

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux
Publics Francis Jeanson



Mémoire
Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État
Et de master

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

**ETUDE DE PERIPHERIQUE NORD DE LA
NOUVELLE VILLE DE SIDI ABDELLAH SUR 6
KM AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEUR**

Présenté par :

ABBES Dallal

Encadré par :

**Mr. DERRADJI Ayachi
Mr. HAMADI Kamel**

Promotion 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Nous remercions d'abord à Dieu Tout Puissant que j'adresse mes remerciements pour avoir guidé mes pas dans le bon chemin et qui m'a permis de mener mon travail à bon port.

Nous tenons à adresser nos remerciements à nos familles, qui nous ont toujours soutenus et poussés à continuer nos études. Ce présent travail a pu voir le jour grâce à leur soutien.

Nous remercions notre cher Enseignant et Encadreur Mr.derradji ayachi , pour ses conseils précieux et son soutien de tous les jours.

A tous ceux qui m'ont bien accueilli, bien conseillé, à ceux qui, par leur sourire ou par leur poignée de mains, m'ont encouragé, je dis un grand Merci.

Nous remercions tous les enseignants de l'ENSTP, ainsi que l'administration de l'école, et les responsables de la bibliothèque. Sans oublier de remercier les membres de l'honorable jury pour l'intérêt qu'ils ont porté pour présider et examiner ce modeste travail.

Enfin, nous remercions également toutes les personnes qui ont participés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

ملخص:

بالنسبة لمشروع نهاية دراستي ، قمت بإجراء دراسة على المحيط الشمالي لمدينة سيدي عبد الله الجديدة على بعد 6 كم الذي تم اقتراحه من قبل مكتب تصميم SEGICOR الموجود في البلدية. لتطوير هذا العمل المتواضع ، اتبعت خطة عمل اقترحها المشرف ، والتي تبدأ بفصل نظري (ماجستير) حول تأثير مادة رابطة الكربون على البيتومين ثم مقدمة عامة للمشروع ، وفي المرحلة الثانية قمت بدراسة APS لمشروع ، دراسة المرور ، هندسة هذا الطريق ، الدراسة الجيوتقنية ثم قياس أبعاد جسم الطريق وفقاً لطريقتين: طريقة الكتالوج وطريقة CBR للطريق. وأخيراً دراسة موجزة تتعلق بالصرف الصحي وحساب المكعبات وتصميم التبادل واللافتات مع تقييم كمي وتقدير. عند تطوير موضوعنا ، اعتمدنا على المعايير المذكورة في البليوغرافيا. كلمات مفتاحية: طريق معبد ، حركة المرور ، ردم ، ميل ، تقاطع

Résumé :

Pour mon projet de fin d'étude j'ai traité une étude de périphérie nord de la nouvelle ville de SIDI ABDELLAH sur 6 km avec conception d'un échangeur ; qui a été proposé par le bureau d'étude SEGICOR sise à Blida .

Pour l'élaboration de ce travail modeste, j'ai suivi un plan de travail proposé par l'encadreur, qui débute par un chapitre théorique (Master) sur l'influence de liant carbonique sur le bitume puis une introduction générale sur le projet, et dans une seconde phase j'ai fais l'étude APS de mon projet, l'étude de trafic, la géométrie de cette route, l'étude géotechnique puis le dimensionnement du corps de chaussé selon deux méthodes: Méthode du catalogue et méthode CBR, de la route. Enfin une étude sommaire portant sur l'assainissement, le calcul des cubatures, la conception d'un échangeur et la signalisation avec l'évaluation d'un devis quantitatif et estimatif.

Lors de l'élaboration de notre sujet on s'est basé sur les normes citées dans la bibliographie.

Mots clés : chaussé, trafic, dévers, géotechnique, cubature, échangeur.

Abstract :

For my end-of-study project, I carried out a study of the northern periphery of the new town of SIDI ABDELLAH over 6 km with the design of an interchange. Which was proposed by the SEGICOR design office located in Blida

For the development of this modest work, I followed a work plan proposed by the supervisor, which begins with a theoretical chapter (Master) on the influence of carbonic binder on bitumen then a general introduction to the project, and in a second phase I did the APS study of my project, the traffic study, the geometry of this road, the geotechnical study then the dimensioning of the body of the roadway according to two methods: Catalog method and CBR method , of the road. Finally, a summary study relating to sanitation, the calculation of cubatures, the design of an interchange and signage with the evaluation of a quantitative and estimated estimate.

When developing our topic we were based on the standards cited in the bibliography.

Keywords : rutting, road, traffic, carriageway, overhang, cubature, assinissement

SOMMAIRE

INTRODUCTON GENERALE1

CHAPITRE I. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 DEFINITION	2
I.1.1 Les liants hydrocarbonés	2
I.1.2 Classification des liants hydrocarbonés	2
I.1.3 Origine des bitumes	3
I.1.4 Fabrication du bitume	4
I.2 CONSTITUANTS D'UN ENROBE BITUMINEUX	6
I.2.1 Granulats	6
I.2.2 Caractéristiques physiques et propriétés des granulats	6
I.2.3 Les fines d'apport	7
I.3 DEFINITION	7
I.3.1 Classification des enrobés hydrocarbonés	7
I.3.2 Influence des actions appliquées à la chaussée	8

CHAPITRE II. PRESENTATION GENERALE DU PROJET

II.1. PRESENTATION DE NOTRE PROJET	9
II.2. DESCRIPTION DU PROJET	9
II.3. PRESENTATION DE PROJET DE LA VILLE NOUVELLE DE SIDI ABDELLAH ...	9
II.3.1 Introduction	9
II.3.2 Présentation de la ville nouvelle	10
II.3.3 Contexte général du site de la ville nouvelle de Sidi Abdellah	11
II.4. PRESENTATION DE LA WILAYA D'ALGER	12
II.4.1 Organisation administrative	12
II.4.2 Situation démographique et superficie	12
II.4.3 Situation géographique (Relief – Climat)	12
II.4.4 Réseaux routier	12

CHAPITRE III. ETUDE APS

III.1. INTRODUCTION	14
III.2. LA ZONE D'ETUDE	14
III.3. DESCRIPTION DES VARIANTES	14
III.3-1 variante 1	15
III.3-2 variante 2	15
III.3-3 variante 3	15
III.4. COCNLUSION	16

CHAPITREIV. ETUDE DE TRAFIC

IV.1. INTRODUCTION	17
IV.2. DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS	17
IV.2.1 Trafic normal	17
IV.2.2 Trafic dévié	17
IV.2.3 Trafic induit	17
IV.2.4 Trafic total	17
IV.3. ANALYSE DU TRAFIC	17

IV.3.1 Les comptages.....	18
IV.3.1.1 Comptage manuel	18
IV.3.1.2 Comptages automatique	18
IV.3.2 Les enquêtes	18
IV.3.2.1 Les enquêtes de type cordon	18
IV.3.2.2 Les enquêtes qualitatives	18
IV.4. CALCULE DE LA CAPACITE	19
IV.4.1 Définition de la capacité	19
IV.4.2 Calcule de (TJMA) horizon.....	19
IV.4.3 Calcul des trafics effectifs	19
IV.4.4 Débit de pointe horaire normale	20
IV.4.5 Débit horaire admissible	20
IV.4.6 Calcule nombre de voies	21
IV.5. APPLICATION AU PROJET	22
IV.6. CONCLUSION	24

CHAPITRE V. GEOMETRIE

V.1. INTRODUCTION	25
V.2. VITESSE DE REFERENCE	25
V.3. TRACE EN PLAN	25
V.3.1. Introduction	25
V.3.2. Règles et principes de tracé en plan	25
V.3.3. Géométrie en plan	26
V.4. PROFIL EN LONG	28
V.4.1. Introduction	28
V.4.2. Règles du profil en long	29
V.4.3. Caractéristiques du profil en long pour l'échangeur	29
V.4.4. Caractéristiques du profil en long pour l'axe principale périphérique nord	29
V.5. PROFIL EN TRAVERS	29
V.5.1. Définition	29
V.5.2. Types de profils en travers	30
V.5.3. Pentes transversales	31
V.6. APPLICATION AU PROJET.....	31
V.7. GEOMETRIE DES DISPOSITIFS D'ENTREE ET DE SORTIE	32
V.7.1. Les dispositifs de sortie	33
V.7.2. Les dispositifs d'entrée	34
V.7.3. Les Longueurs de décélération et d'accélération	34
V.8. CONCLUSION	35

CHAPITRE VI. ETUDE GEOTECHNIQUE

VI.1. INTRODUCTION	36
VI.2. UTILITE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE	36
VI.3. LES OBJECTIFS	36
VI.4. LES DEFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE	36
VI.4.1 Les essais d'identification	37

VI.4.1.1 Teneur en eau	37
VI.4.1.2 Analyses granulométriques	37
VI.4.1.3 Equivalent de sable	38
VI.4.1.4 Limites d'Atterberg	38
VI.4.1.5 L'essai au bleu de méthylène	38
VI.4.1.6 Essai Proctor	39
VI.4.1.7 Essai C.B.R (California Bearing Ratio).....	40
VI.4.1.8 Essai Los Angeles	40
VI.4.1.9 Essai Micro Deval	41
VI.4.2 Les essais in situ	41
VI.4.2.1 Les forages	41
VI.4.2.2 Essai pressiométriques	42
VI.4.2.3 Essais pénétrométriques	42
VI.5. APPLICATION AU PROJET	43
VI.5.1 Synthèse des données géotechniques	43
VI.5.2 Résultats des essais au laboratoire	43
VI.5.3 Zone d'enquête géotechniques	44
VI.6 CONCLUSION	47
CHAPITRE VII. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	
VII.1. INTRODUCTION	48
VII.2. METHODE DE CATALOGUE ALGERIEN	48
VII.2.1 Les données climatiques	48
VII.2.2 Les données du trafic	49
VII.2.2.1 Détermination du type du réseau principal	49
VII.2.2.2 Détermination de la classe du trafic(TPLi)	49
VII.2.3. Détermination de la portance du sol-support	51
VII.2.3.1. Application de projet	51
VII.2.3.2. Présentation des classes de portance des sols	51
VII.2.4.Choix des différentes couches constituantes de la chaussée	52
VII.2.5. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support	54
VII.3. METHODE CBR (CALIFORNIA – BEARING – RATIO).....	57
VII.4. CONCLUSION	59
CHAPITRE VIII. LES CUBATURES	
VIII.1. INTRODUCTION	60
VIII.2. DEFINITION	60
VIII.3. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES	60
VIII.3.1 Formule de SARRUS	61
VIII.3.2 Méthode linéaire	62
VIII.3.3 Méthode de GULDEN	62
VIII.4 CONCLUSION	63
CHAPITRE IX. ASSAINISSEMENT	
IX.1. INTRODUCTION	64
IX.2. ASSAINISSEMENT DE LA PLATE-FORME	64

IX.2.1 Réseau de collecte longitudinal	64
IX.2.1.1 Réseau de crête de talus de déblai	64
IX.2.1.2 Réseau de pied de talus de déblai	64
IX.2.1.3 Fossé sur risberme ou banquette	64
IX.2.1.4 Réseau du Terre-plein Central (TPC)	65
IX.2.1.5 Réseau de pied de talus de remblai	65
IX.2.2 Ouvrages transversaux	66
IX.2.2.1 Les descentes d'eau	66
IX.2.2.2 Les collecteurs	66
IX.2.3 Ouvrages de raccordement	66
IX.3. ETUDE HYDROLOGIQUE	66
IX.3.1 Données pluviométriques	66
IX.3.2 Choix de la fréquence de pluie	67
IX.3.3 Calcul hydraulique	68
IX.3.3.1. Calculs des débits	69
IX.3.3.2 Dimensionnement des fossés	69
IX.4. APPLICATION AU PROJET	71
IX.4.1 Dimensionnement du système de drainage longitudinal (les fossés)	71
IX.4.2 Dimensionnement du système de drainage transversal (les dalots et les buses)	76
IX.4.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants	76
IX.4.2.2. Détermination de l'intensité I(t)	76
IX.5 CONCLUSION	81
CHAPITRE X. CHOIX ET CONCEPTION D'ECHANGEUR	
X.1. INTRODUCTION	82
X.2. REGLES DE CONCEPTION	82
X.3. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DES ECHANGEURS	82
X.4. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS	82
X.5. CHOIX DE SITE D'IMPLANTATION	83
X.6. CHOIX DE L'ECHANGEUR	83
X.7. APPLICATION AU PROJET	84
X.8. CONCLUSION	86
CHAPITRE XI. SIGNALISATION ET EQUIPEMENT	
XI.1. INTRODUCTION	88
XI.2. SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE	88
XI.2.1 Signalisation horizontale	88
XI.2.2. Signalisation verticale	90
XI.3. DISPOSITIFS DE RETENUE	92
XI.4. CLÔTURES	93
XI.5. ECLAIRAGE	93
XI.6. APPLICATION AU PROJET	93
XI.7. CONCLUSION	98
CHAPITRE XII. DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF DES TRAVAUX	
CONCLUSION GENERALE.....102	

BIBLIOGRAPHIE103

ANNEXE

LISTE DES FIGURES

Figure I.1.Fabrication du bitume	6
Figure II.1.image satellitaire qui représente l'itinéraire de projet	9
Figure II.2.image satellitaire qui représente la ville nouvelle de Sidi- Abdellah	10
Figure I.3.vue général de la wilaya d'Alger	12
Figure II.4.la carte de réseau routier d'Alger	13
Figure III.1.le tracé des trois variantes sur une carte satellitaire	15
Fig V.1.Graphe de la longueur de clothoïde en fonction du rayon	27
Fig V.2.Les éléments constitutifs du profil en travers	30
Fig V.3.PROFIL EN TRAVERS TYPE AXE PERIPHERIQUE	31
Fig V.4.PROFIL EN TRAVERS TYPE AXE BRETELLE ET BOUCLE	32
Fig V.5.Les dispositifs des Bretelles	33
Fig V.6.Les dispositifs de sorties sur l'autoroute	33
Fig V.7.Les dispositifs d'entrée sur l'autoroute	34
Fig V.8.Longueurs de décélération/d'accélération en palier L 0	34
fig VI.1.Teneur en eau	37
fig VI.2. Analyses granulométriques	37
fig VI.3.Equivalent de sable	38
fig VI.4 .Limites d'Atterberg	38
fig VI.5. L'essai au bleu de méthylène	39
fig VI.6.Essai Proctor	39

fig VI.7.Essai C.B.R (California Bearing Ratio)	40
fig VI.8.Essai Los Angeles	40
fig VI.9.Essai Micro Deval	41
fig VI.10.Les forages	41
fig VI.11.Essai pressiométriques	42
fig VI.12.Essais pénétrométriques	42
figure VI.13.zone d'enquête	44
figure VI.14.plan géologique	47
Fig VII.1.la carte climatique de l'Algérie (fascicule N° 1)	48
Fig VII.2.Mode de fonctionnement de la structure	52
Figure VII.3.fiche structure GB/GB	53
Figure VII.4.Résultat par Alizé	56
Fig VIII.2.formule de SARRUS	62
Fig VIII.4.méthode de GULDEN	64
Figure IX.1.exemple de réseau de TPC	65
Fig IX.2 : exemple Réseau de pied de talus de remblai	65
figure IX.3.la forme du fossé	74
Fig IX.4.Le fossé retenu	75
Fig IX.5.forme d'un dalot	78
Fig IX.6.image représente des buses	79
Figure X.1.les différents types des échangeurs	83
fig X.2.SCHEMAS DE L'ECHANGEUR TYPE TREMPETTE	86
figure X.3.Vue en plan de l'échangeur	87

Fig XI.1.Les lignes longitudinal	93
Fig XI.2.Lignes transversales	93
Fig XI.3.Les lignes de délimitation de voies dans le tracé	94
Fig XI.4.voie d'insertion Sans affectation de voies	94
Fig XI.5.Voies d'accélération	94
Fig XI.6.Schéma de marquage avec hachures	94

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1.Composition schématique d'un pétrole brut	4
Tableau IV.1.Coefficient d'équivalence (P).	20
Tableau IV.3.Coefficient K2	21
Tableau IV.4.Capacité théorique Cth	21
Tab V.1.Valeurs limites des rayons du tracé en plan	26
Tab V.2.Enchaînement des éléments du tracé en plan	27
Tab V.3.valeur limites du tracé en plan (Source ICTAAL 2000).	28
Tab V.4.Les valeurs limites des paramètres du profil en long	29
Tab V.5.Les valeurs limites des paramètres du profil en long	29
Tab V.6.Dévers de la chaussée (source ICTAAL 2000)	31
Tableau VI.1.Synthèse des essais d'identification physique en laboratoire	43
Tableau VI.2.Synthèse des essais mécaniques du sol	43
Tab VI.3.Résultats de l'enquête de sondage	45
Tab VII.1.Choix des températures équivalentes (fascicule N° 2)	49
Tab VII.2.Calcul du trafic selon la répartition transversale de la chaussée	49
Tab VII.3.Valeur de coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2)	50
Tab VII.4.Classe TPLi pour RP1 (fascicule N° 1)	51
Tab VII.5.Risque adopté pour le réseau RP1	51
Tab VII.6.Présentation des classes de portance des sols	51
Tab VII.7.l'épaisseur de couche de forme ajoutée	52
Tab VII.8.Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)	55
TableauVII.9.Résultat par Alizé	57

Tableau VII.10.Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	58
Tab IX.1.Variable de GAUSS (u)	67
Tab IX.2.les coefficients de ruissellements	68
Tab IX.3.tableau récapitulatif	73
Tab IX.4.valeurs de Qs en fonction de (b, h).	75
Tab IX.5.caractéristiques des bassins versants	76
Tab IX.6.Les temps de concentration	77
TabIX.7.Les débits d'apport de chaque bassin versant	77
tab IX.8.tableau récapitulatif des résultats	80
tab IX.9.Les ouvrages hydrauliques sur l'axe principal (périphérique Nord)	81
tab IX.10.Les ouvrages hydrauliques sur l'échangeur au PK 01+825	81
Tab XI.1.Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées .	89
Tab XI.2.Les dimensions détaillées des panneaux	91
Tab XI.3.Implantation de la signalisation directionnelle	96
Tab XI.4.Plaque de signalisation	97

NOTATION ET SYMBOLES

TJMA_n : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Q : débit de pointe horaire

1/n : coefficient de pointe horaire pris égal à 0.12.

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie.

S : coefficient de dissymétrie.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

C.B.R : California -Bearing - Ratio.

L.C.P.C : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitumineux.

GT : grave traité.

GNT : grave non traité.

Sol.s : sol support.

e : épaisseur équivalente.

I_{CBR} : indice CBR (sol support).

N : désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon.

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

Log : logarithme décimal.

θ : température équivalente.

ε_t : la déformation de traction par traction à la base des couches bitumineuses.

ε_z : la déformation verticale sur le sol support.

VB : vitesse de référence.

R : rayon en (m).

Δd : la variation de divers.

I_{min} : déclivité minimal.

I_{max} : déclivité maximal.

g : accélérations de la pesanteur.

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

V_r : vitesse de référence (km /h).

SD : distance de visibilité disponible (m).

R_v : rayon vertical convexe (m).

h_o : hauteur de l'œil du conducteur (m).

h_g : hauteur de l'obstacle (m).

S [m] : distance de visibilité disponible (distance d'éclairage)

Rv' [m] : rayon vertical concave
TN : Terrain Naturelle.
SD : Surface Déblai.
SR : Surface Remblai.
Rg : Le rayon de giratoire.
La : Largeur de l'anneau.
sL_f : Sur-largeur franchissable.
Ri : Rayon intérieur.
Re : Le rayon de l'entrée.
Rs : Le rayon de sortie.
R_r : Rayon de raccordement.
Le : Voie d'entrée.
Ls : Voie de sortie.
P₂₄ = P_j : Les précipitations moyennes de 24h.
C_v : Le coefficient de variation de la région considérée.
b : L'exposant climatique de la région
I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.
C : Coefficient de ruissellement
K : coefficient de concentration $K = 1/360$.
A : superficie du bassin versant exprimée en ha.
Rh : rayon hydraulique.
i : pente de l'ouvrage d'évacuation.
K_{st} : coefficient de strickler .
S = section du profil mouille / périmètre du profil mouille.
S_m : surface mouillée.
P_m : périmètre mouillé.
R : rayon hydraulique
P : pente du talus $P = 1/n$.
It : L'intensité à l'averse.
Q_c : débit rapporté par la chaussée.
Q_A : débit rapporté par l'accotement.
Q_t : débit rapporté par le talus.
C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée.
C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement.
C_t : coefficient de ruissellement du talus.
A_c : surface de la chaussée.
A_A : surface de l'accotement.
A_t : surface du talus.
S : section transversale.
V : vitesse d'écoulement en m/s.
Rh : Rayon en (m) de la section de la canalisation (rayon hydraulique).
I : pente de la conduite en (%).

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCION GENERALE

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

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant par saturation c.-à-d. par l'augmentation du nombre de véhicules, d'autre terme le trafic, il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes.

Ceci pousse à mener des études techniques d'aménagement à moyen terme, en tenant compte de l'évolution de trafic tant sur le plan importance mais aussi en composition (véhicules lourds et véhicules légers) pouvant desservir la population d'une part ainsi que les zones d'activité d'autre part

C'est dans ce cadre que Le bureau d'étude SEGICOR sise à Blida nous a proposé un projet de fin d'étude qui consiste à :étude de périphérique nord de la nouvelle ville de SIDI ABDELLAH sur 6 km avec conception d'un échangeur . sous couvert l'organisme VNSA (Ville Nouvelle de Sidi Abdellah)

Ce projet, dans ses grandes phases, est constitué de :

- Une recherche bibliographie sur fabrication les liants hydrocarbonés.
- La conception géométrique de la route (Trace en plan, profil en long et profil en travers par logiciel covadis).
- La conception structurale (composée de l'étude APS, l'étude du trafic et dimensionnement de la Chaussée).
- Etude géotechnique, étude d'assainissement, choix et conception de l'échangeur, signalisation et équipement de la route ainsi le calcul de devis quantitatif et estimatif.

CHAPITRE I.
RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 DEFINITION

I.1.1 Les liants hydrocarbonés

Les liants hydrocarbonés utilisés pour des chaussées font appel à des ressources diversifiées : bitume, goudron et émulsions de bitume. Un liant hydrocarboné est un liant organique constitué d'hydrocarbures, c'est-à-dire essentiellement à base de carbone et d'hydrogène, auxquels s'ajoutent l'oxygène, et le soufre..

I.1.2 Classification des liants hydrocarbonés

L'ensemble des liants hydrocarbonés comprend trois groupes principaux :

- ✓ Les bitumes et leurs dérivés anhydres
- ✓ Les émulsions de bitumes
- ✓ Les goudrons

1. Bitume

Ce sont des produits solides, semi-solides ou liquides comprenant le :

- Bitume pur

Obtenu par raffinage de butes pétroliers et ne comportant aucun ajout

- Bitume fluidifié

Bitume mélangé avec un diluant plus ou moins volatil, provenant de la distillation du pétrole

- Bitume fluxé

Bitume ramolli par l'addition d'une huile de fluxage de faible volatilité provenant de la distillation du goudron de houille.

- Bitume fluxé mixte

Bitume pur dont on a diminué la consistance par incorporation de produits provenant de la distillation du pétrole pour au moins 50 % des ajouts, et de la distillation du goudron de houille.

- Bitume composé

Comportant au moins 50 % de bitume et se subdivisant en :

- ✓ Bitume-goudron : mélange de bitume pur et de goudron de houille.
- ✓ Bitume -brais : mélange de bitume pur et de brais de houille. Les goudrons ont un température d'équiviscosité (TEV) < 60 °C ou un point de ramollissement (BA) < 40 °C .

- Bitume modifié

Bitumes précédents avec ajout de substances le plus souvent macromoléculaires autres que les fines minérales ou les additifs d'adhésivité.

2. Emulsions de bitume

L'émulsion de bitume est une dispersion de bitume dans l'eau formée par emploi d'une énergie mécanique de cisaillement de liant et d'un agent tensio-actif mécanique. Les liants de base peuvent être des bitumes purs ou modifiés, éventuellement fluidifiés fluxés.

3. Goudrons

Ils ont pour origine la cokéfaction à haute température du charbon, et sont obtenus par reconstitution à partir de brai et de coupes d'huiles provenant du traitement du goudron de houille. On distingue :

- Goudron pur : sans ajout.
- Goudron modifié : comportant des substances le plus souvent macromoléculaires autres que fines minérales ou les additifs d'adhésivité. Ils comprennent les goudrons-vinyles et goudron-styrène, les premiers ne faisant pas l'objet de spécifications.
- Goudron composé : comportant plus de 50% de Goudron et du bitume pur, et ne faisant l'objet ni de classification ni spécification.

I.1.3 Origine des bitumes

- **Bitumes naturels**

Les bitumes naturels sont extraits des pétroles bruts, complètement dépourvus de fractions légères et contenant un certain pourcentage de matière minérale.

Le plus connu est certainement le « bitume de Trinidad » provenant d'un lac de bitume situé dans l'île de Trinidad (Antilles britanniques).

On peut citer également la Gilsonite (Utah, Colorado) qui est un bitume pur, très dur, utilisé non pas pour la route mais pour les peintures, les accumulateurs, et les carreaux d'asphalte ; il y'a également l'Elaterite, l'Albertite (Canada), infusibles et extrêmement durs.

- **Bitumes artificiels**

Le bitume est la fraction la plus lourde du pétrole brut, constituée de molécules hydrocarbonées les plus longues. La composition schématique d'un pétrole brut peut être ainsi représentée :

Tableau I.1 Composition schématique d'un pétrole brut

Gaz
Carburant
Gas-Oil
Fuels: - domestique - fluide - lourde
Bitume

Dans cette composition, le pourcentage d'un bitume peut varier dans de très grandes proportions, il peut être :

- Faible voire nul, ce qui rend son extraction non rentable sur le plan industriel (cas des pétrole algériens et ceux du moyen orient).
- Très élevé, il peut atteindre les 70 à 80 % dans certains pétroles de l'Amérique latine (Venezuela), il peut atteindre pratiquement 100 % dans les bitumes naturels.

I.1.4 Fabrication du bitume

Pour fabriquer des bitumes de spécifications données, la première condition consiste à choisir un pétrole brut suffisamment lourd, autrement dit, celui qui présente après distillation atmosphérique une quantité de résidu (brut réduit) la plus importante. Il est à signaler que sur les 1300 pétroles bruts référencés dans le monde, 10% sont aptes à donner des bitumes respectant les spécifications d'usage. .

Selon les diverses origines de ces pétroles, il a été adopté des méthodes particulières de fabrication pour obtenir des produits bitumineux de qualité. Il existe quatre méthodes de fabrication des bitumes:

- **La distillation**

C'est un procédé physique d'évaporation des constituants volatils où la phase vapeur est éliminée et condensée, il reste en fond de colonne du bitume. On distingue deux procédés de distillation :

1) Distillation à la pression atmosphérique

C'est une méthode simple mais qui peut nécessiter en fonction de la base à traiter de hautes températures pouvant engendrer des dégradations des produits par surchauffe. Ce procédé n'est utilisé que pour retirer les produits légers (essence, kérosène).

2) Distillation sous vide

Cette opération est nécessaire pour obtenir des produits lourds, donc on commence par la distillation sous pression atmosphérique de brut choisi. Le fond de la colonne est alors envoyé à la distillation sous vide qui consiste à la séparation des différents constituants en jouant sur les paramètres : débit, pression et température.

La pression réduite qui règne à l'intérieur de la tour est destinée à poursuivre la séparation physique des constituants sans les dégrader thermiquement.

Plus on distille, plus le bitume obtenu est dur et plus sa pénétrabilité est faible.

- **L'extraction (Désasphaltage)**

Ce procédé consiste à fabriquer un bitume par solubilité du fond de la distillation sous vide dans un solvant (le propane et le butane), donc ce procédé est utilisé comme complément de la distillation. Après Extraction du résidu sous vide, on obtient :

- Un bitume,
- Une base pour lubrifiant de haute qualité.

Les bitumes de désasphaltage sont en général susceptibles à la température.

- **Le Soufflage**

Cette opération consiste à injecter de l'air dans le résidu de la distillation sous vide sous des températures comprises entre 250 et 300°C. Le but de ce procédé est d'obtenir des bitumes plus durs accompagnés d'une diminution de la susceptibilité à la température

Dans la pratique, on distingue :

- Le semi – soufflage qui consiste à traiter un fond de colonne sous vide, trop mou pour en faire un bitume routier,
- Le soufflage d'une base plus complexe pour obtenir des bitumes industriels très peu susceptibles à la température (utilisés par exemple dans les revêtements de toiture),

- **Le Craquage**

Le craquage est un traitement des fonds de colonne sous vide à des hautes températures comprises entre 450 et 500°C et à des pressions allant de 2 à 25 bar. Dans ces conditions, certaines grosses molécules des fractions lourdes se craquent pour former des molécules plus

petites, tandis que les plus stables résistent au traitement. Ces bitumes n'ont pas d'application routière.

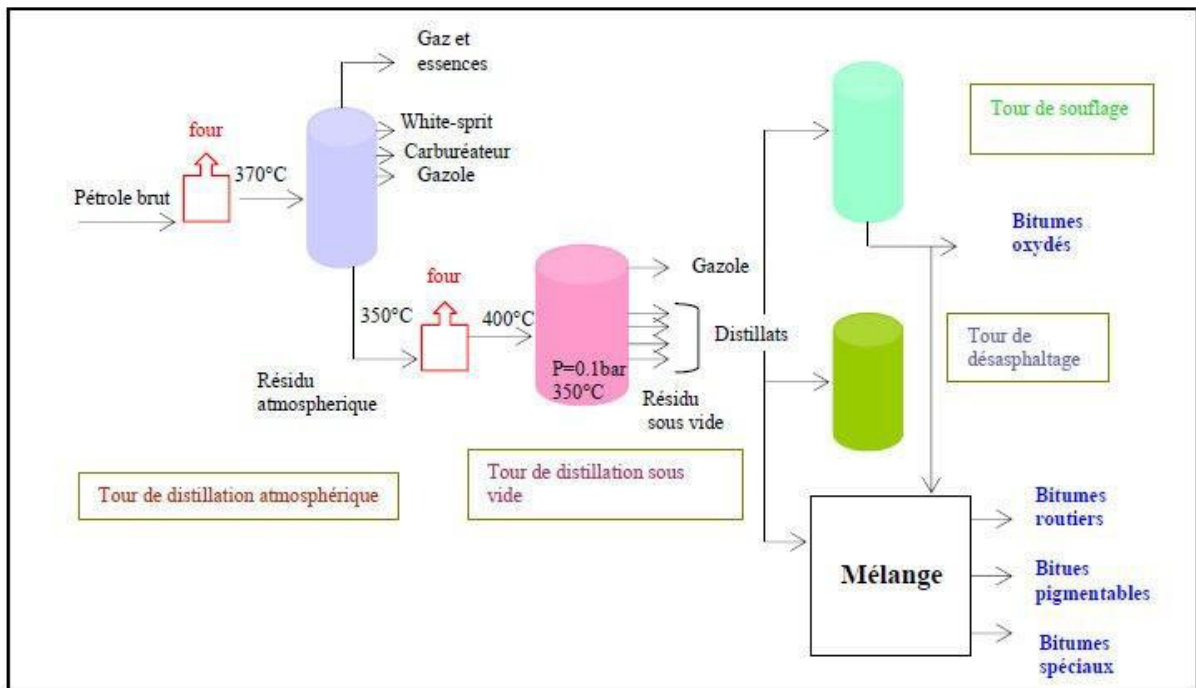


Figure I.1 Fabrication du bitume

I.2 CONSTITUANTS D'UN ENROBE BITUMINEUX

I.2.1 Granulats

Les granulats représentent près de 95 % d'un enrobé bitumineux. Il est donc important de bien les caractériser afin de faire un choix optimal lors de la formulation et de la fabrication d'un enrobé performant. Granulat est un matériau granulaire utilisé en construction ou bien est un ensemble des grains de dimensions comprises entre 0 mm et 125 mm, qui participe intimement aux performances et à la durabilité des ouvrages.

