calcul importants dans le domaine de la construction routière, comme exemple: Piste 5, Alizée LCPC et Autocad.

Cette étude est basée sur la géométrie de la route, en effet à travers les différents profils en long et en travers ainsi que le tracé en plan qui doit être en équilibre entre les besoins en visibilité et les contraintes spécifiques du projet, nous avons pu:

- Identifier et choisir la forme et l'allure de notre dédoublement;
- Mettre en évidence les largeurs des voies, des accotements, des fossés et de l'emprise;
- Limiter les pentes de talus qui conditionnent la stabilité, les pentes transversales de la chaussée et des accotements indispensables pour un bon écoulement des eaux.

A partir de l'étude géotechnique, nous avons classé le sol support de chaussée qui est un sol de faibles caractéristiques mécaniques de classe S4, ce qui justifie l'emploi et l'ajout d'une couche de forme de 60cm de TVO mise en place en deux couches et qui donnera au sol une meilleure portance. Ainsi, la chaussée obtenue comporte:

- Couche de roulement 6cm en BB;
- Couche de base 12cm en GB;
- Couche de fondation 25cm en GNT;
- Couche de forme 60cm en TVO.

Concernant les travaux d'assainissement et les équipements de notre projet, nous avons proposé les différents moyens utilisés pour assurer un bon écoulement des eaux et bien sûr assurer le confort et la sécurité des futurs usagers. Ce projet était une expérience pleine de connaissance, et une première étape pour entrer dans le monde du travail, nous avons appris à gérer les problèmes techniques qui nous seront confrontés sur le terrain, nous avons également appris que la maîtrise des techniques et de la programmation jouent un rôle majeur pour la facilitation et la réalisation des études.



***Références
bibliographique***

Références bibliographiques

- [1] <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/monographie-de-la-wilaya-de-mila>.
- [2] <http://www.carte-algerie.com>.
- [3] <http://dspace-univ-msila.dz>.
- [4] Rapport technique. «Etude de trafic de dédoublement de la RN 77A entre carrefour RN77A et limite de la wilaya de Sétif sur 12Kms». Document technique établie par la société d'études techniques de Sétif (SETS), Octobre 2021.
- [5]B40, Normes techniques d'aménagements des routes. «Etude générale technique et économiques des aménagements routiers». Direction des études générale et de la réglementation techniques, ministre des travaux publics, Algérie, 1977.
- [6] «Cours de route 1, 4^{ème} année génie civil», département génie civil, option VOA, Université Sidi Bel Abbes.
- [7] Michel.F, «Cours de route, tome 01». Livre traite sous forme de PDF par Mr Boulgheb.B, élève ingénieur ENSTP EX(ENTP), ENTPE ALEAS, Lyon, France, 1997.
- [8] <http://dspace.univ-djelfa.dz/>.
- [9] Roger.C, «Route circulation tracé et construction». Livre 1. Paris; Eyrolles, 1985.
- [10] Guide technique, «Conception et dimensionnement des structures de chaussées».LCPC, SETRA. Paris; Bagnaux, décembre 1994.
- [11] Kara.B, «Cours de route». École nationale travaux publics, Algérie, 2008-2009.
- [12] Chokolati.A, «Cours de route». École Hassania des travaux publics, Casablanca, Morocco, 2014.
- [13] Visa.F. «Les routes, Cours module C9.IUT st Pierre». France, 2009.
- [14] Guide Technique. «Assainissement Routier». SETRA-LCPC, 2006.
- [15] Faure.M. «Route, Tome 01». Livre traite sous forme de PDF par M.BOULGHEB BOUBAKR, Elève ingénieur ENSTP EX(ENTP), ENTPE ALEAS, 1997.
- [16] Note technique. «SETRA, BRENAC, Relations vitesse, courbure, devers». Paris, Bagnaux, 2000.

- [17] <https://www.geotechniquejournal.org/articles/geotech/pdf/1983/1/geotech1983022p1.pdf>.
- [18] Laboratoire Aiche Géo Sol, «Etude géotechnique du projet de dédoublement de la RN 77A entre carrefour RN77A et limite de la wilaya de Sétif sur 12Kms». Rapport d'étude géotechnique, Octobre 2021.
- [19] Meinouh.M.I et Chabbi.A. «Etude de dédoublement d'un tronçon (PK59 – PK77) de la route RN27 reliant la wilaya de Jijel (Milia) et les limites de la wilaya de Mila sur une distance de 18Km». Mémoire de master, département de génie civil, université de Jijel, 2021.
- [20] Guide technique. «Réalisation des remblais et des couches de forme; fascicule 1et2». 2^{ème} édition, LCPC, SETRA, Paris, Bagnaux, pp 1-84 p 102, juillet 2000.
- [21] Guide technique. «Catalogue des structures types de chaussées neuves». LCPC, SETRA, Paris, ministres de l'équipement des transports et du logement, Bagnaux, 297p, 1998.
- [22] Guide technique. «Directive pour la réalisation des assises de chaussées en sables traités aux liants hydrauliques». LCPC, SETRA, Paris, Bagnaux, 1985.
- [23] Rapport technique. «Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves». Fascicule 1, notice d'utilisation ministère des travaux public, CTTTP, 2001.
- [24] Hervé Brunel. «Cours de route». Université d'Orléans I.U.T, Paris, 2005.
- [25] Berthier Jean. «Les routes, géométrie des routes in techniques de l'ingénieur, traité construction C4310», 2011.
- [26] Guide technique. «Aménagement des routes principales». Recommandations techniques pour la conception générale et la géométrie de la route, ARP-SETRA, 1994.
- [27] Jean, Berthier. «Projet et construction de la route». Techniques de l'ingénieur, pp1-38p39.
- [28] Belhayara.F. «Etude d'un tronçon de route: évitement MOSTFA BEN IBRAHIM». Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, université de Djilali liabess Sidi Bel Abbes, 2008.
- [29] «Cours de circulation de master 2 génies civil». Université de Sidi Bel Abbes, 2015.
- [30] Guide technique. «Assainissement Routier et protection de la ressource en eau». SETRA-LCPC, 2009.
- [31] François.G.Brière. «Distribution et collecte des eaux». 2^{ème} édition, école polytechnique de Montréal, p399, 2000.

[32] Guide technique. «Instruction interministérielle sur la signalisation routière – ARRETE DU 7 JUILLET 1977 relatif à la signalisation des routes et autoroutes». Journal officiel du 13 août 1977.

[33] Guide technique. «Guide de plantation des arbres aux abords des routes édité par le ministère des travaux publics». Septembre 2003.

Outils informatiques:

- Logiciel piste.
- Logiciel Auto CAD.
- Logiciel ALIZE –LCPC.

A decorative orange border that resembles a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side. The text is centered within this border.

Les Annexes

Photos puits de sondage - laboratoire S.E.T.S



Puits N° PK 2+100 Argile limoneuse légèrement sableuse. [18]

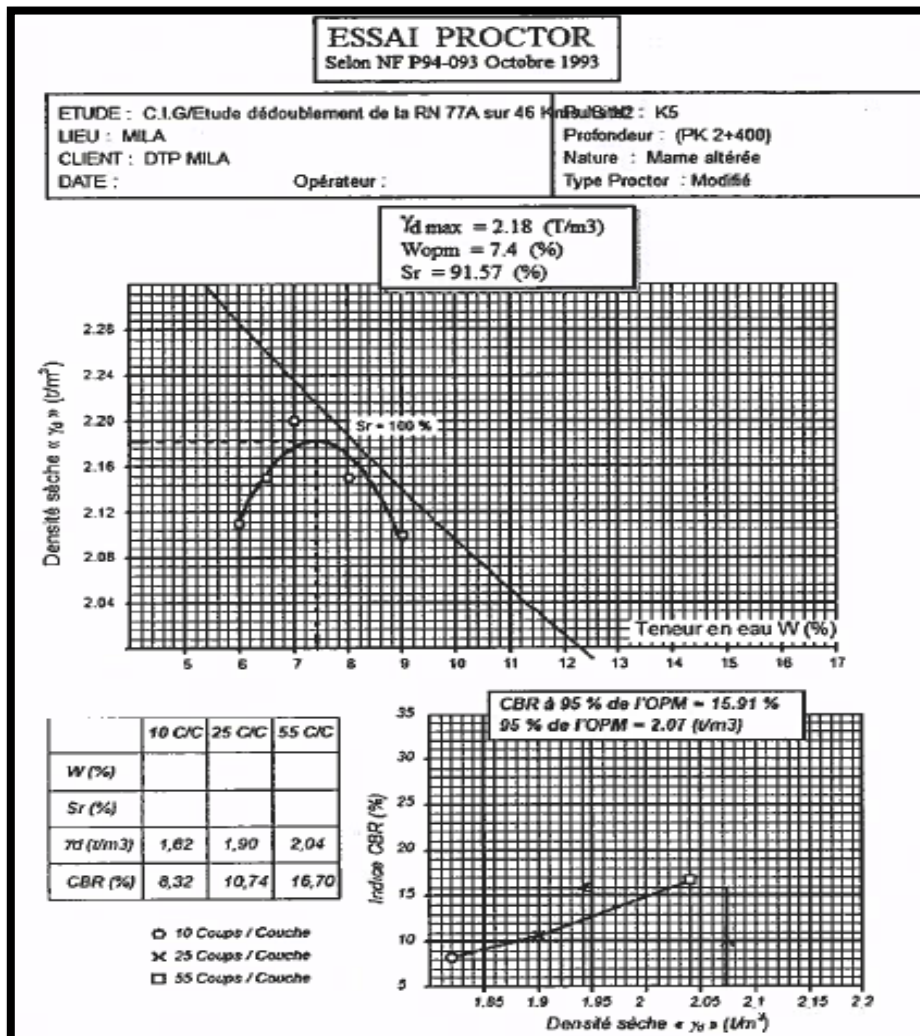
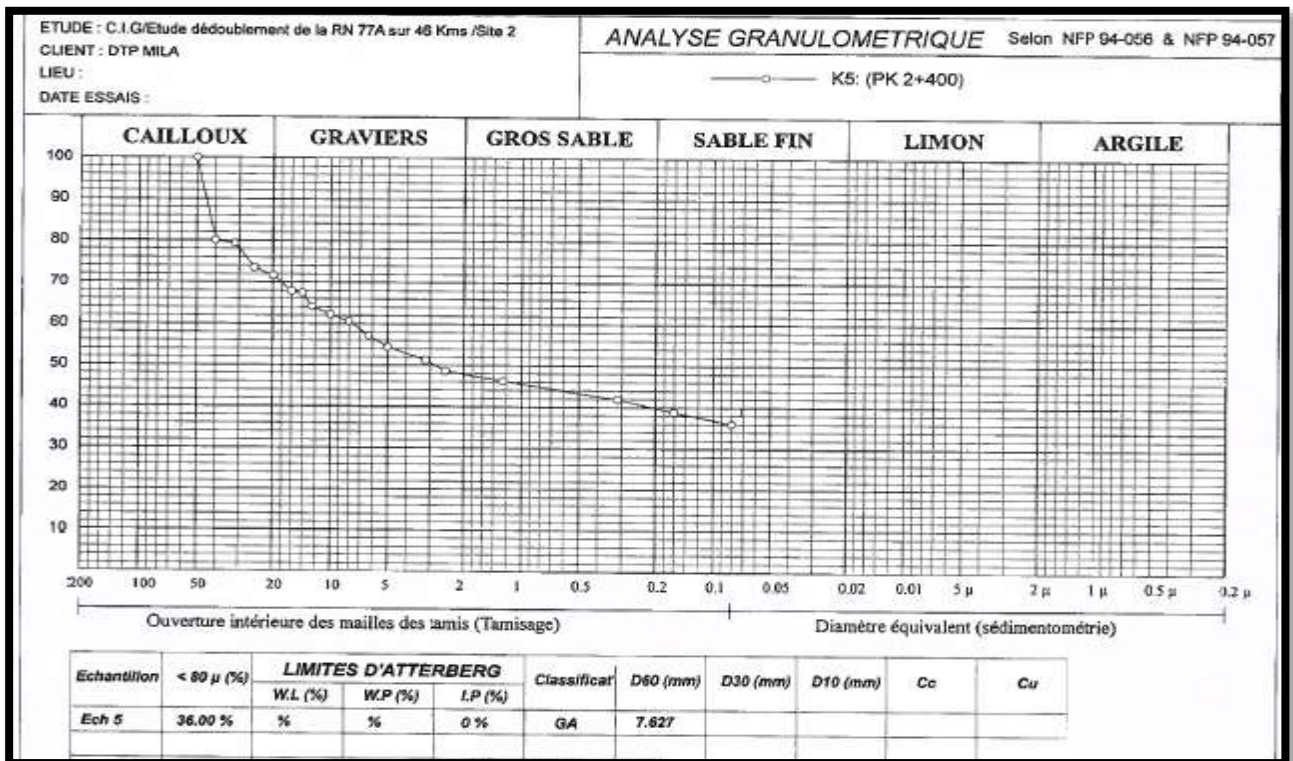


Puits N° PK 6+360 Marne altérée. [18]



Puits N° PK 9+400 Argile limono-sableuse. [18]

Les Courbes

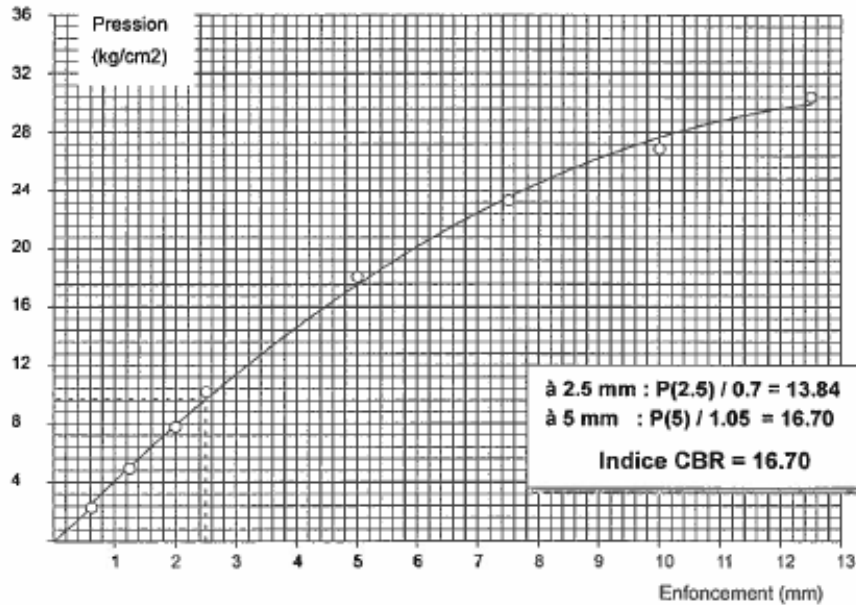


ESSAI C.B.R

Type imbibé

Etude : C.I.G/Etude dédoublement de la RN 77A sur 46 Kms /Site 2
Puits N° : (PK 2+400)
Profondeur : K5
Nature : Marnes altérée
Date essai :

Immersion : 4 Jours
Compactage : 55 C/C
Weau compactage : 8 %
Densité : 2,04 t/m³
Gonflement : mm



RESUTATS DES MESURES

Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn
Enf (mm)	0.63	1.25	2.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50
Lecture	16.00	35.00	55.00	72.00	128.00	165.00	190.00	215.00
Pr(kg/cm ²)	2.26	4.95	7.78	10.18	18.11	23.34	26.88	30.41

Coefficient de l'anneau = 2,73

Surface du piston = 19,3 cm²

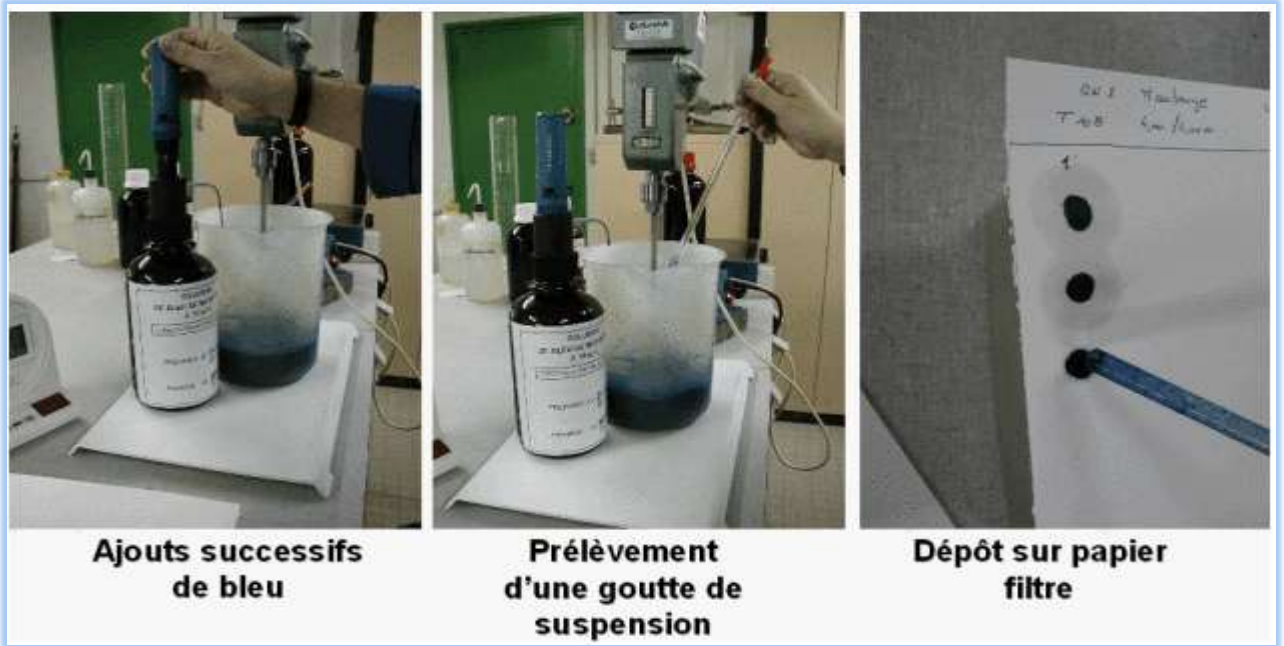
Essais géotechnique



Essai Proctor.



