République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون
École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention des diplômes d'Ingénieur d'État / Master

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructure de base

Thème

Étude de l'évitement Nord-ouest de la ville de M'sila RN40 M'tarfa/RN45 sur 13.6km (PK0+000 au PK 13+592) avec conception d'un échangeur

Présenté par :

BENLAHCENE Tahar

SAADOUNI Oussama

Encadré par :

Dr. MESSAI Abderraouf

et le Co-encadreur :

Mr. CHENAF Kamel

Promotion 2019/2020

© ENSTP-FJ

ملخص

بالنسبة لدراسة أطروحتنا، تناولنا دراسة تقرير التصميم الأولي وتقرير المشروع المفصل للطريق، على مسافة خطية تبلغ 13.6 كم، وهي جزء مكمل للعملية التي تربط مدينة مطارفة والممر الجانبي الشمالي الغربي الذي يربط ولاية برج بوعريريج بولاية المسيلة، بالإضافة إلى ذلك، تغطي دراستنا أيضًا تصميم لمبادل الطريق في النقطة الكيلومترية 592+13.

كلمات مفتاحية: مبادل طريق، دراسة جيوتقنية، مفترق طرق، مقطع طولي، طريق.

Résumé

Pour notre mémoire de fin d'étude nous avons traité une étude en APD et APS d'une route, pour un linéaire de 13.6 km, fait partie intégrante de l'opération liaison de la ville de M'tarfa avec l'évitement Nord-ouest qui relie la wilaya de Bordj-Bou-Arreridj avec la wilaya de M'sila. De plus, notre étude s'étale aussi à la conception d'un échangeur au PK 13+592.

Mots clés : Echangeur, étude géotechnique, carrefour, profil en long, route.

Abstract

For our dissertation study we treated a study of Preliminary Design Report and Detailed Project Report of a road, for a linear distance of 13.6 km, made an integral start of the operation linking the city of M'tarfa with the north-west avoidance that connects the wilaya of Bordj-Bou-Arreridj with the wilaya of M'sila. In addition, our study also includes the design of an exchanger KP 13+592.

Keywords: Exchanger, geotechnical investigation, crossroads, long profile, road.

Remerciements

Nous commençons tout d'abord par remercier Dieu le tout puissant, clément et miséricordieux, qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour entamer et accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre cher encadreur Mr **MESSAI Abd El Raouf** pour ses conseils, sa guidance sa motivation et sa disponibilité durant toute la période d'étude.

Nous remercions également le Co-encadreur Mr **Chenaf Kamel** qui nous a bien aider.

Nous remercions également Mr **Chagroune Bilel** notre maitre de stage.

Nous remercions également tous les enseignants de l'ENSTP, qui ont assuré notre formation avec une pédagogie et patience, ainsi que l'administration de l'école, les responsables de la bibliothèque pour l'aide qu'il nous ont rapporté.

Sans oublier de remercier les membres de l'honorable jury pour l'intérêt qu'ils ont porté pour présider et examiner ce modeste travail.

A tous ceux et aux autres qui ont aidé dans l'élaboration de ce travail de près ou de loin nous disons du fond de mon cœur.

MERCI

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Dédicace

Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux

Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

Je dédie ce modeste travail à ***ma très chère mère « Karima »****, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, celle qui a fait preuve de ces plus copieux desseins pour me permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux conseils, donc je devais incessamment être de grande compétence et motivation. Cependant, Je prie ALLAH le Miséricordieux qu'il te portera récompense, car la mienne ne sera guère complète. Et te protège et te garde en bonne santé.*

A mon père « Mustapha » *qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie.*

À ma belle-sœur : ***Soumia.***
Et à mon petit frère : ***Idris.***
À ma grand-mère : Malika.
Et à mon grand-père : Slimane.
À mes oncles : Abdelkader, Marouane, Lyamine, Farouk, Habib, Samir, Ahmed, Mohamed.
À mes tantes : Saliha, Souria, Houria, Nedjma, Rafika.
À mes cousins : Seifeddine, Youcef, Sidali ,Hamoudi ,Kaita .
Et à toute la famille SAADOUNI et HARRATH.
À ma future femme : Asma.
À Mon binôme et confrère TAHER et toute sa famille
À Tous mes enseignants de l'ENSTP.
À mon encadreur Dr. Abdelraouf Messai Et Co-encadreur Ing.Kamel Chenaf
À tous mes amis : Ilyes, Farid, Ala, Billel, Hamoudi, Fateh, Zinou, Simou, Amine, Fouad, Oussama, Raid, Youcef, Hatem.
À tous les chefs de scouts sans exception.
À tous mes amis de Promotion (2020) sans exception : Adel, Youcef, Fadlo, Chitola, Tiiiger, Bari, Salim, mimo Adel, Matlab, Tchipi, Gessoum, khalil
À tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.
Enfin, à tous ceux qui m'aiment.

Merci

OUSSAMA

nlahcene Tahar
Saadouni Oussama

ENSTP

Dédicace

Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux

Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

Je dédie ce modeste travail à ***ma très chère mère « D. MALIKA »****, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, celle qui a fait preuve de ces plus copieux desseins pour me permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux conseils, donc je devais incessamment être de grande compétence et motivation. Cependant, Je prie ALLAH le Miséricordieux qu'il te portera récompense, car la mienne ne sera guère complète, Et te protège et te garde en bonne santé.*

A mon père « RABAH » *qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie.*

À mes frères : ***Oussama, Abd El Basset et le petit Wassim.***

À ma grand-mère : ***ATIKA*** *« Rebi yerhmha ».*

À mes oncles : Abd EL Rahman, Nabil, Ryad et Abd El Arazak.

À mes tantes : Samira, Naima, Nadjat.

À mes cousins : D. Seifeddine, R.Djamel sans oublier KoKO.

Et à toute la famille BENLAHCENE et DOUKARI.

À Mon binôme et confrère OUSSAMA et toute sa famille

À Tous mes enseignants de l'ENSTP.

À mon encadreur Dr. Abdelraouf Messai Et Co-encadreur Ing.Kamel Chenaf

À tous mes amis : B. Walid, B. Alaeddine, F. chihab, Z. chahro, L. Hamza.

À tous mes amis de Promotion (2020) sans exception : Adel, Youcef, Fadlo, Chitola, Tiiiger, Bari, walid, mimo Adel, Abbes, Tchipi, Gessoum, khalil

À tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

Enfin, à tous ceux qui m'aiment.