I.2.2 Caractéristiques physiques et propriétés des granulats

Nous citons quelques essais de laboratoire permettant de déterminer certaines caractéristiques mécaniques des granulats :

- Résistance à la fragmentation (chocs) :

Elle est mesurée par le coefficient "Los Angeles". Cette mesure est destinée à évaluer la résistance des granulats à la fragmentation sous l'action du trafic. .

- Résistance à l'attrition et à l'usure:

L'essai utilisé est le Micro Deval à sec ou en présence d'eau. Cette mesure ayant pour but de chiffrer l'usure qui se produit d'une part entre les gravillons dans une assise et d'autre part entre le pneumatique et le granulat à la surface des revêtements. Comme l'usure est très influencée par la présence d'eau, l'essai le plus représentatif est le Macro Deval en présence d'eau. .

- Résistance au polissage:

Cet essai permet de chiffrer la résistance au polissage des gravillons utilisés pour les couches de surface. On utilise une machine à tambour sur lequel sont disposées des plaques support de granulat. .

I.2.3 Les fines d'apport

Lorsque la teneur en fines (éléments inférieurs à 0,08 mm) apportées par le sable de concassage ou de broyage entrant dans la composition des enrobés bitumineux s'avère insuffisante, il faut prévoir l'addition de fines d'apport.

Pour caractériser la qualité de ces fines ainsi que celles issues du sable, il convient d'utiliser les essais définis par les règlements en vigueur et de respecter les valeurs minimales imposées. .

I.3 DEFINITION DES ENROBES HYDROCARBONES

Un enrobé est un mélange de graviers, de sable, de fines et de liant, il est un matériau routier, appliqué en une ou plusieurs couches, pour constituer le revêtement des chaussées. Les enrobés pour couche d'assise appartiennent soit à la famille des graves bitume (GB), soit à la famille des enrobés à module élevé (EME), ils permettent une diffusion suffisante des contraintes pour éviter une déformation permanente du sol support.

I.3.1 Classification des enrobés hydrocarbonés

Dans le domaine très vaste des enrobés hydrocarbonés et vues leur composition et destination possibles, on a introduit une classification basée essentiellement sur le mode de fabrication et la compacité.

- **D'après le mode de fabrication**

On distingue :

- ✓ **Les enrobés à chaud** : caractérisés par un passage des granulats dans un tambour sécheur pour les chauffer et les sécher. Le liant utilisé peut être un bitume pur, fluxé ou fluidifié, un goudron ou un liant composé, mais le plus souvent un bitume pur.
 - ✓ **Les enrobés à froid** : préparés à partir de granulats qui ne sont pas passés dans un tambour sécheur. Le liant utilisé peut être un bitume fluxé ou fluidifié, un goudron ou une émulsion.
- **D'après la compacité**

On distingue :

- ✓ **Les enrobés denses** : Dans lesquels le pourcentage des vides est inférieur à 10%. Les enrobés denses de haute qualité sont caractérisés par des spécifications plus sévères en ce qui concerne la qualité des granulats, la viscosité du liant, la courbe granulométrique, les performances mécaniques et le soin apporté à la fabrication.
- ✓ **Les enrobés semi-denses**: dans lesquels le pourcentage des vides est compris entre 10 et 15%.
- ✓ **Les enrobés ouverts** : dans lesquels le pourcentage des vides est supérieur à 15 %.

I.3.2 Influence des actions appliquées à la chaussée :

- Effet du trafic :

Le passage d'un véhicule engendre des contraintes de traction et de compression dans les différentes directions des couches de la chaussée. Chaque couche de la chaussée est assimilée à une poutre qui subit des flexions sous l'effet du trafic. Le calcul des efforts et déformations qui apparaissent nécessite, en premier lieu, la connaissance du module complexe et éventuellement du coefficient de Poisson.

I.4 CONCLUSION :

Les liants hydrocarbonés jouent un rôle fondamental dans la durabilité d'un revêtement routier : leurs caractéristiques intrinsèques assurent flexibilité et résistance à la fissuration, à la fatigue et à l'arrachement des enrobés.

CHAPITRE II.
PRESENTATION
GENERALE DU PROJET

II.1. PRESENTATION DE NOTRE PROJET

Notre projet consiste à la réalisation d'un tronçon autoroutier de 10.1km (d'axe principale) en 2*3 voies d'après le calcul du trafic du (Pk 00+000) entre l'autoroute de dar Beida a la nouvelle ville de Sidi Abdallah avec une conception d'un échangeur au niveau de (Pk 01+800).



Figure II.1 image satellitaire qui représente l'itinéraire de projet

II.2. DESCRIPTION DU PROJET

Le périphérique c'est un projet d'une route qui lie la rocade sud d'Alger (Zéralda , Dae El-Beida)et le sud de la nouvelle ville de Sidi Abdallah au niveau d'un échangeur de Zéralda sur 12 km avec plusieurs intersection avec différente voies primaire de la ville .

II.3. PRESENTATION DE PROJET DE LA VILLE NOUVELLE DE SIDI ABDELLAH

II.3.1 Introduction

Le projet de la ville nouvelle de Sidi Abdallah, situé à 30 km au Sud Ouest d'Alger s'inscrit dans le cadre d'une politique urbaine et d'aménagement du territoire dont l'objectif est de limiter l'hyper concentration humaine dans la capitale, génératrice de difficultés de gestion urbaine (réseaux, équipements, circulations) et mettre un terme à l'extension de la ville aux détriments des meilleures terres agricoles et de l'environnement.

Cette démarche conduit à définir une approche environnementale aussi bien dans l'aménagement de la ville que dans la gestion urbaine, et ce par le traitement des aspects suivants : Il s'agit d'une part du : Développement des transports en commun, Limitation de la pollution, Préservation des ressources, et d'autre part, de préserver les ressources hydriques. Il est d'ailleurs, devenu impératif de tenir compte de la rareté de cette ressource dans tout projet d'aménagement urbain et en particulier dans le cas de la ville nouvelle de Sidi Abdellah.



Figure II.2 image satellitaire qui représente la ville nouvelle de Sidi- Abdellah

II.3.2 Présentation de la ville nouvelle

Le site du projet de la ville fait partie du Sahel d'Alger, compris entre la plaine de la Mitidja (au Sud) et la plaine littorale (au Nord). Il englobe deux communes chefs-lieux (Mahelma et Rahmania) et deux agglomérations secondaires (Douar Sidi Abdellah et Douar Zaâtria). Le principe d'aménagement s'est appuyé sur les centres urbains existants et la topographie. La voirie existante forme la structure de relation entre les nouveaux quartiers. Le territoire de l'agglomération est divisé en 23 quartiers (unités urbaines) déterminés essentiellement soit par le site, soit par le tissu déjà existant. Ils sont conçus en continuité les uns avec les autres. Toutefois, l'option de base reste d'occuper les reliefs topographiques avec les trames urbaines denses. Le programme comporte également les équipements structurants et d'accompagnement indispensables (centres commerciaux et de services, équipements scolaires, sanitaires et culturels). Elle est aussi dotée de parcs d'activités (un pôle économique et universitaire) et d'un parc urbain de 150 hectares situé au cœur de la ville nouvelle.

A l'extérieur du périmètre d'urbanisation, il y a l'espace rural. Il s'étend sur une superficie estimée à 4000 hectares. Et afin de conserver sa vocation, la proposition d'aménagement adoptée est basée sur la délimitation d'un périmètre de protection dont l'objectif est de :

Préserver les terres de forte potentialité agricole, · Maintenir le cachet rural, · Stabiliser la densité d'occupation des sols.

Actuellement en cours d'aménagement, la première tranche de cette agglomération. Elle comporte un parc d'activités et un programme de 3200 logements dont 1000 logements et leurs viabilités sont en cours de réalisation

II.3.3 Contexte général du site de la ville nouvelle de Sidi Abdellah

- **Le relief**

La zone est caractérisée par un relief mamelonné représenté par un ensemble de collines dénudées et ravines d'altitude moyenne de 100 m. Le réseau hydrographique de la région est constitué essentiellement par les Oueds Sidi Bennour et Errabai, compliqué par un système de thalwegs et rus. A l'écoulement Nord-Sud, vers la plaine de la Mitidja.

- **Le climat**

Le climat de la région est méditerranéen tempéré avec un hiver doux et humide et un été chaud et sec. Il règne une température moyenne de 17°C. La région bénéficie d'une pluviométrie moyenne de l'ordre de 600 mm/an. Les vents sont généralement de direction Ouest - Nord - Ouest, leur vitesse peut atteindre des pointes de 120 km/h.

- **Aperçu hydrogéologique**

Les niveaux aquifères dans le Sahel s'établissent essentiellement au-dessus des argiles sahéliennes. Les quelques niveaux sableux inférieurs du Pliocène, relativement potentiels ne suffisent pas pour constituer des nappes importantes. En effet, leur faible épaisseur et leur extension sporadique et restreinte dans la région de Sidi Abdellah ne permet d'alimenter que de rares puits creusés aux voisinages des anciennes fermes. Par conséquent les terrains de cette zone sont classés de très faible perméabilité avec absence d'aquifère souterrain.

II.4. PRESENTATION DE LA WILAYA D'ALGER



Figure I.3 vue général de la wilaya d'Alger

II.4.1 Organisation administrative

Nombre de circonscriptions administratives : 13, dirigées par des Walis délégués. Nombre de communes : 57

II.4.2 Situation démographique et superficie

Le territoire de la Wilaya d'Alger s'étend sur une superficie de 1190 km² et compte 2 882 897 habitants (Estimation 2007).

II.4.3 Situation géographique (Relief – Climat)

La Wilaya est limitée par la mer Méditerranée au Nord, la Wilaya de Blida au Sud, la Wilaya de Tipaza à l'Ouest et la Wilaya de Boumerdes à l'Est. Le relief se caractérise par trois zones longitudinales: Le Sahel, le littoral et la Mitidja.

II.4.4 Réseaux routier

Le réseau routier de la wilaya d'Alger recense un total de 1 547 km de routes communales, 286 km de routes de wilaya, 547 km de routes nationales et 280 km de voie express. En 2018, la capitale comptait près de 1,7 million de véhicules, selon l'Office national de la statistique (ONS). Une étude réalisée par l'Ecole polytechnique d'Alger a montré que dans la capitale plus de 500 000 voitures.

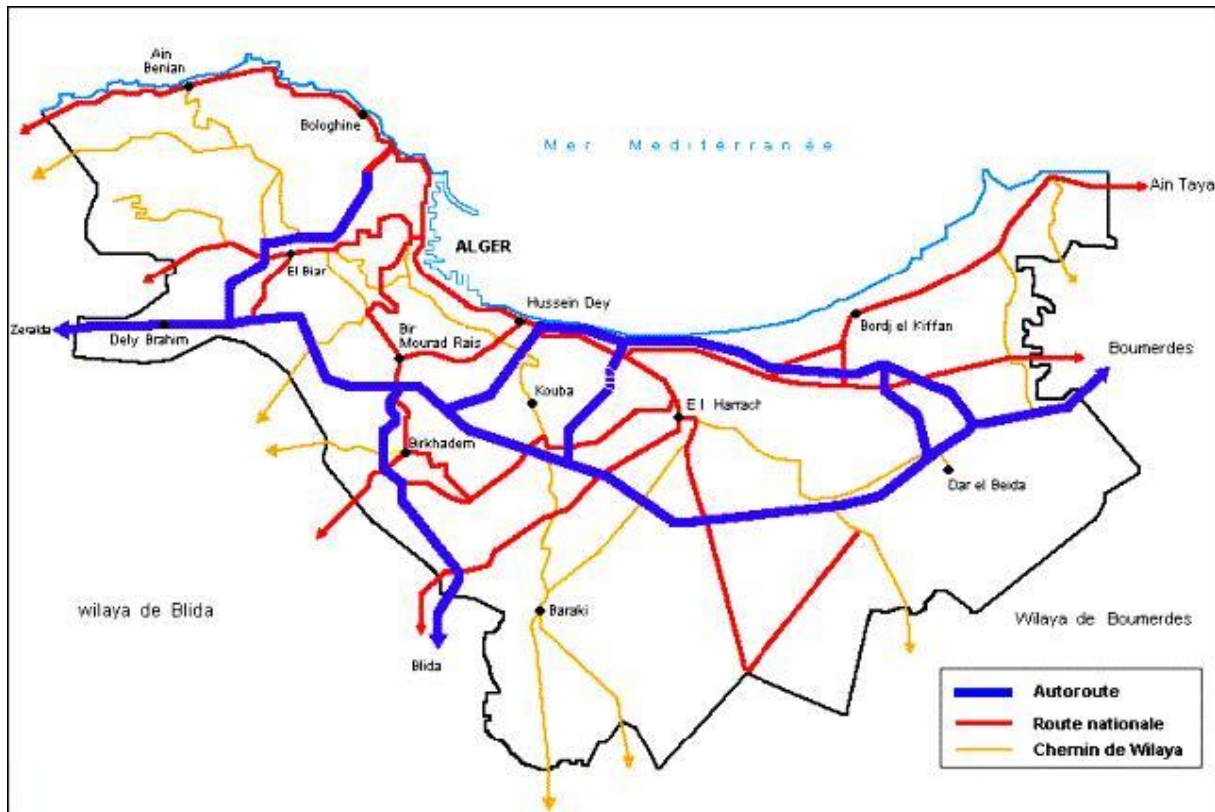


Figure II.4 la carte de réseau routier d'Alger

CHAPITRE III.

ETUDE D'AVANTS

PROJETS SOMMAIRES

III.1. INTRODUCTION

L'étude d'APS consiste à proposer plusieurs variantes afin de faire une comparaison multicritère entre eux pour retenir le meilleur pour l'étude en APD, dans notre cas on va proposer trois variantes. Réalisation de l'avant projet sommaire des variantes de tracé sélectionné et retenu, prenant en compte les recommandations et les orientations des études d'impact sur l'environnement et d'évaluation économique du projet. On devra faire une étude multicritère pour le choix de la variante à retenir, celle-ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivant :

- Les contraintes remarquées sur le site.
- Le coût du projet.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement.

Enfin, après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer la phase APD

III.2. LA ZONE D'ETUDE

La topographie de la côte algéroise est caractérisée par la succession à partir du rivage actuel et jusqu'à une altitude de plus de 300 mètres, d'une série de gradins, disposés les uns au-dessus des autres comme les marches d'un escalier. Ces marches interrompent brusquement la continuité des pentes, en général très rapides, qui bordent le littoral algérois.

III.3. DESCRIPTION DES VARIANTES

Dans le cadre du projet de la réalisation du périphérique nord de la ville de Sidi Abdallah. L'aménagement global de ce périphérique consiste en un tracé de 5.20 Km et d'un échangeur localisé au PK 01+958.94. Il assurera le raccordement du périphérique nord à la nouvelle ville de Sidi Abdallah.

Nous avons développées trois variantes distinguées, afin de choisir la variante la plus favorable en matière de coût de réalisation, tout en assurant la sécurité et le confort aux usagées de cette route. Ces variantes seront comme ce qui suit:

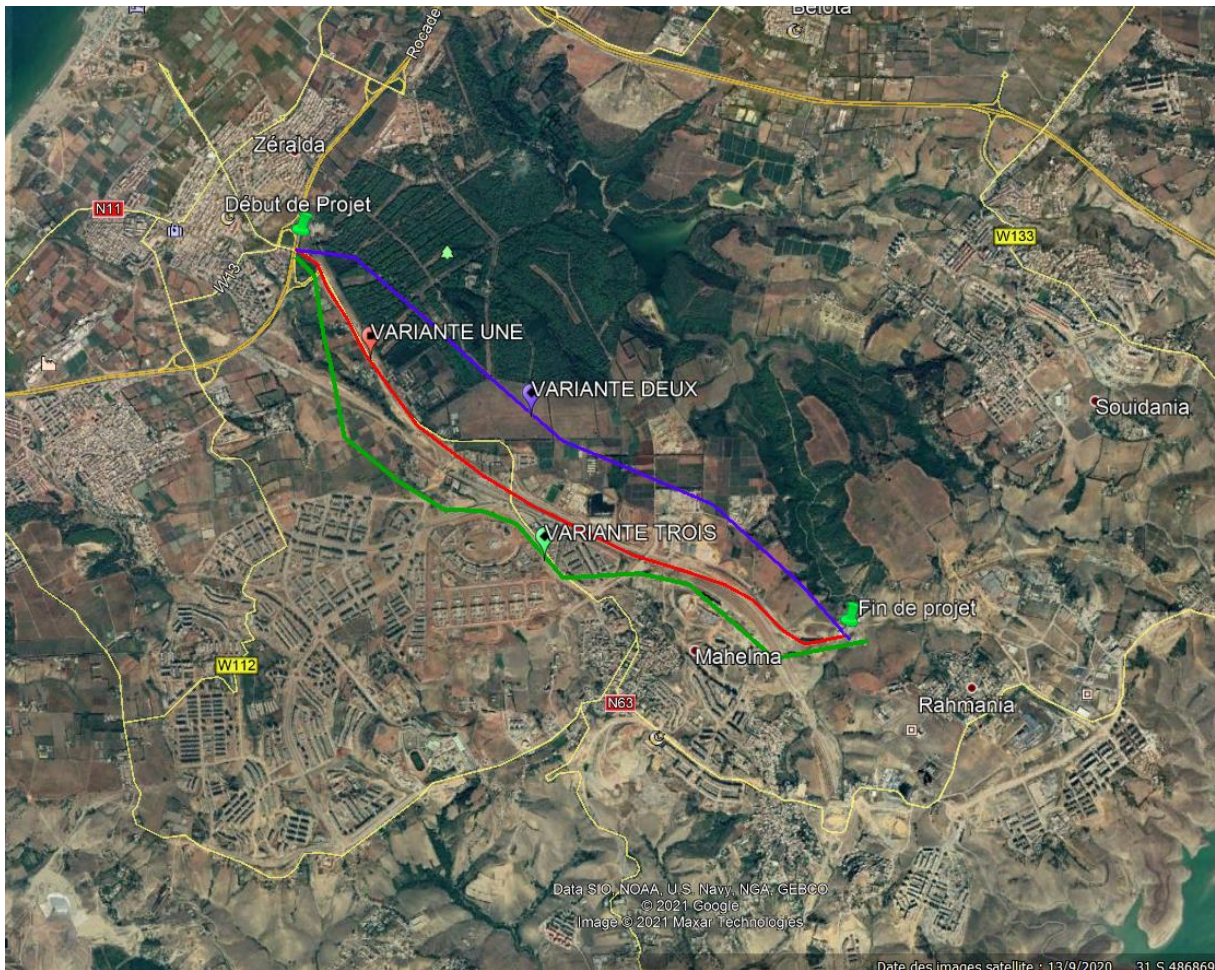


Figure III.1 le plan de situation des trois variantes

III.3.1 variante 1

Le tracé de cette variante prend son origine au niveau de rocade Sud d'Alger (Zéralda) elle traverse une route existante N63 et elle ne traverse aucun habitat ou terrain agricole elle se termine au niveau du sud de la nouvelle ville de Sidi Abdellah

III.3.2 variante 2

Le tracé de cette variante prend son origine au niveau de rocade Sud d'Alger (Zéralda) elle traverse des ex-proprétés et des terrains agricoles elle se termine au niveau du Sud de la nouvelle ville de Sidi Abdellah

III.3.3 variante 3

Cette variante commence au niveau de rocade Sud d'Alger (Zéralda) elle traverse des habitas et des ex-proprétés et elle traverse N63, elle se termine au niveau du Sud de la nouvelle ville de Sidi Abdellah

III.4. ANALYSE MULTICRITERE ENTRE LES TROIS VARAINTES

DESIGNATIONS	VARIANTE 1	VARAINTE 2	VARIATE 3
Longueur total (m)	587.338	596.433	595.403
Rayon minimale utilise dans le tracé en plan m	1000	900	800
Rayon maximale utilise dans le tracé en plan m	1200	1200	1100
Déclivité maximale %	4.99	4.56	4.90
Volume de remblai m3	12000	14500	13000
Volume de déblai m3	8000	9330	8025
Avantages	- Elle traverse une route existante N63 et elle ne traverse aucun habitat ou terrain agriculture		
inconvenients		- Se trouve dans l'agglomération - Elle traverse des ex-proprétés et des terrains agricultures	- Se trouvent dans l'agglomération - Elle traverse des habitas et des ex-proprétés et elle traverse N63

III.5. COCNLUSION

D'après l'analyse multicritère des trois variantes proposées, et vu la position des deux les deux (deux et trois) qui se trouvent dans l'agglomération et l'autre travers une zone agricole (voir la carte satellitaire), A cet effet, nous recommandons que la variante la plus avantageuse est la variante Une (rouge)

CHAPITRE IV.
ETUDE DE TRAFIC

IV.1. INTRODUCTION

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

Les prévisions de trafic sont nécessaires :

Pour déterminer la largeur des voies et leur nombre.

Pour définir les caractéristiques techniques (caractéristiques géométriques et structures de chaussées) des différents tronçons de route doivent être adaptés au volume et à la nature des circulations attendues et déterminer ainsi le coût de l'investissement.

Pour estimer les coûts d'entretien du réseau routier et les coûts d'exploitation des véhicules, et en particulier effectuer les calculs économiques

IV.2. DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS

IV.2.1 Trafic normal

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

IV.2.2 Trafic dévié

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes vers la même destination.

IV.2.3 Trafic induit

C'est le trafic qui résulte des : nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

IV.2.4 Trafic total

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

IV.3. ANALYSE DU TRAFIC

Diverses méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variables

en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adapter le niveau de connaissance aux besoins. Le coût des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire, mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause. Enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet. Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

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

IV.3.1 Les comptages

IV.3.1.1 Comptage manuel

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

IV.3.1.2 Comptages automatique

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne les comptages permanents, sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

IV.3.2 Les enquêtes

IV.3.2.1 Les enquêtes de type cordon

Elles permettent de distinguer les trafics de transit des trafics locaux, et les origines et destinations de chaque flux.

IV.3.2.2 Les enquêtes qualitatives

Elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport au réseau ; les raisons

de son déplacement

- Les comptages manuels ont concerné trois (03) sections, à savoir : La RN63

IV.4. CALCULE DE LA CAPACITE

IV.4.1 Définition de la capacité

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

La capacité dépend de :

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

IV.4.2 Calcule de (TJMA) horizon

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

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

- TJMA_h : le trafic à l'année horizon.
- TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.
- n : nombre d'année.
- τ : taux d'accroissement du trafic (%).

IV.4.3 Calcul des trafics effectifs

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de :

Type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation :

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

- T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- Z : pourcentage de poids lourds (%).
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

Tableau IV.1 Coefficient d'équivalence (P).

Environnement	E_1	E_2	E_3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

IV.4.4 Débit de pointe horaire normale

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

$$Q = 0.12 \cdot T_{\text{eff}}$$

IV.4.5 Débit horaire admissible

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

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

- K_1 : coefficient lié à l'environnement.
- K_2 : coefficient de réduction de capacité.
- C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable

Tableau IV.2 Coefficient K1

Environnement	E_1	E_2	E_3
K1	0.75	0.85	0.9à0.95

Tableau IV.3 Coefficient K2

Environnement	Catégorie				
	1	2	3	4	5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau IV.4 Capacité théorique Cth

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3 ,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3 ,5m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	1500 à 1800

IV.4.6 Calcule nombre de voies

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

$$Q_{adm} \leq Q$$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

$$S \cdot Q / Q_{adm}$$

Q_{adm} : débit admissible par voie

S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.

IV.5. APPLICATION AU PROJET

Le trafic à l'année 2017 $TJMA_{2017} = 18500$ v/j

- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $VB = 110$ km/h (ICTAAL L2)
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 10\%$
- L'année de mis en service sera en 2020
- La durée de vie estimée de 20 ans

• Trafic à l'horizontal 2020

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2020} = TJMA_{2017} (1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2020} = (1 + 0.04)^3 \times 18500 = 20810 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2040} = (1 + 0.04)^{20} \times 20810 = 45597 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2040} = 45597 \text{ v/j}$$

• Le trafic effectif :

$$T_{eff} = [(1-Z) + PZ] \cdot TJMA_h$$

$$T_{eff2020} = [(1-0.1) + 3 \times 0.1] \times 20810 = 24972 \text{ uv/j}$$

$$T_{eff2020} = 24972 \text{ uv/j}$$

• Le débit pointe horaire

$$Q = 0.12 \times T_{eff}$$

$$Q = 0.12 \times T_{eff2020} = 0.12 \times 24972 = 2996.64 \text{ upv/h}$$

$$Q_{2020} = 2996.64 \text{ up}$$

• Nombre de voies :

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

On a un chaussée unidirectionnelle (séparé)alors : $S=2/3$

- $Q_{2040} = 6566 \text{ upv/h}$
- $Q_{adm} = K1.K2.C_{th}$

Application:

Tell que $K1=0.75(E1)$; $K2(C1, E1)=0.99$; $C_{th} = 1800 \text{ upv/j}$ (chaussée séparée)

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

$$Q_{adm} = 0.75 \times 0.99 \times 1800 = 1336.5 \text{ upv/j}$$

$$Q_{adm} = 1336.5 \text{ upv/j}$$

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{6566}{1336.5} = 3.24 \text{ on prend } N = 3$$

Donc le profil en travers type est **2× 3 voies séparées** par un TPS

- **Calcul l'année de saturation**

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{mis \text{ en service}}$$

$$n = (\ln(\frac{Q_{sat}}{Q_{mis \text{ en service}}})) / \ln(1 + \tau) = (\ln(\frac{8019}{2996.64})) / \ln(1 + 0.04) = 25.09$$

$$Q_{sat} = 2*3 \times Q_{adm} = 2*3 \times 1336.5 = 8019$$

Q_{2020}	Q_{sat}	Année saturation (n)
2996.64	8019	25 ans

La saturation surviendra 25ans après l'année mise en service soit en 2035

IV.6. CONCLUSION

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que le profil en travers de notre Evitement, et selon la norme B40 sera unidirectionnelle à 2*3 voies de circulation, de 3.5m de largeur chacune des voies et d'un accotement d'une largeur 3 m avec un terre plain central

CHAPITRE V.

GEOMETRIE

V.1. INTRODUCTION

Dans tout projet de réalisation d'une infrastructure de transport routière, l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus adéquate à la configuration du terrain.

La route est un ouvrage spatial, représenté en trois principales représentations graphiques :

- Tracé en plan.
- Profil en long.
- Profils en travers.

Les caractéristiques géométriques de ces éléments doivent correspondre à la meilleure solution du point de vue économique, et satisfaire certaines conditions minimales dictées par la nature, plus particulièrement la topographie et la géologie ainsi que le trafic futur prévu.

V.2. VITESSE DE REFERENCE

La vitesse de référence de périphérique nord est de 110 kilomètres par heure, pour les bretelles est 40 kilomètres par heure pour la boucle .

Pour la conception géométrique nous avons utilisé La norme ICTAAL 2000 « instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison ».

D'après l'ICTAAL 2000 les bretelles des diffuseurs, généralement, sont à 1 voies.

V.3. TRACE EN PLAN

V.3.1. Introduction

Dans sa définition, le tracé en plan (en situation ou horizontal) est la projection verticale de la route sur un plan horizontale, ce plan est en générale une carte topographique ou un plan de situation où une carte du relief du terrain représentée par des courbes de niveau. Il doit assurer aux usagers de l'autoroute un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie de la route

V.3.2. Règles et principes de tracé en plan

Pour une bonne conception de tracé en plan, il est recommandé de :

- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles et surtout les arboricoles.

➤ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter la construction des ouvrages d'art
Sinon on essaie de les franchir perpendiculairement pour minimiser les couts.

V.3.3. Géométrie en plan

En première approximation, le tracé de l'axe de la route est composé d'une succession de lignes droites raccordées par des cercles, mais la pratique des grandes vitesses et l'existence des petits rayons a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le raccordement progressif entre les précédents qui est la clothoïde.

Le tracé en plan est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on peut déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Les éléments du tracé en plan ont été conçus selon les critères de conception décrits dans la section précédente sur les normes géométriques comme suit :

a. Valeurs limites des rayons

1- les bretelles de l'échangeur;

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe.

Tab V.1 Valeurs limites des rayons du tracé en plan

Rayon	Symbole	1voie sortie	1voie boucle
	R_m (m)	40(7%) et 100(le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	R_{nd}	300	/
Rayon maximal dans la boucle	$R_{O_{max}}$	/	60
Divers entre R_{nd} et R_m	d (m)	$d = (675/R) + 0.25$ entre 300 et 100	/

Note : Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de $50/R$ par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe.

b. Enchaînement des éléments du tracé en plan

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des clothoïdes.
- Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition :

$$R_1 \leq 2R_2, \text{ où } R_1 \text{ et } R_2 \text{ notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées}$$

- Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à $3s$ à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

Tab V.2 Enchaînement des éléments du tracé en plan

Les éléments du tracé	R1<R2	R1>R2
Courbes de même sens	- AD 3s - Ove L=7 (d2-d1) - Courbe en C	AD 3s R1<2R2
Courbe de sens contraire	Courbe en S	R1<2R2 Courbe en S

c. Raccordement progressif

Pour les bretelles à une voie ou les branches, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à $1.5R_{nd}$ (450m) est encadrée par deux arcs de clothoïde dont la longueur est égale à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0.4}$ et $7|\Delta\delta|$; où R note le rayon de courbure (en m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

- Toutefois si cette condition est trop contraignante, on pourra limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à R_{nd} (300m).