Appareil de CBR.



Essai au bleu de méthylène.



Appareil pour essai granulométrie.



Appareil d'Atterberg.

Listing Des Coordonnées Stations Topographique

	X	Y	Z
ST1	764215.3664	4028885.7173	558.501
ST2	764219.1911	4028771.398	562.321
ST3	764094.0103	4028645.126	568.557
ST4	763904.1553	4028523.086	572.451
ST5	763545.1863	4028333.833	568.973
ST6	763266.4975	4027923.685	583.372
ST7	763282.3847	4027825.218	576.392
ST8	763194.5257	4027536.938	579.899
ST9	763062.685	4027168.444	586.303
ST10	763126.4237	4026989.193	596.754
ST11	763178.157	4026814.498	600.847
ST12	763171.1801	4026712.27	605.459
ST13	763162.663	4026648.256	603.67
ST14	763033.1796	4026425.797	597.406
ST15	762902.738	4026305.823	597.158
ST16	762524.9556	4025888.24	601.948
ST17	762363.2606	4025494.703	618.254
ST18	762275.1788	4025348.126	623.529
ST19	762058.5202	4025166.178	621.015
ST20	761700.9127	4024675.721	638.463
ST21	761653.5549	4024568.486	629.057
ST22	761612.6027	4024428.995	627.883
ST23	761619.9841	4024321.358	628.409
ST24	761810.6529	4024203.386	632.297
ST25	761827.343	4024103.292	632.039

ST26	761649.6143	4023729.707	638.187
ST27	761583.4245	4023547.601	640.793
ST28	761381.8842	4023453.269	652.196
ST29	761101.3735	4023406.239	655.659
ST30	760807.5282	4023225.557	651.446
ST31	760595.4193	4023190.53	658.803
ST32	760347.7696	4023052.3	660.41
ST33	760151.0989	4022905.934	661.47
ST34	759949.9292	4022867.295	663.683
ST35	759568.969	4023001.628	677.289
ST36	759278.3728	4022839.1239	675.203
ST37	758928.8666	4022687.527	678.475
ST38	758739.672	4022583.196	680.909
ST39	758618.8657	4022588.982	682.156
ST40	758453.9334	4022642.483	684.911
ST41	758361.5789	4022697.552	686.592
ST42	758286.0161	4022762.864	688.11
ST43	758206.9466	4022762.494	689.151
ST44	758126.7886	4022786.075	691.427
ST45	757993.4684	4022795.525	694.058
ST46	757730.6265	4022838.209	698.837
ST47	757567.1211	4022873.072	702.002

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	764274.071	4028802.294
D1	GIS = 256.870g	395.963			
			395.963	763965.555	4028554.092
L1	XC= 763652.139 YC= 4028943.669 R = -500.000	113.059			
			509.022	763870.234	4028493.742
D2	GIS = 271.265g	298.928			
			807.949	763601.243	4028363.352
L2	XC= 763688.481 YC= 4028183.382 R = 200.000	127.717			
			935.667	763511.161	4028275.888
D3	GIS = 230.612g	221.149			
			1156.816	763408.872	4028079.817
L3	XC= 763142.892 YC= 4028218.576 R = -300.000	80.831			
			1237.646	763362.340	4028014.022
D4	GIS = 247.765g	73.114			
			1310.760	763312.488	4027960.540
L4	XC= 763400.268 YC= 4027878.718 R = 120.000	123.835			
			1434.595	763284.997	4027845.362
D5	GIS = 182.068g	162.917			
			1597.513	763330.283	4027688.865
L5	XC= 763272.647 YC= 4027672.187 R = -60.000	70.366			
			1667.878	763310.362	4027625.522
D6	GIS = 256.728g	108.910			
			1776.788	763225.657	4027557.064
L6	XC= 763307.371 YC= 4027455.957 R = 130.000	68.931			
			1845.720	763185.743	4027501.854
D7	GIS = 222.972g	289.624			
			2135.343	763083.489	4027230.882

L7	XC= 763251.897 YC= 4027167.331 R = 180.000	114.423			
			2249.766	763078.653	4027118.480
D8	GIS = 182.503g	374.565			
			2624.331	763180.308	4026757.973
L8	XC= 763084.061 YC= 4026730.834 R = -100.000	74.865			
			2699.196	763173.045	4026685.206
D9	GIS = 230.164g	219.554			
			2918.750	763072.866	4026489.839
L9	XC= 762850.407 YC= 4026603.909 R = -250.000	100.949			
			3019.699	763010.156	4026411.606
D10	GIS = 255.870g	316.085			
			3335.784	762767.019	4026209.630
L10	A = 217.729 Rf= 370.000 L = 128.124				
			3463.909	762673.475	4026122.328
	XC= 762955.399 YC= 4025882.706 R = 370.000 L = 41.053				
			3504.962	762648.676	4026089.638
	Rd= 370.000 A = 217.729 L = 128.124	297.302			
			3633.086	762589.809	4025976.030
D11	GIS = 226.762g	555.433			
			4188.520	762363.138	4025468.953
L11	XC= 762134.903 YC= 4025570.978 R = -250.000	97.989			
			4286.509	762306.856	4025389.505
D12	GIS = 251.714g	293.677			
			4580.185	762093.680	4025187.511
L12	XC= 761749.773 YC= 4025550.455 R = -500.000	46.712			
			4626.897	762058.322	4025157.011

D13	GIS = 257.662g	226.589			
			4853.485	761880.022	4025017.184
L13	XC= 762034.297 YC= 4024820.463 R = 250.000	109.047			
			4962.533	761811.355	4024933.586
D14	GIS = 229.893g	228.418			
			5190.950	761707.997	4024729.890
L14	XC= 762153.881 YC= 4024503.644 R = 500.000	76.684			
			5267.634	761678.668	4024659.118
D15	GIS = 220.129g	146.810			
			5414.444	761633.018	4024519.586
L15	XC= 761870.624 YC= 4024441.849 R = 250.000	72.785			
			5487.229	761620.703	4024448.111
D16	GIS = 201.595g	90.190			
			5577.419	761618.444	4024357.949
L16	XC= 761668.428 YC= 4024356.697 R = 50.000	48.289			
			5625.708	761638.968	4024316.297
D17	GIS = 140.111g	186.291			
			5811.999	761789.489	4024206.535
L17	XC= 761771.813 YC= 4024182.296 R = -30.000	19.834			
			5831.833	761800.648	4024190.574
D18	GIS = 182.201g	71.674			
			5903.507	761820.427	4024121.683
L18	XC= 761791.592 YC= 4024113.405 R = -30.000	22.338			
			5925.845	761818.407	4024099.952
D19	GIS = 229.603g	352.199			
			6278.044	761660.472	4023785.149
L19	XC= 761928.619 YC= 4023650.622 R = 300.000	55.390			
			6333.434	761640.333	4023733.635
D20	GIS = 217.849g	148.740			

			6482.174	761599.175	4023590.702
L20	XC= 761406.984 YC= 4023646.044 R = -200.000	216.786			
			6698.961	761447.990	4023450.293
D21	GIS = 286.854g	227.102			
			6926.063	761225.713	4023403.730
L21	XC= 761276.970 YC= 4023159.041 R = 250.000	60.214			
			6986.277	761168.826	4023384.440
D22	GIS = 271.521g	144.160			
			7130.437	761038.852	4023322.079
L22	A = 326.190 Rf= -800.000 L = 133.000				
			7263.437	760917.429	4023267.907
	XC= 760632.447 YC= 4024015.427 R = -800.000 L = 14.342				
			7277.779	760903.983	4023262.918
	Rd= -800.000				
	A = 326.190 L = 133.000	280.342			
			7410.779	760776.609	4023224.786
D23	GIS = 283.246g	156.531			
			7567.310	760625.467	4023184.065
L23	A = 257.876 Rf= 500.000 L = 133.000				
			7700.310	760498.806	4023143.840
	XC= 760691.752 YC= 4022682.568 R = 500.000 L = 1.551				
			7701.861	760497.376	4023143.240
	Rd= 500.000 A = 257.876 L = 133.000	267.551			
			7834.861	760379.990	4023080.936
D24	GIS = 266.114g	349.839			
			8184.700	760078.550	4022903.395

L24	XC= 759977.051 YC= 4023075.726 R = -200.000	164.848			
			8349.547	759919.484	4022884.189
D25	GIS = 318.587g	301.391			
			8650.938	759630.848	4022970.940
L25	XC= 759584.794 YC= 4022817.711 R = 160.000	117.644			
			8768.583	759516.165	4022962.245
D26	GIS = 271.778g	490.519			
			9259.102	759073.061	4022751.845
L26	A = 178.798 Rf= 280.000 L = 114.174				
			9373.275	758973.670	4022696.087
	XC= 759142.496 YC= 4022472.708 R = 280.000 L = 81.732				
			9455.008	758916.530	4022638.054
	Rd= 280.000 A = 178.798 L = 114.174	310.080			
			9569.181	758862.318	4022537.811
D27	GIS = 227.236g	155.401			
			9724.582	758797.844	4022396.416
L27	A = 165.298 Rf= -250.000 L = 109.293				
Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			9833.876	758745.494	4022300.740
	XC= 758545.931 YC= 4022451.320 R = -250.000 L = 298.629				
			10132.505	758479.218	4022210.386
	Rd= -250.000 A = 165.298 L = 109.293	517.216			
			10241.798	758379.453	4022254.446
D28	GIS = 331.112g	176.695			
			10418.493	758223.442	4022337.403

L28	A = 165.298 Rf= 250.000 L = 109.293				
			10527.786	758123.677	4022381.463
	XC= 758056.964 YC= 4022140.529 R = 250.000 L = 34.223				
			10562.009	758090.174	4022388.313
	Rd= 250.000 A = 165.298 L = 109.293	252.810			
			10671.303	757981.121	4022386.948
D29	GIS = 294.566g	225.409			
			10896.711	757756.533	4022367.732
L29	A = 187.674 Rf= -300.000 L = 117.405				
			11014.116	757639.352	4022365.371
	XC= 757672.381 YC= 4022663.547 R = -300.000 L = 343.604				
			11357.720	757387.154	4022570.566
	Rd= -300.000 A = 187.674 L = 117.405	578.413			
			11475.124	757365.634	4022685.778
D30	GIS = 392.395g	224.476			
			11699.600	757338.884	4022908.654
LONGUEUR DE L'AXE 11699.600					

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	561.009
D1	PENTE= 2.317 %	315.406		
			315.406	568.317
PAR1	S= 431.2579 Z= 569.6589 R = -5000.00	128.028		
			443.434	569.644
D2	PENTE= -0.244 %	485.192		
			928.626	568.463
PAR2	S= 943.2373 Z= 568.4448 R = 6000.00	133.508		
			1062.134	569.623
D3	PENTE= 1.982 %	273.486		
			1335.620	575.042
PAR3	S= 1454.5169 Z= 576.2203 R = -6000.00	48.219		
			1383.840	575.804
D4	PENTE= 1.178 %	852.488		
			2236.328	585.846
PAR4	S= 2177.4300 Z= 585.4990 R = 5000.00	246.885		
			2483.212	594.849
D5	PENTE= 6.116 %	48.483		
			2531.696	597.814
PAR5	S= 2715.1651 Z= 603.4245 R = -3000.00	256.249		
			2787.944	602.542
D6	PENTE= -2.426 %	349.829		
			3137.773	594.055
PAR6	S= 3283.3315 Z= 592.2894 R = 6000.00	86.974		
			3224.747	592.575
D7	PENTE= -0.976 %	43.492		
			3268.239	592.151
PAR7	S= 3307.2953 Z= 591.9601 R = 4000.00	131.242		
			3399.481	593.022
D8	PENTE= 2.305 %	425.648		
			3825.129	602.832
PAR8	S= 3640.7574 Z= 600.7074 R = 8000.00	188.142		
			4013.271	609.380

D9	PENTE= 4.656 %	117.323		
			4130.594	614.843
PAR9	S= 4363.4150 Z= 620.2640 R = -5000.00	178.532		
			4309.126	619.969
D10	PENTE= 1.086 %	115.418		
			4424.544	621.222
PAR10	S= 4511.4062 Z= 621.6940 R = -8000.00	143.232		
			4567.776	621.495
D11	PENTE= -0.705 %	95.989		
			4663.765	620.819
PAR11	S= 4720.1346 Z= 620.6204 R = 8000.00	232.470		
			4896.235	622.559
D12	PENTE= 2.201 %	229.371		
			5125.606	627.608
PA12	S= 5301.7067 Z= 629.5459 R = -8000.00	262.788		
			5388.394	629.076
D13	PENTE= -1.084 %	116.601		
			5504.995	627.813
PAR13	S= 5548.3385 Z= 627.5779 R = 4000.00	150.010		
			5655.005	629.000
D14	PENTE= 2.667 %	1.972		
			5656.977	629.053
PAR14	S= 5816.9767 Z= 631.1860 R = -6000.00	146.047		
			5803.023	631.170
D15	PENTE= 0.233 %	248.044		
			6051.068	631.747
PAR15	S= 6037.1142 Z= 631.7304 R = 6000.00	217.865		
			6268.932	636.209
D16	PENTE= 3.864 %	50.462		
			6319.394	638.158
PAR16	S= 6473.9394 Z= 641.1439 R = -4000.00	121.212		
			6440.606	641.005
D17	PENTE= 0.833 %	15.943		
			6456.549	641.138
PAR17	S= 6506.5492 Z= 641.3462 R = -6000.00	86.902		
			6543.451	641.233
D18	PENTE= -0.615 %	35.038		

			6578.489	641.017
PAR18	S= 6596.9395 Z= 640.9605 R = 3000.00	83.663		
			6662.151	641.669
D19	PENTE= 2.174 %	29.333		
			6691.484	642.307
PAR19	S= 6865.3828 Z= 644.1970 R = -8000.00	94.131		
			6785.616	643.799
D20	PENTE= 0.997 %	112.537		
			6898.153	644.921
PAR20	S= 6399.6077 Z= 642.4359 R = 50000.00	244.434		
			7142.587	647.956
D21	PENTE= 1.486 %	64.741		
			7207.329	648.918
PAR21	S= 6315.7532 Z= 642.2939 R = 60000.00	261.363		
			7468.691	653.371
D22	PENTE= 1.922 %	102.564		
			7571.256	655.342
PAR22	S= 7724.9810 Z= 656.8189 R = -8000.00	16.448		
			7587.704	655.641
D23	PENTE= 1.716 %	196.255		
			7783.959	659.009
PAR23	S= 8127.1517 Z= 661.9533 R = -20000.00	232.081		
			8016.041	661.645
D24	PENTE= 0.556 %	50.071		
			8066.111	661.923
PAR24	S= 8010.5556 Z= 661.7685 R = 10000.00	27.778		
			8093.889	662.116
D25	PENTE= 0.833 %	31.334		
			8125.223	662.377
PAR25	S= 8541.8893 Z= 664.1130 R = -50000.00	149.555		
			8274.777	663.399
D26	PENTE= 0.534 %	134.278		
			8409.055	664.117
PAR26	S= 8366.3174 Z= 664.0027 R = 8000.00	180.889		
			8589.945	667.128
D27	PENTE= 2.795 %	158.242		
			8748.186	671.552

PAR27	S= 8971.8136 Z= 674.6772 R = -8000.00	103.627		
			8851.814	673.777
D28	PENTE= 1.500 %	78.548		
			8930.361	674.955
PAR28	S= 9050.3614 Z= 675.8554 R = -8000.00	139.277		
			9069.639	675.832
D29	PENTE= -0.241 %	327.058		
			9396.697	675.044
PAR29	S= 9382.2392 Z= 675.0615 R = -6000.00	36.606		
			9433.303	674.844
D30	PENTE= -0.851 %	91.165		
			9524.468	674.068
PAR30	S= 9575.5319 Z= 673.8511 R = 6000.00	251.064		
			9775.532	677.184
D31	PENTE= 3.333 %	121.135		
			9896.667	681.222
PAR31	S= 9563.3333 Z= 675.6667 R = 10000.00	166.667		
			10063.333	688.167
D32	PENTE= 5.000 %	218.578		
			10281.912	699.096
PAR32	S= 10531.9118 Z= 705.3456 R = -5000.00	316.176		
			10598.088	704.908
D33	PENTE= -1.324 %	170.567		
			10768.655	702.650
PAR33	S= 10887.7731 Z= 701.8619 R = 9000.00	22.689		
			10791.345	702.378
D34	PENTE= -1.071 %	365.798		
			11157.143	698.459
PAR34	S= 11092.8571 Z= 698.8036 R = -6000.00	85.714		
			11242.857	696.929
D35	PENTE= -2.500 %	33.643		
			11276.500	696.088
PAR35	S= 11341.5000 Z= 695.2750 R = 2600.00	247.000		
			11523.500	701.645
D36	PENTE= 7.000 %	8.969		
			11532.469	702.273
PAR36	S= 11637.4689 Z= 705.9478 R = -1500.00	135.062		
			11667.531	705.647
D37	PENTE= -2.004 %	32.069		
			11699.600	705.004
LONGUEUR DE L'AXE 11699.600				

VOLUME TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	0.0	125.2	0.0	0.0
2	20.000	0.0	189.3	0.0	0.0
3	40.000	0.0	185.0	0.0	0.0
4	60.000	0.0	254.6	0.0	0.0
5	80.000	0.0	234.3	0.0	0.0
6	100.000	0.0	374.3	0.0	0.0
7	120.000	0.0	390.1	0.0	0.0
8	140.000	0.0	487.3	0.0	0.0
9	160.000	0.0	717.7	0.0	0.0
10	180.000	0.0	483.6	0.0	0.0
11	200.000	0.0	796.3	0.0	0.0
12	220.000	0.0	806.5	0.0	0.0
13	240.000	0.0	954.8	0.0	0.0
14	260.000	0.0	827.0	0.0	0.0
15	280.000	0.0	548.3	0.0	0.0
16	300.000	0.0	467.2	0.0	0.0
17	320.000	0.0	282.7	0.0	0.0
18	340.000	0.3	171.0	0.0	0.0
19	360.000	10.3	132.5	0.0	0.0
20	380.000	0.0	375.1	0.0	0.0
21	395.963	0.0	210.5	0.0	0.0
22	400.000	0.0	260.7	0.0	0.0
23	420.000	0.0	481.0	0.0	0.0
24	440.000	0.0	862.4	0.0	0.0
25	460.000	0.0	1192.0	0.0	0.0
26	480.000	0.0	1553.3	0.0	0.0
27	500.000	0.3	336.5	0.0	0.0
28	509.022	0.0	194.9	0.0	0.0
29	520.000	0.0	251.1	0.0	0.0
30	540.000	0.0	177.9	0.0	0.0
31	560.000	1.5	162.9	0.0	0.0
32	580.000	1.6	244.9	0.0	0.0
33	600.000	23.5	167.6	0.0	0.0
34	620.000	0.0	211.9	0.0	0.0
35	640.000	10.2	135.3	0.0	0.0
36	660.000	0.0	169.4	0.0	0.0
37	680.000	0.0	113.9	0.0	0.0
38	700.000	0.0	241.9	0.0	0.0
39	720.000	0.0	262.6	0.0	0.0