Merci

B.TAHAR

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

ENSTP

Liste des abreviations :

Vr : la vitesse de reference
TJMA : le trafic journalier moyen annuel
Teff : trafic effectif
Q : Débit de pointe horaire.
Qadm : Débit horaire admissible :
Cth : capacité effective par voie
RHmin : Rayon horizontal minimal absolu
RHN : Rayon minimal normal
RHd : Rayon au dévers minimal
RHnd : Rayon minimal non déversé
TC : tangente courte
TL : tangente longue
$\boldsymbol{\sigma}$ **:** Angle polaire
ΔR : ripage.
Δd : variation de dévers
FL : Frottement longitudinal
Ft : Frottement transversal
Dm : Distance de visibilité de dépassement minimale (m)
Dn : Distance de visibilité de dépassement normale (m)
Dmd : Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)
Le : la largeur d'entrecroisement
T.P.C : Terreplein Central.
B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence.
B.D.G : Bande Dérasée de Gauche.
TN : terrain naturel
SR : surface remblai
SD : surface déblai
dNp : distance d'arrêt des véhicules non prioritaire.
dp : distance parcoure par la véhicule prioritaire pendant freinage éventuel du véhicule non prioritaire.
Rg : Rayon du giratoire
Ri : Rayon intérieur
Rs : Rayon de sortie
Rr : Rayon de raccordement
BB : Béton bitumineux
GB : Grave Bitume
GNT : Grave non traité
RP : réseau principal
TPL : trafic de poids lourd
$\boldsymbol{\theta eq}$: Température équivalente
Q$\boldsymbol{a}$: Débit d'apport
Q$\boldsymbol{s}$ **:** Débit d'écoulement au point de saturation

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Liste des figures :

Chapitre I : évaluation début d'échange dans les nœuds routiers..... 2

Fig I.1 : un exemple de relation fondamentale triangulaire entre le débit et la concentration.…..... 3

Fig I.2 : Les effets de la congestion (les incidences de la congestion du tronçon I sur les tronçons II ; III..... 4

Fig I.3 : Modèle statique 6

Fig I.4 : Modèle statique, représentation bond graph 6

Fig I.5 : Modèle dynamique d'un élément court 7

Fig I.6 : Modèle dynamique d'un élément court, représentation bond graph 7

Fig I.7 : Modèle dynamique d'un élément long 7

Fig I.8 : Modèle dynamique d'un élément long, représentation bond graph 8

Fig I.9: Modèle dynamique d'un élément long avec accumulation de véhicules..... 8

Fig I.10 : Modèle dynamique d'un élément long avec accumulation de véhicules..... 8

Fig I.11 : Modèle bond graph d'un carrefour en Y..... 13

Fig I.12 : Variation du nombre de véhicules pour un carrefour en Y 14

Fig I.13 : Variation des flux des sorties pour un carrefour en Y 14

Fig I.14 : Modèle bond graph d'un carrefour en T 15

Fig I.15 : Variation du nombre de véhicules pour un carrefour en T 16

Fig I.16 : Variation des flux des sorties pour un carrefour en T..... 16

Fig I.17 : Modèle bond graph d'un carrefour en croix 17

Fig I.18 : Variation du nombre de véhicules pour un carrefour en croix..... 18

Fig I.19 : Variation des flux des sorties pour un carrefour en croix 18

Chapitre II : Présentation du projet 19

Fig II.2 : Notre tracé sur l'image de Google Earth 20

Chapitre IV : Choix de l'échangeur 23

Fig IV.1 : les types de bretelles 25

Fig IV. 2 : notre échangeur trompette 29

Chapitre V : Calcul du Trafic..... 30

Fig V.1 : Eléments constitutifs du profil en travers en section courante 34

Chapitre VI : Profil en plan..... 36

Fig VI.1 : éléments géométriques du raccordement 39

Fig VI.2 : les types de bretelles 43

Fig VI.3 : la voie d'insertion 44

Fig VI.4 : Voie de décélération de type diagonale 45

Fig VI.5 : Voie de décélération de type parallèle 45
Fig VI.6 : voies d'accélération et décélération de notre projet..... 45
Chapitre VII : Profil en long 48
Fig VII.1 : raccordement convexe et concave 49
Chapitre VIII : Profil en travers 53
Fig VIII.1 : Eléments constitutifs du profil en travers en section courante 54
Chapitre XI : Les Carrefours 61
Figure XI.1 : Carrefour en T..... 62
Figure XI.2 : Carrefour en Y 62
Figure XI.3 : Carrefour en X 63
Figure XI.4 : Triangle de visibilité. 64
Figure XI.5 : schéma présent dNp et dp..... 65
Chapitre XIII : Corps de chaussée 70
Fig XIII.1 : Coupe type d'une chaussée souple 72
Fig XIII.2 : Différents type de chaussée et leurs structures. 73
Fig XIII.3 : Classe du trafic TPLi 75
Fig XIII.4 : carte climatique de L'Algérie 76
Chapitre XIV : Assainissement 83
Fig XIV.1 : Structure du fossé type trapézoïdal Fossé en béton armée 87
Chapitre XV : Étude d'impact sur l'environnement..... 93
Fig XV.1 : Différent type de protection. 97
Fig XV.2 : Mise en place de merlon 97
Fig XV.3 : Mur de protection 97
Chapitre XVI : Signalisation et éclairage 98
Fig XVI.1 : Types de modulation référence signalisation routière (art144) 100
Fig XVI.2 : Avec affectation de voies 101
Fig XVI.3 : Sans affectation de voies 102
Fig XVI.5 : Nombre de voies inferieur 102
Fig XVI.4 : Même nombre de voies 102
Fig XVI.6 : Voies d'entrecroisement 102
Fig XVI.7 : Schéma de marquage avec hachures 103
Fig XVI.8 : flèches de sélection 103
Fig XVI.9 : flèche de rabattement 104

Liste des tableaux :

Chapitre IV : Choix de l'échangeur 23

Tableau IV.1 : les types de bretelles et leur débit de pointe 24

Tableau IV.2 : Les caractéristiques géométriques fondamentales des bretelles 25

Tableau IV.3 : vitesse de référence 28

Tableau IV.4 : Configuration de notre tracé 29

Chapitre V : Calcul du Trafic 30

Tableau V.1 : coefficient d'équivalence pour le poids lourds 31

Tableau V. 2 : les valeurs du coefficient K 1 32

Tableau V.4 : les valeurs du Capacité théorique 32

Tableau V.5 : Trafic affecté au Projet 32

Tableau V.6 : tableau récapitulatif 33

Chapitre VI : Profil en plan 36

Tableau VI.1 : paramètres fondamentaux 42

Tableau VI.2 : caractéristiques des bretelles 43

Tableau VI.3 : la largeur d'entrecroisement 43

Tableau VI.4 : la largeur de la voie d'insertion 44

Tableau VI.5 : la longueur de la voie de décélération (L) et la longueur de sifflet de raccordement (Ls) en fonction de Va 45