- Pour les courbes à droite, c'est toujours $6R^{0.4}$ qui est la plus grande sauf pour les rayons compris entre 40m et 65m.

- Pour les courbes à gauche, pour les rayons compris entre 40m et 170m c'est $7|\Delta\delta|$ et au-delà c'est $6R^{0.4}$ qui est la plus grande. (Source ICTAAL 2000).

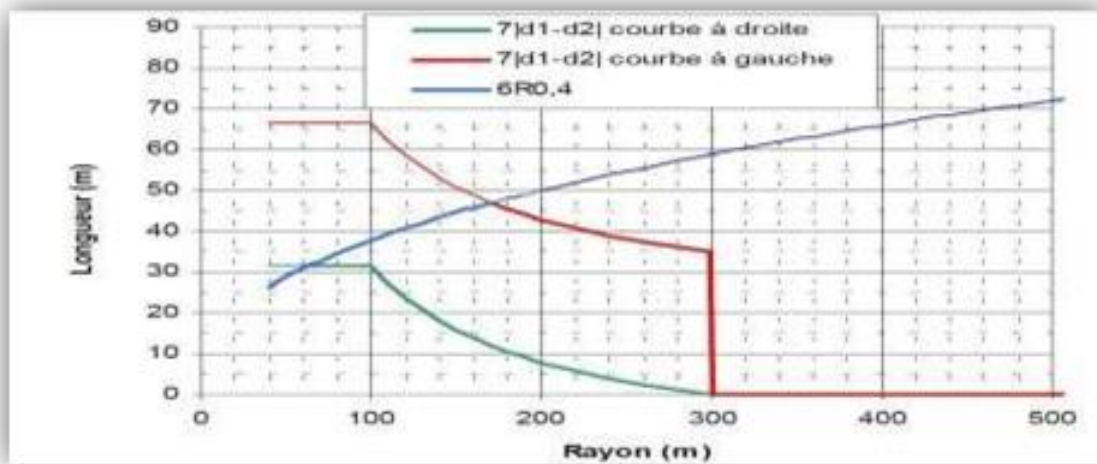


Fig V.1 Graphe de la longueur de clothoïde en fonction du rayon

d. l'axe principal (périphérique nord)

Tab V.3 valeur limites du tracé en plan (Source ICTAAL 2000).

Cat.	Vitesse de référence	Rayon min	Rayon non déversé	Longueur de Clothoïde
L2	110 (Km/h)	400 m	650 m	Max (14Δd ; R/9)

Remarque : l'insertion d'une clothoïde est recommandée pour les rayons inférieurs ou égaux à 1.50 Rnd où Rnd est le rayon minimal non déversé.

Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : $14 \Delta d$ et $R/9$; où R note le rayon de courbure (en m), et Δd a différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés

e . ENCHAÎNEMENT DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN (Des courbes circulaires de rayon modéré)

Des courbes circulaires de rayon modéré ($<1,5 Rnd$) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R1 \geq 1,5R2$, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 ($<1,5Rnd$) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

APPLICATION AU PROJET

• Calcul des Gisements

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

Dans notre cas on a :

$$G_{s0}^{s1} = \arctg \left| \frac{\Delta x}{\Delta y} \right| = 200 - \arctg \left| \frac{487320.974 - 486806.785}{4061663.385 - 4062566.679} \right| = 170.34g$$

$$G_{s1}^{s2} = \arctg \left| \frac{\Delta x}{\Delta y} \right| = 200 - \arctg \left| \frac{487679.603 - 487486.357}{4061266.088 - 4061447.570} \right| = 153.20g$$

- Calcul de l'angle γ

$$\gamma = |G_{s0}^{s1} - G_{s2}^{s1}| = |170.34 - 153.20| = 17.14 \text{ g}$$

- Calcul de l'angle τ :

$$R = 1000$$

$$L \geq \sqrt{24R\Delta R} \text{ Comme } R = 1000\text{m} < 1500\text{m} \quad \Delta R = 1$$

$$\text{Donc : } L \geq \sqrt{24 \times 1000 \times 1} = 155 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{155}{2 \times 1000} \times \frac{200}{\pi} = 4.93 \text{ g}$$

- Vérification de non chevauchement

$$\tau = 4.93 \text{ g}$$

$$\gamma/2 = 17.14/2 = 8.57 \text{ g}$$

$$\tau < \gamma/2 \implies \text{pas de chevauchement.}$$

V.4. PROFIL EN LONG

V.4.1. Introduction

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à l'échelle de 1/10.

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves). Son but est d'assurer pour une continuité dans l'espace de la route afin de permettre de prévoir l'évolution du tracé et la bonne perception des points singuliers, en assurant toujours les d'assainissement, notamment dans la zone inondable.

V.4.2. Règles du profil en long

Parmi les règles qu'il faut les tenir en compte on peut citer :

- Adaptation au relief et à l'environnement.
- Suivre le terrain naturel afin d'optimiser les mouvements de matériaux.
- Utilisation des grands rayons verticaux.
- Assurer la coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Respecter la valeur maximale et minimale de déclivité.

- Considération de l'exigence de PHE d'une crue centennale.
- Adaptation aux réseaux divers (gazoducs, réseaux d'alimentation en eau et d'assainissement, lignes électriques...).
- Gabarits exigés à l'intersection avec des routes et des oueds.

V.4.3. Caractéristiques du profil en long pour l'échangeur

Tab V.4 Les valeurs limites des paramètres du profil en long

déclivité maximale en rampe	6 % (L2)
rayon minimal en angle saillant	1500 m
rayon minimal en angle rentrant	800 m

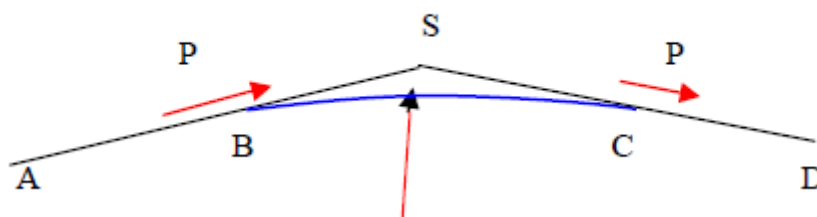
V.4.3. Caractéristiques du profil en long pour l'axe principale périphérique nord :

Tab V.5 Les valeurs limites des paramètres du profil en long

déclivité maximale en rampe	6 % (L2)
rayon minimal en angle saillant	6000m
rayon minimal en angle rentrant	3000m

APPLICATION AU PROJET

Calcul des pentes



$$R=7000 \text{ m}$$

$$P_1 = \left| \frac{\Delta_{Z1}}{\Delta_{X1}} \right| = \left| \frac{92.422 - 61.447}{678.730 - 000.00} \right| \times 100 = 4.56\%$$

$$P_2 = \left| \frac{\Delta_{Z2}}{\Delta_{X2}} \right| = \left| \frac{102.135 - 99.540}{1319.470 - 949.123} \right| \times 100 = 0.70\%$$

Calcul des tangentes

$$T = R/2 \times (p_1 + p_2) = 7000/2 \times (4.56\% + 0.70\%) = 184.1 \text{ m}$$

$T = 184.1 \text{ m}$

Calcul de la longueur de raccordement

$$L = 2 \times T = 2 \times 78.75 = 368.2 \text{ m}$$

V.5. PROFIL EN TRAVERS

V.5.1. Définition

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 type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....)

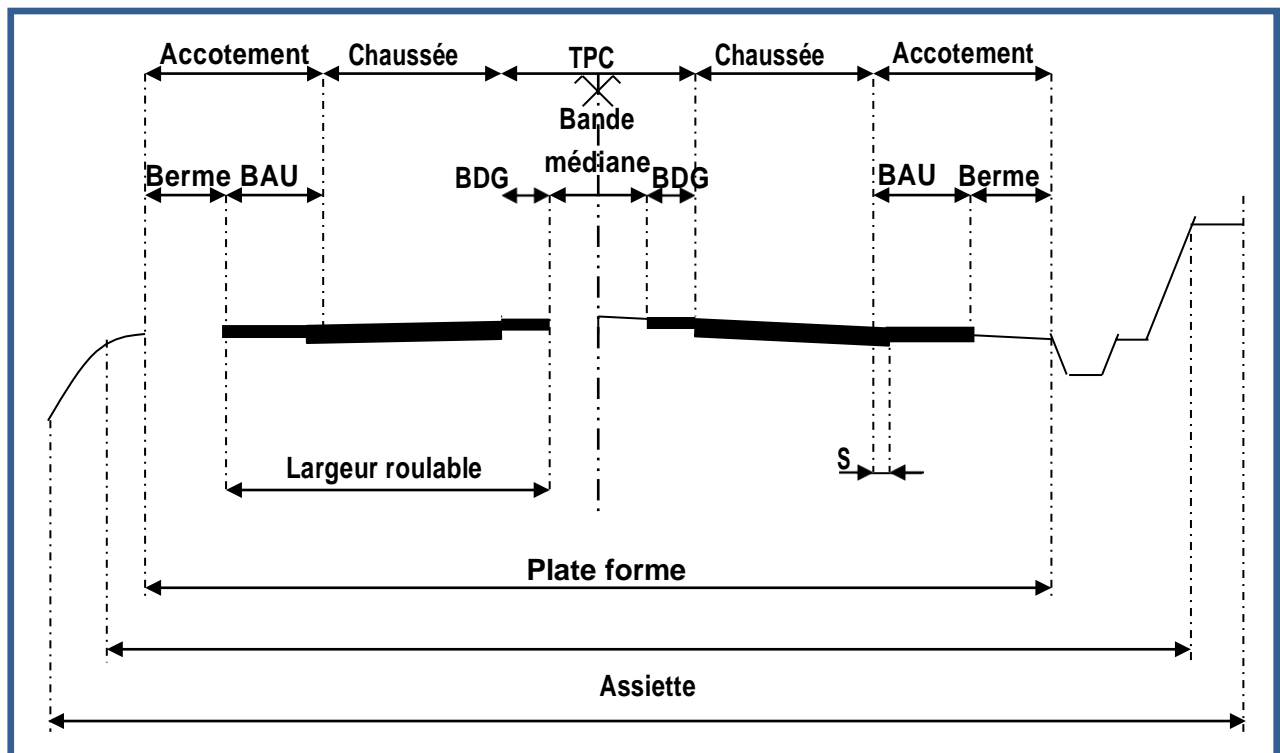


Fig V.2 Les éléments constitutifs du profil en travers

V.5.2. Types de profils en travers

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant

a) Le profil en travers type

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'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.

b) Le profil en travers courant

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

V.5.3. Pentés transversales

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

➤ Valeurs du dévers

- En alignement et en courbe non déversée, la pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.
- Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont déversées vers l'intérieur de la courbe. La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5% pour R_{nd} et 7% pour R_m .
- La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

Tab V.6 Dévers de la chaussée (source ICTAAL 2000) pour l'échangeur

Élément	Rayons (m)	Valeur de dévers
Alignement ou rayon $>R_{nd}$	$300 < R < \infty$	2.5 % orientés vers la droite
Rayon déversé $R < R_{nd}$	$100 < R < 300$	Variation en $1/R$ entre 2.5 % (R_{300}) et 7 % (R_{100})
	$R < 100$ m	7 %

V.6. APPLICATION AU PROJET

➤ Bretelle unidirectionnelle à une voie :

Berme	Chaussée	BAU	Berme
1.00	3.5	2.5	1.00

Raccordement à 2 x 2 voies entre périphérique nord et l'axé aux quartiers

Berme	BAU	Chaussée	BDG	Bande médiane	BDG	Chaussée	BAU	Berme
1.00	2.5	7.00	0.5	2.00	0.5	7.00	2.5	1.00

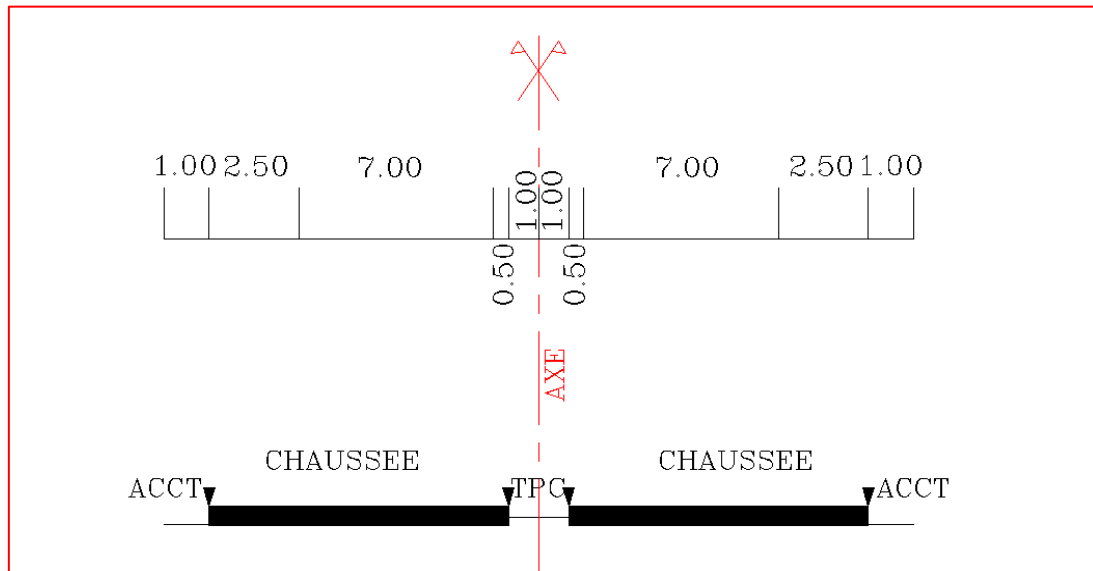


Fig V.3 PROFIL EN TRAVERS TYPE

V.7. GEOMETRIE DES DISPOSITIFS D'ENTREE ET DE SORTIE

Une bretelle se compose de quatre zones :

- le dispositif de déboîtement ou d'insertion, où la manœuvre doit pouvoir s'effectuer :
 - au point de sortie au plus tôt ou au point d'entrée au plus tard à une vitesse égale à V_p ;
 - au point de sortie au plus tard ou au point d'entrée au plus tôt à une vitesse V_s ou V_i
- une zone de décélération ou d'accélération, permettant la transition entre V_s ou V_i de la vitesse admissible en fonction des caractéristiques de la bretelle (et inversement) ;
- une section en courbe définie en général par un rayon en plan ou une succession de rayons en plan, qui doit être parcourue à $V(R)$, vitesse admissible en fonction de la valeur du rayon R ;
- une zone de transition permettant le raccordement de la section courbe à la voie traditionnelle ou à une autre voie rapide urbaine (cette zone peut être pratiquement inexistante).

La conception des dispositifs a pour élément de base la vitesse prescrite en amont sur la chaussée Principale

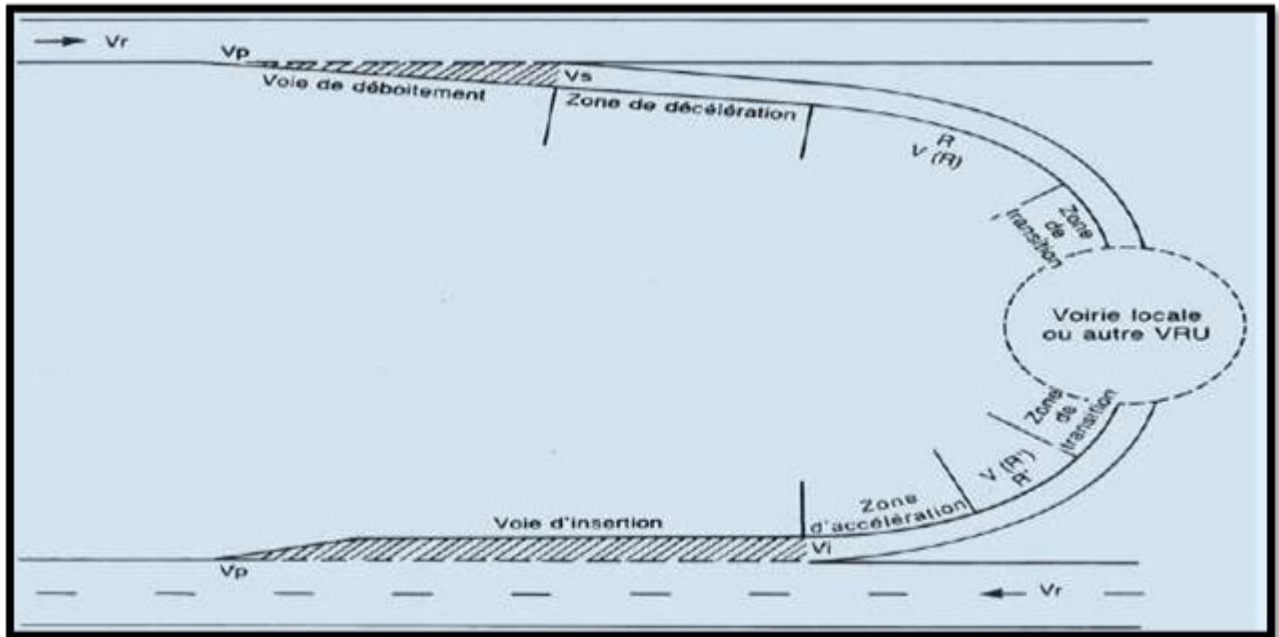


Fig V.5 Les dispositifs des Bretelles

V.7.1. Les dispositifs de sortie

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ;
- une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de 1,5 m/s²

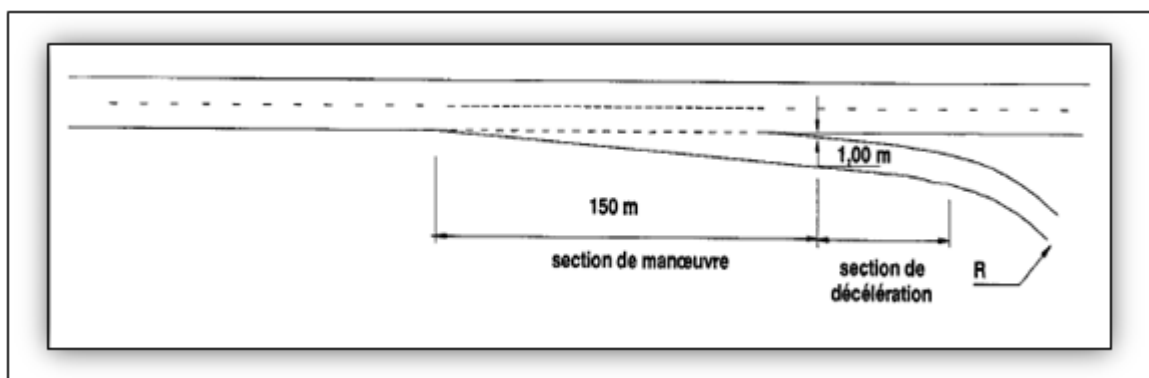


Fig V.6 Les dispositifs de sorties sur l'autoroute

V.7.2. Les dispositifs d'entrée :

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s².
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m.
- Un biseau long de 75 m.

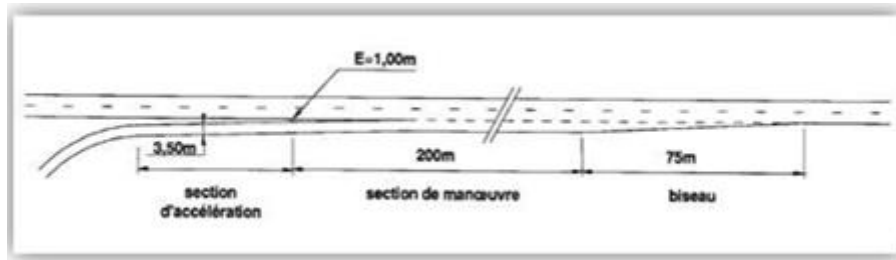


Fig V.7 Les dispositifs d'entrée sur l'autoroute

V.7.3. Les Longueurs de décélération et d'accélération

Voici le tableau qui présente les Longueurs de décélération/d'accélération en palier L_0 en fonction du rayon de la première/dernière courbe de la bretelle.

La longueur d'une zone de décélération ou d'accélération en pente est donnée par la formule :

$$L_{d/a} = L_0 / (1 - 10.p)$$

Où p est la déclivité en valeur algébrique.

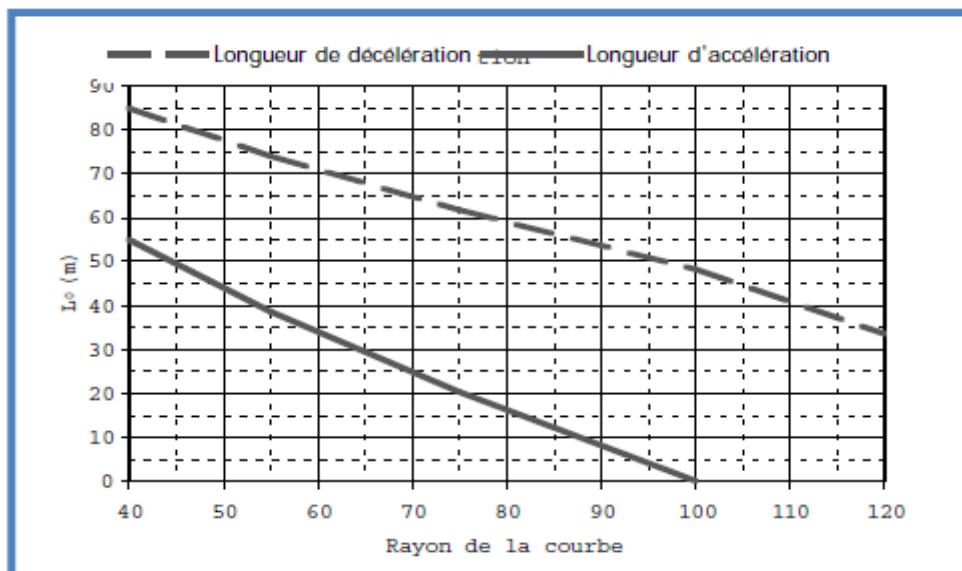


Fig V.8 Longueurs de décélération/d'accélération en palier L_0

V.8. CONCLUSION

Au cours de ce chapitre nous avons pu voir le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers ainsi que les conditions à respecter pour avoir ces tracés.

CHAPITRE VI.
ETUDE GEOTECHNIQUE

VI.1. INTRODUCTION

La géotechnique a pour but d'analyser les caractéristiques mécaniques et Physiques du sol support.

Pour l'élaboration et l'exécution d'un projet il est nécessaire d'avoir une Connaissance des terrains traverses. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'information indispensable, car elle permet :

- ✓ En phase d'étude, de bien définir le projet (dimensionnement du corps de Chaussée, choix des matériaux).
- ✓ En phase d'exécution : elle permet de réaliser les travaux avec minimum de Risques possibles (choix des moyens et des matériaux adaptés a la nature de sols).

VI.2. UTILITE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE

L'étude géotechnique permet de dimensionner la couche de chaussée ainsi que de fixer les pentes de remblai et de déblai. En effet, un talus en remblai doit être vérifié à la stabilité au glissement et au poinçonnement.

On regroupe deux types d'essai, celui du laboratoire et celui sur terrain (in situ)

VI.3. LES OBJECTIFS

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- ✓ Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- ✓ La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- ✓ L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- ✓ Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

VI.4. LES DEFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- ✓ les essais d'identification
- ✓ les essais mécaniques

VI.4.1 Les essais d'identification

VI.4.1.1 Teneur en eau



fig VI.1 :Teneur en eau

L'essai de teneur en eau permet de déterminer quel est le pourcentage massique (W%) d'eau dans le sol étudié, c'est-à-dire quelle est la masse d'eau présente par rapport à 100 grammes de sol sec

VI.4.1.2 Analyses granulométriques



fig VI.2 Analyses granulométriques

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 μm) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines) ; C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

VI.4.1.3 Equivalent de sable



fig VI.3 Equivalent de sable

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

VI.4.1.4 Limites d'Atterberg

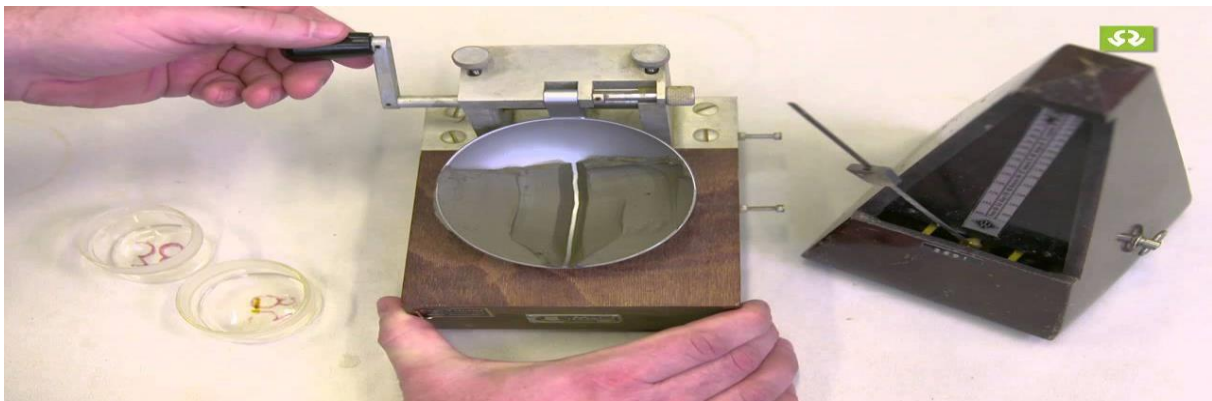


fig VI.4 Limites d'Atterberg

Limite de plasticité (W_p) et limite de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

WP : sépare l'état solide de l'état plastique et WL : sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($IP = W_L - W_P$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

VI.4.1.5 L'essai au bleu de méthylène

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.

L'essai consiste à déterminer la quantité de particules argileuses présentes dans l'échantillon.

Pour cela on utilise du bleu de méthylène, substance adsorbée de préférence par les argiles

Les essais mécaniques

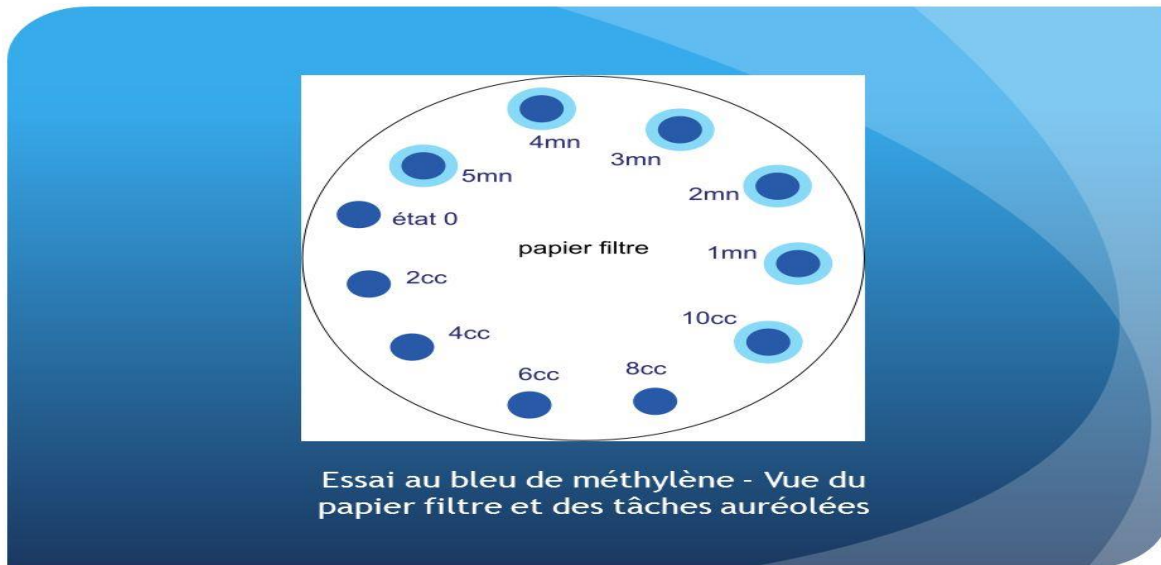


fig VI.5 L'essai au bleu de méthylène

VI.4.1.6 Essai Proctor



fig VI.6 Essai Proctor

L'essai Proctor est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum Proctor ».

VI.4.1.7 Essai C.B.R (California Bearing Ratio)



fig VI.7 Essai C.B.R (California Bearing Ratio)

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

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

Il ne concerne que les sols cohérents.

VI.4.1.8 Essai Los Angeles



fig VI.8 Essai Los Angeles

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

dite « Los Angeles ». Plus de L.A est élevé, moins le granulat est dur.

VI.4.1.9 Essai Micro Deval

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



fig VI.9 : Essai Micro Deval

VI.4.2 Les essais in situ

VI.4.2.1 Les forages



fig VI.10 Les forages

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire.

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés :

- ✓ Manuellement
- ✓ Par la sondeuse
- ✓ à la tarière

VI.4.2.2 Essai pressiométriques



fig VI.11 Essai pressiométriques

L'essai pressiométriques est un essai de chargement du terrain in situ de la paroi du forage, jusqu'à la rupture, il consiste à gonfler dans le sol une sonde cylindrique, dilatable radicalement, placée dans un forage préalable ; il permet par conséquent d'étudier la phase des petits déplacements du sol en déterminant un module de déformation du forage.

VI.4.2.3 Essais pénétrométriques



fig VI.12 Essais pénétrométriques :

- ✓ Pénétromètre statique.
- ✓ Pénétromètre dynamique.