40	740.000	4.4	54.5	0.0	0.0
41	760.000	83.4	1.9	0.0	0.0
42	780.000	273.1	6.3	0.0	0.0
43	800.000	192.4	31.8	0.0	0.0
44	807.949	138.9	18.0	0.0	0.0
45	820.000	55.8	90.0	0.0	0.0
46	840.000	110.2	199.1	0.0	0.0
47	860.000	0.0	366.4	0.0	0.0
48	880.000	0.0	460.3	0.0	0.0
49	900.000	0.0	467.9	0.0	0.0
50	920.000	0.0	356.1	0.0	0.0
51	935.667	0.0	331.8	0.0	0.0
52	940.000	0.0	438.4	0.0	0.0
53	960.000	0.0	752.2	0.0	0.0
54	980.000	108.7	187.2	0.0	0.0
55	1000.000	114.0	248.0	0.0	0.0
56	1020.000	117.9	69.4	0.0	0.0
57	1040.000	25.2	138.5	0.0	0.0
58	1060.000	250.3	17.7	0.0	0.0
59	1080.000	84.7	1.4	0.0	0.0
60	1100.000	293.4	130.8	0.0	0.0
61	1120.000	338.9	0.0	0.0	0.0
62	1140.000	484.2	0.0	0.0	0.0
63	1156.816	157.4	0.0	0.0	0.0
64	1160.000	164.3	0.0	0.0	0.0
65	1180.000	386.6	0.0	0.0	0.0
66	1200.000	497.8	1.3	0.0	0.0
67	1220.000	460.7	166.8	0.0	0.0
68	1237.646	132.2	5.3	0.0	0.0
69	1240.000	202.5	5.2	0.0	0.0
70	1260.000	949.6	217.6	0.0	0.0
71	1280.000	811.6	803.4	0.0	0.0
72	1300.000	374.2	821.6	0.0	0.0
73	1310.760	209.8	594.2	0.0	0.0
74	1320.000	164.9	988.5	0.0	0.0
75	1340.000	0.0	2410.6	0.0	0.0
76	1360.000	0.0	4399.4	0.0	0.0
77	1380.000	0.0	3894.4	0.0	0.0
78	1400.000	0.0	5215.2	0.0	0.0
79	1420.000	9.4	2158.5	0.0	0.0
80	1434.595	4.1	348.1	0.0	0.0

81	1440.000	12.1	86.6	0.0	0.0
82	1460.000	246.5	31.0	0.0	0.0
83	1480.000	62.1	128.9	0.0	0.0
84	1500.000	53.7	110.9	0.0	0.0
85	1520.000	81.7	108.7	0.0	0.0
86	1540.000	54.6	64.9	0.0	0.0
87	1560.000	458.5	1.7	0.0	0.0
88	1580.000	113.6	13.5	0.0	0.0
89	1597.513	48.7	12.9	0.0	0.0
90	1600.000	42.5	15.0	0.0	0.0
91	1620.000	11.6	26.8	0.0	0.0
92	1640.000	81.8	38.4	0.0	0.0
93	1660.000	80.7	66.1	0.0	0.0
94	1667.878	74.5	27.0	0.0	0.0
95	1680.000	168.6	3.9	0.0	0.0
96	1700.000	355.4	0.0	0.0	0.0
97	1720.000	148.2	4.1	0.0	0.0
98	1740.000	133.7	2.6	0.0	0.0
99	1760.000	192.7	23.1	0.0	0.0
100	1776.788	93.1	14.4	0.0	0.0
101	1780.000	106.0	16.8	0.0	0.0
102	1800.000	329.8	34.0	0.0	0.0
103	1820.000	281.0	53.0	0.0	0.0
104	1840.000	167.5	61.3	0.0	0.0
105	1845.720	121.1	56.2	0.0	0.0
106	1860.000	198.3	125.2	0.0	0.0
107	1880.000	170.5	133.6	0.0	0.0
108	1900.000	162.0	117.9	0.0	0.0
109	1920.000	218.3	42.3	0.0	0.0
110	1940.000	240.6	8.2	0.0	0.0
111	1960.000	143.6	32.8	0.0	0.0
112	1980.000	187.7	13.5	0.0	0.0
113	2000.000	216.3	38.1	0.0	0.0
114	2020.000	176.8	50.6	0.0	0.0
115	2040.000	101.6	85.5	0.0	0.0
116	2060.000	53.8	189.9	0.0	0.0
117	2080.000	13.0	268.3	0.0	0.0
118	2100.000	15.7	356.6	0.0	0.0
119	2120.000	3.1	301.8	0.0	0.0
120	2135.343	0.0	182.1	0.0	0.0
121	2140.000	0.0	224.7	0.0	0.0

122	2160.000	0.0	349.7	0.0	0.0
123	2180.000	0.0	701.1	0.0	0.0
124	2200.000	0.0	787.3	0.0	0.0
125	2220.000	0.0	455.6	0.0	0.0
126	2240.000	0.0	577.1	0.0	0.0
127	2249.766	0.0	659.0	0.0	0.0
128	2260.000	0.0	1042.6	0.0	0.0
129	2280.000	0.0	1104.8	0.0	0.0
130	2300.000	0.0	1817.7	0.0	0.0
131	2320.000	2.0	1374.7	0.0	0.0
132	2340.000	225.9	1641.4	0.0	0.0
133	2360.000	343.0	120.1	0.0	0.0
134	2380.000	533.9	267.8	0.0	0.0
135	2400.000	40.0	1352.5	0.0	0.0
136	2420.000	0.0	2383.8	0.0	0.0
137	2440.000	0.0	2187.8	0.0	0.0
138	2460.000	0.0	2058.5	0.0	0.0
139	2480.000	24.0	1883.3	0.0	0.0
140	2500.000	0.0	1225.3	0.0	0.0
141	2520.000	0.0	1864.5	0.0	0.0
142	2540.000	0.0	1410.7	0.0	0.0
143	2560.000	7.4	541.2	0.0	0.0
144	2580.000	93.7	280.4	0.0	0.0
145	2600.000	0.0	1306.6	0.0	0.0
146	2620.000	0.0	1585.2	0.0	0.0
147	2624.331	0.0	1414.7	0.0	0.0
148	2640.000	0.0	2707.9	0.0	0.0
149	2660.000	0.0	3509.0	0.0	0.0
150	2680.000	0.0	2778.9	0.0	0.0
151	2699.196	0.0	980.3	0.0	0.0
152	2700.000	0.0	919.3	0.0	0.0
153	2720.000	0.0	581.8	0.0	0.0
154	2740.000	13.3	130.0	0.0	0.0
155	2760.000	281.2	72.8	0.0	0.0
156	2780.000	373.4	115.4	0.0	0.0
157	2800.000	383.7	0.1	0.0	0.0
158	2820.000	526.0	0.0	0.0	0.0
159	2840.000	434.4	1.8	0.0	0.0
160	2860.000	368.1	4.1	0.0	0.0
161	2880.000	125.2	88.4	0.0	0.0
162	2900.000	348.8	144.1	0.0	0.0

163	2918.750	503.3	305.4	0.0	0.0
164	2920.000	532.4	346.5	0.0	0.0
165	2940.000	556.6	410.2	0.0	0.0
166	2960.000	152.8	518.7	0.0	0.0
167	2980.000	236.9	22.6	0.0	0.0
168	3000.000	221.8	38.7	0.0	0.0
169	3019.699	224.4	133.1	0.0	0.0
170	3020.000	243.1	129.6	0.0	0.0
171	3040.000	1107.8	234.9	0.0	0.0
172	3060.000	474.3	1587.3	0.0	0.0
173	3080.000	102.8	1101.3	0.0	0.0
174	3100.000	0.0	319.0	0.0	0.0
175	3120.000	0.0	492.1	0.0	0.0
176	3140.000	0.0	574.0	0.0	0.0
177	3160.000	0.0	897.1	0.0	0.0
178	3180.000	0.0	1037.9	0.0	0.0
179	3200.000	0.0	881.9	0.0	0.0
180	3220.000	1213.6	205.3	0.0	0.0
181	3240.000	15.8	508.6	0.0	0.0
182	3260.000	1295.2	0.0	0.0	0.0
183	3280.000	393.6	222.8	0.0	0.0
184	3300.000	0.0	1109.1	0.0	0.0
185	3320.000	0.0	815.5	0.0	0.0
186	3335.784	0.0	297.1	0.0	0.0
187	3340.000	0.0	425.6	0.0	0.0
188	3360.000	0.0	902.5	0.0	0.0
189	3380.000	0.0	610.7	0.0	0.0
190	3400.000	0.0	496.1	0.0	0.0
191	3420.000	0.0	340.7	0.0	0.0
192	3440.000	1.9	212.8	0.0	0.0
193	3460.000	4.0	56.9	0.0	0.0
194	3463.909	2.5	39.4	0.0	0.0
195	3480.000	0.2	42.3	0.0	0.0
196	3500.000	16.8	78.4	0.0	0.0
197	3504.962	0.0	65.1	0.0	0.0
198	3520.000	29.1	34.9	0.0	0.0
199	3540.000	58.8	29.8	0.0	0.0
200	3560.000	31.0	55.0	0.0	0.0
201	3580.000	41.6	79.8	0.0	0.0
202	3600.000	22.5	113.7	0.0	0.0
203	3620.000	7.3	96.9	0.0	0.0

204	3633.086	0.3	67.0	0.0	0.0
205	3640.000	0.1	98.7	0.0	0.0
206	3660.000	0.0	178.3	0.0	0.0
207	3680.000	0.0	160.0	0.0	0.0
208	3700.000	0.0	173.7	0.0	0.0
209	3720.000	0.0	242.6	0.0	0.0
210	3740.000	0.0	300.4	0.0	0.0
211	3760.000	0.0	297.0	0.0	0.0
212	3780.000	0.0	268.2	0.0	0.0
213	3800.000	9.1	185.6	0.0	0.0
214	3820.000	6.2	96.5	0.0	0.0
215	3840.000	68.9	204.4	0.0	0.0
216	3860.000	97.1	148.4	0.0	0.0
217	3880.000	56.4	181.5	0.0	0.0
218	3900.000	45.1	177.4	0.0	0.0
219	3920.000	9.1	214.8	0.0	0.0
220	3940.000	0.0	456.8	0.0	0.0
221	3960.000	0.0	870.6	0.0	0.0
222	3980.000	0.0	785.8	0.0	0.0
223	4000.000	0.0	670.4	0.0	0.0
224	4020.000	0.0	252.4	0.0	0.0
225	4040.000	0.0	298.9	0.0	0.0
226	4060.000	0.0	526.6	0.0	0.0
227	4080.000	62.3	188.2	0.0	0.0
228	4100.000	33.6	175.9	0.0	0.0
229	4120.000	0.0	237.5	0.0	0.0
230	4140.000	0.0	488.5	0.0	0.0
231	4160.000	0.0	583.1	0.0	0.0
232	4180.000	0.0	460.2	0.0	0.0
233	4188.520	0.0	307.4	0.0	0.0
234	4200.000	0.9	528.4	0.0	0.0
235	4220.000	0.0	465.0	0.0	0.0
236	4240.000	0.0	487.0	0.0	0.0
237	4260.000	12.9	576.2	0.0	0.0
238	4280.000	17.1	271.3	0.0	0.0
239	4286.509	15.6	189.9	0.0	0.0
240	4300.000	92.4	231.4	0.0	0.0
241	4320.000	34.4	305.9	0.0	0.0
242	4340.000	0.0	235.6	0.0	0.0
243	4360.000	0.7	299.3	0.0	0.0
244	4380.000	55.4	299.7	0.0	0.0

245	4400.000	1.1	310.9	0.0	0.0
246	4420.000	22.8	261.7	0.0	0.0
247	4440.000	101.5	188.5	0.0	0.0
248	4460.000	176.6	125.3	0.0	0.0
249	4480.000	380.9	65.0	0.0	0.0
250	4500.000	239.7	43.4	0.0	0.0
251	4520.000	60.9	126.6	0.0	0.0
252	4540.000	18.6	112.6	0.0	0.0
253	4560.000	6.9	86.6	0.0	0.0
254	4580.000	1.8	65.5	0.0	0.0
255	4580.185	1.8	64.5	0.0	0.0
256	4600.000	0.0	136.2	0.0	0.0
257	4620.000	8.8	114.0	0.0	0.0
258	4626.897	6.2	118.9	0.0	0.0
259	4640.000	79.2	200.0	0.0	0.0
260	4660.000	170.9	180.3	0.0	0.0
261	4680.000	104.2	197.6	0.0	0.0
262	4700.000	80.8	1.4	0.0	0.0
263	4720.000	174.0	93.5	0.0	0.0
264	4740.000	106.2	207.9	0.0	0.0
265	4760.000	29.4	106.1	0.0	0.0
266	4780.000	0.0	296.9	0.0	0.0
267	4800.000	101.1	74.9	0.0	0.0
268	4820.000	256.3	112.9	0.0	0.0
269	4840.000	64.3	53.2	0.0	0.0
270	4853.485	12.6	65.1	0.0	0.0
271	4860.000	5.9	97.1	0.0	0.0
272	4880.000	0.0	245.6	0.0	0.0
273	4900.000	0.0	238.6	0.0	0.0
274	4920.000	0.0	144.2	0.0	0.0
275	4940.000	0.0	204.6	0.0	0.0
276	4960.000	22.8	112.8	0.0	0.0
277	4962.533	24.2	82.2	0.0	0.0
278	4980.000	49.4	142.4	0.0	0.0
279	5000.000	0.0	652.1	0.0	0.0
280	5020.000	0.0	1141.9	0.0	0.0
281	5040.000	94.9	1246.5	0.0	0.0
282	5060.000	69.1	781.6	0.0	0.0
283	5080.000	41.8	274.0	0.0	0.0
284	5100.000	300.9	289.4	0.0	0.0
285	5120.000	451.6	119.5	0.0	0.0

286	5140.000	368.7	106.6	0.0	0.0
287	5160.000	234.6	78.7	0.0	0.0
288	5180.000	41.1	61.7	0.0	0.0
289	5190.950	1.4	135.4	0.0	0.0
290	5200.000	0.0	487.0	0.0	0.0
291	5220.000	0.6	2637.8	0.0	0.0
292	5240.000	0.0	4567.5	0.0	0.0
293	5260.000	0.0	4039.7	0.0	0.0
294	5267.634	0.0	1489.1	0.0	0.0
295	5280.000	0.0	521.7	0.0	0.0
296	5300.000	36.6	53.8	0.0	0.0
297	5320.000	105.3	7.7	0.0	0.0
298	5340.000	236.6	7.3	0.0	0.0
299	5360.000	341.5	10.4	0.0	0.0
300	5380.000	198.4	14.9	0.0	0.0
301	5400.000	935.1	0.0	0.0	0.0
302	5414.444	119.7	4.1	0.0	0.0
303	5420.000	179.6	10.9	0.0	0.0
304	5440.000	325.8	33.2	0.0	0.0
305	5460.000	243.3	39.8	0.0	0.0
306	5480.000	89.7	88.2	0.0	0.0
307	5487.229	39.9	81.3	0.0	0.0
308	5500.000	25.1	153.5	0.0	0.0
309	5520.000	0.0	250.1	0.0	0.0
310	5540.000	0.0	401.7	0.0	0.0
311	5560.000	0.0	279.4	0.0	0.0
312	5577.419	0.0	140.4	0.0	0.0
313	5580.000	0.0	157.1	0.0	0.0
314	5600.000	42.5	156.0	0.0	0.0
315	5620.000	108.7	39.1	0.0	0.0
316	5625.708	133.3	31.2	0.0	0.0
317	5640.000	87.3	1146.9	0.0	0.0
318	5660.000	298.7	2102.0	0.0	0.0
319	5680.000	0.3	2041.5	0.0	0.0
320	5700.000	199.5	3682.6	0.0	0.0
321	5720.000	737.7	2198.7	0.0	0.0
322	5740.000	721.9	2060.2	0.0	0.0
323	5760.000	335.6	1714.2	0.0	0.0
324	5780.000	41.2	3377.7	0.0	0.0