Chapitre VII : Profil en long 48

Tableau VII.2 : paramètres du profil en long 51

Chapitre XI : Les Carrefours 61

Tableau XI.1 : la vitesse d'approche 64

Chapitre XIII : Corps de chaussée 70

Tableau XIII.1 : des coefficients d'équivalences des matériaux 74

Tableau XIII.2 : Résultats de Calcul 74

Tableau XIII.3 : Etat hydriques du sol-support 76

Tableau XIII.4 : Température équivalente 76

Tableau XIII.5 : récapitulatifs concernant les fiches structures pour RP1 77

Tableau XIII.6 : Durées de vie adoptées 77

Tableau XIII.7 : les valeurs du risque 78

Tableau XIII.8 : valeur du coefficient A 78

Tableau XIII.9 : classe de portance des sols Si 79
Tableau XIII.10 : Classes de portance à long terme du sol support 79
Tableau XIII.11 : performances mécaniques des matériaux bitumineux..... 80
Tableau XIII.12 : tableau récupératif des résultats 81
Chapitre XIV : Assainissement 83
Tableau XIV.1 : Valeurs des intensités obtenues en (mm/h) pour la station de M'sila ... 86
Tableau XIV.2: coefficients de ruissellement 87
Tableau XIV.3 : Les données des sous bassins versants..... 89
Tableau XIV.4 : Les surfaces des sous bassins versants..... 89
Tableau XIV.5 : Calcul de Temps de concentration..... 89
Tableau XIV.6 : Calcul de l'intensité 89
Tableau XIV.7 : Le débit équivalent des bassins versants 90
Tableau XIV.8 : les débits des bassins versant et la hauteur des dalots 92
TableauXIV.9 : Dimensionnement des dalots et buses..... 92
Chapitre XVI : Signalisation et éclairage 98
Tableau XVI.1 : type de modulation et leurs caractéristiques 99

1. **Introduction générale** : 1

Chapitre I : évaluation début d'échange dans les nœuds routiers..... 2

2. Introduction : 3
3. Problématique du trafic routier : 3
   3.1. La congestion routière : 3
   3.2. Les modèles de trafic : 4
4. Modélisation du trafic routier : 6
   4.1. Les différents types des modèles : 6
   4.2. Les comptages : 9
   4.3. Les étapes de la modélisation des déplacements 10
5. Modélisation des objets routiers : 12
   5.1. Modélisation d'une intersection 12
6. Conclusions 18

Chapitre II : Présentation du projet 19

1. Aperçu sur la wilaya de M'sila : 20
   1.1. Le relief : 20
2. Cadre de l'étude : 20
3. Les objectifs de notre étude : 20

Chapitre III : Justification de l'échangeur 21

1. Introduction : 22
2. Conséquences de liaison actuelle sur l'usager et la collectivité : 22
3. Nécessité de l'échangeur : 22
4. Conclusion : 22

Chapitre IV : Choix de l'échangeur 23

1. Introduction : 24
2. Définition 24
3. Caractéristiques géométriques des échangeurs : 24
   3.1. Pont : 24
   3.2. Carrefour plan : 24
   3.3. Bretelles : 24
4. Avantages de l'échangeur : 25
5. Inconvénients de l'échangeur : 26
6. Critère de base : 26
7. Types d'échangeurs : 26
   7.1. Echangeurs majeurs : 26

7.2. Echangeur mineur : 26
8. Choix de site d'implantation : 27
9. Critères de choix de l'échangeur : 27
9.1. Détermination de tracer : 28
9.2. Configuration de tracé a adopté : 28
9.3. Analyse : 28
10. Application au projet : 28
10.1. Détermination du tracé à partir de : 28
10.2. Configuration de tracé à adopter : 29
10.3. Analyse 29
11. Conclusion : 29
Chapitre V : Calcul du Trafic 30
1. Calcul de la capacité : 31
1.1. Définition : 31
1.2. Projection future du trafic : 31
1.3. Calcul de trafic effectif : 31
1.4. Débit point horaire normale : 31
1.5. Débit horaire admissible : 31
2. Application au projet 32
2.1. Les données relatives au trafic : 32
2.2. Trafic à l'horizon 2044 : 33
2.3. Le Trafic effectif 33
2.4. Le débit de pointe horaire normale : 33
2.5. Le Débit admissible : 33
2.6. Détermination de nombre de voies : 33
2.7. Calcul de l'année de saturation : 34
2.8. Conclusion : 34
3. Application sur les brettelles : (boucle et diagonale) 35
3.1. Calcul du trafic à l'année horizon : 35
3.2. CONCLUSION : 35
Chapitre VI : Profil en plan 36
1. Introduction 37
2. La Vitesse de référence : 37
2.1. Choix de la vitesse de référence : 37
3. Éléments du tracé en plan : 37

3.1. Les droites (alignements) : 37
3.2. Les arcs de cercle : 37
3.3. Les courbes de raccordement progressives : 38
4. Les conditions de raccordement : 39
4.1. Condition de confort optique : 39
4.2. Condition de confort dynamique : 39
4.3. Condition de gauchissement : 40
5. Combinaison des éléments du tracé en plan : 40
5.1. Courbe en S 40
5.2. Courbe à sommet : 40
5.3. Courbe en C : 41
6. Notion de devers : 41
6.1. Calcul des devers : 41
6.2. Raccordement de devers : 41
7. La vitesse de base : 41
8. Paramètres fondamentaux : 42
9. Échangeur : 42
9.1. Définition : 43
9.2. Types de bretelles : 43
9.3. Caractéristiques des bretelles 43
9.4. Principes généraux : 43
9.5. Tracé en plan des rampes (bretelles, boucles) : 43
10. Calcul d'axe : 46
10.1. Exemple de calcul du tracé en plan : 46
10.2. Longueur de la clothoïde : 46
10.3. Calcul des gisements : 47
10.4. Calcul de l'angle γ : 47
10.5. Calcul de l'angle τ : 47
10.6. Calcule de l'abscisse du centre du cercle : 47
10.7. Abscisse de KE : 47
10.8. Origine de KE : 47
10.9. Calcule de la tangente : 47
10.10. Calcul des Coordonnées SL : 47
10.11. Calcul de σ : 47
10.12. Calcul de l'arc : 47

Chapitre VII : Profil en long 48
1. Introduction : 49
2. LES principaux paramètres du choix d'un profil en long 49
3. Coordination du tracé en plan et profil en long : 49
4. La déclivité : 50
4.1. Déclivité minimale : 50
4.2. Déclivité maximale : 50
5. Raccordement en profil en long : 50
5.1. Raccordement convexe (saillants) : 50
5.2. Raccordement concave (rentrant) : 51
6. Exemple de calcul de profil en long : 51
6.1. Calcul des pentes 52
6.2. Calcul des tangentes : 52
6.3. Calcul des flèches : 52
6.4. Calcul des coordonnées des points de tangentes : 52
6.5. Calcul de la longueur de raccordement : 52
Chapitre VIII : Profil en travers 53
1. Introduction : 54
2. Défèrent type de profils travers : 54
2.1. Profil en travers type : 54
2.2. Profil en travers courants : 54
3. Les éléments de composition des profils en travers : 54
3.1. La chaussée : 54
3.2. La largeur roulable : 55
3.3. La plate-forme : 55
3.4. Assiette : 55
3.5. L'emprise : 55
3.6. Les accotements : 55
3.7. Fossé : 55
4. Le profil en travers de l'évitement : 55
5. Profil en travers des bretelles : 55
Chapitre IX : Les Cubatures 56
1. Introduction : 57
2. Méthode de calcul des cubatures : 57
2.1. Formule de Mr SARRAUS : 57