VI.5. APPLICATION AU PROJET

VI.5.1 Synthèse des données géotechniques

D'après le log de sondage carotté le sol est constitué essentiellement par une couche d'argile d'inclusion peu sableuse fin brun clair reposant sur une couche marneuse d'inclusion d'un peu de coquilles, grés foncé

D'après les résultats des essais de SPT, la consistance de l'argile est très raide et de la marne est dure ($N > 30$)

VI.5.2 Résultats des essais au laboratoire

- **Identification physique**

Les essais d'identification physique ont été réalisés sur des échantillons prélevés des sondages et répartis sur différentes profondeurs, dont les résultats obtenus sont consignés dans le tableau.1 suivant :

Tableau VI.1 Synthèse des essais d'identification physique en laboratoire

N/ Sondage	Prof (m)	W (%)	γ_s (kN/m ³)	γ_h (kN/m ³)	ES (%)	Ip	WL	0.08mm (%)	2mm (%)	Classification GTR
SC-25	3,0-3,4	14.6	26.8	22.3	3.85	18.4	38.7	69	97	A2s
	11,00-11,25	16.2	26.8	21.7	3.85	19.1	39.6	99.9	100	A2s

- **Essais mécaniques**

Tableau VI.2 Synthèse des essais mécaniques du sol

N/ Sondage	Prof (m)	Cisaillement rectiligne		Compressibilité		
		C (bars)	Φ (°)	C_c (%)	C_g (%)	σ_p (bars)
SC-25	3,0-3,4	0.60	26.2	14.51	2.07	3.09
	11,00-11,25	1.39	30.9	11.40	3.30	8.63

VI.5.3 Zone d'enquête géotechniques

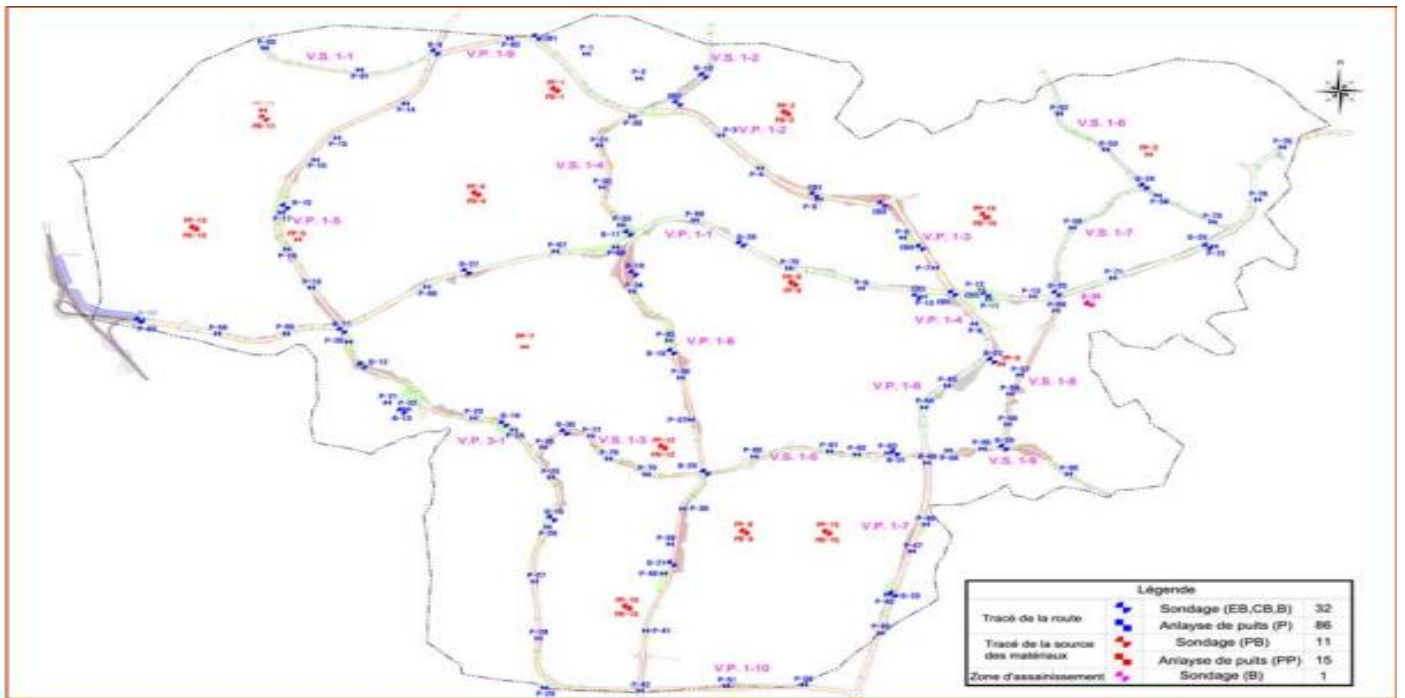


figure VI.13 zone d'enquête

Tab VI.3 Résultats de l'enquête de sondage

✦ Voie primaire 1-1					
Elément	Section Nu.	Strate	Profondeur TN.-(m)	Epaisseur (m)	N-Valeur (tem)
Zone de remblai	B-11	Constitué de marne Altérée, terre végétale, limon argileux, galets et graviers, Versicolore	0,00-4,00	4,00	8/30-13/30
		Altérée, compacte avec la profondeur, plastique, oxydée. Bariolée(brun-gris)	4,00-10,50	6,50	15/30-17/30
		Marne sableuse, compacte, peu plastique, oxydée. Verdâtre	10,50-11,50	1,00	-
		Compacte, peu plastique, oxydée. Bariolée(brun-gris)	11,50-12,50	1,00	16/30
	B-28	Terre Végétale noire devenant rouge a la base	0,0-0,8	0,8	-
		Sable limoneux ocre de consistance dure	0,8-2,0	1,2	-
		Sable limoneux et peu argileux, de couleur rougeocre(dure)	2,0-4,0	2,0	17/30
		Sable + ou - limoneux (peu argileux) passages de sable rouge e +ou lache entre 4,45 et 5,0m	4,0-6,0	2,0	15/30
		Sable + ou - argileux et + ou - limoneux	6,0-8,0	2,0	8/30
		Sable jaune axydepresence de niveaux durs et niveaux laches	8,0-9,8	1,8	50/3
		Sable parfois peu argileux, alternance de niveaux durs et de niveaux plastiques	9,8-12,0	2,2	31/30
	EB-5	marne beige monolithique	0,0-2,0	2,0	-
		marne grise de consistance variable	2,0-15,0	13,0	50/14-50/7
	Zone de déblai	B-32	Constituée de limon et sable graveleux, caillouteux, argileux, organique, oxydés. Brun sombre Brun rougeâtre	0,0-0,40	0,40
Limon sableux, argileux, compact mais friable au touché, oxydé, avec des accumulations carbonatées dures et des accumulations noirâtres. Beige brunâtre a beige blanchâtre			0,40-2,30	1,90	32/30
Limon sableux, argileux, carbonaté, oxydé, avec des accumulations noirâtres. Rougeâtre, beige brunâtre par endroits			2,30-8,20	5,90	16/30-28/30
Sable et limon graveleux, peu argileux, friable, carbonaté, oxydée. Beige brunâtre			8,20-11,91	3,71	27/30-50/17
B-27		Limons peu argileux à cailloutis millimétriques de couleur rouge ocre	0,00-1,50	1,50	-
		Alluvions formés de galers centimétriques avec un passage de sable ocre ente 2,10 et 2,50	1,50-6,00	4,50	β1/30-32/30
		Alluvions formés de sable grossier(millemetrique) et paraissant uniforme	6,00-6,80	0,80	50/21
		Marnes grises à noirâtres dures à quelques fractures sub verticales	6,80-12,00	5,20	50/10-50/6
B-17		Sable limoneux + ou - argileux brune foncée à noire avec passage de terre végétale au sommet (environ 0,30 cm) Ces sables sont dures avec un passage plastique et imbibe entre 0,60 à 0,80	0,00-1,20	1,20	-
		Sable limoneux + ou - argileux jaune ocre, oxydé, dure	1,20-2,00	0,80	-
		Argile sableuse brune moyennement plastique, dure	2,00-3,00	1,00	19/30

Elément	Section Nu.	Strate	Profondeur TN.-(m)	Epaisseur (m)	N-Valeur (tem)
Zone de déblai	CB-2	Marne gris-clair plastique	0,0-5,0	5,0	32/30-34/30
		marne plastique gris-beige moyennement consistante	5,0-5,8	0,8	-
		argile grise	5,8-11,0	5,2	50/13-50/9
		argile gris-noir	11,0-15,0	4,0	50/9-50/7
	CB-3	argile sableuse de comblement hétérogène complètement destructurée	0,0-2,45	2,45	44/30
		mélange de pierre et de sable marron très clair	2,45-5,0	2,55	30/30
		marne beige monolithique	5,5-8,00	2,5	47/30
		sol atypique (gris-beige) mélange de gravelette et d'argile indurée	8,00-10,45	2,45	38/30-50/29
	B-25	marne gris-noirâtre monolithique fissurée tous les 30 à 40cm	10,45-15,0	4,55	50/13
		Terre végétal	0,00-0,50	0,50	-
		Argile brune + ou - plastique d'inclusion marneuse grise; présence de concentrations carbonatés crayeuses par endroits d'épaisseur centimétriques	0,50-2,00	1,50	-
		Marnes et grès verdâtres oxydés (ocre) de consistance dures mais avec passages plastiques.Présence de joints en concrétions carbonatés bleuâtres d'épaisseur centimétriques.Pas de structure sédimentaires 4,0,6,0m : Moyennement plastiques à dures	2,00-6,00	4,00	21/30-26/30
		Marnes brunes à inclusions grises (dans les joints verticaux) de consistances dures	6,00-12,00	6,00	18/30-50/19
	B-29	Argile beige à brune, limoneuse à quelques traces d'oxydation formé de terre végétale dans sommitale	0,00-2,00	2,00	-
Marne grises dures très oxydées au sommet(jaune ocre) et à joints de fractures sub verticales(fermés)		2,00-12,45	10,45	17/30-50/8	

✦ Voie primaire 1-2

Elément	Section Nu.	Strate	Profondeur TN.-(m)	Epaisseur (m)	N-Valeur (tem)
Zone de remblai	EB-1	couche végétale marron-foncé	0,0-2,0	2,0	-
		couche d'interface entre les couches supérieures et inférieure	2,0-3,0	1,0	33/30
		marne beige à jaunâtre	3,0-4,0	1,0	-
		argile rouge sableuse et limoneuse plus ou moins monolithique	4,0-12,0	8,0	43/30-50/27
		sol hétérogène(agglom rat sablo-graveleux: +gravelette roulée d'oued)	12,0-15,0	3,0	40/30-50/27
	EB-2	agglomérat argileux de comblement substances organiques(racines et branches pourries) nclusions graveleuses et organiques graviers roulés centimétriques (oued)	0,0-4,45	4,45	31/30-43/30
		mélange atypique extrêmement hétérogène de galets centimétriques, petits passées de garvier anguleux, sol extrêmement sale et nauséabond	4,45-8,0	3,55	38/30

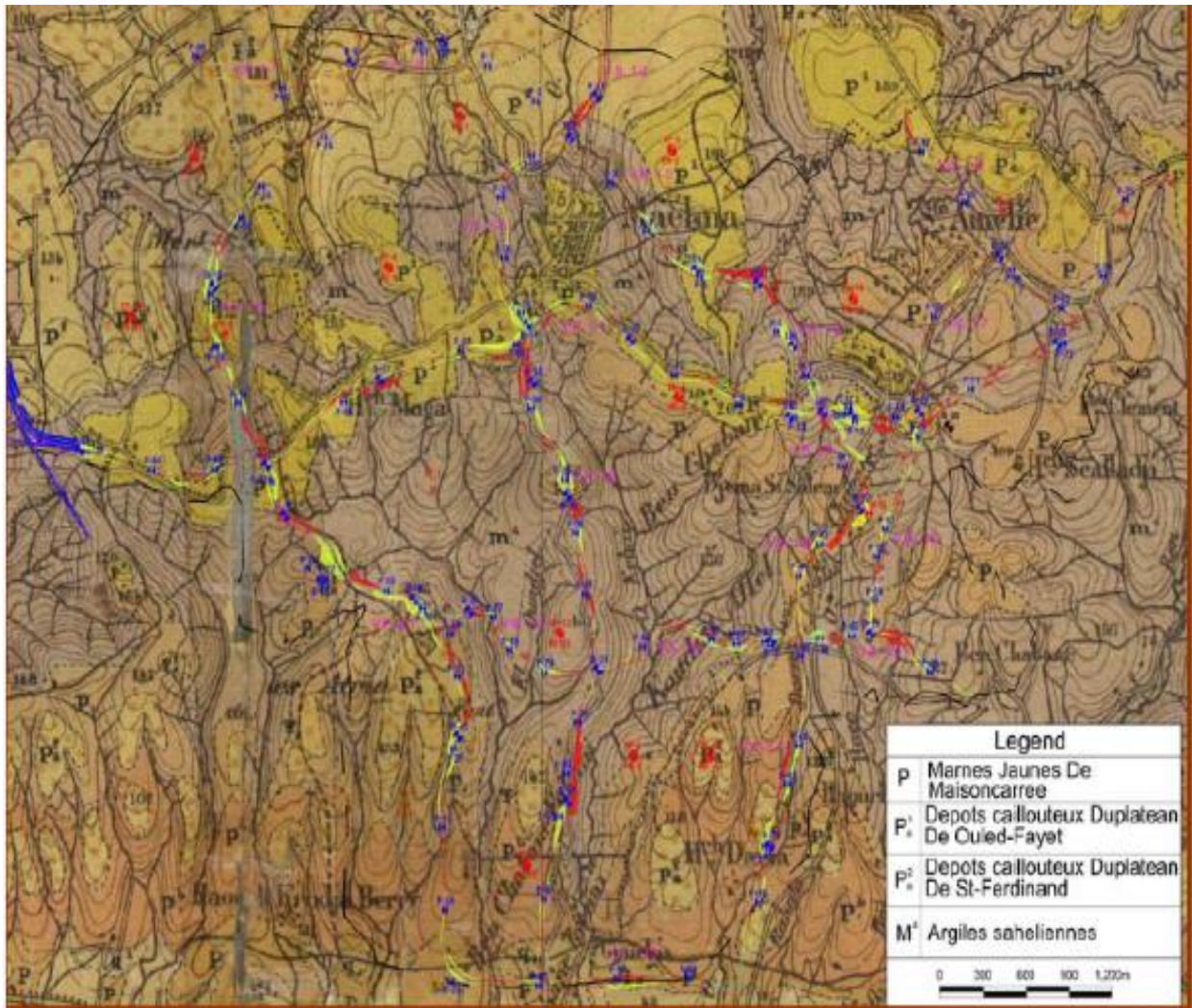


figure VI.14 plan géologique

VI.6 CONCLUSION

D'après les résultats des essais au laboratoire il est nécessaire de vérifier leurs caractéristiques lors des travaux avant de procéder à leur utilisation. Du fait que les sols utilisés en remblai sont sensibles à l'eau, il est indispensable d'assurer l'évacuation des eaux pluviales avec un réseau d'assainissement adéquat.

CHAPITRE VII.
DIMENSIONNEMENT
DU CORPS DE
CHAUSSEE

VII.1. INTRODUCTION

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention d'un bon tracé et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions extérieures (gradients thermiques, pluie, neige, verglas, gel ...etc.). La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial, pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser. Pour le dimensionnement du corps de chaussée, on utilise les méthodes :

- catalogue de dimensionnement Algérien
- Méthode de C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO)

VII.2. METHODE DE CATALOGUE ALGERIEN

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Le trafic.
- La durée de vie
- Les données climatiques
- Le sol support de chaussée
- Le risque de calcul considéré
- Les caractéristiques des matériaux.

VII.2.1 Les données climatiques

La division du territoire algérien en zones de I à IV est effectuée selon l'hydrométrie afin de déterminer la température équivalente. Celle-ci est définie par l'état hydrique influencée par la pluviosité et le changement saisonnier (Source : La Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves publiée par le (CTTP) .

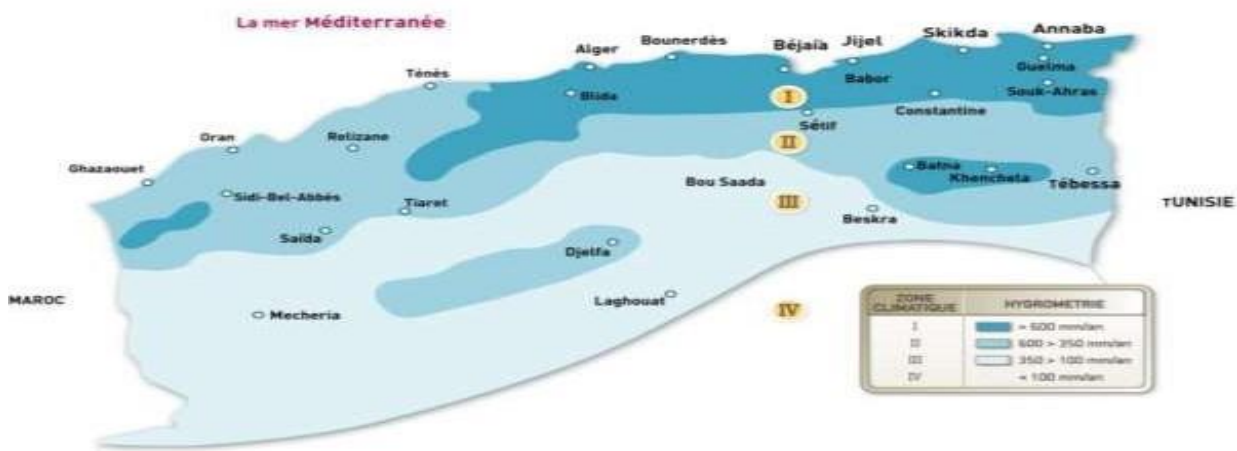


Fig VII.1 la carte climatique de l'Algérie (fascicule N° 1)

Le site de projet est classé en zone I

Tab VII.1 Choix des températures équivalentes (fascicule N° 2)

Zone	Zone climatique		
	I, II	III	IV
θ_{eq}			
Température équivalente θ_{eq}	20°C	25°C	30°C

- Donc on prend une température équivalente égale à 20°C

VII.2.2 Les données du trafic :

VII.2.2.1 Détermination du type du réseau principal

D’après le catalogue on a la classification suivante :

Le trafic à l’année de mise en service 2020

$$TJMA_{2020} = 2810 \text{ v/j} > 1500 \text{ V/J}$$

✓ Donc : le réseau principal est RP1.

VII.2.2.2 Détermination de la classe du trafic(TPLi)

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations de «catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001)». En l’absence de données sur la répartition du trafic, on considère que chaque sens reçoit 50% du trafic total prévu .

On a :

Le pourcentage du poids lourds : Z = 10%

$$TPLi_{2020} = 2810 \times 10\% = 281 \text{ PL/jour/sens}$$

$$TPLi_{2020/sens} = 281 \times 50\% = 140.5 \text{ PL/jour/sens}$$

a. Répartition transversale du trafic

Chaussées unidirectionnelles à 3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite D’après le catalogue du dimensionnement algérien La répartition du poids lourd est de 80% sur la voie de droite la plus chargée

Tab VII.2 Calcul du trafic selon la répartition transversale de la chaussée

Le trafic selon la répartition transversale de la chaussée	
Pour l’axe principal (périphérique nord)	$140.5 \times 0.8 = 112.4 \text{ (PL/j/sense)}$

b. Le trafic cumulé de poids lourd(TCi)

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

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

$$TCi = 832.4 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 365 = 9.047 \times 10^6 \text{ PL/J/sense}$$

$$TCi = 9.047 \times 10^6 \text{ PL/J/sense}$$

c. Le trafic cumulé équivalent (TCEi)

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

$$TCEi = TCi \times A$$

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

Tab VII.3 Valeur de coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2)

Niveau de réseau principal(RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités au liants hydraulique : GL/GL, BCg / GC	1

D'après le tableau de «catalogue du dimensionnement algérien» le coefficient **A = 0.6**

$$TCEi = 0.6 \times TCi$$

$$TCEi_{2020} = 0.6 \times 9.047 \times 10^6 = 5.42 \times 10^6$$

d. La classe de trafic

Tab VII.4 : Classe TPLi pour RP1 (fascicule N° 1)

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/sense	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

$TPL=832.4PL /J/sense$ donc la classe de trafic est **TPL5**

e. Le risque de calcul

Tab VII.5 Risque adopté pour le réseau RP1

	Classe de trafic	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
RISQUE (R%)	GB/GB ,GB/GNT	20	15	10	5	2

D'après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons un risque de **10%**

VII.2.3. Détermination de la portance du sol-support

VII.2.3.1. Application de projet

D'après l'étude géotechnique l indice CBR est de 7 d'après le CCTP le faciès est de très faible portance . Les matériaux de déblais et de sont de type A2s, la teneur en eau de ces sols oblige un compactage intense.il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grand hauteur .un changement de leur état hydrique est nécessaire

L'humidification dans la masse exige un malaxage soigné avec apport d'importantes quantités d'eau .Pour ces raison on doit éviter ce sols comme un matériau de remblai

VII.2.3.2. 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

Tab VII.6 Présentation des classes de portance des sols

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

CBR =7 donc **S3**

D’après Le catalogue de DIMENSIONNEMENT des chaussées neuves (fascicule 1)

:Lorsque des cas de sols de faible portance (< S4 et S3 en RP1) sont rencontrés , le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans les condition acceptables.

Tab VII.7 l’épaisseur de couche de forme ajoutée

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Materiaux de couche de forme	Epaisseur Materiaux de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée
S3	Matériaux non traités	40cm (en 2 couches)	S2

Donc on ajoute une couche de Forme de 0.4 m d’Épaisseur en matériaux sélectionnés (GNT de bonne portance), compacté en deux couches conformément aux résultats du Proctor modifié (GTR).

VII.2.4.Choix des différentes couches constituantes de la chaussée

a. Proposition de la structure

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

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux : BB
- ✓ Couche de base en grave bitume : GB.
- ✓ Couche de fondation en grave bitume: GB.

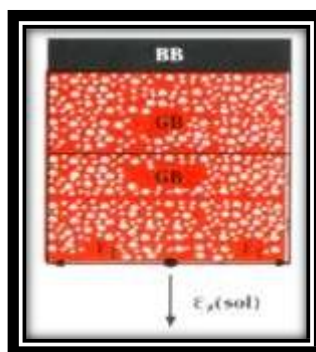


Fig VII.2 Mode de fonctionnement de la structure

b. Choix de dimensionnement

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **I**, durée de vie de **20** ans, taux d’accroissement moyen (**4%**) la portance du sol (**S2**) et une classe

de trafic (**TPL5**).

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (**fascicule N°3**) propose la structure suivante :

- ✓ Couche de roulement : BB = **6cm**.
- ✓ Couche de base : GB = **11cm**.
- ✓ Couche de fondation : GB = **12cm**

1 RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1) GB/GB				
FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE BITUME				
Type : MTB				
Zone climatique : I et II				
Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%				
TPL _i	S _i	S ₁		
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
PL _i /sens				
6000		8 BB	8 BB	8 BB
TPL7	3000	14 GB	12 GB	11 GB
		15 GB	13 GB	11 GB
3000		8 BB	8 BB	8 BB
TPL6	1500	12 GB	11 GB	10 GB
		13 GB	11 GB	10 GB
1500		6 BB	6 BB	
TPL5	600	11 GB	10 GB	
		12 GB	10 GB	
600		6 BB		
TPL4	300	10 GB		
		10 GB		
300				
TPL3	150			

Figure VII.3 fiche structure GB/GB

VII.2.5. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier que les déformations ϵ_t et ϵ_z de la structure calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles ($\epsilon_{z,adm}$, $\epsilon_{t,adm}$) calculées par la méthode du catalogue.

ϵ_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ϵ_z : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

a. Calcul de la déformation admissible ($\epsilon_{z,adm}$) du sol support

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes.

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (39.6 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (39.6 \times 10^6)^{-0.235} = 3.6 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 3.6 \times 10^{-4}$$

b. Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_{t,adm}$:

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante

$$\epsilon_{t(adm)} = \epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

ou :

- ✓ $\epsilon_6(10^\circ C, 25Hz)$: déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 100C et 25 Hz (essai de fatigue).
- ✓ k_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- ✓ k_{θ} : facteur lié à la température.
- ✓ k_r : facteur lié au risque et aux dispersions.

- ✓ K_c : facteur lié au calage des résultats de modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées
- ✓ Avec : $K_r = 10^{-tb\delta}$
- ✓ $K_{ne} = (TCE_i / 10^6)^b$
- ✓ $K_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}}$
 - ✓ b : pente de la droite fatigue ($b < 0$)
 - ✓ $E(10^\circ C)$: module complexe du matériau bitumineux à $10^\circ C$
 - ✓ $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- ✓ δ : la dispersion $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{c}{b} Sh)^2}$
- ✓ SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- ✓ Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- ✓ c : coefficient égal à **0.02**
- ✓ t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r %).

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6(10^\circ c; 25hz) \times \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ c)}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-bt\delta} \times K_c$$

c. performances mécaniques des matériaux bitumineux

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

Tab VII.8 Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

Matériau (MTB)	E(30°C, 10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6(10^\circ, 25Hz)$ (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	k_c Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Alors d'après le tableau ci-dessus du **Catalogue de dimensionnement des Chaussées**

Neuves on résume les paramètres suivants :

- ✓ θ_{eq} = température équivalent ($\theta_{eq} = 20c^\circ$) $\Rightarrow E(20^\circ, 10HZ) = 7000$ MPa.
- ✓ Classe de trafic (TPL7).
- ✓ Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL7 ($r=2\%$).
- ✓ t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc ($t = -0.842$)
- ✓ c : coefficient égal **0.02**

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

d. Déformation admissible de traction :

A.N : $\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ c, 25hZ) \times (TCE_i / 10^6)^b \times (E(10^\circ C) / E(\theta_{eq}))^{1/2} \times 10^{-tb\delta} \times Kc$

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \left(\frac{2.99 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{0.842 \times 0.609} \times 1.3 = 4.82 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{t,adm} = 4.82 \times 10^{-4}$$

e. Vérification des résultats de calcul par Alize III

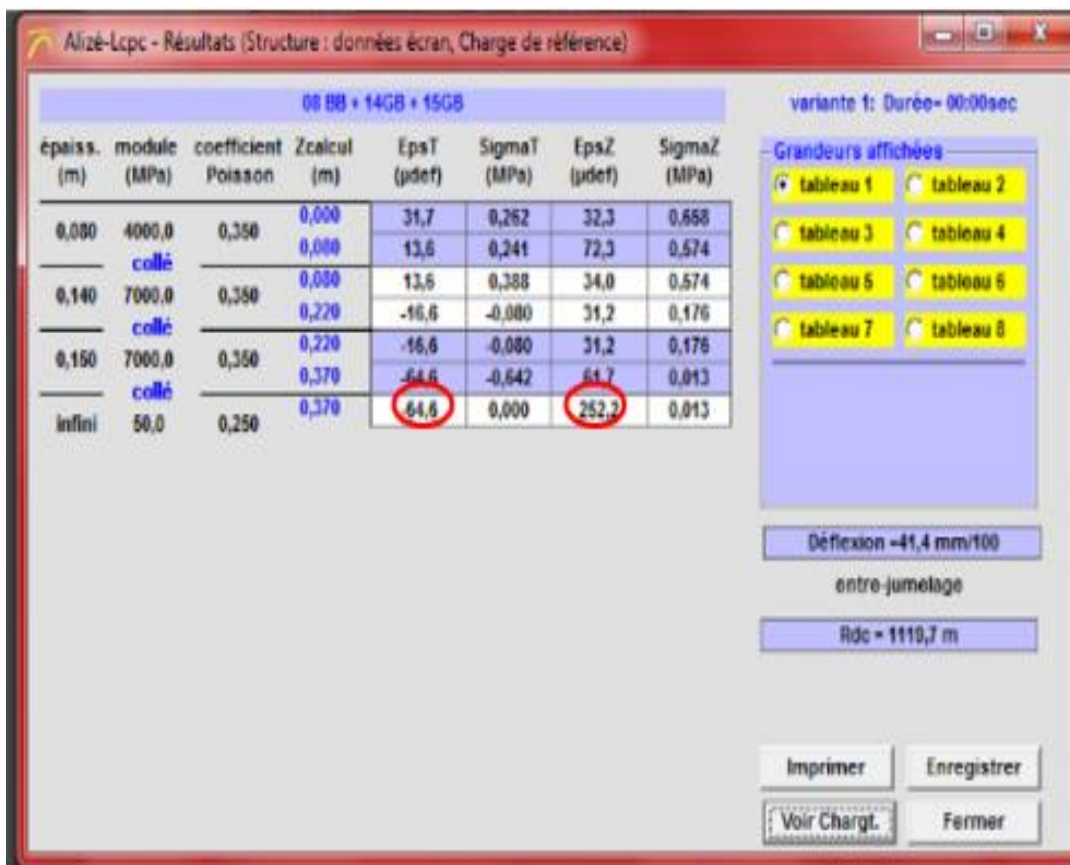


Figure VII.4 Résultat par Alizé

Tableau VII.9 Résultat par Alizé

ε_t	64.6×10^{-6}
ε_z	252.2×10^{-6}

$$\varepsilon_t < \varepsilon_{t \text{ adm}} \quad 64.6 \times 10^{-6} < 3.6 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_z < \varepsilon_{z \text{ adm}} \quad 252.2 \times 10^{-6} < 4.82 \times 10^{-4}$$

VII.3. METHODE CBR (CALIFORNIA – BEARING – RATIO)

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

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

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieur à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

Avec :

- ✓ e: épaisseur équivalente
- ✓ I_{CBR} : indice CBR (sol support)
- ✓ N: désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon
- ✓ P: charge par roue $P = 6.5 \text{ t}$ (essieu 13 t)
- ✓ Log: logarithme décimal
- **Notion de l'épaisseur équivalente :**

Chapitre VI. Dimensionnement du corps de chaussée

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

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

Où:

$$e = \sum_{i=1}^n a_i \times e_i$$

- ✓ a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé.
- ✓ e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

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

Tableau VII.10 Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume GB	1.60 à 1.70

• **Remarque :**

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e_1 » et « e_2 » et on calcule « e_3 », généralement les épaisseurs adoptées sont :

- ✓ BB = 6 - 8 cm.
- ✓ GB = 10 - 20 cm.

- ✓ GNT= 20cm et plus.

APPLICATION

- **Le trafic de la mise en service :**

$$TJMA_{2020} = 20810 \text{ v/j}$$

- **Le trafic à l'année horizon c'est à dire à la 20ème année d'exploitation :**

$$TJMA_{2040} = 45597 \text{ v/j}$$

- **Le pourcentage de poids lourds étant 10%, ce qui donne un trafic (N) de poids lourds (PL) de :**

$$N = (45597/2PL/j/s) \times 0.8 \times 0.10 = 1823.88 \text{ PL/j/sens.}$$

- **charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).**

Donc l'épaisseur équivalente est :

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5(75 + 50 \log \frac{1823.88}{10})}}{7+5} = 48.28 \approx 49 \text{ cm}$$

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

- ✓ Couche de roulement en BB. e1 = 6 cm
- ✓ Couche de base en GB. e2 = 10 cm

$$e_{eq} = e1 \times a1 + e2 \times a2 + e3 \times a3 = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + e3 \times a3 = 49 \text{ cm}$$

Donc :

- ✓ Couche de fondation en GNT. e3=22 cm

$$e_{eq} = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + 22 \times 1 = 49 \text{ cm}$$

Donc les épaisseurs adoptées sont :

- ✓ BB =6 cm.
- ✓ GB= 10 cm.
- ✓ GNT= 22 cm.