325	5800.000	123.3	3037.0	0.0	0.0
326	5811.999	0.0	1208.1	0.0	0.0
327	5820.000	0.0	643.0	0.0	0.0
328	5831.833	0.0	592.9	0.0	0.0
329	5840.000	177.0	585.2	0.0	0.0
330	5860.000	0.0	495.0	0.0	0.0
331	5880.000	0.0	1745.9	0.0	0.0
332	5900.000	0.0	1202.7	0.0	0.0
333	5903.507	0.0	630.9	0.0	0.0
334	5920.000	0.0	513.3	0.0	0.0
335	5925.845	5.4	712.3	0.0	0.0
336	5940.000	20.8	976.3	0.0	0.0
337	5960.000	3.4	1520.9	0.0	0.0
338	5980.000	1.5	2139.7	0.0	0.0
339	6000.000	1.7	2800.7	0.0	0.0
340	6020.000	0.0	2979.8	0.0	0.0
341	6040.000	0.0	2957.7	0.0	0.0
342	6060.000	0.0	3169.6	0.0	0.0
343	6080.000	0.0	2982.8	0.0	0.0
344	6100.000	10.3	2500.7	0.0	0.0
345	6120.000	119.0	2040.3	0.0	0.0
346	6140.000	279.1	54.0	0.0	0.0
347	6160.000	76.4	47.0	0.0	0.0
348	6180.000	39.1	1488.8	0.0	0.0
349	6200.000	0.0	1757.1	0.0	0.0
350	6220.000	0.0	1507.0	0.0	0.0
351	6240.000	0.0	867.4	0.0	0.0
352	6260.000	2.7	1035.2	0.0	0.0
353	6278.044	85.8	88.3	0.0	0.0
354	6280.000	104.4	92.6	0.0	0.0
355	6300.000	306.6	1894.2	0.0	0.0
356	6320.000	169.4	1180.1	0.0	0.0
357	6333.434	10.8	733.0	0.0	0.0
358	6340.000	26.4	847.5	0.0	0.0
359	6360.000	258.4	1172.9	0.0	0.0
360	6380.000	412.3	1470.5	0.0	0.0
361	6400.000	341.2	1425.7	0.0	0.0
362	6420.000	266.6	754.8	0.0	0.0
363	6440.000	382.7	499.2	0.0	0.0
364	6460.000	193.1	547.7	0.0	0.0
365	6480.000	171.7	0.1	0.0	0.0
366	6482.174	156.5	0.2	0.0	0.0

367	6500.000	421.9	52.2	0.0	0.0
368	6520.000	600.9	2.4	0.0	0.0
369	6540.000	751.2	19.5	0.0	0.0
370	6560.000	803.9	102.3	0.0	0.0
371	6580.000	728.3	166.2	0.0	0.0
372	6600.000	266.1	190.1	0.0	0.0
373	6620.000	1.3	110.4	0.0	0.0
374	6640.000	0.0	329.3	0.0	0.0
375	6660.000	0.0	532.5	0.0	0.0
376	6680.000	0.0	1086.8	0.0	0.0
377	6698.961	0.0	742.5	0.0	0.0
378	6700.000	0.0	844.6	0.0	0.0
379	6720.000	2.8	1735.6	0.0	0.0
380	6740.000	0.0	1952.3	0.0	0.0
381	6760.000	0.0	2004.2	0.0	0.0
382	6780.000	0.0	418.6	0.0	0.0
383	6800.000	0.0	488.6	0.0	0.0
384	6820.000	0.0	453.9	0.0	0.0
385	6840.000	0.0	385.9	0.0	0.0
386	6860.000	0.0	267.3	0.0	0.0
387	6880.000	0.0	246.2	0.0	0.0
388	6900.000	3.4	203.3	0.0	0.0
389	6920.000	4.5	120.5	0.0	0.0
390	6926.063	3.0	90.0	0.0	0.0
391	6940.000	16.8	106.4	0.0	0.0
392	6960.000	39.3	89.2	0.0	0.0
393	6980.000	14.4	71.9	0.0	0.0
394	6986.277	7.5	63.4	0.0	0.0
395	7000.000	0.1	293.4	0.0	0.0
396	7020.000	14.9	82.5	0.0	0.0
397	7040.000	24.8	71.8	0.0	0.0
398	7060.000	207.4	20.9	0.0	0.0
399	7080.000	351.3	0.0	0.0	0.0
400	7100.000	348.6	68.8	0.0	0.0
401	7120.000	152.0	168.3	0.0	0.0
402	7130.437	34.6	222.6	0.0	0.0
403	7140.000	48.3	335.8	0.0	0.0
404	7160.000	62.0	485.1	0.0	0.0
405	7180.000	11.0	379.7	0.0	0.0
406	7200.000	9.9	357.9	0.0	0.0
407	7220.000	26.4	269.6	0.0	0.0

408	7240.000	51.3	476.0	0.0	0.0
409	7260.000	12.0	222.3	0.0	0.0
410	7263.437	7.8	161.3	0.0	0.0
411	7277.779	0.0	178.5	0.0	0.0
412	7280.000	0.0	250.4	0.0	0.0
413	7300.000	0.0	405.0	0.0	0.0
414	7320.000	0.0	180.1	0.0	0.0
415	7340.000	33.4	141.6	0.0	0.0
416	7360.000	38.8	108.2	0.0	0.0
417	7380.000	27.7	33.8	0.0	0.0
418	7400.000	65.9	80.8	0.0	0.0
419	7410.779	44.7	58.4	0.0	0.0
420	7420.000	39.3	65.1	0.0	0.0
421	7440.000	21.4	26.4	0.0	0.0
422	7460.000	38.1	82.1	0.0	0.0
423	7480.000	17.1	251.5	0.0	0.0
424	7500.000	16.7	465.0	0.0	0.0
425	7520.000	18.6	188.7	0.0	0.0
426	7540.000	16.0	352.8	0.0	0.0
427	7560.000	19.3	147.2	0.0	0.0
428	7567.310	8.3	194.3	0.0	0.0
429	7580.000	11.0	555.4	0.0	0.0
430	7600.000	1.3	461.6	0.0	0.0
431	7620.000	13.0	82.4	0.0	0.0
432	7640.000	61.1	45.1	0.0	0.0
433	7660.000	27.0	89.6	0.0	0.0
434	7680.000	17.1	27.4	0.0	0.0
435	7700.000	4.5	88.1	0.0	0.0
436	7700.310	0.4	8.2	0.0	0.0
437	7701.861	4.7	93.1	0.0	0.0
438	7720.000	0.0	396.4	0.0	0.0
439	7740.000	0.0	370.3	0.0	0.0
440	7760.000	0.0	341.4	0.0	0.0
441	7780.000	19.3	227.4	0.0	0.0
442	7800.000	206.0	67.8	0.0	0.0
443	7820.000	146.1	55.9	0.0	0.0
444	7834.861	15.8	68.3	0.0	0.0
445	7840.000	19.2	115.6	0.0	0.0
446	7860.000	9.0	259.3	0.0	0.0
447	7880.000	0.0	606.8	0.0	0.0
448	7900.000	0.0	553.0	0.0	0.0

449	7920.000	217.5	902.8	0.0	0.0
450	7940.000	784.6	1143.0	0.0	0.0
451	7960.000	0.0	1131.0	0.0	0.0
452	7980.000	2.8	849.0	0.0	0.0
453	8000.000	29.8	242.7	0.0	0.0
454	8020.000	5.1	522.5	0.0	0.0
455	8040.000	1.3	438.4	0.0	0.0
456	8060.000	17.1	213.4	0.0	0.0
457	8080.000	61.5	40.8	0.0	0.0
458	8100.000	60.5	10.6	0.0	0.0
459	8120.000	30.9	1239.5	0.0	0.0
460	8140.000	40.5	2367.7	0.0	0.0
461	8160.000	130.2	1861.1	0.0	0.0
462	8180.000	70.7	896.4	0.0	0.0
463	8184.700	117.5	604.5	0.0	0.0
464	8200.000	213.6	792.3	0.0	0.0
465	8220.000	238.4	747.3	0.0	0.0
466	8240.000	398.4	53.9	0.0	0.0
467	8260.000	590.1	0.1	0.0	0.0
468	8280.000	343.8	0.0	0.0	0.0
469	8300.000	185.9	0.1	0.0	0.0
470	8320.000	222.6	40.3	0.0	0.0
471	8340.000	182.5	29.5	0.0	0.0
472	8349.547	141.8	0.0	0.0	0.0
473	8360.000	232.5	1.2	0.0	0.0
474	8380.000	243.9	21.0	0.0	0.0
475	8400.000	180.7	0.2	0.0	0.0
476	8420.000	51.5	58.9	0.0	0.0
477	8440.000	30.9	75.7	0.0	0.0
478	8460.000	12.0	188.9	0.0	0.0
479	8480.000	0.0	404.6	0.0	0.0
480	8500.000	0.5	470.9	0.0	0.0
481	8520.000	0.0	596.6	0.0	0.0
482	8540.000	0.0	718.9	0.0	0.0
483	8560.000	0.0	488.4	0.0	0.0
484	8580.000	5.4	814.6	0.0	0.0
485	8600.000	0.0	548.5	0.0	0.0
486	8620.000	1.1	245.1	0.0	0.0

487	8640.000	0.0	176.6	0.0	0.0
488	8650.938	0.0	99.2	0.0	0.0
489	8660.000	0.0	109.4	0.0	0.0
490	8680.000	38.8	110.6	0.0	0.0
491	8700.000	23.8	107.9	0.0	0.0
492	8720.000	7.3	97.5	0.0	0.0
493	8740.000	0.0	248.6	0.0	0.0
494	8760.000	0.0	657.8	0.0	0.0
495	8768.583	0.0	426.3	0.0	0.0
496	8780.000	0.0	433.8	0.0	0.0
497	8800.000	0.0	844.0	0.0	0.0
498	8820.000	62.3	2.4	0.0	0.0
499	8840.000	629.1	0.0	0.0	0.0
500	8860.000	723.1	0.0	0.0	0.0
501	8880.000	721.1	0.0	0.0	0.0
502	8900.000	84.1	3.4	0.0	0.0
503	8920.000	5.9	235.6	0.0	0.0
504	8940.000	5.0	136.8	0.0	0.0
505	8960.000	0.0	204.8	0.0	0.0
506	8980.000	9.2	98.9	0.0	0.0
507	9000.000	63.8	54.7	0.0	0.0
508	9020.000	9.8	32.7	0.0	0.0
509	9040.000	0.0	132.9	0.0	0.0
510	9060.000	0.1	94.0	0.0	0.0
511	9080.000	0.0	181.9	0.0	0.0
512	9100.000	0.0	711.4	0.0	0.0
513	9120.000	0.0	348.9	0.0	0.0
514	9140.000	0.0	433.1	0.0	0.0
515	9160.000	0.0	457.0	0.0	0.0
516	9180.000	0.0	397.2	0.0	0.0
517	9200.000	0.0	819.3	0.0	0.0
518	9220.000	0.0	1042.2	0.0	0.0
519	9240.000	0.0	936.2	0.0	0.0
520	9259.102	0.0	711.0	0.0	0.0
521	9260.000	0.0	729.0	0.0	0.0
522	9280.000	0.0	1182.0	0.0	0.0
523	9300.000	0.0	897.5	0.0	0.0
524	9320.000	0.0	933.1	0.0	0.0
525	9340.000	0.0	897.3	0.0	0.0
526	9360.000	0.0	778.1	0.0	0.0
527	9373.275	0.0	506.9	0.0	0.0
528	9380.000	0.0	700.0	0.0	0.0

529	9400.000	0.0	1114.9	0.0	0.0
530	9420.000	0.0	958.1	0.0	0.0
531	9440.000	0.0	676.9	0.0	0.0
532	9455.008	0.0	270.6	0.0	0.0
533	9460.000	0.0	254.2	0.0	0.0
534	9480.000	0.0	133.9	0.0	0.0
535	9500.000	32.2	4.5	0.0	0.0
536	9520.000	62.8	0.6	0.0	0.0
537	9540.000	0.0	43.0	0.0	0.0
538	9560.000	0.0	220.1	0.0	0.0
539	9569.181	0.0	214.8	0.0	0.0
540	9580.000	0.0	433.9	0.0	0.0
541	9600.000	0.0	825.5	0.0	0.0
542	9620.000	0.0	988.1	0.0	0.0
543	9640.000	0.0	971.1	0.0	0.0
544	9660.000	0.0	726.2	0.0	0.0
545	9680.000	162.1	186.9	0.0	0.0
546	9700.000	420.5	0.0	0.0	0.0
547	9720.000	381.2	0.0	0.0	0.0
548	9724.582	330.6	0.0	0.0	0.0
549	9740.000	0.0	216.9	0.0	0.0
550	9760.000	0.0	144.6	0.0	0.0
551	9780.000	43.3	14.9	0.0	0.0
552	9800.000	88.7	15.6	0.0	0.0
553	9820.000	105.6	40.6	0.0	0.0
554	9833.876	75.7	24.0	0.0	0.0
555	9840.000	93.4	29.0	0.0	0.0
556	9860.000	118.5	47.6	0.0	0.0
557	9880.000	95.8	56.3	0.0	0.0
558	9900.000	70.3	62.3	0.0	0.0
559	9920.000	0.0	255.4	0.0	0.0
560	9940.000	0.0	753.2	0.0	0.0
561	9960.000	0.0	1221.2	0.0	0.0
562	9980.000	0.0	1425.9	0.0	0.0
563	10000.000	0.0	1374.0	0.0	0.0
564	10020.000	0.0	1326.1	0.0	0.0
565	10040.000	0.0	1208.7	0.0	0.0
566	10060.000	0.0	912.7	0.0	0.0
567	10080.000	0.0	696.4	0.0	0.0
568	10100.000	0.0	582.4	0.0	0.0

569	10120.000	0.0	336.9	0.0	0.0
570	10132.505	0.0	153.3	0.0	0.0
571	10140.000	0.0	151.4	0.0	0.0
572	10160.000	214.0	0.1	0.0	0.0
573	10180.000	759.3	0.0	0.0	0.0
574	10200.000	1686.6	0.0	0.0	0.0
575	10220.000	2051.0	0.0	0.0	0.0
576	10240.000	781.2	0.0	0.0	0.0
577	10241.798	690.7	0.0	0.0	0.0
578	10260.000	872.6	4.4	0.0	0.0
579	10280.000	551.3	557.7	0.0	0.0
580	10300.000	43.1	1735.8	0.0	0.0
581	10320.000	0.0	3741.8	0.0	0.0
582	10340.000	0.0	5375.4	0.0	0.0
583	10360.000	0.0	4773.6	0.0	0.0
584	10380.000	1851.9	0.0	0.0	0.0
585	10400.000	203.8	7.7	0.0	0.0
586	10418.493	0.0	2306.5	0.0	0.0
587	10420.000	0.0	2547.6	0.0	0.0
588	10440.000	0.0	4063.9	0.0	0.0
589	10460.000	0.0	3344.9	0.0	0.0
590	10480.000	0.0	3703.6	0.0	0.0
591	10500.000	0.0	3708.6	0.0	0.0
592	10520.000	0.0	1858.5	0.0	0.0
593	10527.786	0.0	1114.9	0.0	0.0
594	10540.000	0.0	1388.2	0.0	0.0
595	10560.000	12.1	641.4	0.0	0.0
596	10562.009	12.8	552.0	0.0	0.0
597	10580.000	149.4	324.2	0.0	0.0
598	10600.000	1829.9	0.0	0.0	0.0
599	10620.000	4082.1	0.0	0.0	0.0
600	10640.000	5427.4	0.0	0.0	0.0
601	10660.000	3566.0	0.0	0.0	0.0
602	10671.303	1591.7	0.0	0.0	0.0
603	10680.000	1519.5	0.0	0.0	0.0
604	10700.000	501.9	149.3	0.0	0.0
605	10720.000	0.0	1014.2	0.0	0.0
606	10740.000	0.0	1190.1	0.0	0.0
607	10760.000	175.4	518.1	0.0	0.0
608	10780.000	252.8	140.3	0.0	0.0
609	10800.000	872.1	1.8	0.0	0.0
610	10820.000	236.4	213.5	0.0	0.0

611	10840.000	29.1	526.8	0.0	0.0
612	10860.000	6.5	477.1	0.0	0.0
613	10880.000	215.5	36.0	0.0	0.0
614	10896.711	448.3	0.0	0.0	0.0
615	10900.000	680.0	0.0	0.0	0.0
616	10920.000	366.9	2.1	0.0	0.0
617	10940.000	0.0	463.2	0.0	0.0
618	10960.000	0.0	1061.1	0.0	0.0
619	10980.000	0.0	1099.0	0.0	0.0
620	11000.000	0.0	662.5	0.0	0.0
621	11014.116	0.0	314.0	0.0	0.0
622	11020.000	0.0	374.3	0.0	0.0
623	11040.000	0.0	506.2	0.0	0.0
624	11060.000	0.0	634.3	0.0	0.0
625	11080.000	0.0	378.8	0.0	0.0
626	11100.000	0.0	126.4	0.0	0.0
627	11120.000	0.0	232.3	0.0	0.0
628	11140.000	0.0	123.3	0.0	0.0
629	11160.000	21.8	8.2	0.0	0.0
630	11180.000	0.0	39.2	0.0	0.0
631	11200.000	0.0	95.4	0.0	0.0
632	11220.000	0.0	179.5	0.0	0.0
633	11240.000	0.0	275.8	0.0	0.0
634	11260.000	0.0	373.8	0.0	0.0
635	11280.000	0.0	393.9	0.0	0.0
636	11300.000	14.3	331.6	0.0	0.0
637	11320.000	0.3	192.4	0.0	0.0
638	11340.000	55.5	0.0	0.0	0.0
639	11357.720	0.0	61.6	0.0	0.0
640	11360.000	0.0	69.0	0.0	0.0
641	11380.000	180.9	0.2	0.0	0.0
642	11400.000	475.2	0.0	0.0	0.0
643	11420.000	109.4	7.8	0.0	0.0
644	11440.000	0.0	224.0	0.0	0.0
645	11460.000	0.0	153.6	0.0	0.0
646	11475.124	0.0	24.1	0.0	0.0
647	11480.000	9.9	10.2	0.0	0.0
648	11500.000	319.7	0.0	0.0	0.0
649	11520.000	731.4	0.0	0.0	0.0
650	11540.000	1081.1	0.0	0.0	0.0
651	11560.000	498.5	0.0	0.0	0.0
652	11580.000	3.7	561.1	0.0	0.0
653	11600.000	0.0	1370.3	0.0	0.0
654	11620.000	138.3	1370.1	0.0	0.0
655	11640.000	16.0	1503.6	0.0	0.0
656	11660.000	0.0	1037.8	0.0	0.0
657	11680.000	0.0	781.2	0.0	0.0
658	11699.600	0.0	182.7	0.0	0.0
		88780	353836	0	0