2.2. La méthode de GULDEN : 58
2.3. Méthode linéaire : 58
Chapitre X : Ouvrage d'art 59
1. Introduction : 60
2. Présentation et choix d'ouvrage : 60
2.1. Profil en long 60
2.2. Description de l'ouvrage 60
Chapitre XI : Les Carrefours 61
1. Définition : 62
1.1. Carrefour à trois branches (en T) : 62
1.2. Carrefour à trois branches (en Y) : 62
1.3. Carrefour à quatre branches (en croix) : 63
1.4. Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire : 63
2. Données utiles à l'aménagement d'un carrefour : 63
3. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour : 64
3.1. La visibilité : 64
3.2. Triangle de visibilité : 64
3.3. Données de base : 64
4. Application au projet : 66
4.1. Le premier carrefour : 66
4.2. Le deuxième carrefour : 66
4.3. Le troisième carrefour : 66
Chapitre XII : Étude géotechnique 67
1. Introduction : 68
2. Objectif : 68
3. Les travaux de reconnaissance : 68
3.1. L'étude des archives et documents existants : 68
3.2. Les différents essais en laboratoire : 68
3.3. Les essais in situ : 69
4. Résultats des essais de laboratoire : 69
Chapitre XIII : Corps de chaussée 70
1. Introduction : 71
2. Définition de la chaussée : 71
2.1. Sens géométrique : 71
2.2. Sens structurel : 71

3. Différents types de chaussées : 71
3.1. Chaussée souple : 71
3.2. Chaussée semi–rigide : 72
3.3. Chaussée rigide : 72
4. Les principales méthodes de dimensionnement : 73
4.1. Les méthodes empiriques : 73
4.2. Les méthodes rationnelles : 73
5. Application au projet : 73
5.1. Méthode C.B.R : 73
5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 75
5.3. Mode de fonctionnement de la structure : 80
6. Echangeurs : 82
Chapitre XIV : Assainissement 83
1. Introduction : 84
2. Les dégradations provoquées par les eaux : 84
2.1. Pour les chaussées : 84
2.2. Pour les talus : 84
3. Objectif de l'assainissement : 84
4. Type de canalisations : 84
4.1. Collecteur principal (canalisation) : 84
4.2. Chambre de visite (cheminée) : 84
4.3. Sacs : 84
4.4. Fossés de crêtes : 85
4.5. Descente d'eau : 85
4.6. Le regard : 85
5. Assainissement de la chaussée : 85
5.1. Fossé de pied du talus de déblai : 85
5.2. Fossé de crête de déblai : 85
5.3. Fossé de pied de talus de remblai : 85
5.4. Drain : 85
6. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation : 85
6.1. Détermination de l'intensité : 86
6.2. Coefficient de ruissellement (C) : 87
7. Système de drainage longitudinal : 87
7.1. Dimensionnement des fossés : 87

7.2. Calcul de la surface mouillée : 88
7.3. Calcul du périmètre mouillé : 88
7.4. Calcul le rayon hydraulique : 88
7.5. Calcul des dimensions des fossés : 88
7.6. La surface de bassin versant : 88
8. Système de drainage transversal : 90
8.1. Dimensionnement des buses : 90
8.2. Dimensionnement des dalots : 91
9. Tableau récapitulatif des dalots et les buses : 92
Chapitre XV : Étude d'impact sur l'environnement 93
1. Introduction : 94
2. Portée de l'étude d'impact sur l'environnement : 94
3. L'environnement au niveau de l'étude préliminaire : 94
4. Impact sur l'agriculture : 94
4.1. Les remèdes : 94
5. L'impact sur la nature : 94
5.1. La faune : 94
5.2. La flore : 95
5.3. L'air : 95
5.4. Impacts sur le paysage : 95
5.5. Mesures d'atténuation générales : 96
6. L'impact sur le milieu humain : 96
6.1. Protections Acoustiques : 96
6.2. La Destruction : 97
6.3. La Sécurité : 97
7. Conclusion : 97
Chapitre XVI : Signalisation et éclairage 98
1. Introduction : 99
2. Objectif de signalisation routière : 99
3. Les types de signalisation : 99
3.1. Signalisations horizontales : 99
3.2. Signalisations verticales : 100
4. Les critères de conception de la signalisation : 101
5. Application au projet : 101
5.1. Signalisation verticale 101

5.2. Signalisation horizontale : 101
6. Exemple des signalisations verticales : 104
1. Introduction : 107
2. Eclairage d'un point singulier : 107
3. Paramètre de l'implantation des luminaires : 107
4. Application au projet : 107
4.1. Pour L'échangeur : 108
4.2. Pour les Bretelles : 108
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF 109
Conclusion générale 112
Bibliographie 114
Annex ..... a

1. Introduction générale :

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

La conception d'une infrastructure routière impose bien des études préalables pour définir nombre de voies, dimensions et structure de la chaussée. Pour rependre au mieux aux objectifs de mobilité, sécurité et de durabilité des ouvrages.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire de l'étude de Raccordement entre la RN40 et l'évitement Nord-Ouest de M'tarfa par un échangeur.

Et d'autre part l'étude du périphérique de M'tarfa qui se relié entre la ville de M'tarfa et l'évitement N-O, ce dernier relie entre la wilaya de M'sila et la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

Dans une première partie on présente le projet, ensuite les choix valables des échangeurs et la justification de notre choix, puis on choisit le bon couloir pour notre tracé, afin de dimensionner le corps de chaussée en fonction de trafic journalier, enfin on fait l'étude d'impact de notre projet sur l'environnement sans oublier d'établir le devis quantitatif et estimatif du projet.



Chapitre I : évaluation début d'échange dans les nœuds routiers



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

2. Introduction :

Le trafic routier est un phénomène complexe d'une part en raison du nombre élevé d'acteurs qui y participent, d'autre part à cause du caractère très maillé du réseau sur lequel il se déroule. Le phénomène le plus marquant dans le trafic routier est la congestion qui alimente de nombreuses discussions d'usagers. Depuis une cinquantaine d'années, cependant, des théoriciens du trafic cherchent à comprendre et quantifier les mécanismes à l'œuvre.

Pour comprendre la congestion, il faut garder présent à l'esprit que c'est un phénomène qui survient lorsque la demande (le nombre de véhicules qui cherchent à utiliser une infrastructure donnée) est supérieure à la capacité de cette infrastructure. Si la demande excède la capacité, alors des véhicules seront ralentis à l'entrée de l'infrastructure, formant ainsi un bouchon, cette phénomène '' la congestion'' est un phénomène évolutif, à la fois dans le temps et dans l'espace.

3. Problématique du trafic routier :

3.1. La congestion routière :

Dans le contexte de la mondialisation économique, la nécessité pour le mouvement des biens et des personnes a connu une croissance importante.

Cette augmentation de la mobilité est en même temps la principale cause de la congestion routière.

1.1. Définition :

La congestion du trafic est l'un des problèmes les plus préoccupants du monde moderne, qui désire satisfaire le besoin de mobilité sans entrave. C'est le prix payé pour les multiples avantages découlant de la concentration de la population et des activités économiques.

Comme en voir dans le diagramme fondamental donne une définition simple de la congestion, le trafic est dit congestionné s'il évolue dans la partie droite du diagramme, c'est-à-dire si la concentration est supérieure à la concentration critique (concentration correspondant au débit maximum). La figure ci-dessous présente le cas où la relation fondamentale est ajustée par un triangle. On peut noter que fluidité et congestion s'opposent toujours par l'allure du diagramme fondamental dans ces deux zones : en fluidité, une augmentation de concentration correspond à un accroissement de débit, en congestion, elle correspond à une diminution du débit.