VII.4. CONCLUSION

Après avoir déterminé l'épaisseur de notre chaussée, et vu le différent résultat, nous avons opté pour les épaisseurs obtenues à travers la méthode de catalogue ainsi que le calcul avec alisé montre que les valeurs admissibles sont vérifiées largement

CHAPITRE VIII.
LES CUBATURES

VIII.1. INTRODUCTION

La réalisation d'un ouvrage génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers courants.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai ; Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre se trouve entre le tracé du projet et celui du naturel.

Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements)).

VIII.2. DEFINITION

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

VIII.3. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plateforme de voie (une fois tous les 25 m et à chaque point de changement de déclivité) de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel)

Nous considérons (sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe)

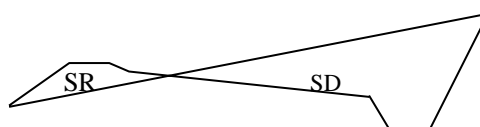


Fig VIII.1 méthode de calcul des cubatures

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers

VIII.3.1 Formule de SARRUS

Elle consiste à On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde.

Le volume V compris entre S₁ et S₂ est égale à :

$$V = h/6(S_1 + S_2 + 4S)$$

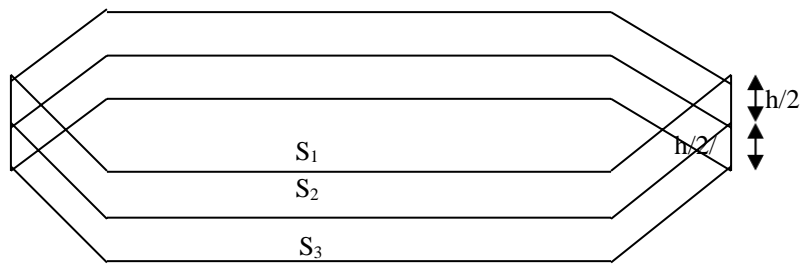


Fig VIII.2 formule de SARRUS

S₁ et S₂ : les surfaces des sections parallèles.

h : la hauteur ou la distance entre ces deux sections.

S : la section équidistante des deux bases.

Le volume V sera soit totalement en déblai soit totalement en remblai.

Exemple :

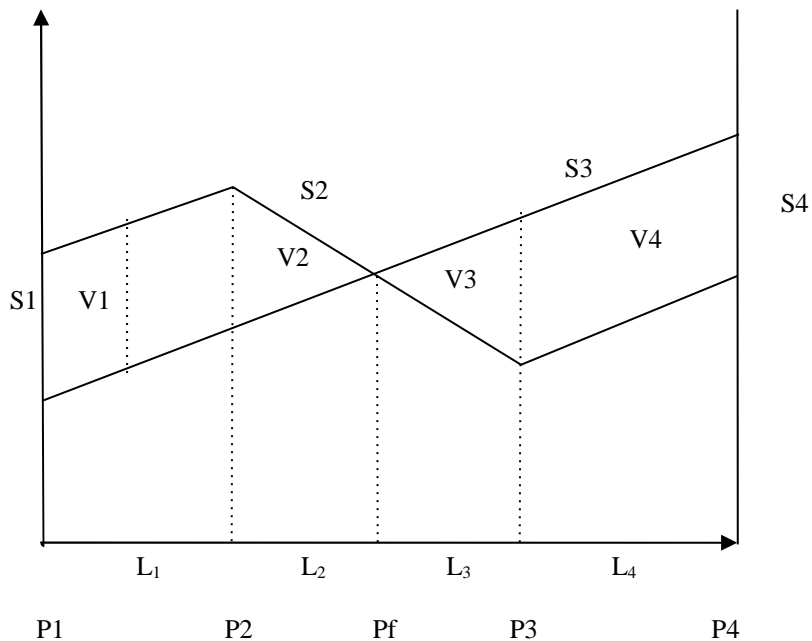


Fig VIII.3 exemple de calcul formule de SARRUS

Pf : profil fictif, c'est le profil ou le volume des terrassements est nul S_1 et

S_2 : surface des deux profils en travers P1 et P2

L_1 : distance entre ces deux profils

S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P1 et P2)

Si on applique la formule de SARRAUS, le volume entre P1 et P2 de surface S_1 et S_2 sera :

$$V_1 = L_1 / 6(S_1 + S_2 + 4S)$$

on serait conduit à calculer chaque fois un profil en travers intermédiaire équidistant des profils en travers initiaux.

Pour éviter ce calcul fastidieux, on simplifié la formule en :

$$S \approx \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

Ce qui donne : $V_1 = \frac{L_1}{6} \times \left(S_1 + S_2 + 4 \frac{(S_1 + S_2)}{2} \right) \rightarrow V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Le volume total des terrassements pour la figure de l'exemple ci-dessus est :

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

C'est la méthode de la moyenne des aires la plus utilisées en travaux publics. Elle est utilisée avec la moyenne des distances partielles

VIII.3.2 Méthode linéaire

C'est la méthode classique. 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 en plan.

VIII.3.3 Méthode de GULDEN

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.

Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité « longueur d'application » n'a plus desens.

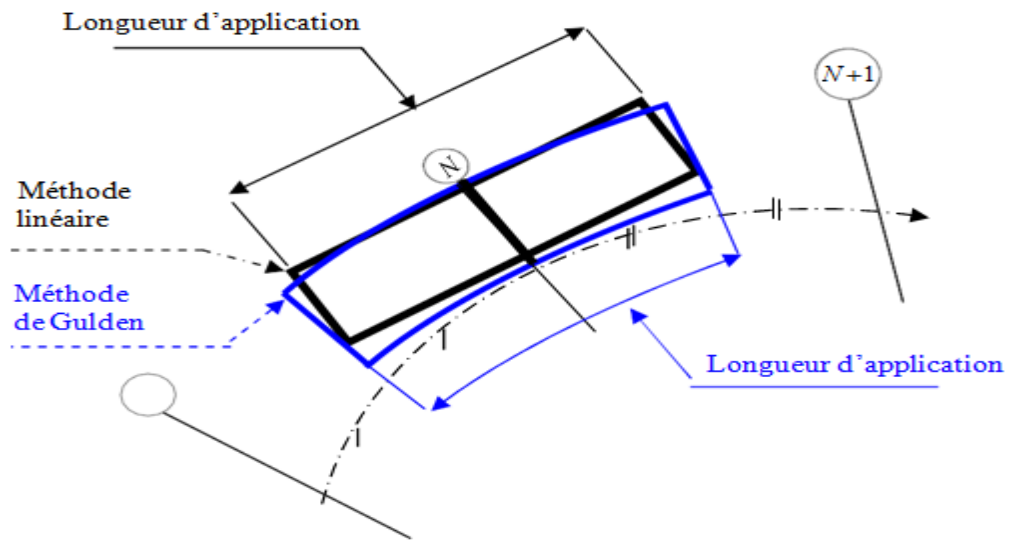


Fig VIII.4 méthode de GULDEN

VIII.4 CONCLUSION

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel COVADIS , et les résultats complets de calcul sont joints en annexe.

CHAPITRE IX.
ASSAINISSEMENT

IX.1. INTRODUCTION

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

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation; diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

IX.2. ASSAINISSEMENT DE LA PLATE-FORME

L'assainissement de plate-forme a pour but la récupération de l'eau des bassins versants routiers et leur acheminement vers un exutoire. Dans le cadre des échangeurs, cet exutoire peut être, selon la configuration du site, le réseau d'assainissement de l'autoroute à adapter aux apports de l'échangeur ou un exutoire naturel .Le réseau de plate-forme est composé d'éléments de collecte longitudinaux, d'ouvrages transversaux et d'ouvrages de raccordement.

IX.2.1 Réseau de collecte longitudinal

IX.2.1.1 Réseau de crête de talus de déblai

Le rôle du réseau de crête de talus de déblai est d'éviter, lorsque l'importance du bassin versant amont le nécessite :

- ✓ d'alimenter le réseau de pied de talus par des eaux extérieures à la plate-forme,
- ✓ l'érosion du talus dans le cas de déblais importants.

Les eaux de ruissellement venant des bassins versants sont interceptées par un fossé de crête de déblai. Celui-ci est implanté en retrait par rapport à la crête de talus.

Cet ouvrage est bétonné lorsque la pente du profil en long est forte (supérieure à 2 %) sur une grande distance.

IX.2.1.2 Réseau de pied de talus de déblai

Ce réseau a pour fonction de collecter et d'évacuer les eaux issues du ruissellement du talus de déblai et de la chaussée. Il est constitué d'un fossé. Celle-ci est enherbée ou revêtue dans le cas d'une pente supérieure à 2 %.

IX.2.1.3 Fossé sur risberme ou banquette

Ces fossés sont destinés à collecter les eaux de ruissellement provenant des talus de remblai ou de déblai amont lorsque ceux-ci comportent des risbermes ou des banquettes (déblai ou remblai de hauteur importante).

IX.2.1.4 Réseau du Terre-plein Central (TPC)

Dans le cas de bretelles bidirectionnelles avec TPC, un réseau est prévu dans le TPC lorsque la chaussée extérieure est déversée vers l'intérieur de la courbe.

Ce réseau est constitué d'un caniveau à fente en béton permettant d'intercepter et d'évacuer les eaux de la chaussée déversée.

En section courante, le TPC sera revêtu et en toit. Il ne nécessitera donc pas d'assainissement particulier .

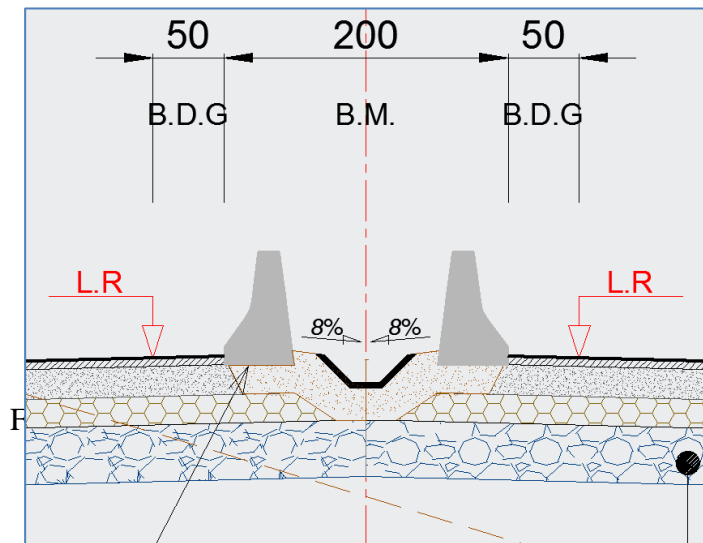


Figure IX.1 exemple de réseau de TPC

IX.2.1.5 Réseau de pied de talus de remblai

Situé au niveau du terrain naturel, ce réseau collecte les eaux de l'impluvium routier et selon la configuration du terrain, les eaux de ruissellement des bassins versants extérieurs interceptés pour les diriger vers l'exutoire. Des fossés sont prévus pour collecter ces eaux ; ils sont enherbés ou revêtus si la pente est supérieure à 2 %.

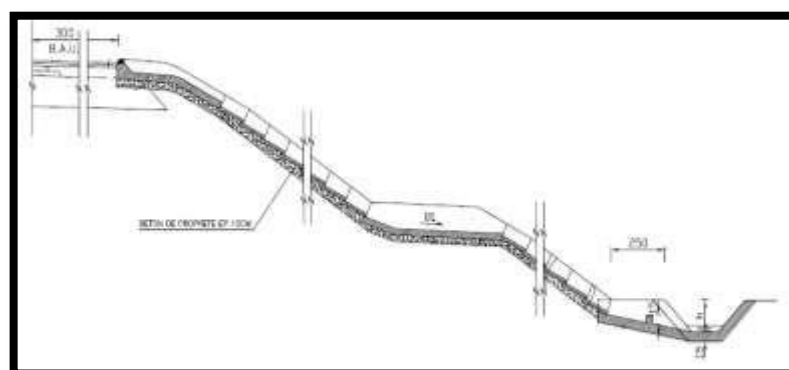


Fig IX.2 exemple Réseau de pied de talus de remblai

IX.2.2 Ouvrages transversaux

Ces ouvrages assurent le transfert des écoulements d'un réseau longitudinal vers un autre. Il s'agit :

- ✓ des descentes d'eau,
- ✓ des traversées sous chaussée (collecteurs).
- ✓ des traversées sous remblai (collecteurs).

IX.2.2.1 Les descentes d'eau

Implantées sur les talus de déblai ou de remblai, elles sont de type descentes d'eau superficielles (tuiles).

IX.2.2.2 Les collecteurs

Il s'agit de buses en béton armé.

Pour faciliter l'entretien, le diamètre minimum des collecteurs pour les traversées sous remblai est $D = 800$ mm.

Pour les traversées sous chaussée (évacuation des caniveaux à fente notamment), le diamètre minimum est $D = 600$ mm

IX.2.3 Ouvrages de raccordement

Ces ouvrages assurent les raccordements entre les éléments des réseaux longitudinaux et transversaux :

- ✓ regards de visite sur collecteur,
- ✓ regards avaloir sur cunette,
- ✓ regards sur caniveau à fente,
- ✓ regards sur drain,
- ✓ raccordements divers : entre descentes d'eau, bourrelets, cunettes et fossés...

IX.3. ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique consiste la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses,...).

Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants:

- ✓ Données topographiques
- ✓ Carte d'état-major éditée au 1/25000
- ✓ Levé topographique sur une bande de 200 m de largeur sur tout le long de l'axe Routier considéré.

IX.3.1 Données pluviométriques

Les données hydrauliques sont communiquées par l'A.N.R.H Les données nécessaires aux calculs sont :

- ✓ Les précipitations moyennes de 24h (Pj).

- ✓ Le coefficient de variation de la région considérée (cv).
- ✓ L'exposant climatique de la région $b = 0,32$
- ✓ Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%)

IX.3.2 Choix de la fréquence de pluie

Le dimensionnement des ouvrages courants (buses et dalots) consiste l'analyse de leurs capacités d'évacuation des eaux de ruissellement d'un coté à l'autre de la route.

Il est recommandé que le débit de référence adopté pour le dimensionnement de tous les ouvrages de franchissement (buses, dalots, ouvrage d'art) soit celui dont la période de retour est de 10, 50 et 100 ans respectivement.

Tab IX.1 Variable de GAUSS (u)

Fréquence	Période de retour (ans)	Variable (u)	d	GAUSS
50	02	0.00		
20	02	0.84		
10	10	1.28		
02	50	2.05		
01	100	2.327		

Remarque

- ✓ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ✓ Les ponts dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

IX.3.3 Calcul hydraulique

- Calcul de précipitation

$$P_j(\%) = \frac{p_j}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v + 1)}}$$

- Calcul de l'intensité de l'ave

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I \left(\frac{t}{24} \right)^{b-1}$$

Avec :

I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

- Coefficient de ruissellement (C)

Le coefficient de ruissellement a été estimé à partir :

- ✓ De la pente du bassin versant.
- ✓ De l'intensité de pluie.
- ✓ De la couverture du bassin versant.
- ✓ De la perméabilité du terrain.

Tab IX.2 les coefficients de ruissellements

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

IX.3.3.1. Calculs des débits

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivant:

$$Q_a = K.C.I.A$$

Avec :

- ✓ **K** : coefficient de concentration $K = 0.2778$.
- ✓ **C** : coefficient de ruissellement.
- ✓ **I** : l'intensité de l'averse exprimée mm /h.
- ✓ **A** : superficie du bassin versant.

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement et calculé par la formule de MANNING STRICKLER :

$$Q_s = k_{st} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

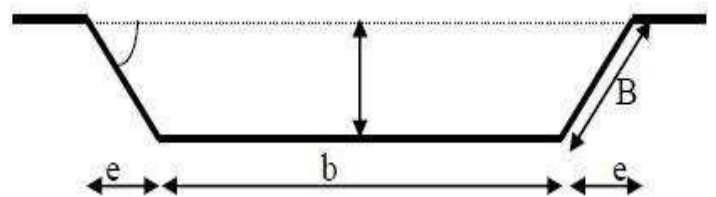
Avec :

- ✓ R_h : rayon hydraulique.
- ✓ i : pente de l'ouvrage d'évacuation.
- ✓ k_{st} : coefficient de rugosité $k_{st}=70$ (fossé en béton).
- ✓ S = section du profil mouillé / périmètre du profil mouillé

IX.3.3.2 Dimensionnement des fossés

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

- ✓ S_m : surface mouillée.
- ✓ P_m : périmètre mouillé.
- ✓ R : rayon hydraulique $R = S_m / P_m$.
- ✓ P : pente du talus $P = 1/n$.



On fixe la base du fossé à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($1/n = 2/3$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

Calcul de la surface mouillée

$$S_m = bh + 2(eh/2).$$

Avec : $1/\text{tg } \alpha = m$, d'où : $e = m.h$

$$S_m = bh + mh^2 \Rightarrow S_m = h(b + mh).$$

Calcul du périmètre mouillé

$$P_m = b + 2.B$$

$$\text{Avec } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (mh)^2} = h\sqrt{1 + m^2}$$

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

Les dimensions du fossé obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport Qa et dédit

Saturation Qs.

Calcul le rayon hydraulique

$$R_h = S_m / P_m = h(b + mh) / (b + 2\sqrt{1 + m^2}h)$$

Superficie des bassins versants

Notre projet traverse Plusieurs écoulements dont, la superficie de leurs bassins versants varie. Il existe plusieurs bassins versants qui ont été délimités en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes sur la carte d'état majors a l'échelle 1/25000^{ème}, leurs surfaces sont déterminées à l'aide du logiciel Autocad version 2008 et Global Mapper .

Calcul de l'intensité de pluie i(t)

On admet que l'intensité I(t) est celle dont la durée, sur une courbe intensité– durée- fréquence, est égale au temps de concentration du bassin .Ce temps est exprimé par t_c .

- **Temps de concentration**

- ✓ Lorsque $A < 5\text{km}^2$

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}}$$

- ✓ Lorsque $5\text{km}^2 < A < 25\text{km}^2$:

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

- ✓ Lorsque $25\text{km}^2 \leq A < 200\text{km}^2$:

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

Où :

- ✓ **T_c** : Temps de concentration (heure).
- ✓ **A** : Superficie du bassin versant (km²).
- ✓ **L** : Longueur de bassin versant (km).
- ✓ **P** : Pente moyenne du bassin versant.
- ✓ **H** : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

IX.4. APPLICATION AU PROJET

IX.4.1 Dimensionnement du système de drainage longitudinal (les fossés)

- **Données de projet**

Pour les calculs nous nous basés sur les données pédologiques et pluviométriques suivent :

- ✓ La pluie journalière moyenne : P_j=64.73mm
- ✓ Le coefficient de variation : C_v=0.32
- ✓ L'exposant climatique : b=0.32

Exemple de calcul : cas d'un déblai de 15 m, On cherche à dimensionner un fossé en béton de longueur L=280 m , pente de 2 %

- **Calcul le débit d'apport Q_a**
 - **Calcule de précipitation**

D'après la formule de **GALTON** on à : $P_j(\%) = \frac{p_j}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v + 1)}}$

Pendant 10 ans :

On a :

$$U=1.28 \quad C_v=0.32 \quad P_j=64.73\text{mm}$$

$$P_j(\%) = \frac{64.73}{\sqrt{0.32^2 + 1}} \times e^{1.28 \sqrt{\ln(0.32 + 1)}}$$

$$P_j(10\%) = 87.57$$

- **Calcul de l'intensité de l'averse pour une durée de 1h**

$$I = \frac{P_j(\%)}{24} = 87.57/24 = 3.649\text{mm}$$

I=3.649 mm

- **Calcul de la surface du bassin versant**

Surface de la chaussée+accotement : $A_{c+a}=11 \times 280=3080 \text{ m}^2=0.308 \text{ ha}$

Surface du talus : $A_t=14 \times 280=3920 \text{ m}^2=0.392 \text{ ha}$

- **Calcul de débit d'apport (Qa) de la chaussée**

$C=0.95$ $p=2.5 \%$ $I(10\%)=3.649 \text{ mm/h}$ $b=0.32$ $A=0.28 \text{ ha}$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad (\text{le temps de concentration pour les bassins versant inferieur a 5 km2})$$

tc=0.043heure

$$I\left(\frac{t}{24}\right)^{b-1}=3.649 \times (0.043/24)^{0.32-1}=269.128 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_c = K.I.C.A=2.78 (269.128)0.95 \times 0.28 \cdot 10^{-3}=0.219 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(Q_a)_c = \mathbf{0.219 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- **Calcul de débit d'apport (Qa) de la berme**

$C=0.40$ $p=8 \%$ $I(10\%)=3.649 \text{ mm/h}$ $b=0.32$ $A=0.028 \text{ ha}$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad (\text{le temps de concentration pour les bassins versant inferieur a 5 km2})$$

tc=0.008 heure

$$I_t = I\left(\frac{t}{24}\right)^{b-1} = 3.649 \times (0.008/24)^{0.32-1}=844.532 \text{ mm/h}$$

$$I_t = 844.532 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_b = K.I.C.A=2.78 (844.532)0.4 \times 0.028 \cdot 10^{-3}=0.026 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(Q_a)_b = \mathbf{0.026 \text{ m}^3/\text{s}}$$

➤ **Calcul de débit d'apport (Qa) de talus**

$C=0.30$ $p=67 \%$ $I(10\%)=3.649 \text{ mm/h}$ $b=0.32$ $A=0.392 \text{ ha}$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad (\text{le temps de concentration pour les basins versant inferieur a 5 km2})$$

$$t_c = 0.012 \text{ heure}$$

$$I_t = I \left(\frac{t}{24}\right)^{b-1} = 3.649 \times (0.012/24)^{0.32 - 1} = 641.024 \text{ mm/h}$$

$$I_t = 641.024 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_t = K.I.C.A = 2.78 (641.024)^{0.3} \times 0.392 \times 10^{-3} = 0.210 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(Q_a)_t = 0.210 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Débit équivalent total } Q_a = Q_{a\ c} + Q_{a\ b} + Q_{a\ t} = 0.219 + 0.026 + 0.210 = 0.455 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tab IX.3 tableau récapitulatif

SBV	Surface : A(HA)	Coefficient de ruissellement C	I _t (mm/ h)	Q _a (m ³ / s)	Debit total Qt(m ³ /s)
(SBV1) Chaussée	0,28	0,95	269.12 8	0.219	0.455
(SBV3) Berme	0,028	0,40	844.53 2	0.026	
(SBV4) Talus	0,392	0,30	641.02 4	0,210	

- Calcul du débit de saturation (Q_s)

Pour le calcul de ce débit on utilise la formule de «MANNING STRICKLER» :

$$Q_s = \frac{1}{n} \times I^{0.5} \times R^{\frac{2}{3}} \times S$$

- ✓ **n** : coefficient de Manning, (pris égal à 0.015).
- ✓ **I** : pente de l'ouvrage d'évacuation.
- ✓ **R (m)**: rayon hydraulique = section mouillée / périmètre mouillé.
- ✓ **S (m²)**: section mouillée.

On posant pour les fossés une section trapézoïdale , on aura :

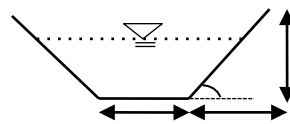


figure IX.3 la forme du fossé

La surface mouillée : $S_m = \frac{h}{2}(b + b + 2h) = (b + h)h = 45^\circ$

(alors e = h)

Le périmètre mouillé : $P_m = b + 2\sqrt{2} h$

Le rayon hydraulique $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b+h)}{b+2h\sqrt{2}}$

$$Q_s = \frac{1}{n} \times I^{0.5} \times R^{\frac{2}{3}} \times S$$

$$Q_s = \frac{1}{n} \times \left(\frac{h(b+h)}{b+2h\sqrt{2}} \right)^{\frac{2}{3}} \times I^{0.5} \times h.(b+h)$$

$$Q_s = \frac{1}{n} \times I^{0.5} \times h^{\frac{5}{3}} \times \frac{(b+h)^{\frac{5}{3}}}{(b+2h\sqrt{2})^{\frac{2}{3}}}$$

$$h = \left(\frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{0.5}} \right)^{\frac{3}{5}} \frac{(1 + 2\frac{b}{h}\sqrt{2})^{\frac{2}{5}}}{1 + \frac{b}{h}}$$

Alors les dimensions des fossés sont obtenues par l'égalité: $Q_a \leq Q_s$

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre n et on fait varier b et h. on calcul chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport :

$$Q_a \leq Q_s \Rightarrow k.I.C.A \leq K_{st} \times I^{0.5} \times R^{\frac{2}{3}} \times S$$

Tab IX.4 valeurs de Q_s en fonction de (b, h).

N°	cas	n	I	b (m)	h (m)	Q_s (m ³ /s)
1		0,015	2%	0,5	0,3	0,27
2		0,015	2%	0,5	0,4	0,49
3		0,015	2%	0,5	0,5	0.81

• **La fosse retenue**

Pour les deux premiers cas le débit Q_s est inférieur au débit Q_a ($Q_a = 0,455 \text{ m}^3/\text{s}$), mais pour le troisième cas Q_s est supérieur à Q_a , donc la conception retenue soit une fosse de section trapézoïdale tel que :

Le talus de 1/1 ($\alpha=45^\circ$).

- La largeur au fond b = 0.5 m.
- La hauteur h = 0.4 m

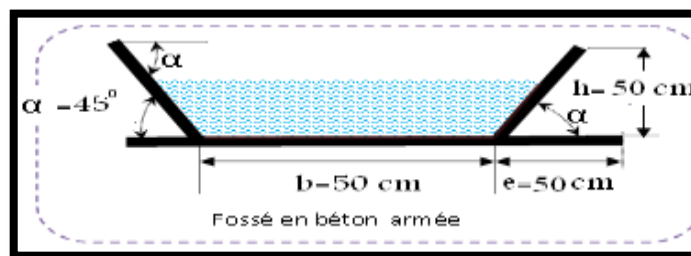


Fig IX.4 fossé retenue

La hauteur est prise égale à **0.5 m** pour vérifier la condition de remplissage à 80%.

IX.4.2 Dimensionnement du système de drainage transversal (les dalots et les buses) :

IX.4.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

Tab IX.5 caractéristiques des bassins versants

Bassin versant	Surface (km ²)	Longueur L (km)	Pent %
Bv1	2,598	2,354	5,22
Chaussée +berme	294*11 10 ⁻⁶ =0.003	0.294	2.5(chaussée) 8(berme)
talus	294*7 10 ⁻⁶ =0.002	0.294	67

IX.4.2.2.Détermination de l'intensité I(t)

✚ Détermination du temps de concentration

Exemple

Pour le BV 1 : (A=2.598 km²) et (P= 5.22%) ,I(50%)=2.376 mm/h

A < 5 km², donc on applique la formule de Ventura

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.9$$

$$t_c = 0.9 \text{ mm}$$

$$I\left(\frac{t}{24}\right)^{b-1} = 2.376 \times (0.9/24)^{0.32-1} = 22.157 \text{ mm/h}$$

$$I = 22.157 \text{ mm/h}$$

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tab IX.6 Les temps de concentration

Bassins versants	Surface (km ²)	Pente %	Temps de concentration T _c	I (mm/h)
Bv1	2.598	5.22	0.9	22.157
Chaussée	0.003	2.5	0.044	124.61
berme	0.0003	8	0.008	564.5
talus	0.002	67	0.007	602.18

Détermination des débits d'apport

on applique la formule : $Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

TabIX.7 Les débits d'apport de chaque bassin versant

Bassin versant	A Surface (km ²)	C Coefficient de ruissellement	K	I (h/mm)	Qa ³ (m ³ /s)
Bv1	2.598	0.2	0.278	36.136	5.21
chaussée	0.03	0.95	0.278	124.61	0.26
berme	0.0003	0.4	0.278	564.5	0.02
talus	0.02	0.3	0.278	602.18	0.11

• Dimensionnement d'un dalot

On a un débit : $Q_a = 5.6m^3/s$,

Pour le dimensionnement des dalots il faut que le débit rapporté par le bassin doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot Ce débit est donné par la formule de MANNING-STRICKLER

$$Q_s = S \cdot K_{ST} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Avec :

- K_{ST} : pour les dalots (béton armé) nous avons pris un coefficient de rugosité égal à 70.
- Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,80 H \quad \text{si } H \leq 2. \text{ m}$$

$$H_r = H - 0.50 \quad \text{si } H > 2. \text{ m}$$

H : hauteur du dalot.

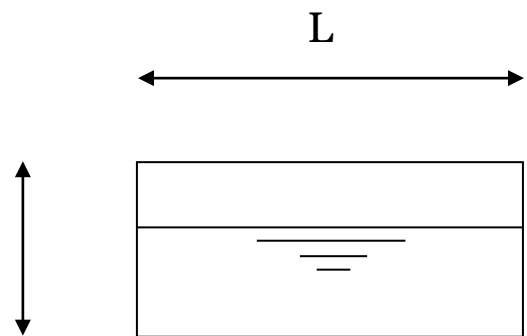


Fig IX.5 forme d'un dalot

Donc: la section mouillée : $S_m = 0.8HL$

Le périmètre mouillé : $P_m = 2 \cdot (0.8)H + L$

Le rayon hydraulique : $R_h = \frac{S_m}{p_m} = \frac{0.8H \times L}{2 \times 0.8H + L}$

H

$$Q_s = K_{st} \times I^{0.5} \times 0.8H \times L \times \left(\frac{0.8H \times L}{2 \times 0.8H + L} \right)^{2/3}$$

Donc : $Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A = Q_s$

$$Q_s = K_{st} \times I^{0.5} \times 0.8H \times L \times \left(\frac{0.8H \times L}{2 \times 0.8H + L} \right)^{2/3}$$

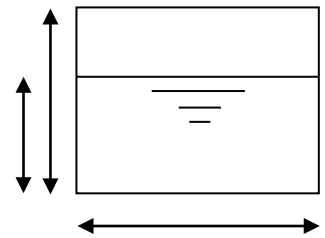
Et par calcul itératif , on tire la valeur h qui vérifie cette inégalité

AN :

On pose une pente longitudinale de l'ouvrage: $I=0.1\%$

Et en fixant la largeur $L=2\text{ m}$

$$Q_s = K_{st} \times I^{0.5} \times 0.8H \times L \times \left(\frac{0.8H \times L}{2 \times 0.8H + L}\right)^{\frac{2}{3}}$$



D'après le calcul itérative, on tire la valeur de $H = 2\text{ m}$

Alors on adopte un dalot de dimensionne $(L*H)=(2\text{m}*2\text{m})$

- Dimensionnement d'une buse



Fig IX.6 image représente des buses

Exemple : on dimensionne les buses, sachant que le débit de dimensionnement est la somme des débits :

$$Q_a = Q_{a\ c+} + Q_{a\ b+} + Q_{a\ t} + Q_{a\ BV}$$

tab IX.8 tableau récapitulatif des résultats

SBV	Surface : A(HA)	Coefficient de ruissellemen t C	I _t (mm/h)	Q _a (m ³ /s)	Debit total Qt(m ³ /s)
(SBV1) Chaussée	0,28	0,95	269.128	0.219	0.567
(SBV3) Berme	0,028	0,40	844.532	0.026	
(SBV4) Talus	0,392	0,30	641.024	0,210	
BV	0.79	0.20	255.2	0.112	

✓ On égalise le débit Q à : **Q_a = 0.567 m³/s.**

✓ On pose I = 2%, kst = 70.