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	48.0	25.0	9.1	0.0	0.0
2	20.000	98.5	50.0	18.1	0.0	0.0
3	40.000	95.7	49.9	18.1	0.0	0.0
4	60.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
5	80.000	97.4	50.0	18.1	0.0	0.0
6	100.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
7	120.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
8	140.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
9	160.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
10	180.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
11	200.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
12	220.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
13	240.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
14	260.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
15	280.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
16	300.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
17	320.000	97.6	49.8	18.2	0.0	0.0
18	340.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
19	360.000	97.9	50.1	18.3	0.0	0.0
20	380.000	87.8	44.7	16.4	0.0	0.0
21	395.963	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
22	400.000	58.7	29.9	11.0	0.0	0.0
23	420.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
24	440.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
25	460.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
26	480.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
27	500.000	70.8	36.0	13.3	0.0	0.0
28	509.022	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
29	520.000	75.6	38.5	14.1	0.0	0.0
30	540.000	96.7	49.9	18.3	0.0	0.0
31	560.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
32	580.000	94.7	49.5	18.2	0.0	0.0
33	600.000	98.1	50.0	18.1	0.0	0.0
34	620.000	98.0	50.0	18.1	0.0	0.0
35	640.000	96.4	50.0	18.1	0.0	0.0
36	660.000	95.4	49.8	18.1	0.0	0.0
37	680.000	97.4	50.0	18.1	0.0	0.0
38	700.000	98.5	50.0	18.1	0.0	0.0
39	720.000	97.9	49.9	18.2	0.0	0.0
40	740.000	98.3	50.1	18.3	0.0	0.0
41	760.000	98.5	50.1	18.3	0.0	0.0
42	780.000	96.2	49.8	18.3	0.0	0.0
43	800.000	68.9	34.9	12.8	0.0	0.0
44	807.949	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
45	820.000	79.1	40.0	14.6	0.0	0.0
46	840.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
47	860.000	97.5	49.9	18.3	0.0	0.0
48	880.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
49	900.000	95.2	49.7	18.3	0.0	0.0
50	920.000	87.0	44.3	16.3	0.0	0.0
51	935.667	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
52	940.000	59.4	30.2	11.1	0.0	0.0
53	960.000	94.6	49.4	18.3	0.0	0.0
54	980.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
55	1000.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
56	1020.000	96.2	49.8	18.2	0.0	0.0
57	1040.000	95.7	49.7	18.2	0.0	0.0
58	1060.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
59	1080.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
60	1100.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
61	1120.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
62	1140.000	91.7	46.1	16.8	0.0	0.0
63	1156.816	49.8	25.0	9.1	0.0	0.0
64	1160.000	57.7	29.0	10.6	0.0	0.0
65	1180.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
66	1200.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
67	1220.000	92.8	46.9	17.2	0.0	0.0
68	1237.646	49.8	25.1	9.1	0.0	0.0
69	1240.000	55.4	28.0	10.2	0.0	0.0
70	1260.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
71	1280.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
72	1300.000	75.8	38.4	14.0	0.0	0.0
73	1310.760	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
74	1320.000	72.2	36.5	13.4	0.0	0.0
75	1340.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
76	1360.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
77	1380.000	97.4	49.9	18.3	0.0	0.0
78	1400.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
79	1420.000	85.4	43.2	15.8	0.0	0.0
80	1434.595	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
81	1440.000	62.6	31.7	11.6	0.0	0.0
82	1460.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
83	1480.000	99.6	50.1	18.2	0.0	0.0
84	1500.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
85	1520.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
86	1540.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
87	1560.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
88	1580.000	93.4	47.0	17.1	0.0	0.0
89	1597.513	49.8	25.0	9.1	0.0	0.0
90	1600.000	56.0	28.2	10.3	0.0	0.0
91	1620.000	97.3	50.1	18.3	0.0	0.0
92	1640.000	98.5	49.9	18.3	0.0	0.0
93	1660.000	68.6	34.7	12.7	0.0	0.0
94	1667.878	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
95	1680.000	76.8	39.8	14.7	0.0	0.0
96	1700.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
97	1720.000	99.4	50.2	18.2	0.0	0.0
98	1740.000	98.4	50.1	18.2	0.0	0.0
99	1760.000	90.7	45.9	16.8	0.0	0.0
100	1776.788	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
101	1780.000	57.3	29.0	10.6	0.0	0.0
102	1800.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
103	1820.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
104	1840.000	63.5	32.1	11.7	0.0	0.0
105	1845.720	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
106	1860.000	84.5	42.8	15.7	0.0	0.0
107	1880.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
108	1900.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0

N°	ABSCISSE PROF CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
109	1920.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
110	1940.000	95.6	49.7	18.2	0.0	0.0
111	1960.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
112	1980.000	94.9	49.3	18.1	0.0	0.0
113	2000.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
114	2020.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
115	2040.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
116	2060.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
117	2080.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
118	2100.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
119	2120.000	87.1	44.1	16.1	0.0	0.0
120	2135.343	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
121	2140.000	60.7	30.8	11.3	0.0	0.0
122	2160.000	94.2	49.2	18.3	0.0	0.0
123	2180.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
124	2200.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
125	2220.000	94.7	49.4	18.3	0.0	0.0
126	2240.000	71.9	37.1	13.6	0.0	0.0
127	2249.766	48.8	24.9	9.1	0.0	0.0
128	2260.000	72.8	37.7	13.8	0.0	0.0
129	2280.000	95.8	49.8	18.3	0.0	0.0
130	2300.000	98.0	49.9	18.3	0.0	0.0
131	2320.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
132	2340.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
133	2360.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
134	2380.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
135	2400.000	97.9	50.0	18.1	0.0	0.0
136	2420.000	98.2	50.0	18.1	0.0	0.0
137	2440.000	95.5	49.8	18.1	0.0	0.0
138	2460.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
139	2480.000	96.2	50.0	18.1	0.0	0.0
140	2500.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
141	2520.000	97.6	49.8	18.2	0.0	0.0
142	2540.000	95.5	49.7	18.2	0.0	0.0
143	2560.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
144	2580.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
145	2600.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
146	2620.000	59.4	30.2	11.1	0.0	0.0
147	2624.331	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
148	2640.000	87.1	44.3	16.3	0.0	0.0
149	2660.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
150	2680.000	95.7	48.7	17.9	0.0	0.0
151	2699.196	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
152	2700.000	50.8	25.8	9.5	0.0	0.0
153	2720.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
154	2740.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
155	2760.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
156	2780.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
157	2800.000	99.4	50.2	18.2	0.0	0.0
158	2820.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
159	2840.000	97.9	50.1	18.3	0.0	0.0
160	2860.000	97.8	50.1	18.3	0.0	0.0
161	2880.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
162	2900.000	93.5	48.4	17.7	0.0	0.0

N°		FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
163	2918.750	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
164	2920.000	52.4	26.5	9.7	0.0	0.0
165	2940.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
166	2960.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
167	2980.000	99.3	50.1	18.3	0.0	0.0
168	3000.000	97.3	49.7	18.1	0.0	0.0
169	3019.699	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
170	3020.000	50.1	25.3	9.3	0.0	0.0
171	3040.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
172	3060.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
173	3080.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
174	3100.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
175	3120.000	97.6	49.8	18.2	0.0	0.0
176	3140.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
177	3160.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
178	3180.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
179	3200.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
180	3220.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
181	3240.000	98.1	50.0	18.1	0.0	0.0
182	3260.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
183	3280.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
184	3300.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
185	3320.000	87.3	44.5	16.2	0.0	0.0
186	3335.784	47.5	24.8	9.1	0.0	0.0
187	3340.000	59.1	30.1	11.0	0.0	0.0
188	3360.000	97.6	49.8	18.2	0.0	0.0
189	3380.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
190	3400.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
191	3420.000	95.1	49.6	18.3	0.0	0.0
192	3440.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
193	3460.000	57.9	29.9	10.9	0.0	0.0
194	3463.909	48.8	25.0	9.1	0.0	0.0
195	3480.000	89.4	45.2	16.5	0.0	0.0
196	3500.000	59.5	31.3	11.4	0.0	0.0
197	3504.962	48.2	25.0	9.1	0.0	0.0
198	3520.000	87.3	43.9	16.0	0.0	0.0
199	3540.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
200	3560.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
201	3580.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
202	3600.000	99.4	50.2	18.2	0.0	0.0
203	3620.000	82.3	41.5	15.0	0.0	0.0
204	3633.086	48.7	25.1	9.1	0.0	0.0
205	3640.000	64.9	33.8	12.2	0.0	0.0
206	3660.000	94.8	49.7	18.1	0.0	0.0
207	3680.000	94.8	49.3	18.1	0.0	0.0
208	3700.000	97.5	50.0	18.1	0.0	0.0
209	3720.000	97.7	50.0	18.1	0.0	0.0
210	3740.000	97.7	50.0	18.1	0.0	0.0
211	3760.000	96.7	50.0	18.1	0.0	0.0
212	3780.000	97.1	50.0	18.1	0.0	0.0
213	3800.000	98.9	50.2	18.1	0.0	0.0
214	3820.000	96.9	50.1	18.1	0.0	0.0
215	3840.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
216	3860.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0

N°	ABSCISSE PROF CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
217	3880.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
218	3900.000	97.9	50.2	18.1	0.0	0.0
219	3920.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
220	3940.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
221	3960.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
222	3980.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
223	4000.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
224	4020.000	97.6	50.0	18.1	0.0	0.0
225	4040.000	94.0	49.1	18.1	0.0	0.0
226	4060.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
227	4080.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
228	4100.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
229	4120.000	92.1	49.0	18.3	0.0	0.0
230	4140.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
231	4160.000	95.2	49.6	18.3	0.0	0.0
232	4180.000	69.0	35.6	13.0	0.0	0.0
233	4188.520	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
234	4200.000	77.7	39.3	14.4	0.0	0.0
235	4220.000	98.3	49.9	18.3	0.0	0.0
236	4240.000	98.4	49.9	18.3	0.0	0.0
237	4260.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
238	4280.000	65.4	33.1	12.1	0.0	0.0
239	4286.509	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
240	4300.000	82.6	41.8	15.3	0.0	0.0
241	4320.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
242	4340.000	98.5	49.9	18.3	0.0	0.0
243	4360.000	95.8	49.7	18.3	0.0	0.0
244	4380.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
245	4400.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
246	4420.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
247	4440.000	98.5	50.2	18.1	0.0	0.0
248	4460.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
249	4480.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
250	4500.000	96.8	50.1	18.1	0.0	0.0
251	4520.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
252	4540.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
253	4560.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
254	4580.000	49.8	25.2	9.2	0.0	0.0
255	4580.185	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
256	4600.000	97.8	49.7	18.2	0.0	0.0
257	4620.000	66.3	33.5	12.3	0.0	0.0
258	4626.897	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
259	4640.000	81.6	41.3	15.1	0.0	0.0
260	4660.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
261	4680.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
262	4700.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
263	4720.000	99.4	50.2	18.1	0.0	0.0
264	4740.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
265	4760.000	96.3	49.9	18.2	0.0	0.0
266	4780.000	98.1	49.9	18.3	0.0	0.0
267	4800.000	95.7	49.6	18.3	0.0	0.0
268	4820.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
269	4840.000	83.4	41.9	15.3	0.0	0.0
270	4853.485	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0

N°	ABSCISSE PROF CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
271	4860.000	65.4	33.1	12.1	0.0	0.0
272	4880.000	98.5	49.9	18.3	0.0	0.0
273	4900.000	98.0	49.9	18.3	0.0	0.0
274	4920.000	97.4	49.9	18.3	0.0	0.0
275	4940.000	94.8	49.5	18.3	0.0	0.0
276	4960.000	55.6	28.1	10.3	0.0	0.0
277	4962.533	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
278	4980.000	90.5	46.7	17.1	0.0	0.0
279	5000.000	95.9	49.8	18.3	0.0	0.0
280	5020.000	95.5	49.7	18.3	0.0	0.0
281	5040.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
282	5060.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
283	5080.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
284	5100.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
285	5120.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
286	5140.000	99.6	50.1	18.2	0.0	0.0
287	5160.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
288	5180.000	77.1	38.8	14.1	0.0	0.0
289	5190.950	49.0	24.9	9.1	0.0	0.0
290	5200.000	70.7	36.2	13.3	0.0	0.0
291	5220.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
292	5240.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
293	5260.000	67.4	34.3	12.6	0.0	0.0
294	5267.634	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
295	5280.000	78.5	40.4	14.8	0.0	0.0
296	5300.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
297	5320.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
298	5340.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
299	5360.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
300	5380.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
301	5400.000	85.8	43.1	15.7	0.0	0.0
302	5414.444	49.8	25.1	9.1	0.0	0.0
303	5420.000	63.7	32.0	11.7	0.0	0.0
304	5440.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
305	5460.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
306	5480.000	67.8	34.1	12.4	0.0	0.0
307	5487.229	49.8	25.0	9.1	0.0	0.0
308	5500.000	81.6	41.0	15.0	0.0	0.0
309	5520.000	98.3	50.2	18.2	0.0	0.0
310	5540.000	97.6	49.8	18.2	0.0	0.0
311	5560.000	91.4	46.7	17.1	0.0	0.0
312	5577.419	47.2	24.6	9.1	0.0	0.0
313	5580.000	53.7	27.9	10.3	0.0	0.0
314	5600.000	99.2	50.1	18.3	0.0	0.0
315	5620.000	61.5	32.0	11.7	0.0	0.0
316	5625.708	47.9	24.8	9.1	0.0	0.0
317	5640.000	84.6	42.8	15.7	0.0	0.0
318	5660.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
319	5680.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
320	5700.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
321	5720.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
322	5740.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
323	5760.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
324	5780.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0

N°	ABSCISSE PROF CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
325	5800.000	78.9	39.9	14.6	0.0	0.0
326	5811.999	49.4	25.0	9.1	0.0	0.0
327	5820.000	48.4	24.6	9.1	0.0	0.0
328	5831.833	47.6	24.9	9.1	0.0	0.0
329	5840.000	69.4	35.1	12.9	0.0	0.0
330	5860.000	97.6	49.7	18.2	0.0	0.0
331	5880.000	97.6	49.8	18.2	0.0	0.0
332	5900.000	57.4	29.2	10.7	0.0	0.0
333	5903.507	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
334	5920.000	52.5	27.6	10.2	0.0	0.0
335	5925.845	49.4	25.0	9.1	0.0	0.0
336	5940.000	84.2	42.6	15.6	0.0	0.0
337	5960.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
338	5980.000	97.4	49.9	18.3	0.0	0.0
339	6000.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
340	6020.000	98.0	49.9	18.3	0.0	0.0
341	6040.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
342	6060.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
343	6080.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
344	6100.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
345	6120.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
346	6140.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
347	6160.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
348	6180.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
349	6200.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
350	6220.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
351	6240.000	96.8	49.9	18.3	0.0	0.0
352	6260.000	92.6	47.4	17.4	0.0	0.0
353	6278.044	47.6	24.7	9.1	0.0	0.0
354	6280.000	52.1	27.0	10.0	0.0	0.0
355	6300.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
356	6320.000	82.4	41.7	15.3	0.0	0.0
357	6333.434	49.0	24.9	9.1	0.0	0.0
358	6340.000	65.0	33.1	12.1	0.0	0.0
359	6360.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
360	6380.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
361	6400.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
362	6420.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
363	6440.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
364	6460.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
365	6480.000	55.2	27.8	10.1	0.0	0.0
366	6482.174	49.6	25.0	9.1	0.0	0.0
367	6500.000	93.3	47.2	17.3	0.0	0.0
368	6520.000	99.4	50.1	18.3	0.0	0.0
369	6540.000	99.2	50.1	18.3	0.0	0.0
370	6560.000	97.9	50.1	18.3	0.0	0.0
371	6580.000	95.3	49.3	18.3	0.0	0.0
372	6600.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
373	6620.000	95.8	49.6	18.3	0.0	0.0
374	6640.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
375	6660.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
376	6680.000	95.1	48.4	17.8	0.0	0.0
377	6698.961	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
378	6700.000	51.3	26.1	9.6	0.0	0.0

N°	ABSCISSE PROF CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
379	6720.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
380	6740.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
381	6760.000	94.4	49.2	18.3	0.0	0.0
382	6780.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
383	6800.000	97.6	49.8	18.2	0.0	0.0
384	6820.000	97.6	49.8	18.2	0.0	0.0
385	6840.000	97.6	49.7	18.2	0.0	0.0
386	6860.000	96.0	49.8	18.3	0.0	0.0
387	6880.000	94.7	49.7	18.3	0.0	0.0
388	6900.000	94.8	49.4	18.3	0.0	0.0
389	6920.000	64.0	32.5	11.9	0.0	0.0
390	6926.063	48.8	24.9	9.1	0.0	0.0
391	6940.000	83.2	42.5	15.5	0.0	0.0
392	6960.000	98.4	50.1	18.3	0.0	0.0
393	6980.000	63.1	32.9	12.0	0.0	0.0
394	6986.277	47.3	24.8	9.1	0.0	0.0
395	7000.000	83.1	42.1	15.4	0.0	0.0
396	7020.000	99.2	50.1	18.3	0.0	0.0
397	7040.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
398	7060.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
399	7080.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
400	7100.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
401	7120.000	75.0	38.1	13.8	0.0	0.0
402	7130.437	49.3	25.0	9.1	0.0	0.0
403	7140.000	72.9	37.0	13.4	0.0	0.0
404	7160.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
405	7180.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
406	7200.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
407	7220.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
408	7240.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
409	7260.000	57.8	29.2	10.7	0.0	0.0
410	7263.437	43.8	22.2	8.1	0.0	0.0
411	7277.779	40.4	20.7	7.6	0.0	0.0
412	7280.000	54.3	27.7	10.1	0.0	0.0
413	7300.000	97.3	49.9	18.3	0.0	0.0
414	7320.000	98.4	49.9	18.3	0.0	0.0
415	7340.000	96.0	49.7	18.3	0.0	0.0
416	7360.000	97.7	50.1	18.2	0.0	0.0
417	7380.000	98.1	50.2	18.2	0.0	0.0
418	7400.000	76.6	38.6	14.0	0.0	0.0
419	7410.779	48.3	25.0	9.1	0.0	0.0
420	7420.000	71.9	36.7	13.3	0.0	0.0
421	7440.000	99.2	50.2	18.1	0.0	0.0
422	7460.000	97.7	50.2	18.1	0.0	0.0
423	7480.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
424	7500.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
425	7520.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
426	7540.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
427	7560.000	67.3	34.1	12.4	0.0	0.0
428	7567.310	49.3	25.0	9.1	0.0	0.0
429	7580.000	80.6	40.9	14.8	0.0	0.0
430	7600.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
431	7620.000	98.6	49.9	18.2	0.0	0.0
432	7640.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0