On va définir la congestion en se référant à deux des effets essentiels, ressentis par la plupart de ceux impliqués :

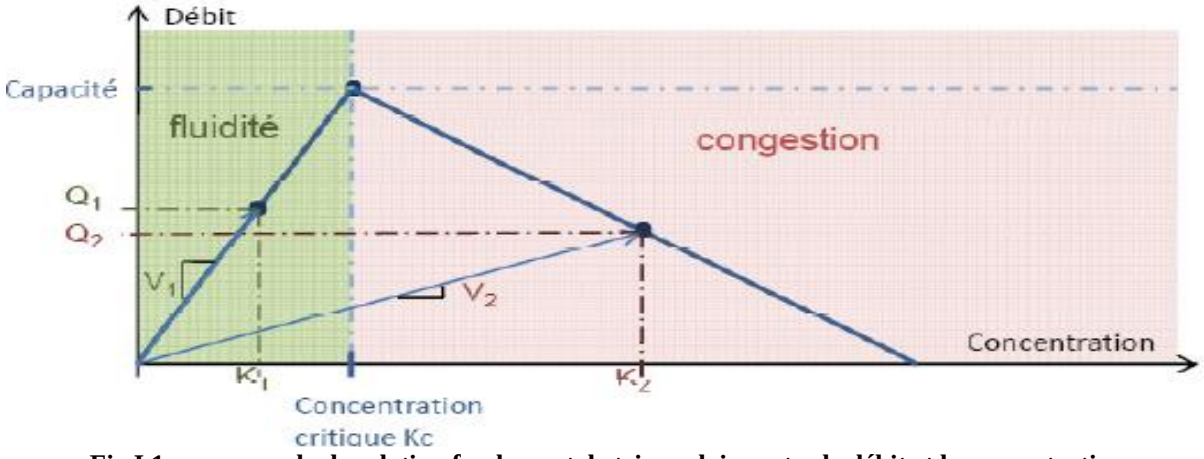


Fig I.1 : un exemple de relation fondamentale triangulaire entre le débit et la concentration

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

- ✓ Par rapport au niveau de la demande d'un tronçon routier à partir duquel se produisent des changements non linéaires, significatifs des attributs du trafic (vitesse, durée, coûts individuels et sociaux).
- ✓ Par rapport au niveau de la demande d'une région de l'infrastructure routière avec une configuration (topologie) fixée à partir de laquelle se produisent des « blocages » du trafic.

Il y a deux types de congestion :

- ✓ La congestion primaire : estimée par l'apparition de chaînes d'attente aux intersections à ou sans feux ;
- ✓ La congestion secondaire (indirecte) : causée par l'altération d'autres intersections suivant la congestion primaire.

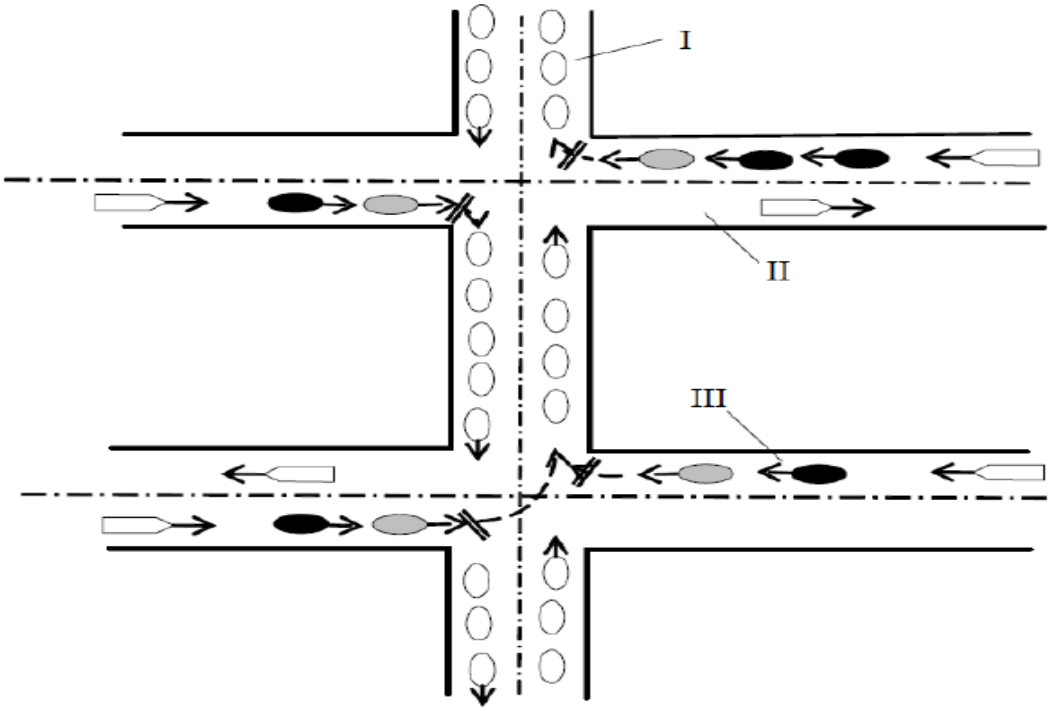


Fig I.2 : Les effets de la congestion (les incidences de la congestion du tronçon I sur les tronçons II ; III

Véhicules bloqués à partir de la congestion du tronçon I ;

Véhicules qui, en raison du manque de place dans le tronçon I, ne peuvent pas continuer à aller sur les trajectoires figurées ;

Véhicules bloqués à cause des véhicules en face qui ne peuvent pas continuer leurs déplacements ;

Véhicules en mouvement.

3.2. Les modèles de trafic :

Les modèles de trafic répondent à ce besoin en traduisant l'application de la démarche scientifique aux problèmes posés par le transport. Ces modèles aident les gestionnaires de transport pour la prise de décision.

La description des phénomènes de trafic se fait principalement à travers deux types d'approches. La première approche est macroscopique réalisée par analogie avec la mécanique des fluides à travers trois variables fondamentales : le débit **q (véhicule/h)**, la densité **ρ (véhicule/km)** et la vitesse **v (km/h).**

La seconde approche, dite microscopique, permet de mettre en évidence les phénomènes d'interaction entre les véhicules à travers la vitesse **v**, la position **x** et l'accélération **γ(km/h^{-2})**

2.1. Modèles microscopiques :

Un modèle microscopique décrit à la fois le comportement spatio-temporel des composants du système (véhicules et conducteurs) et leurs interactions à un niveau élevé de détail (individuellement). Par exemple, pour chaque véhicule participant, le changement de voie de circulation est décrit comme une chaîne de décisions du conducteur.

Les modèles microscopiques sont appropriés pour la modélisation des interactions entre véhicules à un haut niveau de détail nécessaire pour évaluer plusieurs Systèmes de Transport Intelligents (ITS – Intelligent Transport System), mais ils sont limités à de petites zones en raison de la grande quantité de données nécessaires.

Les deux types de modèles représentatifs pour les modèles microscopiques sont les modèles de suivi des véhicules et les modèles de type automates cellulaires.