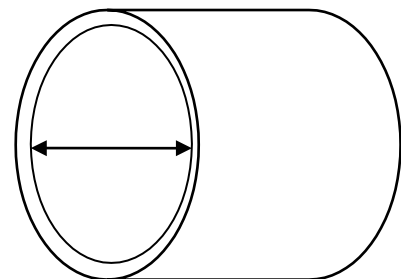
Et une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel : Ø400, Ø600, Ø800, Ø1000, Ø1200, Ø1500 ...etc

$$S_m = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$P_m = \pi \times D$$

$$R_h = \frac{S_m}{p_m} = \frac{\pi \times \frac{D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

$$Q_s = \frac{1}{n} \times I^{0.5} \times R^{\frac{2}{3}} \times S \Rightarrow D = 2 \left(\frac{Q \times n \times 2^{\frac{2}{3}}}{\pi \times I^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$



$$D=2\left(\frac{0.567 \times 2^{\frac{2}{3}}}{\pi \times 70 \times 0.02^{0.5}}\right)^{\frac{3}{8}} = 0.53\text{m}$$

Alors on adopte une buse de $\varnothing=800$ mm

Pour faciliter l'entretien des Buses sous remblai .

- tableau récapitulatif des buses

tab IX.9 Les ouvrages hydrauliques sur l'axe principal (périphérique Nord)

Ouvrage hydraulique	Axe	PK
$\varnothing=1000$ mm	Périphérique nord	00+725
2x $\varnothing=1000$ mm	Périphérique nord	01+325
$\varnothing=1000$ mm	Périphérique nord	02+550
2x $\varnothing=1000$ mm	Périphérique nord	03+375
$\varnothing=1000$ mm	Périphérique nord	04+450

tab IX.10 Les ouvrages hydrauliques sur l'échangeur au PK 01+825

Ouvrage hydraulique	Axe	PK
$\varnothing=800$ mm	Bretelle 02	00+120
$\varnothing=800$ mm	Bretelle 03	00+060
$\varnothing=800$ mm	Bretelle 04	00+340
2x $\varnothing=1000$ mm	Axe secondaire	00+200
$\varnothing=1000$ mm	Axe secondaire	00+320

IX.5 CONCLUSION

Pour les ouvrages hydrauliques, buses ou dalots, nous évaluons si les conditions d'écoulement à l'aval déterminent le fonctionnement des OH (Ouvrage Hydraulique) et la hauteur maximale d'eau admissibles à l'amont des mêmes, sans dédommager les aires enveloppantes. Dans les points bas du profil en long nous devons toujours vérifier si la hauteur maximale d'eau permise à l'amont des OH n'interfère avec le schéma de drainage de la plate-forme.

CHAPITRE X.
CHOIX ET CONCEPTION
D'ECHANGEUR

X.1. INTRODUCTION

La conception d'un projet est l'étape la plus importante et la plus déterminante, car elle tient compte du coût du projet et sur sa durabilité et comme notre projet consiste à faire l'étude d'un échangeur on doit préalablement connaître les différents types d'échangeurs et leur conditions d'implantation, afin de concevoir l'échangeur le plus adéquat.

X.2. REGLES DE CONCEPTION

La conception est l'étape la plus importante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages distribués à moyen et long terme, et pour diminuer son prix de revient on évite :

- Passage sur terrain agricole,
- Passage au voisinage sur des habitations et des maisons publiques,
- Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement,
- Les longs alignements droits,
- Les terrassements importants,
- Les sections à forte déclivité,
- Les sites en courbures à faibles rayons,

X.3. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DES ECHANGEURS

Tout échangeur quelque soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- Pont (passage supérieur ou inférieur).
- Carrefour (s) plan(s).
- Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie).

X.4. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et de détendue aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types qui donnent des formes plus complexes.

Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle à considérer, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

- **Echangeur majeur** : raccordement Autoroute- Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation « Y »).

- **Echangeur mineur** : raccordement Autoroute-Route.(Losange, Demi-trèfle, trompette).

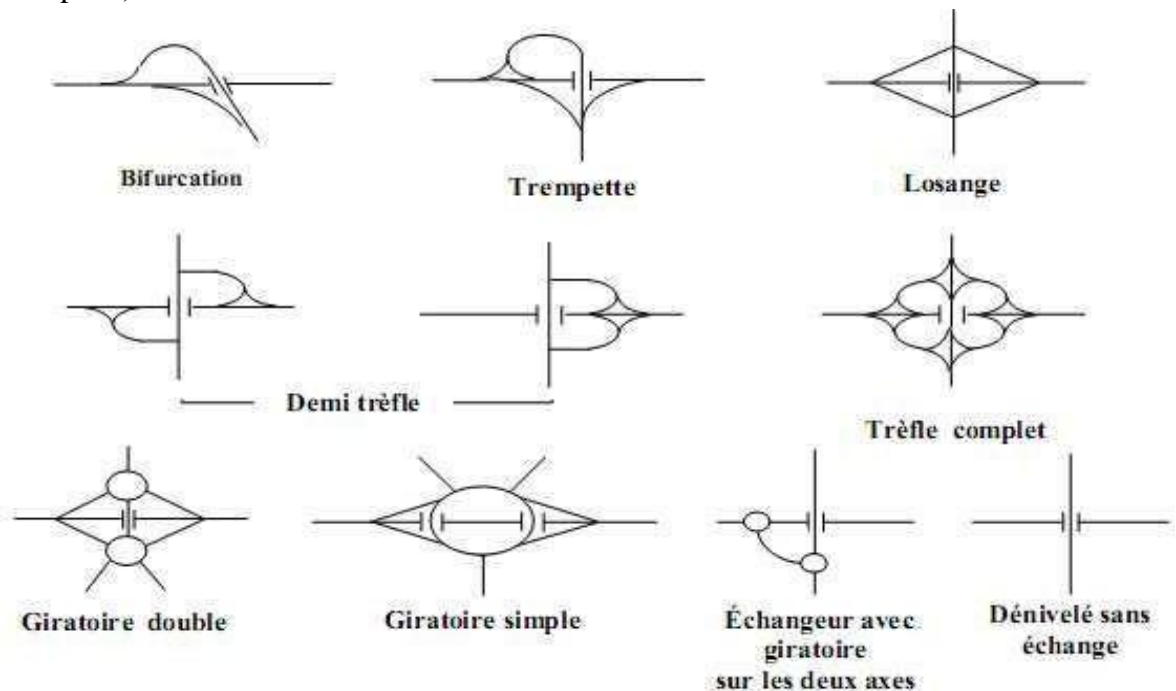


Figure X.1 les différents types des échangeurs

X.5. CHOIX DE SITE D'IMPLANTATION

La conception de l'échangeur exige nécessairement la connaissance de site d'implantation qui permet de mieux apprécier la topographie générale du terrain d'une part ainsi que les contraintes particulières posées par l'existence des constructions publiques et les propriétés privées afin d'éviter les grosses sommes d'indemnisation.

Le site d'implantation doit permettre en particulier la possibilité d'appliquer les normes, notamment en ce qui concerne le dimensionnement des accès et les contraintes de visibilité il est conseillé d'éviter au maximum le choix de site :

- dans des zones de grands déblais.
- en courbe de faible rayon.
- dans les sections de forte déclivité.
- en point haut de profil en long.

X.6. CHOIX DE L'ECHANGEUR

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés

« Avantages, Inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre. et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

1ère Etape : détermination du tracé à partir de :

- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Présentation du site d'implantation.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

2ème Etape : configuration du tracé à adopter :

L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements».
- Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

3ème Etape : analyse :

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilités, de confort et de sécurité.

X.7. APPLICATION AU PROJET

1ère Etape

1- Terrain : plat

2- Types de routes à raccorder :

L'échangeur à recevoir doit assurer un raccordement entre le périphérique nord (axe principal) et l'axe de la nouvelle ville (quartier 34, 33,25 et 28)

3- Vitesse sur les bretelles :

- La vitesse sur le raccordement entre les quartiers et l'axe principal est 60Km/h
- La vitesse sur le périphérique (axe principal) est 110 Km/h.

Donc d'après ICTAAL la vitesse proposée est 40 à 60 km/h

⇒ On va prendre la vitesse sur les bretelles $V_B=60$ Km/h. et 40 km/h sur la boucle.

4- Distribution du trafic :

- Le croisement est de trois (3) branches.
- L'échangeur distribue le trafic dans quatre (4) directions.

Conclusion

- Terrain plat
- Vitesse=60Km/h pour l'axe menant aux quartiers et bretelles
- Vitesse=40Km/h pour les boucles
- Echangeur mineur,
- Quatre (4) sens.

2ème Etape

Tracé : Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 40 à 60 Km/h.

- Rnd = 300 m
- Rmin = 40 m

3^{ème} Etape

La Notre projet est à 3 branches, pour ce type d'échange nous avons le choix entre ces types d'échangeurs :

- Demi-trèfle
- Trompette,

1). La trompette

Utilise dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte :

- Aligement droit commun a toutes les bretelles.
- Une boucle entrée ou sortie.
- Une diagonale de sortie.

Ce schéma est bien adapte pour les accès aux autoroutes a péage, par ce que toute voiture roulant parcourra un sens à l'autre doit obligatoirement passer par alignement droit ou on implante de la station de péage, ce type est utilisé même pour les raccordements a quatre branches.

Les avantages

- Un schéma simple et économique ,
- Assure un écoulement sans conflit,
- Construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas,
- L'économie de l'espace.
- La visibilité est plus élevée.
- Elle s'adapte au carrefour à trois branches.

Les inconvénients

Ouvrages de franchissement est un peu large

2). Demi trèfle

Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour a niveau sur la route Secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles envoies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité. Généralement on a deux types de demi-trèfle :

- Demi-trèfle symétrique.
- Demi-trèfle asymétrique quadrant oppose.

X.8. CONCLUSION

Après l'analyse des deux types d'échangeur à proposer, et comme le but de notre échangeur est assurer le passage vers la gare de péage on a trouvé l'échangeur le plus avantageux c'est le type d'échangeur trompette. Donc la solution adoptée est ECHANGEUR DE TYPE TROMPETTE

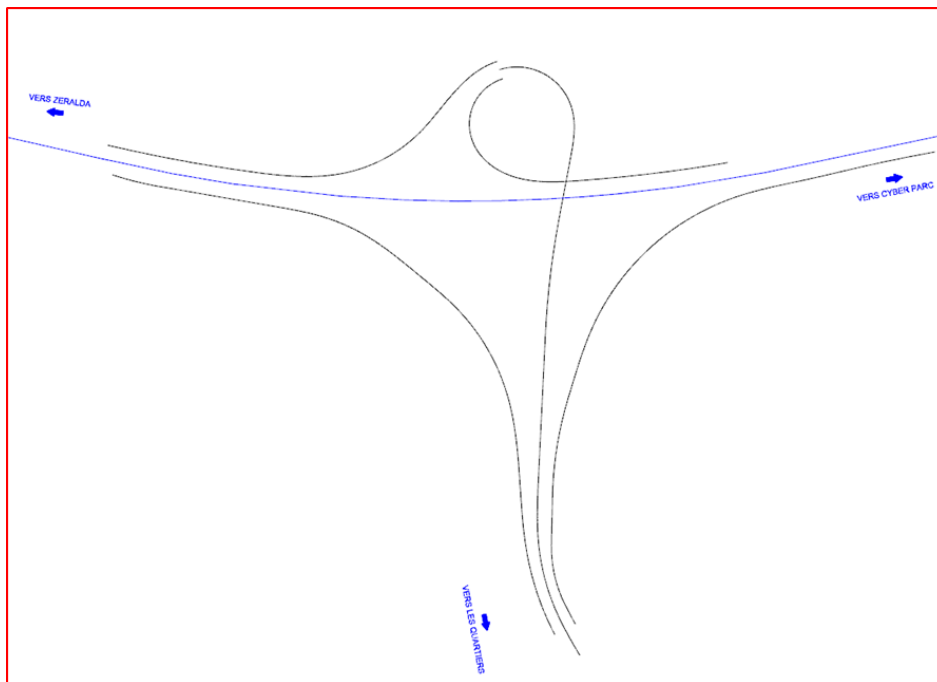


fig X.2 SCHEMAS DE L'ECHANGEUR TYPE TROMPETTE

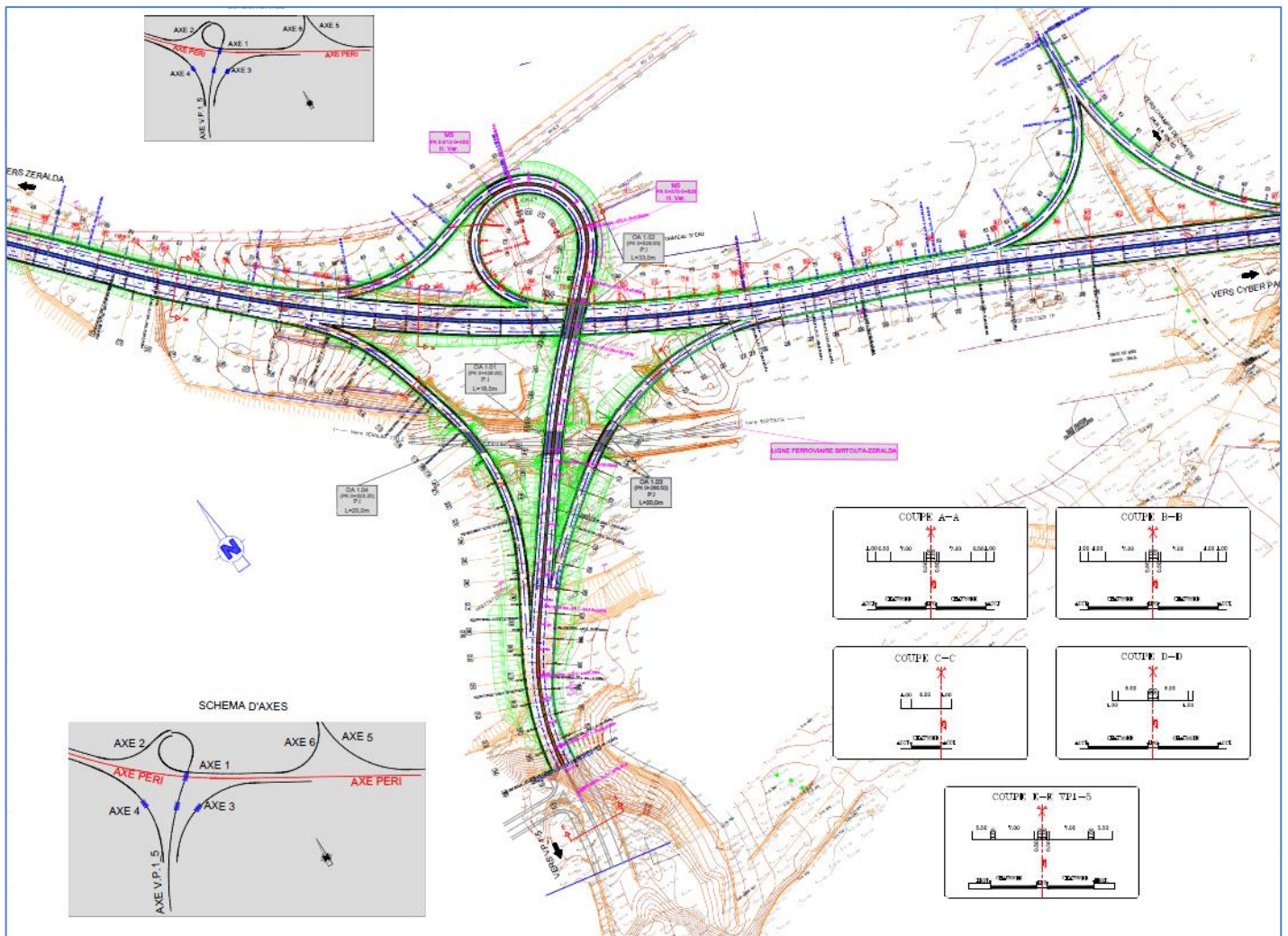


figure X.3 Vue en plan de l'échangeur

CHAPITRE XI.
SIGNALISATION ET
EQUIPEMENT

XI.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.

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation horizontale.
- ✓ Signalisation verticale.

XI.2. SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE :

La signalisation prévue dans ce projet est basée sur les normes françaises retenues par « l'Arrêté et l'Instruction interministériels sur la signalisation routière » ainsi que sur les pratiques algériennes.

XI.2.1 Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages.

Le rôle essentiel de ce type de signalisation est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, et de compléter la signalisation verticale.

a. Catégories de marques de chaussée :

- **Lignes longitudinales :**
 - Continues, de largeur variable.
 - Discontinues, de largeur et modulation variables.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité " u " :

U = 7,5 cm : Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et D'entrée/sortie sur aires.

U = 6 cm : Sur les bretelles de sortie de l'Autoroute après les péages, sur les bretelles D'entrée de l'Autoroute avant les péages .

La valeur de U doit être homogène sur tout un itinéraire.

Tab XI.1 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées .

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm

- **Lignes transversales :**

- Ligne "Stop", largeur de 50 cm.
- Ligne "Cédez le Passage", largeur de Type 2.

- **Les flèches :**

- Flèches de rabattement.
- Flèches de sélection unidirectionnelle.
- Flèches de sélection bidirectionnelle.

- **Autres marques :**

- Marquage d'îlots séparateurs avec hachures.
- Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

- **Couleur des marques de chaussée :**

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée sont le blanc et le jaune, dont le jaune est pour la BAU et le marquage temporaire, et le blanc pour d'autres marquages.

Les caractéristiques des peintures et matériaux utilisés sont particulières, notamment la durabilité et le rétro-réfléchissement.

XI.2.2. Signalisation verticale :

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- ✓ signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- ✓ signalisation de direction.

a. Signalisation de danger, de prescription et d'indication :

La signalisation de danger, de prescription et d'indication est utilisée pour réglementer, en conditions de sécurité, la circulation autant sur la section de type autoroutier, que sur le réseau routier existant.

Les éléments à signaler aux usagers sont principalement :

- ✓ La vitesse légale de circulation.
- ✓ Le régime de priorité.
- ✓ Les dangers rencontrés (ex : à la sortie de la section autoroutière).
- ✓ Le péage.
- ✓ Les utilités disponibles (aires de services, réseau d'appel d'urgence, etc.).

Le dimensionnement des panneaux concorde avec le type de route, comme suit :

- ✓ Dimension grande gamme pour les voies rapides de l'autoroute.
- ✓ Dimension normale pour les entrées et les sorties de l'autoroute, ainsi que pour les bretelles d'accès aux gares de péage aux routes nationales.

À part les panneaux et les panonceaux, utilisés pour la signalisation verticale, la signalisation de danger est réalisée avec **des balises**.

Les types de balises sont les suivantes :

- ✓ balise de virage .
- ✓ balise de limite de chaussée.
- ✓ balise de musoir, balise pour les gares de péages, etc.

Les panneaux ainsi que les panonceaux et les balises sont couverts d'une

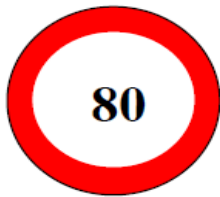
couche rétro réfléchissante (de classe II ou supérieure).

- ✓ Taille des panneaux sur autoroute : Très Grande Gamme (TGG) .
- ✓ Sur entrées et sortie : Grande Gamme (GG).
- ✓ Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale (GN)

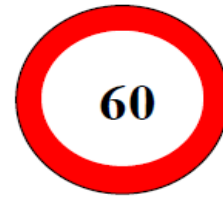
Tab XI.2 : Les dimensions détaillées des panneaux

Dimensions	Côté du triangle (mm)	Diamètre du rond (mm)	Double de l'apothème de l'octogone (mm)	Côté du carré (mm)
TGG	1500	1250	1200	1050
GG	1250	1050	1000	900
GN	1000	850	800	700

b. La signalisation de danger type A :



C11- interdit de dépasser 80km/h



C12- interdit de dépasser 60km/h



c. Intersection et régime de priorité :



B1- Céder passage

d. La signalisation de prescription :

B14 - LIMITATION VITESSE 60KM/H



e. Signalisation de direction :

La signalisation de direction tient compte des destinations importantes pour le tronçon à l'étude. Généralement on retrouve trois types de destination à indiquer sur les panneaux de direction, comme suit :

- ✓ Les premières villes ou villages en lien direct, via l'échangeur :
- ✓ Le texte figurant sur les panneaux doit être en écriture double, avec des caractères arabe et latin, (arabe en premier, latin en deuxième).
- ✓ La hauteur des lignes de caractère est similaire pour les deux écritures.
- ✓ Les panneaux sont installés en latéral (confirmation de direction) et sur portiques (signalisation pour les sorties d'autoroute).

XI.3. DISPOSITIFS DE RETENUE :

Les dispositifs de retenue sont des équipements de protections des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées.

Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

a. Glissières de sécurité métalliques fixes :

La glissière de sécurité simple est utilisée pour implantation en TPC et du côté droit de la chaussée pour protection contre les obstacles.

b. Glissières de sécurité métalliques amovibles :

Les glissières de sécurité métalliques amovibles sont les glissières démontables utilisées dans l'interruption du TPC pour permettre de basculer la circulation d'une chaussée à l'autre.

c. Séparateurs en Béton :

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets de type New Jersey, continus en béton coulé en place ou préfabriqué. Ils

ont un comportement rigide lors d'un impact avec un véhicule, tout en facilitant le redressement de ce dernier.

XI.4. CLÔTURES :

Les clôtures sont des aménagements spécifiques pour assurer la sécurité des usagers et, le cas échéant, pour assurer le respect de péage.

La clôture sera posée sur des poteaux en acier galvanisé, scellés au béton .

La clôture sera constituée d'un grillage à mailles progressives en acier

galvanisé ou en alliage 95 % de zinc – 5 % d'aluminium, de hauteur de 2.00 m

XI.5. ECLAIRAGE :

A L'approche de la gare de péage les couloirs d'entrés et de sorties doivent être parfaitement visibles, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux (projecteurs)

XI.6. APPLICATION AU PROJET :

Signalisation des Bretelles :

- Signalisation horizontale :
 - a. Le marquage du tracé :

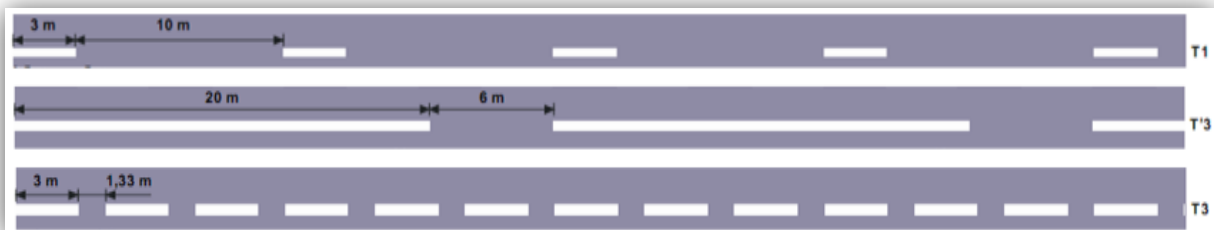


Fig XI.1 : Les lignes longitudinal

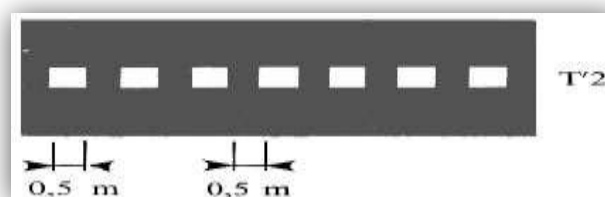


Fig XI.2 : Lignes transversales

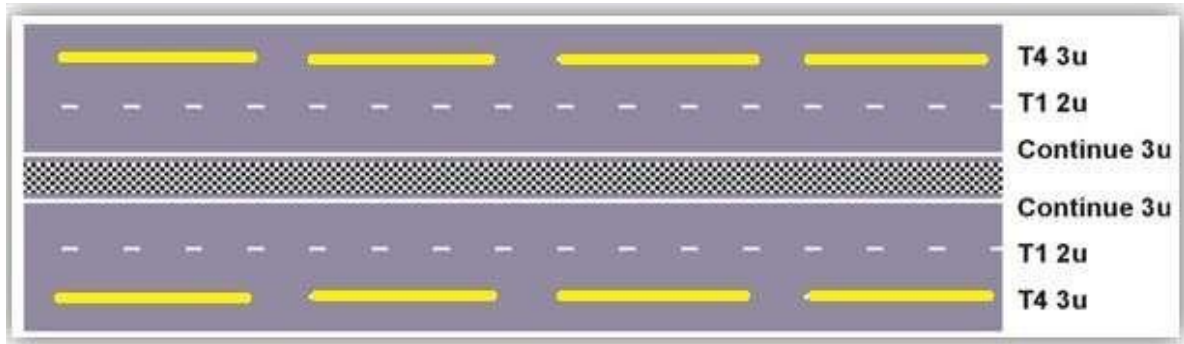


Fig XI.3 : Les lignes de délimitation de voies dans le tracé

b. Voies d'insertion, de décélération :

La ligne séparant la voie d'insertion de la chaussée principale est du type T2 de largeur 5u.

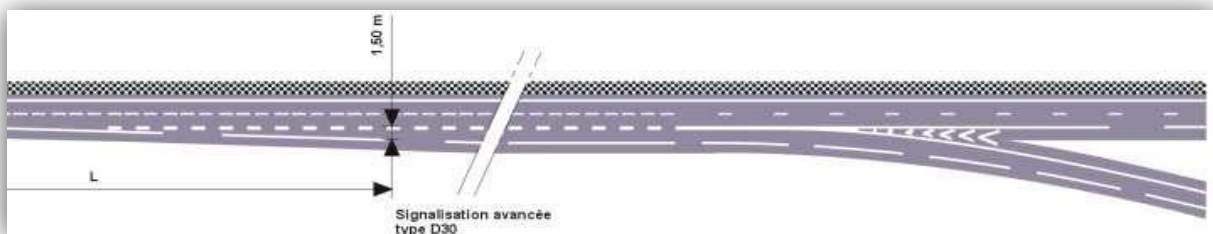


Fig XI.4 : voie d'insertion Sans affectation de voies

c. Voies d'accélération :

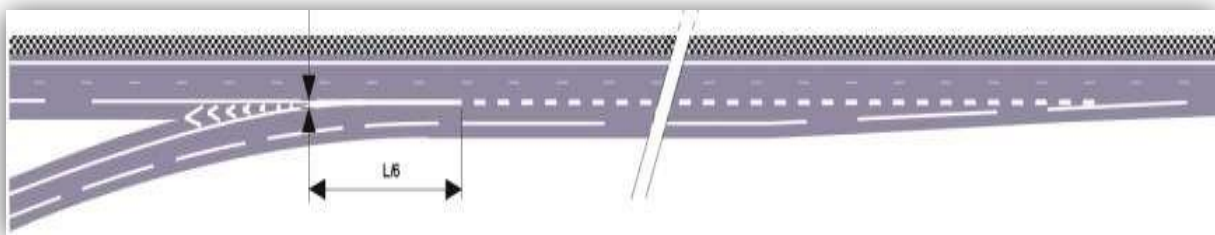


Fig XI.5 : Voies d'accélération

d. Autres marques

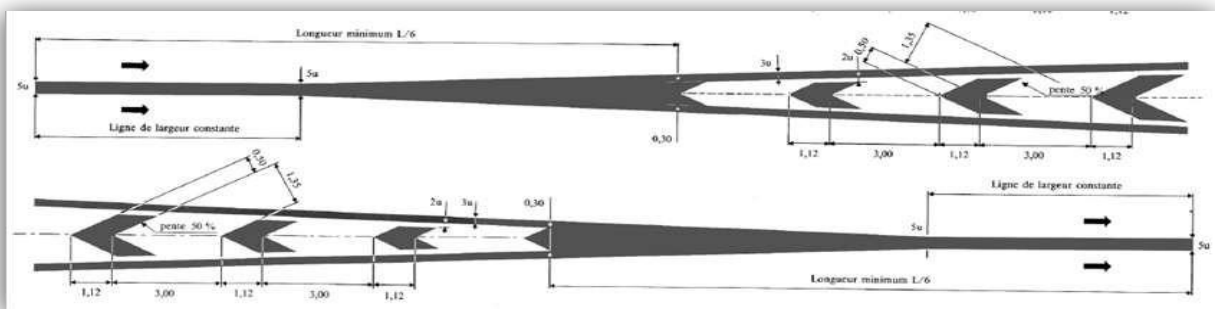
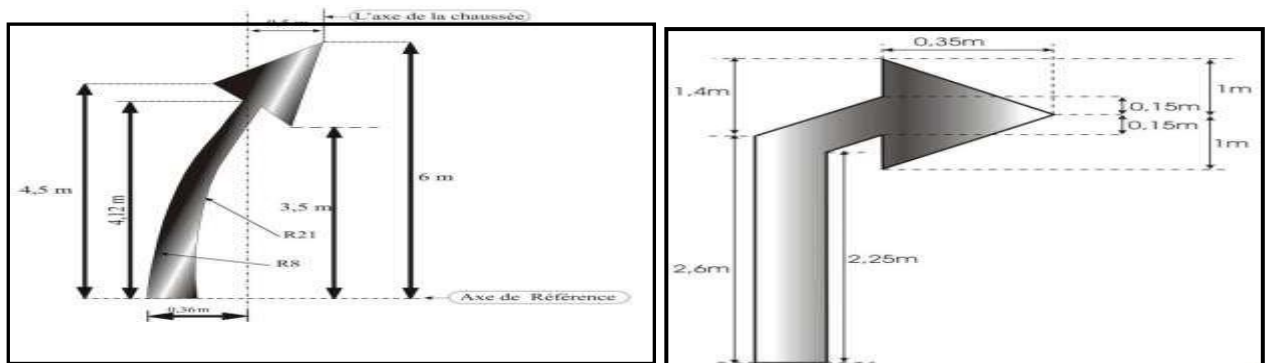


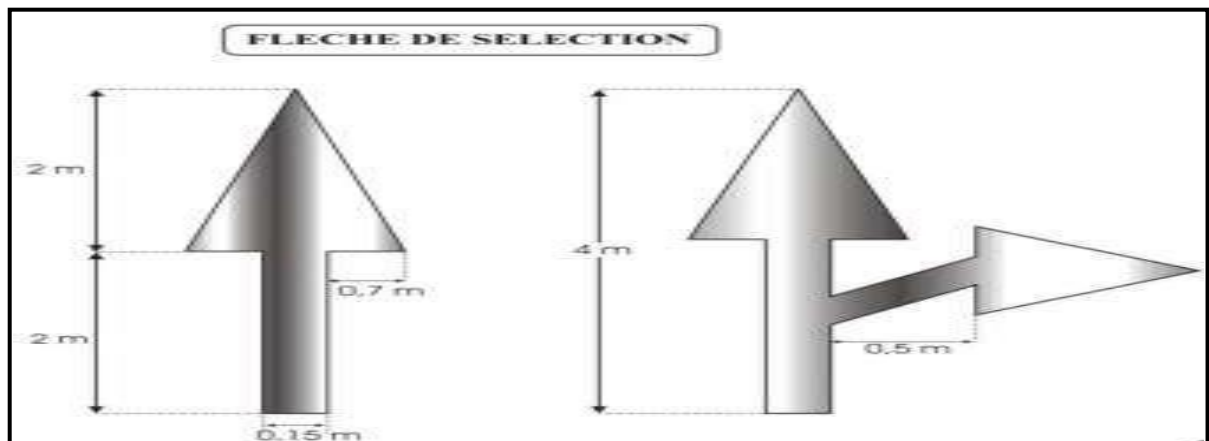
Fig XI.6. Schéma de marquage avec hachures

e. Les flèches :

1- Flèches de sélection



2- Flèches de rabattement



- **Signalisation verticale :**



C207
Début d'une section d'autoroute.