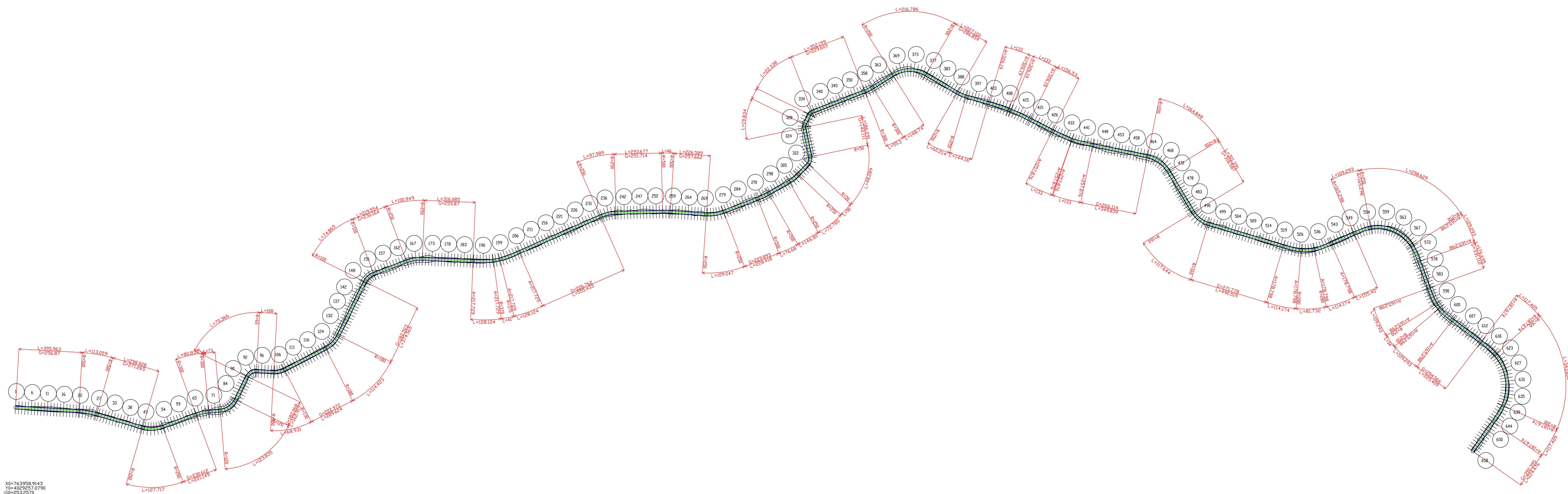
N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
433	7660.000	99.5	50.1	18.3	0.0	0.0
434	7680.000	98.0	50.1	18.3	0.0	0.0
435	7700.000	48.8	25.3	9.3	0.0	0.0
436	7700.310	4.5	2.3	0.8	0.0	0.0
437	7701.861	46.5	24.2	9.0	0.0	0.0
438	7720.000	93.1	47.4	17.4	0.0	0.0
439	7740.000	96.2	49.9	18.3	0.0	0.0
440	7760.000	96.6	49.9	18.3	0.0	0.0
441	7780.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
442	7800.000	98.6	50.0	18.2	0.0	0.0
443	7820.000	86.8	43.8	15.8	0.0	0.0
444	7834.861	47.9	24.9	9.1	0.0	0.0
445	7840.000	62.0	31.4	11.4	0.0	0.0
446	7860.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
447	7880.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
448	7900.000	94.5	49.4	18.1	0.0	0.0
449	7920.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
450	7940.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
451	7960.000	97.4	50.0	18.1	0.0	0.0
452	7980.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
453	8000.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
454	8020.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
455	8040.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
456	8060.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
457	8080.000	97.7	50.2	18.1	0.0	0.0
458	8100.000	99.1	50.1	18.2	0.0	0.0
459	8120.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
460	8140.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
461	8160.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
462	8180.000	60.9	30.8	11.3	0.0	0.0
463	8184.700	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
464	8200.000	87.1	44.0	16.1	0.0	0.0
465	8220.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
466	8240.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
467	8260.000	99.1	50.1	18.3	0.0	0.0
468	8280.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
469	8300.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
470	8320.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
471	8340.000	72.9	36.9	13.5	0.0	0.0
472	8349.547	49.8	25.0	9.1	0.0	0.0
473	8360.000	73.5	38.0	13.9	0.0	0.0
474	8380.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
475	8400.000	99.5	50.1	18.3	0.0	0.0
476	8420.000	98.5	49.9	18.3	0.0	0.0
477	8440.000	98.5	50.0	18.2	0.0	0.0
478	8460.000	98.3	50.0	18.1	0.0	0.0
479	8480.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
480	8500.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
481	8520.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
482	8540.000	97.4	50.0	18.1	0.0	0.0
483	8560.000	97.6	49.7	18.2	0.0	0.0
484	8580.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
485	8600.000	98.0	49.9	18.3	0.0	0.0
486	8620.000	98.0	49.9	18.3	0.0	0.0

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
487	8640.000	74.6	38.6	14.1	0.0	0.0
488	8650.938	47.9	24.9	9.1	0.0	0.0
489	8660.000	67.8	35.8	13.3	0.0	0.0
490	8680.000	98.5	50.1	18.3	0.0	0.0
491	8700.000	99.0	50.1	18.3	0.0	0.0
492	8720.000	97.7	50.1	18.3	0.0	0.0
493	8740.000	94.6	49.4	18.3	0.0	0.0
494	8760.000	67.5	35.1	13.1	0.0	0.0
495	8768.583	47.3	24.6	9.1	0.0	0.0
496	8780.000	76.7	39.0	14.3	0.0	0.0
497	8800.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
498	8820.000	96.7	50.0	18.3	0.0	0.0
499	8840.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
500	8860.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
501	8880.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
502	8900.000	99.5	50.2	18.1	0.0	0.0
503	8920.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
504	8940.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
505	8960.000	98.1	50.0	18.1	0.0	0.0
506	8980.000	95.0	49.8	18.1	0.0	0.0
507	9000.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
508	9020.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
509	9040.000	98.3	50.0	18.1	0.0	0.0
510	9060.000	97.1	50.2	18.1	0.0	0.0
511	9080.000	94.6	49.5	18.1	0.0	0.0
512	9100.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
513	9120.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
514	9140.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
515	9160.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
516	9180.000	94.1	49.2	18.1	0.0	0.0
517	9200.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
518	9220.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
519	9240.000	95.4	48.7	17.7	0.0	0.0
520	9259.102	48.8	24.9	9.1	0.0	0.0
521	9260.000	51.0	26.0	9.5	0.0	0.0
522	9280.000	97.6	49.7	18.2	0.0	0.0
523	9300.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
524	9320.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
525	9340.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
526	9360.000	81.2	41.3	15.2	0.0	0.0
527	9373.275	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
528	9380.000	65.2	33.2	12.2	0.0	0.0
529	9400.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
530	9420.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
531	9440.000	85.4	43.5	16.0	0.0	0.0
532	9455.008	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
533	9460.000	61.0	31.0	11.4	0.0	0.0
534	9480.000	96.1	49.8	18.3	0.0	0.0
535	9500.000	98.4	50.1	18.3	0.0	0.0
536	9520.000	99.4	50.1	18.3	0.0	0.0
537	9540.000	95.2	50.1	18.2	0.0	0.0
538	9560.000	71.2	36.3	13.3	0.0	0.0
539	9569.181	48.8	24.9	9.1	0.0	0.0
540	9580.000	75.2	38.4	14.0	0.0	0.0

N° PRO F	ABSCISSE CURVILIN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
541	9600.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
542	9620.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
543	9640.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
544	9660.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
545	9680.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
546	9700.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
547	9720.000	61.2	30.9	11.2	0.0	0.0
548	9724.582	49.8	25.1	9.1	0.0	0.0
549	9740.000	86.4	44.1	16.1	0.0	0.0
550	9760.000	97.6	49.9	18.3	0.0	0.0
551	9780.000	97.5	50.1	18.3	0.0	0.0
552	9800.000	97.1	50.0	18.3	0.0	0.0
553	9820.000	83.6	42.3	15.5	0.0	0.0
554	9833.876	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
555	9840.000	64.4	32.6	11.9	0.0	0.0
556	9860.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
557	9880.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
558	9900.000	98.7	49.9	18.3	0.0	0.0
559	9920.000	98.2	49.9	18.3	0.0	0.0
560	9940.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
561	9960.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
562	9980.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
563	10000.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
564	10020.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
565	10040.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
566	10060.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
567	10080.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
568	10100.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
569	10120.000	79.3	40.4	14.8	0.0	0.0
570	10132.505	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
571	10140.000	67.1	34.1	12.6	0.0	0.0
572	10160.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
573	10180.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
574	10200.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
575	10220.000	99.6	50.2	18.2	0.0	0.0
576	10240.000	54.3	27.4	9.9	0.0	0.0
577	10241.798	49.8	25.1	9.1	0.0	0.0
578	10260.000	92.9	47.9	17.3	0.0	0.0
579	10280.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
580	10300.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
581	10320.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
582	10340.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
583	10360.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
584	10380.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
585	10400.000	94.5	48.3	17.5	0.0	0.0
586	10418.493	48.8	24.9	9.1	0.0	0.0
587	10420.000	52.5	26.8	9.8	0.0	0.0
588	10440.000	97.6	49.7	18.2	0.0	0.0
589	10460.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
590	10480.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
591	10500.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
592	10520.000	67.8	34.5	12.7	0.0	0.0
593	10527.786	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
594	10540.000	75.8	39.6	14.7	0.0	0.0

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
595	10560.000	54.3	27.5	10.1	0.0	0.0
596	10562.009	49.3	24.9	9.1	0.0	0.0
597	10580.000	93.7	47.4	17.4	0.0	0.0
598	10600.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
599	10620.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
600	10640.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
601	10660.000	78.0	39.3	14.2	0.0	0.0
602	10671.303	49.8	25.1	9.1	0.0	0.0
603	10680.000	71.5	36.0	13.0	0.0	0.0
604	10700.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
605	10720.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
606	10740.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
607	10760.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
608	10780.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
609	10800.000	98.5	50.2	18.1	0.0	0.0
610	10820.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
611	10840.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
612	10860.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
613	10880.000	90.5	45.9	16.7	0.0	0.0
614	10896.711	49.8	25.1	9.1	0.0	0.0
615	10900.000	58.0	29.2	10.6	0.0	0.0
616	10920.000	97.9	50.2	18.2	0.0	0.0
617	10940.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
618	10960.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
619	10980.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
620	11000.000	83.3	42.4	15.6	0.0	0.0
621	11014.116	48.8	24.8	9.1	0.0	0.0
622	11020.000	63.2	32.1	11.8	0.0	0.0
623	11040.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
624	11060.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
625	11080.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
626	11100.000	96.7	49.9	18.3	0.0	0.0
627	11120.000	98.2	49.9	18.3	0.0	0.0
628	11140.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
629	11160.000	96.8	50.0	18.3	0.0	0.0
630	11180.000	97.0	50.1	18.3	0.0	0.0
631	11200.000	93.4	49.3	18.3	0.0	0.0
632	11220.000	94.2	49.1	18.3	0.0	0.0
633	11240.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
634	11260.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
635	11280.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
636	11300.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
637	11320.000	98.6	49.9	18.3	0.0	0.0
638	11340.000	93.9	47.2	17.2	0.0	0.0
639	11357.720	48.4	24.9	9.1	0.0	0.0
640	11360.000	53.7	27.8	10.2	0.0	0.0
641	11380.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
642	11400.000	99.6	50.1	18.3	0.0	0.0
643	11420.000	96.9	50.0	18.3	0.0	0.0
644	11440.000	97.6	49.7	18.3	0.0	0.0
645	11460.000	85.7	43.7	16.0	0.0	0.0
646	11475.124	47.2	25.0	9.1	0.0	0.0
647	11480.000	60.3	31.2	11.3	0.0	0.0
648	11500.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
649	11520.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
650	11540.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
651	11560.000	99.6	50.2	18.1	0.0	0.0
652	11580.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
653	11600.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
654	11620.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
655	11640.000	98.6	50.0	18.1	0.0	0.0
656	11660.000	97.6	49.8	18.1	0.0	0.0
657	11680.000	96.6	49.3	18.0	0.0	0.0
658	11699.600	47.8	24.4	8.9	0.0	0.0
		57343	29190	10659	0	0