- ✓ **Les modèles de suivi des véhicules** (« **car-Following models** ») essayent de décrire le processus par lequel un véhicule suite un autre.
- ✓ **Les modèles de type automates cellulaires** (« **Cellular Automata models** ») constituent un développement plutôt récent dans la modélisation du trafic routier au niveau microscopique et ils utilisent l'adaptation de modèles d'houblonnage de particules pour représenter le mouvement du trafic. En général, dans les modèles d'houblonnage de particules, il y a une chaîne unidimensionnelle des cellules, où chaque cellule peut être soit vide soit occupé par une particule. Le mouvement des particules est réalisé par l'houblonnage des particules, en se déplaçant d'une cellule à la prochaine selon certaines règles. Pour adapter ces modèles pour simuler le trafic routier, chaque véhicule est représenté par une particule et le tronçon de route est décrit par une chaîne successive de cellules, dont chacune peut contenir un seul véhicule. Dans ce contexte, la circulation des véhicules est décrite comme le passage d'une cellule à l'autre, selon des règles bien déterminées.

2.2. Modèles macroscopiques :

Les modèles macroscopiques décrivent le trafic à un niveau élevé d'agrégation, comme un flux de véhicules, sans égard aux parties composantes. Ces modèles sont généralement utilisés pour des opérations de planification et de contrôle, portant sur des grands réseaux et de longues périodes de temps. Le trafic routier est représenté d'une façon compacte en utilisant une série de variables interdépendantes comme le flux, la densité et la vitesse. Les manœuvres caractéristiques d'un véhicule, telles que le changement de voies, ne peuvent pas être représentées.

Il y a une analogie intéressante entre la description mathématique de la circulation routière et l'écoulement d'un fluide, analogie exploitée par ces modèles. Cependant, il y a des phénomènes spécifiques au trafic qui ne correspondent pas à l'écoulement d'un fluide, comme l'instabilité, la congestion routière ou le trafic de type arrêt-et-aller **(« stop-and-go »).**

Toutefois les modèles macroscopiques représentent des outils importants pour la simulation, la prévision, l'estimation et la conception de stratégies de contrôle.

Trois modèles sont les plus reconnus aujourd'hui dans la littérature pour représenter la dynamique du trafic au niveau macroscopique dans ces modèles, l'évolution temporelle des grandeurs macroscopiques comme densité, vitesse et flux est représentée par des systèmes d'équations aux dérivées partielles non-linéaires appelées lois de conservation :

✓ **Le modèle d'équilibre LWR :**

Ils sont les premiers à avoir proposé d'utiliser une équation aux dérivées partielles, pour modéliser l'évolution de la densité du trafic le long d'autoroutes. Le seul paramètre de ce modèle est le diagramme fondamental qui donne une relation empirique (en général concave) entre la densité et le flux, relation valable en tout point.

✓ **Le modèle de non équilibre ARZ :**

Un modèle avec une équation dynamique de vitesse est un modèle anisotrope

✓ **Le modèle multi-classes d'origine-destination MOD :**

Extension du modèle LWR consiste à désagréger la densité totale en classes de véhicules ; Ce type de modèle est approprié pour l'estimation des données d'origine-destination

4. Modélisation du trafic routier :

Une région urbaine est considérée composée de plusieurs objets routiers en formant l'infrastructure routière. L'équivalent physique d'un tel objet est un tronçon routier (une rue) ou un carrefour.

L'objet à son tour peut être divisé en éléments de base. Par exemple, pour mieux analyser la dynamique d'un tronçon routier qui est trop long, on le divise en plusieurs segments routiers qui sont les éléments de base.

4.1. Les différents types des modèles :

1.1. Modèle statique :

On considère un rétrécissement qui connecte deux éléments routiers, qui peuvent être des tronçons routiers ou des espaces d'accumulation de véhicules (p.ex. parkings), et qui sont caractérisés chacun par une pression routière.

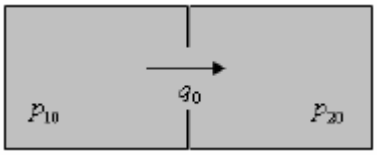


Fig I.3 : Modèle statique

La représentation bond graph du modèle statique est donnée dans la Figure Suivant Pour un écoulement supposé laminaire, l'équation mathématique décrivant le fonctionnement du modèle est défini par la différence entre les deux pressions :

$$q_0 = k\,(p_{10} - p_{20})$$

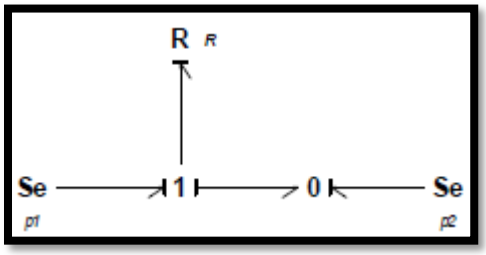


Fig I.4 : Modèle statique, représentation bond graph

1.2. Modèle dynamique :

➢ **Elément routier court :**

Dans un régime de fonctionnement dynamique les paramètres sont variables dans le temps. Si on considère un tronçon routier court qui connecte les deux éléments routiers, caractérisés par les pressions routières $\mathbf{p_1(t)}$ et $\mathbf{p_2(t)}$, pour le tronçon nous avons un débit d'entrée $\mathbf{q_e\,(t)}$ et

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

un débit de sortie $q_s(t)$, comme représenté dans la Figure suivant. Aussi, on suppose que chaque élément routier a la même capacité :

$$C1 = C2 = C$$

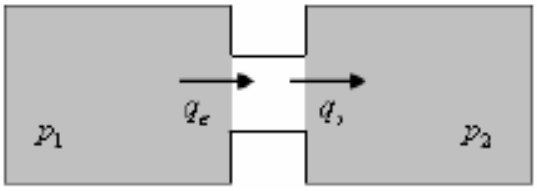


Fig I.5 : Modèle dynamique d'un élément court

En supposant que le tronçon est court, sa longueur est considérée très petite, presque la longueur d'un véhicule **($L = l_v$).** Dans ce cas le débit d'entrée peut être considéré égal au débit de sortie :

$$q_e(t) = q_s(t) = q(t)$$

La représentation bond graph du modèle dynamique d'un tronçon court est donnée dans la Figure suivant L'équation mathématique du modèle bond graph est la suivante :

$$I\frac{dq}{dt} = (p_1(t) - p_1(t))$$

Où l'inductance *I* est définie, comme : $I = \frac{N}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda^2}$; avec : - **λ :** nombre de voie.

-N : nombre de véhicule.