C208
Fin d'une section d'autoroute.



J4
Balisage de virages



J14a
Belises de musoir, signalant la divergence des voies



AB3a
Cédez le passage à l'intersection. Signal de priorité à l'intersection.



C5 :Hauteur Limite gabarie



B2a
Interdiction de tourner à gauche à la prochaine intersection

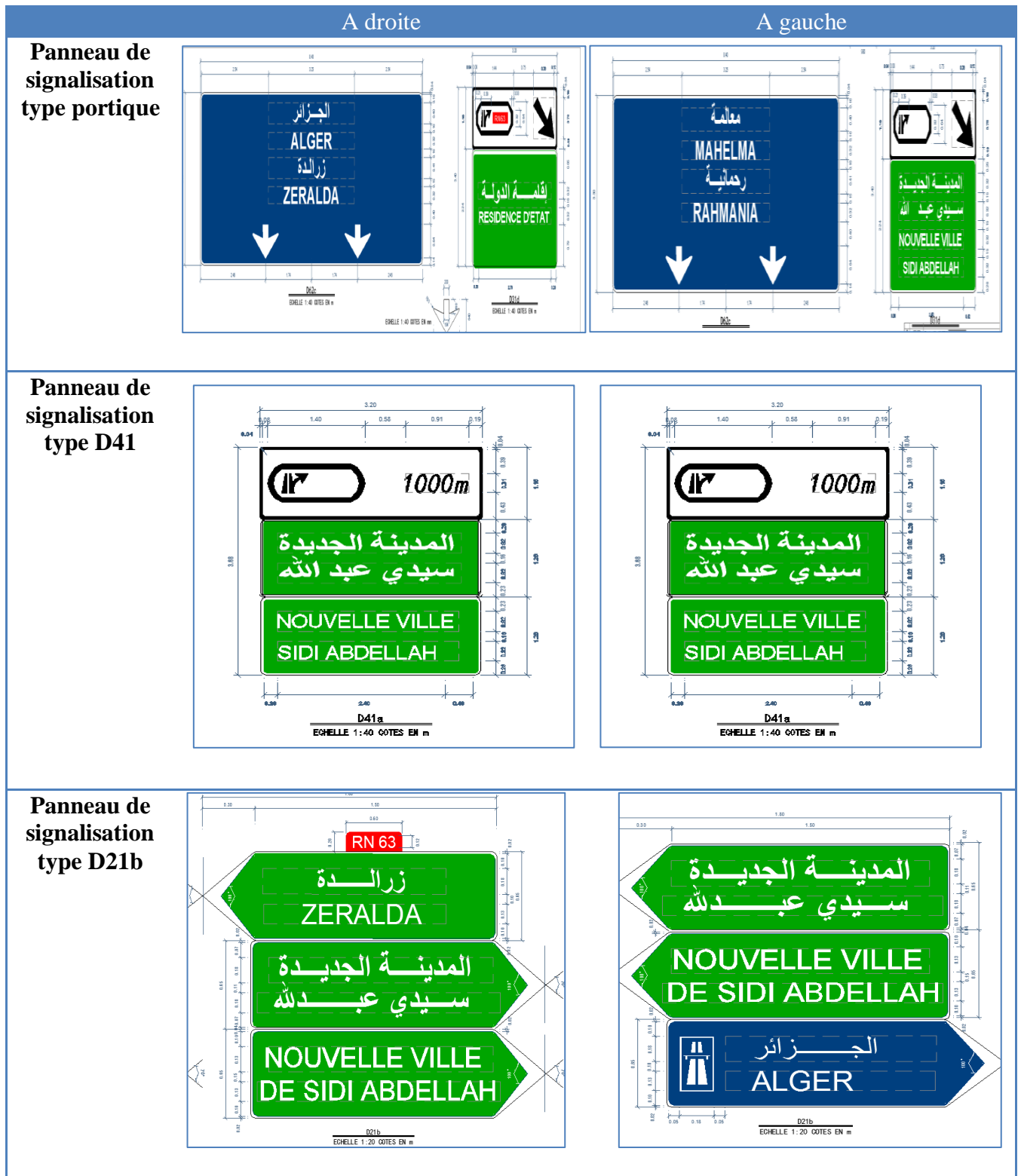


(110 km/h sur le périphérique nord, 80 sur le raccordement , 40 sur la boucle , 60 sur les Bretelles)

Tab XI.3 : Implantation de la signalisation directionnelle

	Distance d'implantation	B ut
V (km/h)		110
Avertissement D(a)50	2000 m	pour attirer l'attention des usagers
Pré signalisation D(a)40	1000 m	pour marquer le début de la manœuvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite
Signalisation avancée D30	au point S= 1.50 m	pour marquer la fin de la manœuvre de sortie sur la chaussée émettrice.

Tab XI.4 : Plaque de signalisation



Eclairage :

Eclairage de la voie :

Les candélabres (lampadaires) sont implantés dans le centre de plein central avec deux foyers portés par le même support de 12m de hauteur, éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 30m.

XI.7. CONCLUSION :

La signalisation routière acquiert une grande importance dans un notre projet suivant tous le long de l'itinéraire qui rend la circulation plus faciles sure aux usagers.

L'éclairage serve a garantir aux usages de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible car la situation de projet.

CHAPITRE XII.
DEVIS QUANTITATIF
ET ESTIMATIF

Chapitre XII. Devis quantitatif estimatif des travaux

Désignation	U	Qtité	P.U	Montant
Travaux préparatoires	m2	7 200	500,00	3 600 000,00
Débroussaillage				
Débroussaillage, évacuation de blocs et nettoyage d'emprise	m3	800	250,00	200 000,00
Abattage, arrachage et dessouchage des arbres singuliers et mise en stock	u	20	300,00	6 000,00
Démolition des ouvrages existants				
Démolition d'ouvrages en béton non armée	m3	15	800,00	12 000,00
Démolition d'ouvrages en béton armé	m3	20	1 000,00	20 000,00
Démolition des revêtements existants				
Démolition de chaussées, trottoirs et accotements revêtus	m2	17 500	850,00	14 875 000,00
Rabotage de chaussées	m2	5 000	300,00	1 500 000,00
TERRASSEMENTS				
Terre végétale				
Décapage de terre végétale	m2	110 000	700,00	77 000 000,00
Déblai terrain meuble	m3	8 000	250,00	2 000 000,00
Remblai en provenance d'emprunt	m3	12 000	400,00	4 800 000,00
ASSAINISSEMENT				
Tuyau circulaire en béton armé série 135 A				
Diamètre 800 mm	ml	70	4 000,00	280 000,00
Diamètre 1 000 mm		50	5 500,00	275 000,00
Regard de visite				
Profondeur inférieur à 4 m	u	10	2 500,00	25 000,00
Profondeur entre 4 et 6m		/	3 000,00	
Regard avaloir				
Profondeur inférieure à 2 m	u	12	1 500,00	18 000,00
Profondeur de plus de 2m		/	1 600,00	
Couvercle de regard et grille d'avaloir				
Couvercle de regard	u	22	800,00	17 600,00
Grille d'avaloir	u	22	600,00	13 200,00
Tête de buse et murs				
Têtes_ murs en aile pour collecteur dia. 500 mm		/		
Têtes _ murs en aile pour collecteur dia. 800 mm	u	8	25 000,00	200 000,00
Têtes _ murs en aile pour collecteur dia.1000 mm	u	10	30 000,00	300 000,00
Têtes _ murs en aile pour collecteur dia.1500 mm		/		

Chapitre XII. Devis quantitatif estimatif des travaux

Ouvrage divers en béton				
Reprofilage de fossés et cunettes existants	ml	930	560,00	520 800,00
CHAUSSEE				
Couche de forme				
Couche de forme	m3	38 000	800,00	30 400 000,00
Couche de fondation				
Grave bitume GB 0/14	t	33 000	5 800,00	191 400 000,00
Couche de base				
Grave bitume GB 0/14	t	32 000	5 800,00	185 600 000,00
Couche de roulement				
Couche de roulement en béton bitumineux semi grenu, BB	t	15 000	6 000,00	90 000 000,00
Liants hydrocarbonés				
Couche d'imprégnation	m2	84 000	5 000,00	420 000 000,00
Couche d'accrochage	m2	84 000	4 000,00	336 000 000,00
Îlots et revêtement d'îlots				
Bordure basse collée en béton préfabriqué	ml	10 000	1 200,00	12 000 000,00
GNT pour trottoir	m3	1 500	1 200,00	1 800 000,00
Revêtement trottoir	m2	7 500	2 000,00	15 000 000,00
SIGNALISATION HORIZONTALE				
Marquage sur chaussée en enduit à chaud				
Marquage par hachures (zébras)	ml	50	1 500,00	75 000,00
Bande de largeur 120 mm	ml	10 000	500,00	5 000 000,00
Bande de largeur 150 mm	ml	10 000	500,00	5 000 000,00
Marquage de flèches de rabattement	u	5	500,00	2 500,00
Marquage de flèche unidirectionnelle	u	10	500,00	5 000,00
SIGNALISATION VERTICALE				
Signalisation de danger, de prescription et d'intersection				
Panneau circulaire de gamme normale (diamètre 850 mm)	u	4	1 600,00	6 400,00
Panneau carré de gamme normale (côté nominal 700mm)	u	10	1 600,00	16 000,00
Signalisation de direction et de localisation				
Panneau de signalisation de direction, de localisation et d'avertissement	u	6	1 800,00	10 800,00
Support de signalisation latérale	u	20	1 500,00	30 000,00
Réflecteurs, Plots				
Réflecteur simple face sur DBA	u	50	250,00	12 500,00
Réflecteur simple face sur glissières de sécurité	u	50	250,00	12 500,00
DISPOSITIF DE RETENUE				
Glissières métalliques simples				

**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERAL

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation.

Cette étude d'APD nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.

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

Il ressort de ce travail que la réalisation d'un projet routier n'est pas une chose aise. C'est par une documentation très ample qu'on doit s'orienter dans une réflexion tout en faisant appel à des connaissances théoriques.

Encore une fois, ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : Auto CAD, vu leur traitement rapide et la précision de leur résultats.

De toute façon, il nous a immergé dans le milieu professionnelle dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement.

BIBLIOGRAPHIE

- *Cours de routes de 4^{ème} année ENSTP.*
- *Cours de 5^{ème} année ENSTP.*
- *Cours d'hydraulique de 4^{ème} année ENSTP.*
- *B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).*
- *Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).*
- *I.C.T.A.A.L 2000 (Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaisons)*
- *ICTAAL2000 Guide Echangeur*
- *Les Signaux Routiers (SETRA).*
- *ENSTP : anciennes mémoires de Fin d'étude.*
- *Aménagement des carrefours (SETRA).*
- *Cours de l'ENTPE (tome 01, tome 02).*
- *Rapport géotechnique*

ANNEXE

Axe principal(périphérique nord)

Listing d'implantation de Profil en long

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	4.56 %	678.730	0.000	61.447
Parabole 1	Rayon	-7000.000 m	270.394	678.730	92.422
	Sommet Absc.	998.188 m			
	Sommet Alt.	99.711 m			
Pente 2	Pente	0.70 %	370.347	949.123	99.540
Parabole 2	Rayon	10000.000 m	211.059	1319.470	102.135
	Sommet Absc.	1249.378 m			
	Sommet Alt.	101.890 m			
Pente 3	Pente	2.81 %	98.283	1530.530	105.842
Parabole 3	Rayon	-12000.000 m	176.931	1628.813	108.605
	Sommet Absc.	1966.195 m			
	Sommet Alt.	113.348 m			
Pente 4	Pente	1.34 %	1313.137	1805.744	112.275
Parabole 4	Rayon	10000.000 m	313.851	3118.881	129.833
	Sommet Absc.	2985.172 m			
	Sommet Alt.	128.939 m			
Pente 5	Pente	4.48 %	383.962	3432.731	138.955
Pente 6	Pente	4.99 %	183.611	3816.693	156.139
Parabole 5	Rayon	-6000.000 m	406.569	4000.305	165.303
	Sommet Absc.	4299.761 m			
	Sommet Alt.	172.776 m			
Pente 7	Pente	-1.79 %	240.791	4406.874	171.820
				4647.665	167.521
Longueur totale de l'axe 4647.665 mètre(s)					

Listing d'implantation de Tracé en plan

Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	167.06gr	1039.390	0.000	486806.785	4062566.679
Arc 1	Rayon	1000.000 m	272.741	1039.390	487320.974	4061663.385
	Centre X	488190.037 m				
	Centre Y	4062158.088 m				
Droite 2	Gisement	149.69gr	257.905	1312.130	487486.357	4061447.570
Arc 2	Rayon	1200.000 m	398.661	1570.036	487669.603	4061266.088
	Centre X	488514.019 m				
	Centre Y	4062118.709 m				
Droite 3	Gisement	128.54gr	1153.569	1968.697	487993.849	4061037.310
Arc 3	Rayon	1000.000 m	330.292	3122.266	489033.406	4060537.267
	Centre X	489466.881 m				
	Centre Y	4061438.433 m				
Droite 4	Gisement	107.52gr	99.567	3452.558	489349.101	4060445.393
Arc 4	Rayon	-1000.000 m	847.570	3552.124	489447.975	4060433.666
	Centre X	489330.195 m				
	Centre Y	4059440.626 m				
Droite 5	Gisement	161.47gr	247.971	4399.694	490152.599	4060009.530
				4647.665	490293.671	4059805.598

Listing d'implantation de Profil en travers

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Pente long.
01	0.000	Droite 1	Pente 1	61.447	61.447	267.06	486806.785	4062566.679	4.56
02	25.000	Droite 1	Pente 1	62.507	62.588	267.06	486819.153	4062544.953	4.56
03	50.000	Droite 1	Pente 1	63.654	63.729	267.06	486831.520	4062523.226	4.56
04	75.000	Droite 1	Pente 1	64.602	64.870	267.06	486843.888	4062501.500	4.56
05	100.000	Droite 1	Pente 1	65.505	66.010	267.06	486856.256	4062479.773	4.56
06	125.000	Droite 1	Pente 1	66.721	67.151	267.06	486868.623	4062458.046	4.56
07	150.000	Droite 1	Pente 1	67.854	68.292	267.06	486880.991	4062436.320	4.56
08	175.000	Droite 1	Pente 1	68.743	69.433	267.06	486893.358	4062414.593	4.56
09	200.000	Droite 1	Pente 1	69.757	70.574	267.06	486905.726	4062392.867	4.56
10	225.000	Droite 1	Pente 1	70.884	71.715	267.06	486918.093	4062371.140	4.56
11	250.000	Droite 1	Pente 1	72.023	72.856	267.06	486930.461	4062349.414	4.56
12	275.000	Droite 1	Pente 1	73.347	73.997	267.06	486942.829	4062327.687	4.56
13	300.000	Droite 1	Pente 1	74.630	75.138	267.06	486955.196	4062305.961	4.56
14	325.000	Droite 1	Pente 1	76.022	76.279	267.06	486967.564	4062284.234	4.56
15	350.000	Droite 1	Pente 1	77.168	77.420	267.06	486979.931	4062262.508	4.56
16	375.000	Droite 1	Pente 1	79.032	78.561	267.06	486992.299	4062240.781	4.56
17	400.000	Droite 1	Pente 1	80.304	79.702	267.06	487004.666	4062219.054	4.56
18	425.000	Droite 1	Pente 1	80.478	80.842	267.06	487017.034	4062197.328	4.56
19	450.000	Droite 1	Pente 1	81.467	81.983	267.06	487029.402	4062175.601	4.56
20	475.000	Droite 1	Pente 1	82.558	83.124	267.06	487041.769	4062153.875	4.56
21	500.000	Droite 1	Pente 1	83.291	84.265	267.06	487054.137	4062132.148	4.56
22	525.000	Droite 1	Pente 1	84.563	85.406	267.06	487066.504	4062110.422	4.56
23	550.000	Droite 1	Pente 1	85.954	86.547	267.06	487078.872	4062088.695	4.56
24	575.000	Droite 1	Pente 1	87.270	87.688	267.06	487091.239	4062066.969	4.56
25	600.000	Droite 1	Pente 1	89.009	88.829	267.06	487103.607	4062045.242	4.56
26	625.000	Droite 1	Pente 1	89.609	89.970	267.06	487115.975	4062023.515	4.56
27	650.000	Droite 1	Pente 1	91.382	91.111	267.06	487128.342	4062001.789	4.56
28	675.000	Droite 1	Pente 1	92.774	92.252	267.06	487140.710	4061980.062	4.56
29	700.000	Droite 1	Parabole 1	93.461	93.360	267.06	487153.077	4061958.336	4.26
30	725.000	Droite 1	Parabole 1	95.186	94.381	267.06	487165.445	4061936.609	3.90
31	750.000	Droite 1	Parabole 1	96.373	95.312	267.06	487177.812	4061914.883	3.55
32	775.000	Droite 1	Parabole 1	97.502	96.153	267.06	487190.180	4061893.156	3.19
33	800.000	Droite 1	Parabole 1	98.359	96.906	267.06	487202.548	4061871.430	2.83

ANNEXE

34	825.000	Droite 1	Parabole 1	98.672	97.569	267.06	487214.915	4061849.703	2.47
35	850.000	Droite 1	Parabole 1	99.140	98.143	267.06	487227.283	4061827.976	2.12
36	875.000	Droite 1	Parabole 1	99.535	98.628	267.06	487239.650	4061806.250	1.76
37	900.000	Droite 1	Parabole 1	99.492	99.023	267.06	487252.018	4061784.523	1.40
38	925.000	Droite 1	Parabole 1	99.525	99.329	267.06	487264.385	4061762.797	1.05
39	950.000	Droite 1	Pente 2	99.568	99.546	267.06	487276.753	4061741.070	0.70
40	975.000	Droite 1	Pente 2	99.668	99.721	267.06	487289.121	4061719.344	0.70
41	1000.000	Droite 1	Pente 2	99.430	99.896	267.06	487301.488	4061697.617	0.70
42	1025.000	Droite 1	Pente 2	98.976	100.071	267.06	487313.856	4061675.891	0.70
43	1050.000	Arc 1	Pente 2	98.412	100.247	266.38	487326.272	4061654.192	0.70
44	1075.000	Arc 1	Pente 2	97.493	100.422	264.79	487339.138	4061632.758	0.70
45	1100.000	Arc 1	Pente 2	96.949	100.597	263.20	487352.536	4061611.652	0.70
46	1125.000	Arc 1	Pente 2	97.096	100.772	261.61	487366.457	4061590.887	0.70
47	1150.000	Arc 1	Pente 2	97.624	100.948	260.01	487380.893	4061570.477	0.70
48	1175.000	Arc 1	Pente 2	97.270	101.123	258.42	487395.835	4061550.434	0.70
49	1200.000	Arc 1	Pente 2	97.297	101.298	256.83	487411.273	4061530.771	0.70
50	1225.000	Arc 1	Pente 2	97.363	101.473	255.24	487427.197	4061511.500	0.70
51	1250.000	Arc 1	Pente 2	95.909	101.648	253.65	487443.599	4061492.633	0.70
52	1275.000	Arc 1	Pente 2	96.051	101.824	252.06	487460.466	4061474.182	0.70
53	1300.000	Arc 1	Pente 2	98.339	101.999	250.46	487477.790	4061456.158	0.70
54	1325.000	Droite 2	Parabole 2	99.077	102.176	249.69	487495.501	4061438.514	0.76
55	1350.000	Droite 2	Parabole 2	99.622	102.396	249.69	487513.264	4061420.922	1.01
56	1375.000	Droite 2	Parabole 2	100.429	102.679	249.69	487531.027	4061403.330	1.26
57	1400.000	Droite 2	Parabole 2	102.006	103.024	249.69	487548.790	4061385.738	1.51
58	1425.000	Droite 2	Parabole 2	102.875	103.432	249.69	487566.553	4061368.146	1.76
59	1450.000	Droite 2	Parabole 2	104.718	103.902	249.69	487584.316	4061350.554	2.01
60	1475.000	Droite 2	Parabole 2	106.228	104.435	249.69	487602.079	4061332.962	2.26
61	1500.000	Droite 2	Parabole 2	107.533	105.030	249.69	487619.842	4061315.370	2.51
62	1525.000	Droite 2	Parabole 2	107.131	105.688	249.69	487637.605	4061297.778	2.76
63	1550.000	Droite 2	Pente 3	107.005	106.389	249.69	487655.368	4061280.186	2.81
64	1575.000	Arc 2	Pente 3	107.879	107.092	249.43	487673.138	4061262.602	2.81
65	1600.000	Arc 2	Pente 3	107.989	107.795	248.10	487691.155	4061245.270	2.81
66	1625.000	Arc 2	Pente 3	110.873	108.498	246.78	487709.529	4061228.318	2.81
67	1650.000	Arc 2	Parabole 3	113.181	109.182	245.45	487728.252	4061211.752	2.63
68	1675.000	Arc 2	Parabole 3	112.827	109.815	244.12	487747.316	4061195.580	2.43
69	1700.000	Arc 2	Parabole 3	111.968	110.396	242.80	487766.713	4061179.809	2.22

ANNEXE

70	1725.000	Arc 2	Parabole 3	110.970	110.924	241.47	487786.434	4061164.445	2.01
71	1750.000	Arc 2	Parabole 3	111.002	111.401	240.14	487806.471	4061149.495	1.80
72	1775.000	Arc 2	Parabole 3	111.648	111.825	238.82	487826.815	4061134.966	1.59
73	1800.000	Arc 2	Parabole 3	112.816	112.197	237.49	487847.457	4061120.863	1.38
74	1825.000	Arc 2	Pente 4	113.317	112.533	236.17	487868.389	4061107.194	1.34
75	1850.000	Arc 2	Pente 4	113.148	112.867	234.84	487889.600	4061093.964	1.34
76	1875.000	Arc 2	Pente 4	113.329	113.201	233.51	487911.083	4061081.179	1.34
77	1900.000	Arc 2	Pente 4	113.709	113.536	232.19	487932.828	4061068.844	1.34
78	1925.000	Arc 2	Pente 4	113.833	113.870	230.86	487954.824	4061056.964	1.34
79	1950.000	Arc 2	Pente 4	113.969	114.204	229.53	487977.064	4061045.546	1.34
80	1975.000	Droite 3	Pente 4	114.602	114.539	228.54	487999.529	4061034.578	1.34
81	2000.000	Droite 3	Pente 4	114.909	114.873	228.54	488022.058	4061023.741	1.34
82	2025.000	Droite 3	Pente 4	115.440	115.207	228.54	488044.587	4061012.904	1.34
83	2050.000	Droite 3	Pente 4	115.719	115.541	228.54	488067.117	4061002.067	1.34
84	2075.000	Droite 3	Pente 4	115.850	115.876	228.54	488089.646	4060991.230	1.34
85	2100.000	Droite 3	Pente 4	116.365	116.210	228.54	488112.175	4060980.393	1.34
86	2125.000	Droite 3	Pente 4	116.745	116.544	228.54	488134.704	4060969.556	1.34
87	2150.000	Droite 3	Pente 4	117.005	116.878	228.54	488157.233	4060958.720	1.34
88	2175.000	Droite 3	Pente 4	117.376	117.213	228.54	488179.762	4060947.883	1.34
89	2200.000	Droite 3	Pente 4	117.751	117.547	228.54	488202.291	4060937.046	1.34
90	2225.000	Droite 3	Pente 4	117.709	117.881	228.54	488224.821	4060926.209	1.34
91	2250.000	Droite 3	Pente 4	117.844	118.216	228.54	488247.350	4060915.372	1.34
92	2275.000	Droite 3	Pente 4	118.199	118.550	228.54	488269.879	4060904.535	1.34
93	2300.000	Droite 3	Pente 4	118.548	118.884	228.54	488292.408	4060893.698	1.34
94	2325.000	Droite 3	Pente 4	118.554	119.218	228.54	488314.937	4060882.862	1.34
95	2350.000	Droite 3	Pente 4	118.936	119.553	228.54	488337.466	4060872.025	1.34
96	2375.000	Droite 3	Pente 4	119.268	119.887	228.54	488359.995	4060861.188	1.34
97	2400.000	Droite 3	Pente 4	119.600	120.221	228.54	488382.525	4060850.351	1.34
98	2425.000	Droite 3	Pente 4	119.725	120.555	228.54	488405.054	4060839.514	1.34
99	2450.000	Droite 3	Pente 4	119.918	120.890	228.54	488427.583	4060828.677	1.34
100	2475.000	Droite 3	Pente 4	120.134	121.224	228.54	488450.112	4060817.840	1.34
101	2500.000	Droite 3	Pente 4	120.357	121.558	228.54	488472.641	4060807.003	1.34
102	2525.000	Droite 3	Pente 4	120.586	121.893	228.54	488495.170	4060796.167	1.34
103	2550.000	Droite 3	Pente 4	120.747	122.227	228.54	488517.699	4060785.330	1.34
104	2575.000	Droite 3	Pente 4	121.213	122.561	228.54	488540.229	4060774.493	1.34
105	2600.000	Droite 3	Pente 4	121.656	122.895	228.54	488562.758	4060763.656	1.34

ANNEXE

106	2625.000	Droite 3	Pente 4	122.172	123.230	228.54	488585.287	4060752.819	1.34
107	2650.000	Droite 3	Pente 4	122.365	123.564	228.54	488607.816	4060741.982	1.34
108	2675.000	Droite 3	Pente 4	122.477	123.898	228.54	488630.345	4060731.145	1.34
109	2700.000	Droite 3	Pente 4	122.779	124.232	228.54	488652.874	4060720.309	1.34
110	2725.000	Droite 3	Pente 4	123.053	124.567	228.54	488675.403	4060709.472	1.34
111	2750.000	Droite 3	Pente 4	123.431	124.901	228.54	488697.933	4060698.635	1.34
112	2775.000	Droite 3	Pente 4	123.763	125.235	228.54	488720.462	4060687.798	1.34
113	2800.000	Droite 3	Pente 4	123.783	125.570	228.54	488742.991	4060676.961	1.34
114	2825.000	Droite 3	Pente 4	123.729	125.904	228.54	488765.520	4060666.124	1.34
115	2850.000	Droite 3	Pente 4	123.921	126.238	228.54	488788.049	4060655.287	1.34
116	2875.000	Droite 3	Pente 4	124.509	126.572	228.54	488810.578	4060644.450	1.34
117	2900.000	Droite 3	Pente 4	124.880	126.907	228.54	488833.107	4060633.614	1.34
118	2925.000	Droite 3	Pente 4	125.107	127.241	228.54	488855.637	4060622.777	1.34
119	2950.000	Droite 3	Pente 4	125.417	127.575	228.54	488878.166	4060611.940	1.34
120	2975.000	Droite 3	Pente 4	125.714	127.909	228.54	488900.695	4060601.103	1.34
121	3000.000	Droite 3	Pente 4	125.916	128.244	228.54	488923.224	4060590.266	1.34
122	3025.000	Droite 3	Pente 4	125.935	128.578	228.54	488945.753	4060579.429	1.34
123	3050.000	Droite 3	Pente 4	126.258	128.912	228.54	488968.282	4060568.592	1.34
124	3075.000	Droite 3	Pente 4	126.586	129.247	228.54	488990.811	4060557.756	1.34
125	3100.000	Droite 3	Pente 4	126.819	129.581	228.54	489013.341	4060546.919	1.34
126	3125.000	Arc 3	Parabole 4	127.412	129.917	228.37	489035.871	4060536.085	1.40
127	3150.000	Arc 3	Parabole 4	127.926	130.298	226.78	489058.562	4060525.593	1.65
128	3175.000	Arc 3	Parabole 4	128.829	130.741	225.19	489081.509	4060515.671	1.90
129	3200.000	Arc 3	Parabole 4	129.796	131.247	223.59	489104.696	4060506.326	2.15
130	3225.000	Arc 3	Parabole 4	130.673	131.815	222.00	489128.109	4060497.564	2.40
131	3250.000	Arc 3	Parabole 4	131.408	132.446	220.41	489151.734	4060489.390	2.65
132	3275.000	Arc 3	Parabole 4	131.935	133.139	218.82	489175.556	4060481.808	2.90
133	3300.000	Arc 3	Parabole 4	132.370	133.895	217.23	489199.560	4060474.825	3.15
134	3325.000	Arc 3	Parabole 4	131.957	134.714	215.64	489223.732	4060468.444	3.40
135	3350.000	Arc 3	Parabole 4	133.564	135.594	214.04	489248.055	4060462.669	3.65
136	3375.000	Arc 3	Parabole 4	136.562	136.538	212.45	489272.515	4060457.504	3.90
137	3400.000	Arc 3	Parabole 4	137.804	137.544	210.86	489297.096	4060452.951	4.15
138	3425.000	Arc 3	Parabole 4	137.782	138.612	209.27	489321.784	4060449.015	4.40
139	3450.000	Arc 3	Pente 5	138.094	139.728	207.68	489346.562	4060445.697	4.48
140	3475.000	Droite 4	Pente 5	140.256	140.847	207.52	489371.387	4060442.750	4.48
141	3500.000	Droite 4	Pente 5	142.711	141.966	207.52	489396.213	4060439.805	4.48