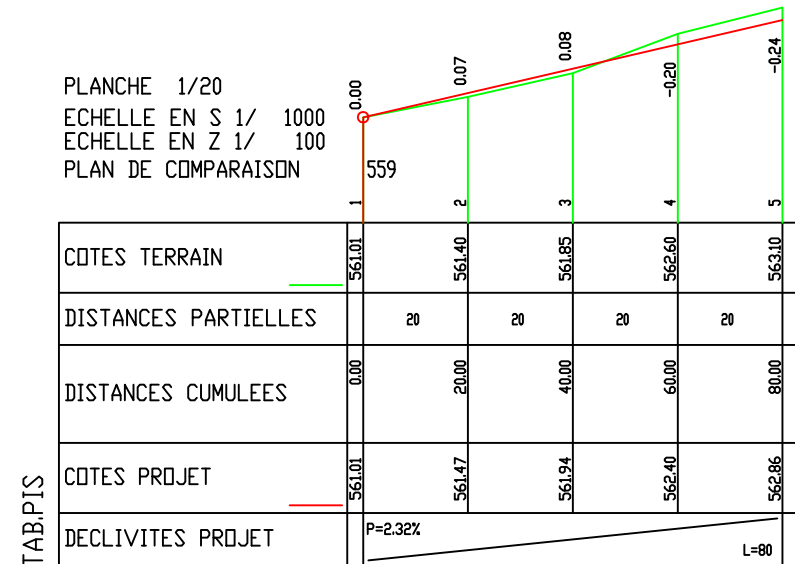


TABPIS
 X0=763958.9143
 Y0=482627.7790
 G0=253.2570

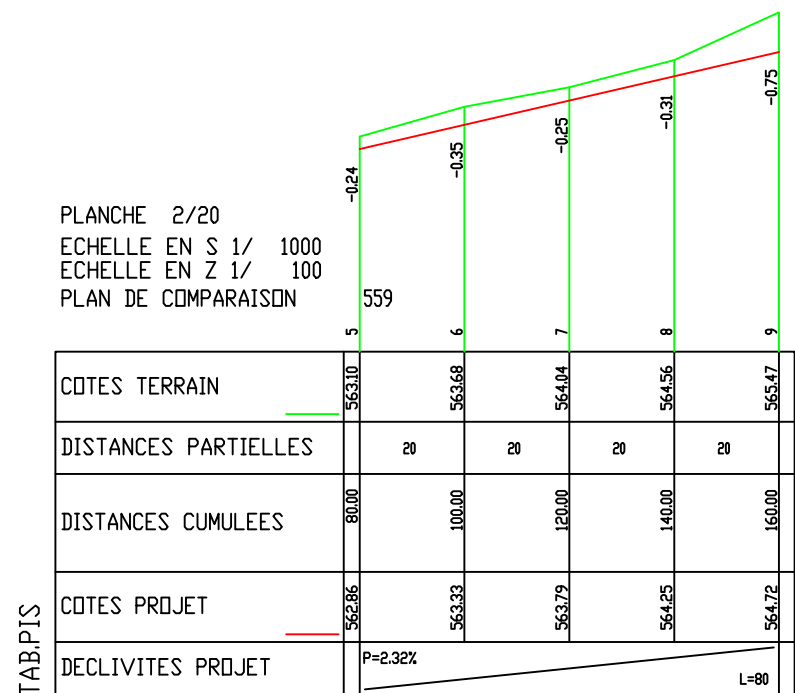
ECHELLE 1/10000

VZ

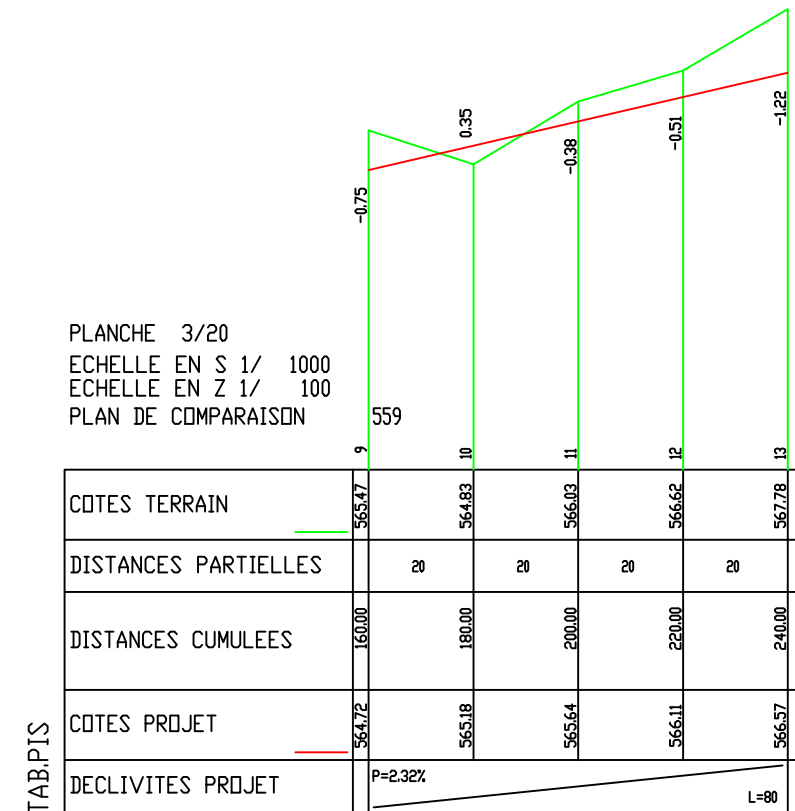
l'axe en plan



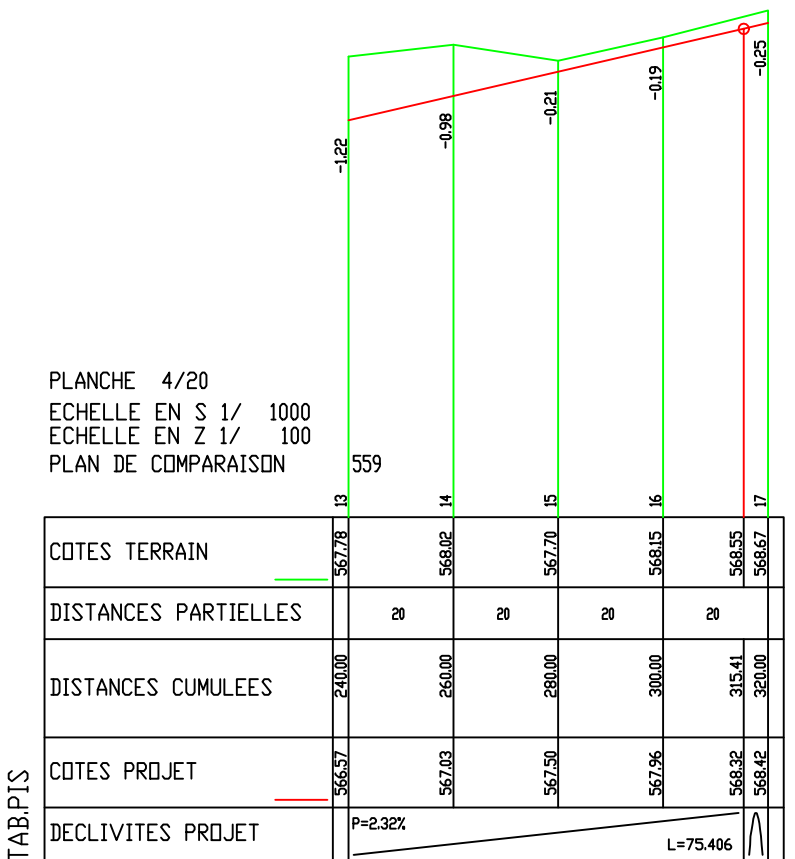
LICENCE : 3725



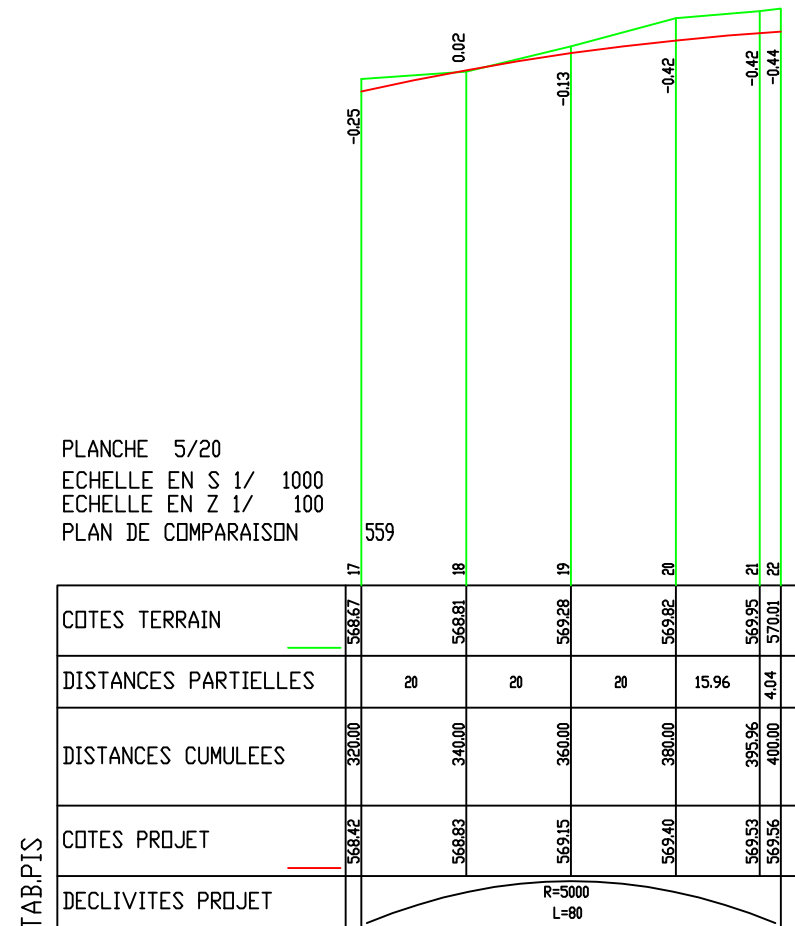
LICENCE : 3725



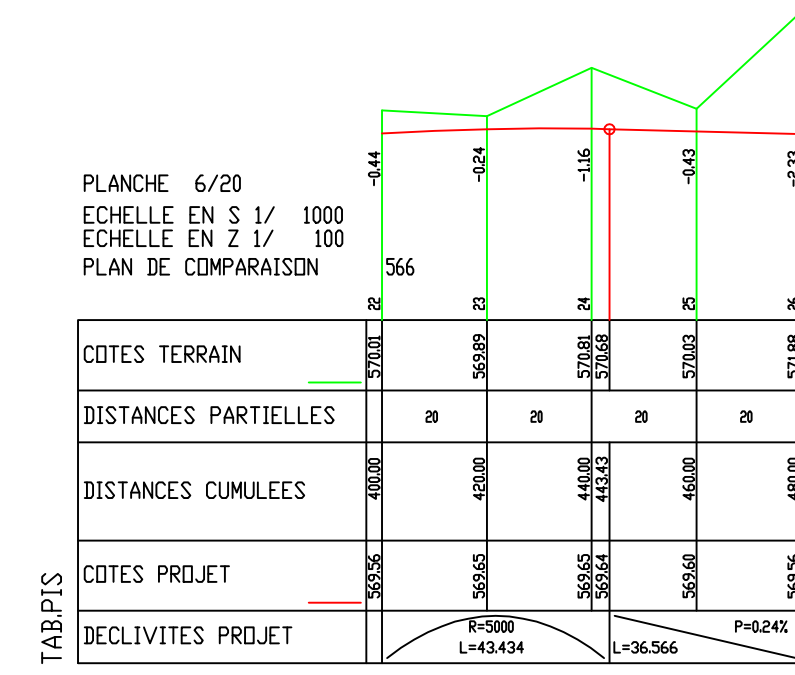
LICENCE : 3725



LICENCE : 3725



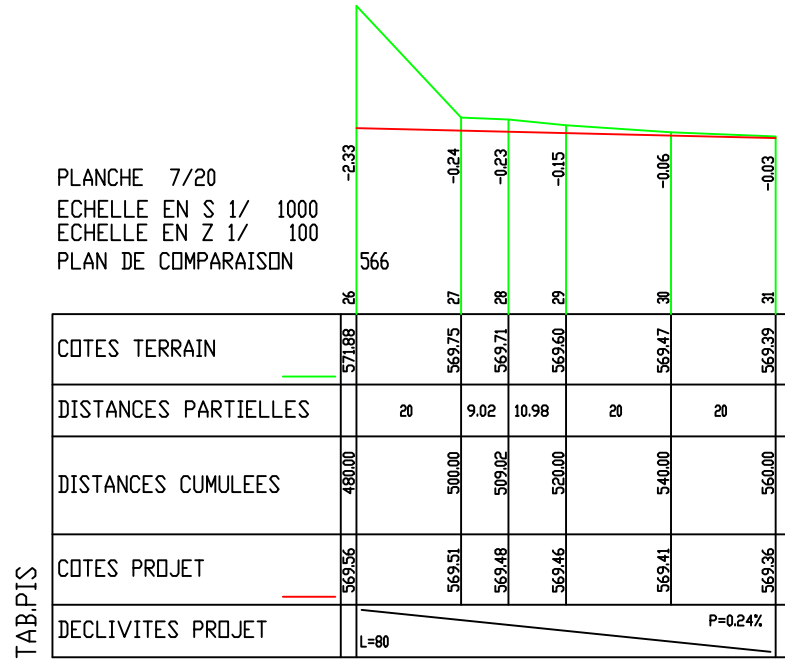
LICENCE : 3725



LICENCE : 3725

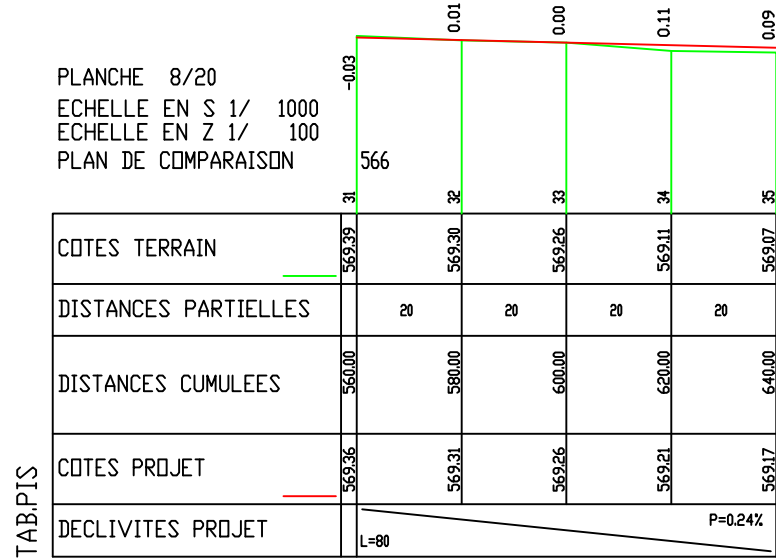
PROFIL EN LONG

PLANCHE 7/20
 ECHELLE EN S 1/ 1000
 ECHELLE EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON



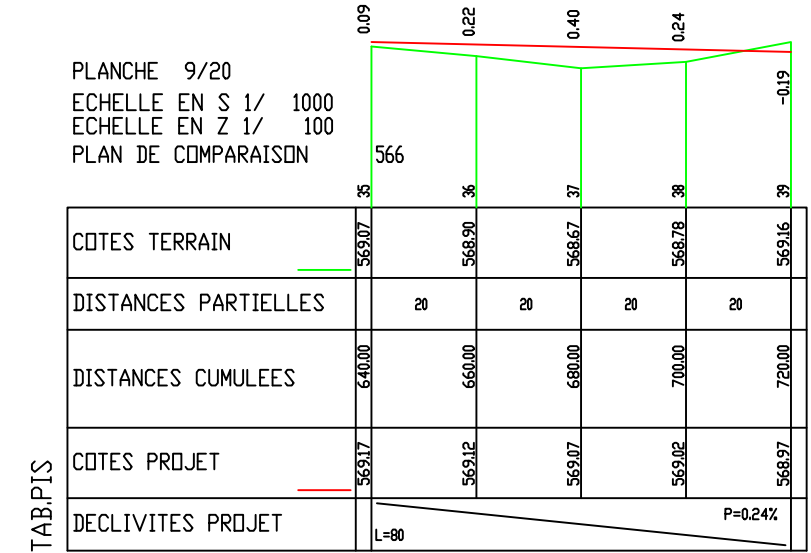
LICENCE : 3725

PLANCHE 8/20
 ECHELLE EN S 1/ 1000
 ECHELLE EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON



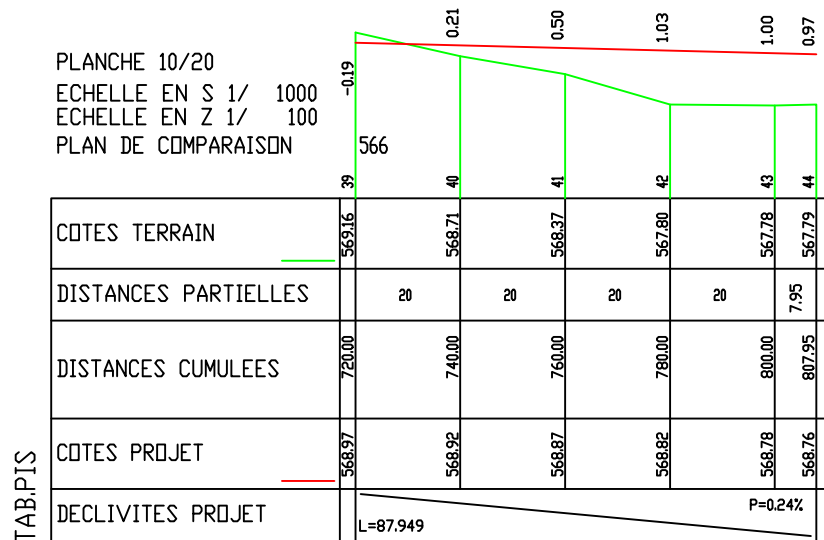
LICENCE : 3725

PLANCHE 9/20
 ECHELLE EN S 1/ 1000
 ECHELLE EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON



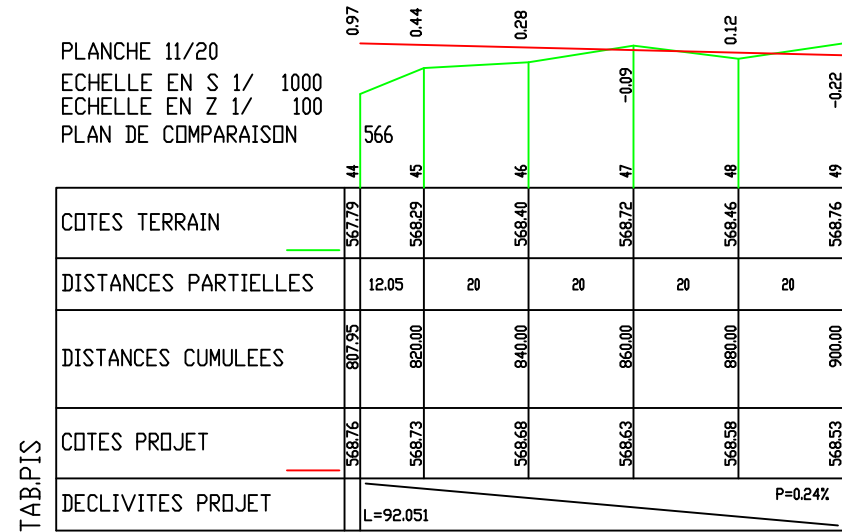
LICENCE : 3725

PLANCHE 10/20
 ECHELLE EN S 1/ 1000
 ECHELLE EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON



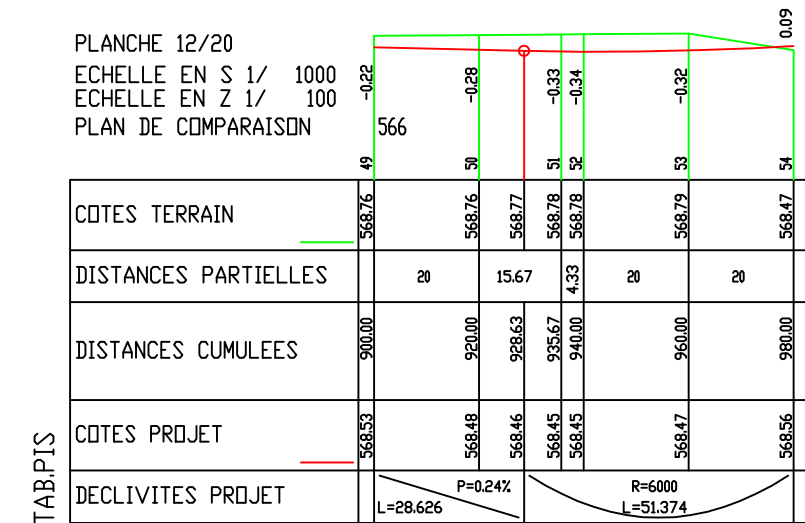
LICENCE : 3725

PLANCHE 11/20
 ECHELLE EN S 1/ 1000
 ECHELLE EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON



LICENCE : 3725

PLANCHE 12/20
 ECHELLE EN S 1/ 1000
 ECHELLE EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON



LICENCE : 3725

PROFIL EN LONG

PLANCHE 19/20
 ECHELLE EN S 1/ 1000
 ECHELLE EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON

TAB.PIS

COTES TERRAIN	577.02	577.14	577.42	577.59	576.66
DISTANCES PARTIELLES		20	20	20	20
DISTANCES CUMULEES	1480.00	1500.00	1520.00	1540.00	1560.00
COTES PROJET	576.94	577.17	577.41	577.64	577.88
DECLIVITES PROJET	P=1.18% L=80				

LICENCE : 3725

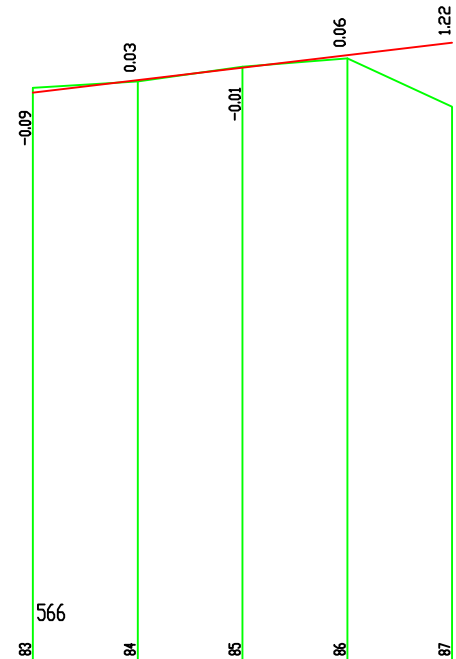
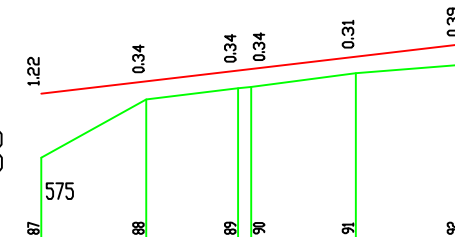


PLANCHE 20/20
 ECHELLE EN S 1/ 1000
 ECHELLE EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON

TAB.PIS

COTES TERRAIN	576.66	577.78	577.98	578.01	578.28	578.43
DISTANCES PARTIELLES		20	17.51	20	20	
DISTANCES CUMULEES	1560.00	1580.00	1597.51	1600.00	1620.00	1640.00
COTES PROJET	577.88	578.11	578.32	578.35	578.59	578.82
DECLIVITES PROJET	P=1.18% L=80					