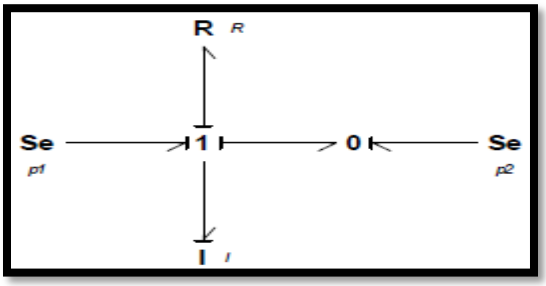


Fig I.6 : Modèle dynamique d'un élément court, représentation bond graph

➢ Elément routier long

Le tronçon routier qui connecte les deux éléments routiers, caractérisés par les pressions routières $p_1(t)$ et $p_2(t)$, est considéré de longueur **L** et capacité **C**, qui lui permet l'accumulation de véhicules à l'intérieur. Le nombre de véhicules à l'intérieur du tronçon $N(t)$ est donné par la différence entre les débits routiers d'entrée et de sortie, Une représentation est donnée dans la Figure suivant :

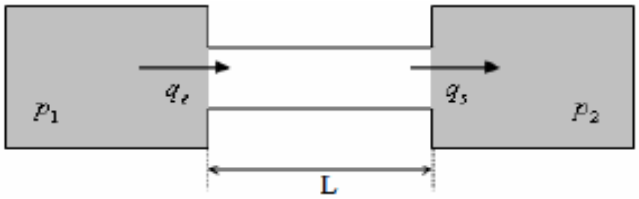


Fig I.7 : Modèle dynamique d'un élément long

La représentation bond graph du modèle dynamique d'un tronçon long est donnée dans la Figure suivant. L'équation mathématique décrivant la dynamique du modèle bond graph donne le débit de sortie en fonction de la pression du deuxième élément :

$$q_s(t) = k_s\sqrt{\frac{N(t)}{C}(1 - P_2(t))}$$

Où la constante k_s est déterminée par la section de sortie du tronçon dans le deuxième élément. Le débit d'entrée peut s'exprimer de la même manière :

$$q_e(t) = k_e\sqrt{P_1(t)(1 - \frac{N(t)}{C})}$$

Où k_e est déterminée par la section de sortie du premier élément dans le tronçon.

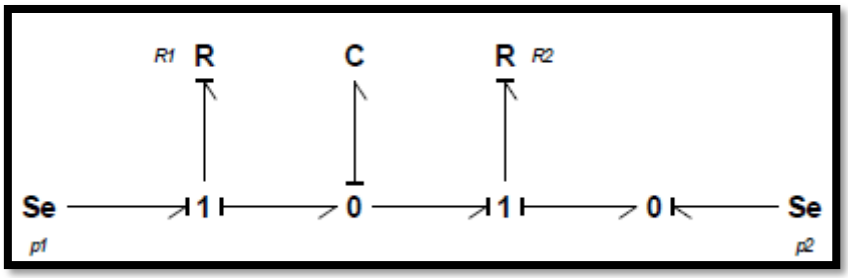


Fig I.8 : Modèle dynamique d'un élément long, représentation bond graph

- **Elément routier long avec accumulation de véhicules**

Si pour le cas du tronçon routier long on ajoute l'accumulation de véhicules à la sortie du tronçon, il résulte le modèle représenté dans la Figure suivant. En plus des variables de la Figure précédent, il apparaît une nouvelle variable :la longueur de la queue de véhicules **(l_q).**

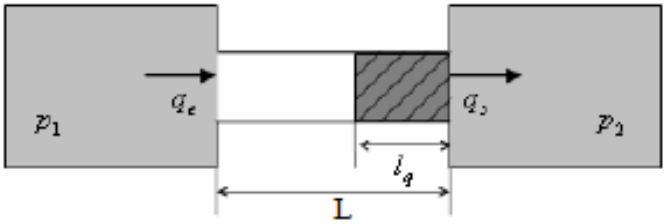


Fig I.9: Modèle dynamique d'un élément long avec accumulation de véhicules

La représentation bond graph du modèle dynamique d'un tronçon long avec queue de véhicules est illustrée dans la Figure suivant. Les équations mathématiques décrivant la dynamique du modèle bond graph donnent les expressions des débits d'entrée et de sortie :

$$q_e(t) = k_1\sqrt{P_1(t)(1 - \frac{N(t)}{C})}$$

$$q_s(t) = k_2\sqrt{\frac{N(t)}{C}(1 - P_2(t))}$$

Où k_1 et k_2 sont des constantes déterminées par les sections de passage d'un élément vers le prochain.

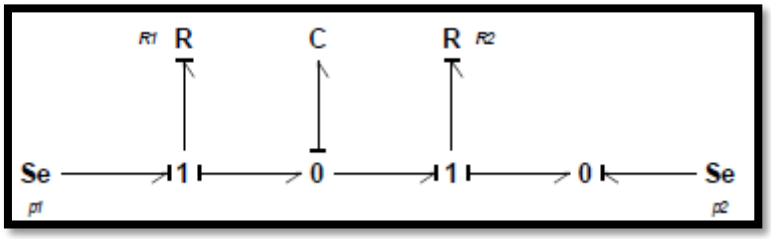


Fig I.10 : Modèle dynamique d'un élément long avec accumulation de véhicules

Si on analyse les résultats obtenus, le modèle obtenu pour le tronçon long avec queue de véhicules est le même avec le modèle obtenu à un tronçon long sans queue de véhicules. Mais

l'interprétation est différente : dans le cas du tronçon long sans queue de véhicules toutes les véhicules sont considérés en mouvement, en se déplaçant avec une vitesse libre, en tant que dans le cas du tronçon long avec queue de véhicules toutes les véhicules sont considérés arrêtées.

Dans les deux cas la variable d'intérêt est la même – le nombre de véhicules, soit qui se déplacent sur le tronçon, soit qui forment la queue associée au tronçon.

4.2. Les comptages :

La connaissance du volume de la circulation sur l'axe- ou les axes - concerné(s) par une étude de trafic est le support fondamental de celle-ci. A l'heure actuelle, la source essentielle de renseignements dont on dispose à ce sujet est constituée par les comptages.

On peut classer ceux-ci en trois catégories :

- **Les comptages autoroutiers :**

(Cumul des échanges de gare à gare) qui **indiquent** des véhicules réels.

- **Les comptages automatiques routiers :**

Il y a deux types :

- Ceux qui sont donnés par des postes équipés **de tubes pneumatiques,** fournissant des chiffres correspondant à des paires d'essieux (unité de comptage automatique : U.C.A).
- Ceux qui sont donnés par des postes équipés **de boucles magnétiques,** fournissant des chiffres correspondant à des véhicules réels (tous véhicules confondus),

- **Les comptages manuels :**

Qui bien évidemment, indiquent des véhicules réels.

La majeure partie des comptages dont les résultats sont utilisés sur le plan national provient des compteurs automatiques routiers ; les écarts observés entre les chiffres fournis par les boucles magnétiques et ceux fournis par les tubes pneumatiques sont en moyenne de 10% et varient selon l'importance du trafic PL et sa composition. On considère, à défaut d'informations complémentaires sur les types de PL, qu'un comptage automatique par tube pneumatique donne un résultat égal à :

(Nombre de VL) +1,6 (nombre de PL)

2.1. L'utilisation des comptages :

Les renseignements que l'on tire des comptages peuvent varier selon l'importance ou la nature de l'étude de trafic à réaliser. Voici une liste d'indicateurs qui peuvent être recherchés selon le cas :

- Trafic journalier moyen annuel (TJMA).
- Trafic journalier moyen hors été.
- Trafic journalier moyen été (TJME) qui et le plus souvent constitué par le trafic journalier moyen des mois de juillet et d'août.
- Trafic de pointe été.
- Trafic journalier moyen ouvrable.
- Trafic journalier de fin de semaine.
- Trafic moyen horaire.
- Trafic de trentième heure (dans les débits horaires de l'année classés par ordre décroissant).
- Trafic moyen de l'heure de pointe du matin ou du soir (en zone périurbaine).