ANNEXE

142	3525.000	Droite 4	Pente 5	144.313	143.084	207.52	489421.039	4060436.861	4.48
143	3550.000	Droite 4	Pente 5	145.670	144.203	207.52	489445.865	4060433.916	4.48
144	3575.000	Arc 4	Pente 5	146.761	145.322	208.97	489470.659	4060430.712	4.48
145	3600.000	Arc 4	Pente 5	147.252	146.441	210.56	489495.364	4060426.891	4.48
146	3625.000	Arc 4	Pente 5	148.772	147.560	212.15	489519.967	4060422.454	4.48
147	3650.000	Arc 4	Pente 5	149.552	148.679	213.75	489544.451	4060417.404	4.48
148	3675.000	Arc 4	Pente 5	150.988	149.798	215.34	489568.801	4060411.743	4.48
149	3700.000	Arc 4	Pente 5	151.569	150.917	216.93	489593.001	4060405.475	4.48
150	3725.000	Arc 4	Pente 5	152.251	152.036	218.52	489617.038	4060398.604	4.48
151	3750.000	Arc 4	Pente 5	155.046	153.155	220.11	489640.895	4060391.134	4.48
152	3775.000	Arc 4	Pente 5	156.044	154.273	221.70	489664.558	4060383.071	4.48
153	3800.000	Arc 4	Pente 5	156.904	155.392	223.30	489688.013	4060374.418	4.48
154	3825.000	Arc 4	Pente 6	156.438	156.554	224.89	489711.243	4060365.182	4.99
155	3850.000	Arc 4	Pente 6	157.420	157.802	226.48	489734.236	4060355.367	4.99
156	3875.000	Arc 4	Pente 6	158.546	159.050	228.07	489756.975	4060344.982	4.99
157	3900.000	Arc 4	Pente 6	159.674	160.297	229.66	489779.449	4060334.031	4.99
158	3925.000	Arc 4	Pente 6	160.742	161.545	231.25	489801.641	4060322.521	4.99
159	3950.000	Arc 4	Pente 6	161.435	162.793	232.85	489823.539	4060310.461	4.99
160	3975.000	Arc 4	Pente 6	162.511	164.040	234.44	489845.128	4060297.857	4.99
161	4000.000	Arc 4	Pente 6	163.731	165.288	236.03	489866.396	4060284.717	4.99
162	4025.000	Arc 4	Parabole 5	163.742	166.485	237.62	489887.328	4060271.049	4.58
163	4050.000	Arc 4	Parabole 5	164.180	167.578	239.21	489907.913	4060256.863	4.16
164	4075.000	Arc 4	Parabole 5	164.793	168.566	240.80	489928.136	4060242.167	3.75
165	4100.000	Arc 4	Parabole 5	165.754	169.451	242.39	489947.986	4060226.969	3.33
166	4125.000	Arc 4	Parabole 5	166.600	170.231	243.99	489967.449	4060211.280	2.91
167	4150.000	Arc 4	Parabole 5	171.452	170.907	245.58	489986.514	4060195.110	2.50
168	4175.000	Arc 4	Parabole 5	174.271	171.479	247.17	490005.169	4060178.468	2.08
169	4200.000	Arc 4	Parabole 5	175.203	171.947	248.76	490023.402	4060161.365	1.66
170	4225.000	Arc 4	Parabole 5	174.907	172.310	250.35	490041.202	4060143.811	1.25
171	4250.000	Arc 4	Parabole 5	174.022	172.570	251.94	490058.558	4060125.818	0.83
172	4275.000	Arc 4	Parabole 5	175.384	172.725	253.54	490075.458	4060107.397	0.41
173	4300.000	Arc 4	Parabole 5	176.326	172.776	255.13	490091.893	4060088.559	-0.00
174	4325.000	Arc 4	Parabole 5	177.335	172.723	256.72	490107.852	4060069.316	-0.42
175	4350.000	Arc 4	Parabole 5	179.953	172.566	258.31	490123.324	4060049.680	-0.84
176	4375.000	Arc 4	Parabole 5	178.156	172.304	259.90	490138.301	4060029.663	-1.25
177	4400.000	Droite 5	Parabole 5	174.268	171.939	261.47	490152.773	4060009.279	-1.67

ANNEXE

178	4425.000	Droite 5	Pente 7	169.617	171.497	261.47	490166.996	4059988.719	-1.79
179	4450.000	Droite 5	Pente 7	165.624	171.050	261.47	490181.218	4059968.159	-1.79
180	4475.000	Droite 5	Pente 7	160.924	170.604	261.47	490195.441	4059947.599	-1.79
181	4500.000	Droite 5	Pente 7	155.704	170.158	261.47	490209.664	4059927.039	-1.79
182	4525.000	Droite 5	Pente 7	157.742	169.711	261.47	490223.886	4059906.478	-1.79
183	4550.000	Droite 5	Pente 7	163.401	169.265	261.47	490238.109	4059885.918	-1.79
184	4575.000	Droite 5	Pente 7	167.666	168.819	261.47	490252.331	4059865.358	-1.79
185	4600.000	Droite 5	Pente 7	169.663	168.372	261.47	490266.554	4059844.798	-1.79
186	4625.000	Droite 5	Pente 7	169.382	167.926	261.47	490280.777	4059824.238	-1.79
187	4647.665	Droite 5	Pente 7	167.521	167.521	261.47	490293.671	4059805.598	-1.79

Echangeur

Axe secondaire

Num.	Abscisse	Côté				Droit			
		Assiette	X	Y	Cote	Assiette	X	Y	Cote
01	0.000	16.73	487528.187	4060712.712	112.130	16.75	487560.992	4060706.033	112.120
02	25.000	16.20	487533.694	4060737.104	111.896	16.97	487566.194	4060730.487	111.512
03	50.000	15.40	487539.461	4060761.443	111.794	16.81	487571.023	4060755.016	111.094
04	75.000	17.42	487542.478	4060786.341	112.805	17.20	487576.395	4060779.435	110.499
05	100.000	15.38	487549.457	4060810.433	111.697	17.75	487581.925	4060803.822	110.130
06	125.000	16.85	487553.006	4060835.224	110.799	18.43	487587.584	4060828.183	110.008
07	150.000	19.36	487555.738	4060860.510	114.428	34.28	487608.112	4060848.930	103.897
08	175.000	9.97	487570.990	4060883.263	111.541	22.61	487602.395	4060874.584	105.219
09	200.000	8.00	487580.685	4060907.163	102.915	23.43	487610.203	4060896.377	105.429
10	225.000	8.00	487590.487	4060930.876	103.875	24.59	487620.061	4060917.182	105.463
11	250.000	8.00	487602.229	4060953.691	100.203	8.00	487616.138	4060945.782	104.252
12	275.000	8.00	487615.824	4060975.444	101.327	8.00	487629.034	4060966.417	102.862
13	300.000	8.00	487630.852	4060995.996	103.151	8.00	487643.517	4060986.218	102.076
14	325.000	8.00	487646.524	4061015.707	108.729	8.00	487658.963	4061005.644	108.525
15	350.000	8.00	487662.255	4061035.140	109.797	8.00	487674.691	4061025.073	109.998
16	375.000	8.00	487677.985	4061054.571	110.928	8.00	487690.421	4061044.504	110.649
17	400.000	20.42	487684.064	4061081.815	111.865	22.52	487717.439	4061054.798	110.812
18	425.000	8.00	487709.498	4061093.468	110.601	8.00	487721.858	4061083.308	112.036
19	450.000	22.72	487714.872	4061122.456	111.841	27.50	487752.499	4061089.205	109.451
20	475.000	21.74	487733.015	4061140.814	112.631	22.54	487765.124	4061110.330	112.232
21	500.000	22.08	487750.853	4061159.431	112.553	21.62	487781.449	4061128.232	112.784
22	525.000	8.00	487778.971	4061166.728	111.517	8.00	487789.901	4061155.044	111.183
23	550.000	8.00	487797.227	4061183.807	111.379	8.00	487808.158	4061172.123	111.555
24	575.000	20.79	487806.404	4061209.978	112.137	21.50	487835.912	4061179.683	112.060
25	600.000	18.86	487820.372	4061223.749	112.284	16.36	487850.900	4061206.191	114.093
26	625.000	17.00	487826.260	4061238.236	112.062	17.76	487861.023	4061238.119	112.524
27	650.000	15.83	487823.180	4061254.054	111.351	17.95	487852.353	4061271.090	111.131
28	675.000	14.71	487812.036	4061266.509	110.612	18.17	487828.099	4061295.204	109.723
29	683.571	14.27	487806.808	4061269.323	110.389	17.55	487817.057	4061299.443	109.590

ANNEXE

Bretelle une

Tabulation :

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
01	0.000	Arc 1	Pente 1	113.559	113.675	200.000	487916.687	4061109.640	-2.50	-2.50	-2.00
02	20.000	Arc 1	Pente 1	113.391	113.275	30.549	487898.874	4061118.734	-2.50	-2.50	-2.00
03	40.000	Arc 1	Pente 1	113.034	112.875	31.546	487881.206	4061128.105	-2.50	-2.50	-2.00
04	60.000	Arc 1	Pente 1	112.117	112.475	32.543	487863.687	4061137.753	-2.50	-2.50	-2.00
05	80.000	Arc 1	Parabole 1	111.728	112.108	33.539	487846.320	4061147.673	-2.50	-2.50	-1.65
06	100.000	Arc 1	Pente 2	111.138	111.814	34.536	487829.112	4061157.864	-2.50	-2.50	-1.30
07	120.000	Arc 1	Pente 2	111.608	111.555	35.533	487812.065	4061168.323	-2.50	-2.50	-1.30
08	140.000	Clothoïde 1	Pente 2	111.344	111.296	38.462	487795.273	4061179.183	-3.25	-3.25	-1.30
09	160.000	Clothoïde 1	Pente 2	111.121	111.037	47.297	487779.555	4061191.525	-4.00	-4.00	-1.30
10	180.000	Clothoïde 1	Parabole 2	111.399	110.784	62.157	487766.412	4061206.539	-4.75	-4.75	-1.01
11	200.000	Clothoïde 1	Parabole 2	111.195	110.714	83.043	487757.962	4061224.568	-5.50	-5.50	0.32
12	220.000	Clothoïde 1	Parabole 2	110.279	110.911	109.954	487756.714	4061244.380	-6.25	-6.25	1.65
13	240.000	Arc 2	Parabole 2	109.840	111.375	141.483	487764.460	4061262.595	-7.00	-7.00	2.99
14	260.000	Arc 2	Parabole 2	109.807	112.106	173.314	487779.984	4061274.874	-7.00	-7.00	4.32
15	280.000	Arc 2	Pente 3	109.877	113.087	205.145	487799.494	4061278.206	-7.00	-7.00	5.19
16	289.886	Arc 2	Pente 3	110.156	113.600	220.879	487809.150	4061276.205	-7.00	-7.00	5.19

Bretelle deux

Tabulation :

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
01	0.000	Arc 1	Aucun	109.718	Aucun	20.879	487813.661	4061289.464	7.00	7.00	0.00
02	20.000	Clothoïde 1	Pente 1	109.612	113.543	0.627	487793.996	4061292.612	4.20	4.20	-5.19
03	40.000	Clothoïde 1	Parabole 1	109.429	112.505	388.225	487774.124	4061290.661	1.40	1.40	-5.13
04	60.000	Clothoïde 1	Parabole 1	109.598	111.559	383.698	487754.659	4061286.087	-1.40	-1.40	-4.33
05	80.000	Clothoïde 2	Parabole 1	109.750	110.774	387.047	487735.235	4061281.332	-4.20	-4.20	-3.53
06	100.000	Arc 2	Parabole 1	109.963	110.148	396.828	487715.424	4061278.738	-7.00	-7.00	-2.73
07	120.000	Arc 2	Parabole 1	110.194	109.683	7.222	487695.457	4061279.373	-7.00	-7.00	-1.93
08	140.000	Arc 2	Pente 2	110.058	109.346	17.616	487675.858	4061283.246	-7.00	-7.00	-1.62
09	160.000	Arc 2	Pente 2	108.155	109.022	28.009	487657.149	4061290.252	-7.00	-7.00	-1.62
10	180.000	Clothoïde 3	Parabole 2	107.360	108.683	37.514	487639.789	4061300.145	-5.88	-5.88	-2.05
11	200.000	Clothoïde 3	Parabole 2	107.889	108.140	44.156	487623.817	4061312.168	-4.75	-4.75	-3.38
12	220.000	Clothoïde 3	Pente 3	106.566	107.457	47.864	487608.870	4061325.453	-3.63	-3.63	-3.41
13	240.000	Arc 3	Pente 3	105.854	106.774	49.130	487594.419	4061339.278	-2.50	-2.50	-3.41
14	260.000	Arc 3	Pente 3	104.374	106.092	50.139	487580.196	4061353.339	-2.50	-2.50	-3.41
15	280.000	Arc 3	Pente 3	102.837	105.409	51.147	487566.197	4061367.623	-2.50	-2.50	-3.41
16	300.000	Arc 3	Pente 3	102.141	104.726	52.155	487552.427	4061382.127	-2.50	-2.50	-3.41
17	320.000	Arc 3	Parabole 3	100.902	103.992	53.164	487538.888	4061396.847	-2.50	-2.50	-4.24
18	340.000	Arc 3	Pente 4	100.186	103.061	54.172	487525.583	4061411.780	-2.50	-2.50	-4.75
19	360.000	Arc 3	Pente 4	99.478	102.110	55.180	487512.517	4061426.921	-2.50	-2.50	-4.75
20	380.000	Droite 1	Parabole 4	99.364	101.176	53.161	487499.384	4061442.002	-2.50	-2.50	-4.28
21	400.000	Droite 1	Pente 5	98.537	100.379	53.161	487485.961	4061456.829	-2.50	-2.50	-3.94
22	420.000	Droite 1	Pente 5	97.333	99.591	53.161	487472.538	4061471.655	-2.50	-2.50	-3.94
23	440.000	Droite 1	Pente 5	97.481	98.803	53.161	487459.115	4061486.482	-2.50	-2.50	-3.94
24	454.156	Droite 1	Pente 5	97.888	98.246	53.161	487449.614	4061496.976	-2.50	-2.50	-3.94

Bretelle trois

ANNEXE

Tabulation :

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
01	0.000	Arc 1	Pente 1	104.986	113.847	129.900	487605.710	4060927.978	-2.50	-2.50	2.47
02	20.000	Droite 1	Pente 1	104.586	114.341	141.559	487616.468	4060944.800	-2.50	-2.50	2.47
03	40.000	Droite 1	Pente 1	103.382	114.835	141.559	487628.616	4060960.688	-2.50	-2.50	2.47
04	60.000	Arc 2	Pente 1	102.646	115.329	142.244	487640.778	4060976.565	-2.50	-2.50	2.47
05	80.000	Arc 2	Pente 1	104.191	115.823	146.489	487653.613	4060991.899	-2.50	-2.50	2.47
06	100.000	Arc 2	Parabole 1	108.997	116.400	150.733	487667.440	4061006.343	-2.50	-2.50	3.38
07	120.000	Arc 2	Pente 2	110.180	117.087	154.977	487682.199	4061019.835	-2.50	-2.50	3.44
08	140.000	Droite 2	Pente 2	110.286	117.776	159.022	487697.824	4061032.314	-2.87	-2.87	3.44
09	160.000	Clothoïde 1	Pente 2	110.553	118.464	159.356	487713.832	4061044.303	-3.25	-3.25	3.44
10	180.000	Clothoïde 1	Parabole 2	111.089	119.025	161.914	487730.090	4061055.950	-3.62	-3.62	1.99
11	200.000	Clothoïde 1	Parabole 2	111.002	119.256	166.994	487747.013	4061066.599	-4.00	-4.00	0.32
12	220.000	Arc 3	Parabole 2	109.735	119.153	173.360	487764.850	4061075.625	-4.00	-4.00	-1.35
13	240.000	Arc 3	Parabole 2	111.067	118.717	179.726	487783.500	4061082.826	-4.00	-4.00	-3.01
14	260.000	Arc 3	Pente 3	110.890	117.948	186.092	487802.776	4061088.129	-4.00	-4.00	-4.61
15	280.000	Arc 3	Pente 3	116.356	117.026	192.458	487822.484	4061091.480	-4.00	-4.00	-4.61
16	300.000	Arc 3	Pente 3	114.639	116.103	198.825	487842.429	4061092.848	-4.00	-4.00	-4.61
17	320.000	Arc 3	Pente 3	114.064	115.181	205.191	487862.411	4061092.218	-4.00	-4.00	-4.61
18	340.000	Arc 3	Parabole 3	112.922	114.272	211.557	487882.230	4061089.596	-4.00	-4.00	-4.02
19	360.000	Arc 3	Parabole 3	113.171	113.718	217.923	487901.688	4061085.008	-4.00	-4.00	-1.52
20	380.000	Clothoïde 2	Parabole 3	113.729	113.663	223.425	487920.617	4061078.570	-3.25	0.00	0.98
21	400.000	Clothoïde 2	Pente 4	113.917	114.004	226.395	487939.078	4061070.881	-2.50	-2.50	1.85
22	420.000	Clothoïde 3	Pente 4	114.177	114.375	226.791	487957.331	4061062.706	-2.50	-2.50	1.85
23	440.000	Arc 4	Parabole 4	114.447	114.738	225.822	487975.647	4061054.675	-2.50	-2.50	1.71
24	460.000	Arc 5	Parabole 4	114.532	115.052	225.523	487994.070	4061046.890	-2.50	-2.50	1.42
25	480.000	Arc 5	Pente 5	115.130	115.309	226.489	488012.424	4061038.945	-2.50	-2.50	1.20
26	500.000	Arc 5	Pente 5	115.205	115.549	227.454	488030.656	4061030.723	-2.50	-2.50	1.20
27	520.000	Arc 5	Pente 5	115.436	115.789	228.420	488048.760	4061022.226	-2.50	-2.50	1.20
28	540.000	Arc 5	Pente 5	115.603	116.029	229.385	488066.734	4061013.455	-2.50	-2.50	1.20
29	560.000	Droite 3	Pente 5	115.764	116.269	229.788	488084.596	4061004.458	-2.50	-2.50	1.20
30	580.000	Droite 3	Parabole 5	116.036	116.519	229.788	488102.447	4060995.438	-2.50	-2.50	1.34
31	600.000	Droite 3	Pente 6	116.459	116.792	229.788	488120.297	4060986.417	-2.50	-2.50	1.36
32	620.000	Droite 3	Pente 6	116.772	117.065	229.788	488138.147	4060977.397	-2.50	-2.50	1.36
33	640.000	Droite 3	Pente 6	117.002	117.338	229.788	488155.998	4060968.377	-2.50	-2.50	1.36
34	640.097	Droite 3	Pente 6	117.003	117.339	229.788	488156.084	4060968.333		-2.50	1.36

Bretelle quatre

Tabulation :

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
01	0.000	Arc 1	Pente 1	99.015	102.697	260.152	487503.832	4061400.986	-2.50	-2.50	4.00
02	20.000	Arc 1	Pente 1	99.410	103.497	255.782	487516.096	4061385.192	-2.50	-2.50	4.00
03	40.000	Droite 1	Pente 1	100.780	104.297	251.166	487529.470	4061370.330	-2.50	-2.50	4.00
04	60.000	Droite 1	Pente 1	103.755	105.097	251.166	487543.351	4061355.931	-2.50	-2.50	4.00
05	80.000	Droite 1	Pente 1	105.206	105.897	251.166	487557.232	4061341.533	-2.50	-2.50	4.00
06	100.000	Droite 1	Parabole 1	105.428	106.685	251.166	487571.113	4061327.134	-2.50	-2.50	3.71
07	120.000	Droite 1	Parabole 1	105.746	107.361	251.166	487584.993	4061312.735	-2.50	-2.50	3.05
08	140.000	Clothoïde 1	Pente 2	106.643	107.932	251.235	487598.873	4061298.335	-3.20	-3.20	2.82
09	160.000	Clothoïde 1	Parabole 2	107.411	108.564	253.896	487612.507	4061283.705	-3.91	-3.91	4.13
10	180.000	Arc 2	Pente 3	109.024	109.624	260.387	487625.047	4061268.136	-4.61	-4.61	6.00
11	200.000	Arc 2	Pente 3	111.008	110.824	268.345	487635.659	4061251.199	-5.31	-5.31	6.00
12	220.000	Clothoïde 2	Pente 3	113.218	112.024	276.097	487644.085	4061233.074	-5.10	-5.10	6.00
13	240.000	Clothoïde 2	Pente 3	114.745	113.224	281.497	487650.549	4061214.154	-4.88	-4.88	6.00
14	260.000	Clothoïde 2	Parabole 3	114.990	114.423	283.977	487655.832	4061194.865	-4.66	-4.66	5.88
15	280.000	Clothoïde 3	Parabole 3	109.585	115.465	284.336	487660.760	4061175.482	-4.44	-4.44	4.55
16	300.000	Clothoïde 3	Parabole 3	107.870	116.241	287.648	487665.231	4061155.990	-4.22	-4.22	3.21
17	320.000	Arc 3	Parabole 4	106.230	116.769	294.591	487668.063	4061136.202	-4.00	-4.00	2.26

ANNEXE

18	340.000	Arc 3	Parabole 4	108.203	117.151	302.041	487668.592	4061116.221	-4.00	-4.00	1.56
19	360.000	Arc 3	Parabole 4	112.158	117.392	309.492	487666.784	4061096.314	-4.00	-4.00	0.85
20	380.000	Arc 3	Parabole 4	111.760	117.492	316.943	487662.663	4061076.755	-4.00	-4.00	0.15
21	400.000	Clothoïde 4	Parabole 4	110.878	117.453	324.047	487656.308	4061057.802	-3.63	-3.63	-0.55
22	420.000	Clothoïde 4	Parabole 4	109.735	117.273	329.493	487648.104	4061039.569	-3.25	-3.25	-1.25
23	440.000	Clothoïde 4	Parabole 4	108.958	116.952	333.156	487638.616	4061021.967	-2.88	-2.87	-1.95
24	460.000	Clothoïde 4	Parabole 4	105.123	116.491	335.036	487628.369	4061004.792	-2.50	-2.50	-2.65
25	480.000	Clothoïde 5	Parabole 4	100.280	115.890	335.134	487617.857	4060987.777	-2.50	-2.50	-3.36
26	500.000	Clothoïde 5	Parabole 4	99.817	115.149	333.448	487607.557	4060970.634	-2.50	-2.50	-4.06
27	520.000	Clothoïde 5	Parabole 5	99.892	114.356	329.979	487597.962	4060953.089	-2.50	-2.50	-3.61
28	540.000	Arc 4	Parabole 5	103.711	113.714	324.859	487589.585	4060934.933	-2.50	-2.50	-2.81
29	560.000	Arc 4	Parabole 5	103.232	113.233	319.403	487582.774	4060916.136	-2.50	-2.50	-2.01
30	580.000	Arc 4	Parabole 5	102.862	112.911	313.946	487577.597	4060896.824	-2.50	-2.50	-1.21
31	585.499	Arc 4	Parabole 5	106.075	112.851	312.445	487576.465	4060891.442	-2.50	-2.50	-0.99

Bretelle cinq

Tabulation :

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
01	0.000	Droite 1	Pente 1	120.202	121.443	31.540	488468.141	4060828.396	-2.50	-2.50	-1.28
02	20.000	Droite 1	Pente 1	120.065	121.187	31.540	488450.546	4060837.904	-2.50	-2.50	-1.28
03	40.000	Droite 1	Pente 1	119.926	120.931	31.540	488432.951	4060847.412	-2.50	-2.50	-1.28
04	60.000	Droite 1	Pente 1	119.883	120.676	31.540	488415.355	4060856.920	-2.50	-2.50	-1.28
05	80.000	Droite 1	Pente 1	119.736	120.420	31.540	488397.760	4060866.429	-2.50	-2.50	-1.28
06	100.000	Droite 1	Pente 1	119.563	120.164	31.540	488380.165	4060875.937	-2.50	-2.50	-1.28
07	120.000	Clothoïde 1	Pente 1	119.280	119.908	31.692	488362.572	4060885.450	-2.50	-2.50	-1.28
08	140.000	Clothoïde 1	Parabole 1	120.467	119.660	33.684	488345.122	4060895.221	-2.50	-2.50	-1.12
09	160.000	Clothoïde 1	Parabole 1	119.001	119.467	37.983	488328.179	4060905.840	-3.37	-3.37	-0.82
10	180.000	Arc 1	Parabole 1	117.944	119.334	43.517	488312.143	4060917.782	-3.48	-3.48	-0.51
11	200.000	Arc 1	Pente 2	118.860	119.246	49.053	488297.205	4060931.071	-3.48	-3.48	-0.43
12	220.000	Arc 1	Pente 2	118.693	119.159	54.589	488283.477	4060945.607	-3.48	-3.48	-0.43
13	240.000	Arc 1	Pente 2	118.604	119.072	60.124	488271.064	4060961.280	-3.48	-3.48	-0.43
14	260.000	Arc 1	Pente 2	118.513	118.986	65.660	488260.059	4060977.973	-3.48	-3.48	-0.43
15	280.000	Arc 1	Parabole 2	118.470	118.869	71.196	488250.545	4060995.558	-3.48	-3.48	-0.85
16	300.000	Arc 1	Parabole 2	118.506	118.643	76.732	488242.594	4061013.902	-3.48	-3.48	-1.42
17	320.000	Arc 1	Parabole 2	118.867	118.302	82.268	488236.266	4061032.868	-3.48	-3.48	-1.99
18	340.000	Arc 1	Parabole 3	118.255	117.852	87.804	488231.610	4061052.312	-3.48	-3.48	-2.28
19	360.000	Arc 1	Parabole 3	117.534	117.475	93.339	488228.659	4061072.087	-3.48	-3.48	-1.48
20	380.000	Arc 1	Pente 3	116.989	117.248	98.875	488227.438	4061092.043	-3.48	-3.48	-0.97
21	400.000	Clothoïde 2	Pente 3	116.827	117.053	103.388	488227.852	4061112.035	-2.50	-2.50	-0.97
22	420.000	Clothoïde 2	Pente 3	116.758	116.858	105.632	488229.327	4061131.979	-2.50	-2.50	-0.97
23	430.854	Droite 2	Pente 3	116.752	116.752	105.903	488230.318	4061142.788	-2.50	-2.50	-0.97

Bretelle six

Tabulation :

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
01	0.000	Droite 1	Pente 1	116.415	116.750	306.145	488224.133	4061140.882	-2.50	-2.50	1.03
02	20.000	Clothoïde 1	Pente 1	116.381	116.957	307.624	488222.078	4061120.989	-2.50	-2.50	1.03
03	40.000	Clothoïde 1	Pente 1	116.322	117.164	313.367	488218.908	4061101.248	-2.88	-2.88	1.03
04	60.000	Clothoïde 1	Pente 1	116.960	117.371	323.438	488213.322	4061082.066	-5.74	-5.74	1.03
05	80.000	Arc 1	Pente 1	117.442	117.578	337.162	488204.218	4061064.303	-7.00	-7.00	1.03
06	100.000	Arc 1	Pente 1	117.500	117.785	351.309	488191.439	4061048.971	-7.00	-7.00	1.03
07	120.000	Arc 1	Pente 1	117.567	117.992	365.456	488175.595	4061036.833	-7.00	-7.00	1.03
08	140.000	Arc 1	Parabole 1	117.246	118.129	379.603	488157.466	4061028.486	-7.00	-7.00	0.07
09	160.000	Arc 1	Parabole 1	117.007	118.010	393.751	488137.942	4061024.339	-7.00	-7.00	-1.26
10	180.000	Clothoïde 2	Parabole 1	116.634	117.625	7.696	488117.984	4061024.591	-5.87	-5.88	-2.59
11	200.000	Clothoïde 2	Parabole 2	116.191	116.985	18.552	488098.453	4061028.783	-4.75	-4.75	-3.38
12	220.000	Clothoïde 2	Parabole 2	115.951	116.410	25.373	488079.677	4061035.643	-3.62	-3.63	-2.38
13	240.000	Clothoïde 2	Parabole 2	115.430	116.035	28.160	488061.464	4061043.902	-2.50	-2.50	-1.38

ANNEXE

14	260.000	Arc 2	Pente 2	115.307	115.806	27.565	488043.367	4061052.416	-2.50	-2.50	-1.11
15	280.000	Arc 2	Pente 2	114.954	115.583	26.594	488025.149	4061060.669	-2.50	-2.50	-1.11
16	300.000	Arc 2	Pente 2	114.736	115.360	25.624	488006.808	4061068.644	-2.50	-2.50	-1.11
17	320.000	Arc 3	Parabole 3	114.191	115.136	25.674	487988.379	4061076.415	-2.50	-2.50	-1.21
18	340.000	Arc 3	Parabole 3	113.945	114.844	26.663	487970.045	4061084.406	-2.50	-2.50	-1.71
19	360.000	Arc 3	Pente 3	113.651	114.460	27.652	487951.838	4061092.681	-2.50	-2.50	-2.02
20	380.000	Arc 3	Pente 3	113.574	114.056	28.641	487933.761	4061101.238	-2.50	-2.50	-2.02
21	399.032	Arc 3	Pente 3	113.559	113.672	29.582	487916.685	4061109.641	-2.50	-2.50	-2.02

volume de la chaussée + terrassement

Déblai terrain meuble	m3	8000
Remblai en provenance d'emprunt	m3	12000
CHAUSSEE		
Couche de forme		
Couche de forme	m3	38 000
Couche de fondation		
Grave bitume GB 0/14	t	33 000
Couche de base		
Grave bitume GB 0/14	t	32 000
Couche de roulement		
Couche de roulement en béton bitumineux semi grenu, BB	t	15 000