LICENCE : 3725

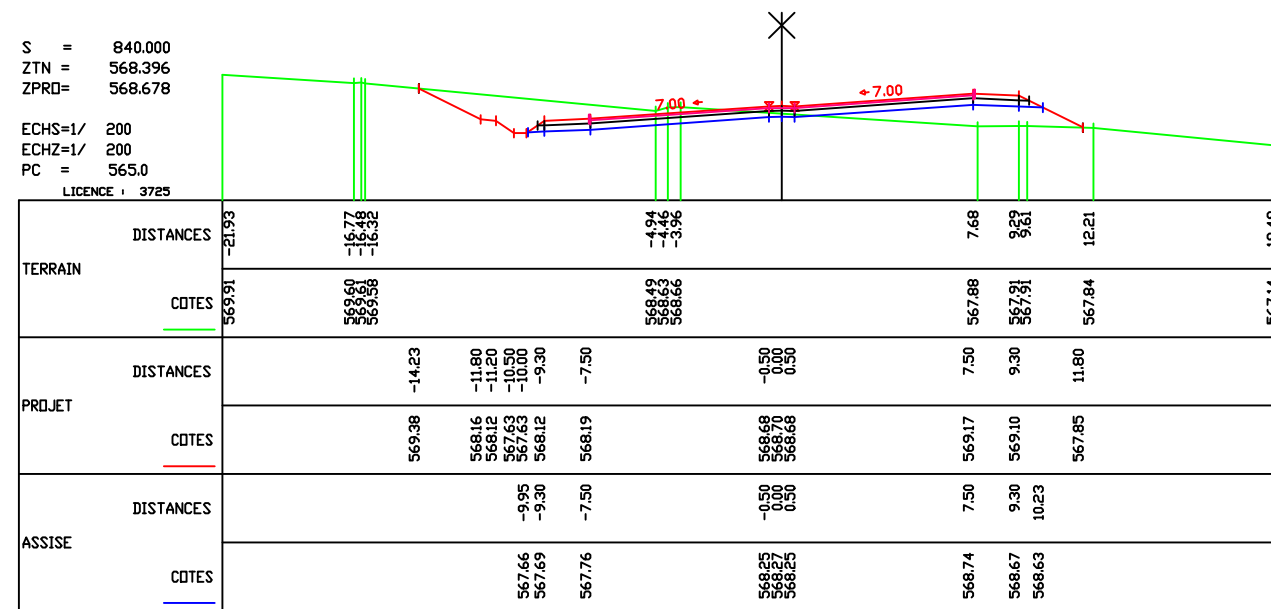


PROFIL EN LONG

PROFIL 46

TAB.PIS

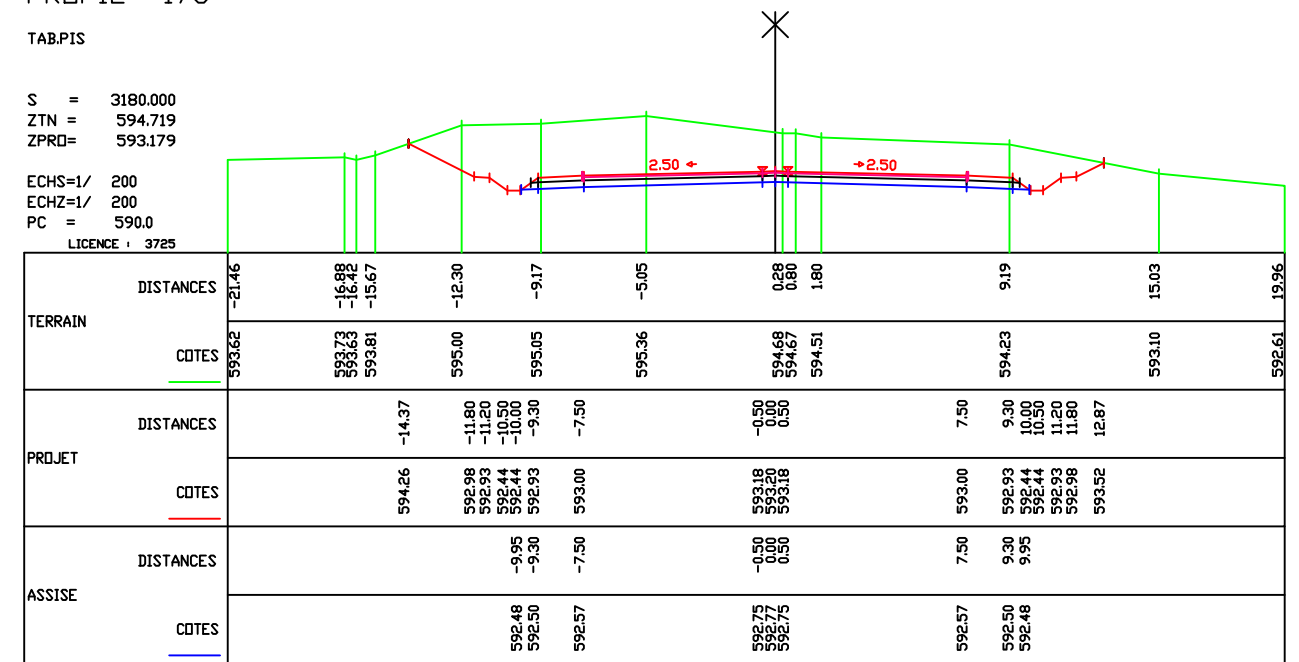
S = 840.000
 ZTN = 568.396
 ZPRD= 568.678
 ECHS=1/ 200
 ECHZ=1/ 200
 PC = 565.0
 LICENCE : 3725



PROFIL 178

TAB.PIS

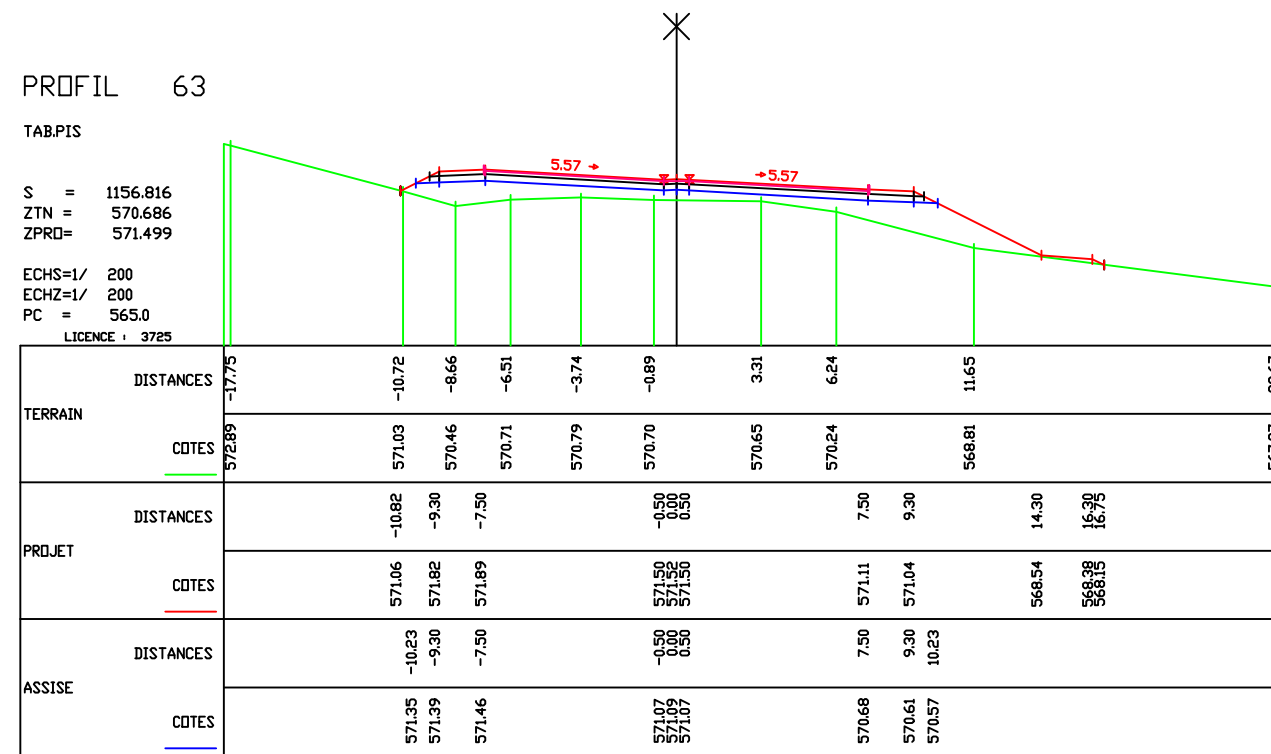
S = 3180.000
 ZTN = 594.719
 ZPRD= 593.179
 ECHS=1/ 200
 ECHZ=1/ 200
 PC = 590.0
 LICENCE : 3725



PROFIL 63

TAB.PIS

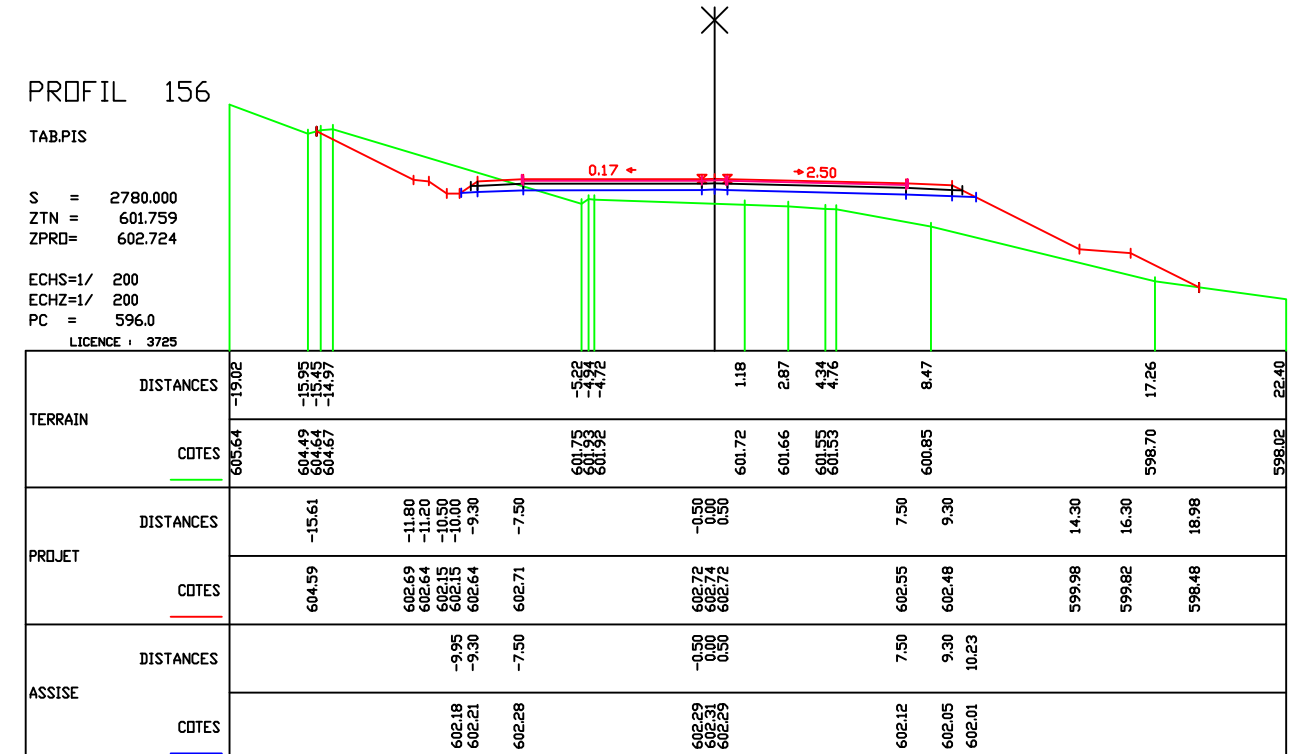
S = 1156.816
 ZTN = 570.686
 ZPRD= 571.499
 ECHS=1/ 200
 ECHZ=1/ 200
 PC = 565.0
 LICENCE : 3725



PROFIL 156

TAB.PIS

S = 2780.000
 ZTN = 601.759
 ZPRD= 602.724
 ECHS=1/ 200
 ECHZ=1/ 200
 PC = 596.0
 LICENCE : 3725



PROFIL EN TRAVERS

PROFIL 654

TAB.PIS

S = 11620.000
ZTN = 707.635
ZPRD= 705.846

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 700.0
LICENCE : 3725



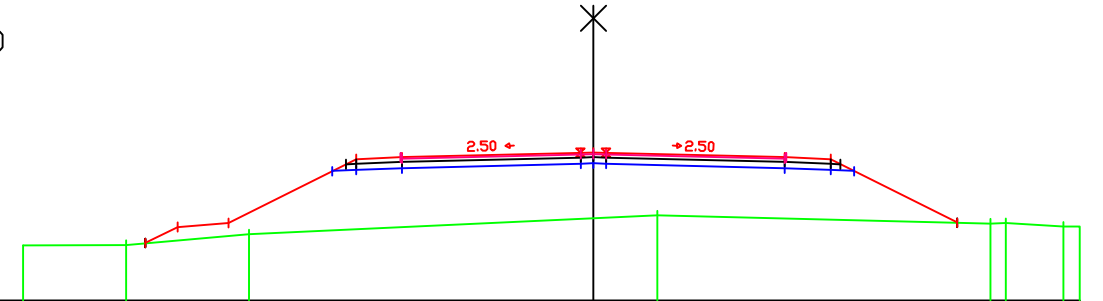
TERRAIN	DISTANCES	-21.93	-14.10	-6.68	-5.59	10.94	11.81	13.59	19.34
	COTES	707.82 706.02	709.78	709.78	709.76	703.48	703.19	702.92	702.74
PROJET	DISTANCES	-13.87	-16.80	-11.80	-11.20	-10.50	-9.30	-7.50	-0.50
	COTES	708.54 708.31	708.15	705.65 705.60	705.11 705.11	705.60	705.67	705.60	705.85 705.87 705.85
ASSISE	DISTANCES			-9.95	-9.30	-7.50	-0.50	0.00	0.50
	COTES			705.14 705.17	705.24	705.24	705.42 705.44 705.42	705.24	705.17 705.13

PROFIL 650

TAB.PIS

S = 11540.000
ZTN = 700.225
ZPRD= 702.781

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 697.0
LICENCE : 3725



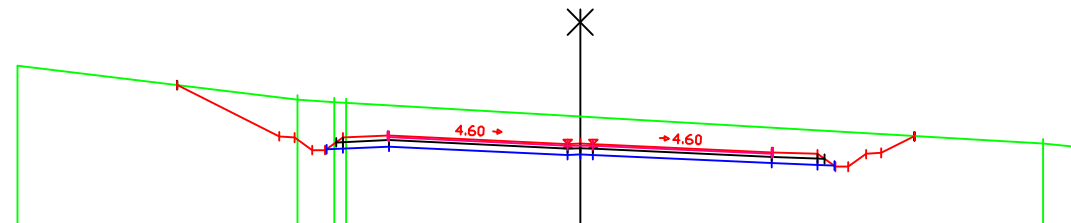
TERRAIN	DISTANCES	-22.35	-18.31	-13.48	2.50	15.57	16.17	18.44	19.07
	COTES	699.15	699.18	699.60	700.34	700.02	700.03	699.90	699.90
PROJET	DISTANCES		-17.56	-16.30	-14.30	-9.30	-7.50	-0.50	0.00
	COTES		699.25	699.87	700.03	702.53	702.61	702.78 702.78 702.78	702.53 702.53
ASSISE	DISTANCES					-10.23	-9.30	-7.50	-0.50
	COTES					702.07	702.10	702.18	702.35 702.35 702.35

PROFIL 620

TAB.PIS

S = 11000.000
ZTN = 701.211
ZPRD= 700.143

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 697.0
LICENCE : 3725



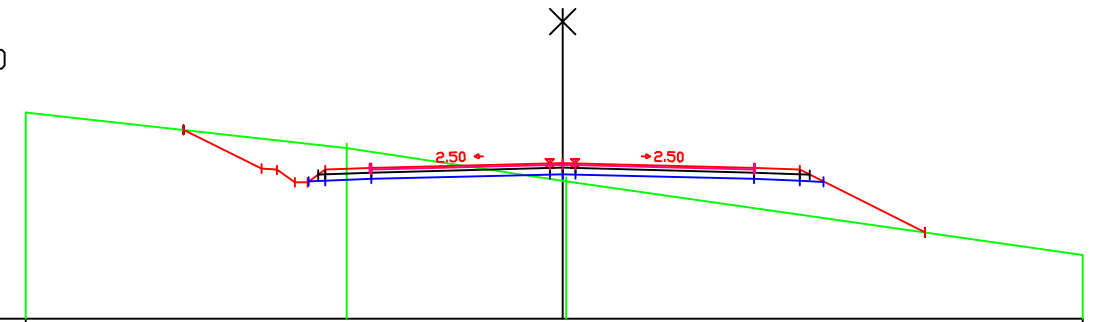
TERRAIN	DISTANCES	-22.07	-11.08	-9.65	-9.15	18.14	19.35
	COTES	703.21	701.87	701.78	701.75	700.15	700.03
PROJET	DISTANCES	-15.81	-11.80	-11.20	-10.50	-9.30	-7.50
	COTES	702.45	700.44 700.39	699.90 699.90	700.39	700.46	700.14 700.16 700.14
ASSISE	DISTANCES		-9.95	-9.30	-7.50	-0.50	0.00
	COTES		699.94 699.96	700.03	699.71 699.73 699.71	699.39	699.32 699.29

PROFIL 610

TAB.PIS

S = 10820.000
ZTN = 701.387
ZPRD= 702.071

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 696.0
LICENCE : 3725



TERRAIN	DISTANCES	-21.03	-8.45	0.14	20.39
	COTES	704.08	702.68	701.37	698.50
PROJET	DISTANCES	-14.84	-11.80	-11.20	-10.50
	COTES	703.39	701.87 701.82	701.33 701.33	701.82
ASSISE	DISTANCES		-9.95	-9.30	-7.50
	COTES		701.37 701.39	701.47	701.64 701.64 701.64

PROFIL EN TRAVERS