2.2. Méthodologie des comptages :

Sur la plupart des routes à forte circulation (essentiellement les RN), on dispose, sur certaines sections, de comptages permanents (les compteurs sont installés à des endroits fixes et fonctionnent tous les jours de l'année).

Sur le reste du réseau il existe des recensements tournants de durée et de périodicité variables. Signalons qu'aucun comptage n'est effectué sur un grand nombre de routes départementales.

2.3. Les techniques de comptage :

- **Tubes pneumatiques :**

Une des extrémités d'un tube en caoutchouc souple traversant la chaussée et plaquée sur elle est reliée à un détecteur pneumatique à membrane. A chaque écrasement par une roue, la membrane se déforme et établit un courant électrique. Chaque contact correspond au passage d'un essieu.

- **Boucles électromagnétiques :**

Une boucle électromagnétique est constituée d'un conducteur électrique le plus souvent intégré dans la chaussée (la pose nécessite une interruption du trafic pendant 2 ou 3 heures).
La queue de la boucle est reliée à un détecteur qui transforme la variation de self-inductance électromagnétique produite par le passage d'un véhicule en tension électrique.

- **Câbles piézoélectriques :**

Un câble piézo-électrique est Lin capteur linéaire dont la gaine et l'âme centrale en cuivre sont séparées par une céramique piézo-électrique polarisée. Ce câble est intégré à la chaussée après avoir été enrobé de résine spéciale. Au passage d'un véhicule, la céramique jouant le rôle d'un condensateur est soumise à une variation de pression et une tension électrique proportionnelle à la pression apparaît entre les électrodes.

4.3. Les étapes de la modélisation des déplacements

Modéliser les déplacements de voyageurs et de marchandises revient à représenter un ensemble de comportements ou de choix. Traditionnellement, on considère que ces choix sont faits successivement et, à chacun d'entre eux, on fait donc correspondre une étape de la modélisation des déplacements qui fait appel à des formulations mathématiques propres supposées rendre compte de la logique guidant la chaîne de déplacement.
Classiquement, on considère qu'un modèle de déplacements se décompose en 4 étapes :

- **Étape 1 : génération des déplacements**

Pour une zone donnée, il s'agit de déterminer le nombre de déplacements de voyageurs et de marchandises qui seront émis ou attirés par cette zone. Pour cela, on travaille de préférence sur des zones homogènes du point de vue urbanistique (zones résidentielle, industrielle ou tertiaire par exemple) et on décrit des relations entre données géographiques (population, emplois, ...) et déplacements.

- **Étape 2 : distribution des déplacements**

Une fois établi le nombre d'émissions et d'attractions suscitées par les différentes zones de l'aire d'étude, on cherche à relier à chaque émission une attraction afin de décrire chaque déplacement par une origine et une destination. Pour distribuer ces émissions (ou origines) entre les différentes destinations possibles, on tient compte de la distance en kilomètres mais aussi en temps, en coût des OD possibles. À la fin de cette étape, on a construit la matrice OD des déplacements.

➢ **Étape 3 : choix modal**

Pour une origine et une destination donnée, il s'agit d'évaluer la répartition des voyageurs et marchandises entre les modes desservant l'OD.

➢ **Étape 4 : affectation des flux**

Le choix modal effectué, il s'agit de déterminer les itinéraires empruntés pour chaque OD, puis le nombre de voyageurs, de véhicules, la quantité de marchandises empruntant chaque arc du réseau routier et du réseau de transports en commun.

Ces 4 étapes constituent la colonne vertébrale du modèle de transports académique. Dans de nombreux cas, certaines étapes ne font pas l'objet d'un développement de modèle mathématique et sont traitées, soit par enquête, soit sur la base de diverses observations des comportements. Généralement :

- Ces 4 étapes sont observées dans les modèles urbains multimodaux de voyageurs ;
- Dans certains modèles interurbains de voyageurs et de marchandises, on remplace les étapes 1 et 2 par des enquêtes OD et des comptages qui permettent d'établir des matrices OD VL et PL ;
- Dans les modèles monomodaux, l'étape 3 disparaît.

Finalement, le modèle de déplacements à 4 étapes est un repère pour les modélisateurs mais il est souvent possible de l'adapter en fonction des objectifs de l'étude et des moyens mis à disposition. La modélisation mathématique des déplacements est un outil puissant mais fastidieux à mettre en œuvre ; dans de nombreux cas, il est donc plus simple de chercher à représenter directement certains comportements sans formuler mathématiquement les raisons de ces comportements.

3.1. La modélisation de l'affectation flux de trafic

L'étape d'affectation est la dernière étape de la modélisation des déplacements. Elle consiste à répartir pour chaque mode, chaque flux OD entre les multiples itinéraires possibles et permet donc de déterminer les flux de trafic sur chaque arc du réseau. Pour cela, les outils de modélisation possèdent des modules d'affectation variés reposant sur des principes différents de comparaison des itinéraires possibles, modélisés par des formules mathématiques, dont nous présentons les exemples les plus courants.

La loi la plus simple est celle du « tout ou rien » : elle affecte la totalité des flux sur l'itinéraire le plus intéressant du point de vue d'un critère défini initialement : le temps de parcours, le prix, ou encore le « coût généralisé » défi ni comme la somme du coût réel du voyage (péage, usure du véhicule, ticket de TC, …) et de la monétarisation de sa pénibilité (temps de parcours mais aussi confort, temps d'attente, sécurité, …).

Des lois plus élaborées permettent ensuite de tenir compte de la mauvaise perception du réseau qu'a en réalité l'usager : ce sont des lois stochastiques. Elles affectent des usagers sur des chemins d'un intérêt second pour le critère retenu. La « loi d'Abraham » appartient à cette catégorie et répartit les flux par itinéraire selon une loi LOGIT-logarithmique au prorata du rapport des coûts généralisés à la puissance α (en France, on utilise α =10).

Ces deux lois d'affectation reposent généralement sur le calcul du coût généralisé afin de prendre en compte à la fois des paramètres de temps et de coûts. Pour cela, elles utilisent ce que l'on appelle la « valeur du temps » et que l'on multiplie par le temps de parcours. Or, cette

valeur du temps est en réalité un paramètre qui varie d'une personne à l'autre (en fonction de ses revenus entre autres) et on utilise donc une moyenne pour la population étudiée. Une autre approche de l'affectation des flux consiste à considérer que la valeur du temps est répartie statistiquement sur la population et que le choix de l'itinéraire se résout en posant l'arbitrage entre coût et temps : les personnes ayant la valeur du temps la plus élevée prendront les itinéraires les plus chers pourvus qu'ils gagnent du temps, tandis que les personnes ayant une valeur du temps faible emprunteront des itinéraires moins chers même s'ils sont plus lents. Il s'agit alors d'une affectation selon une « loi prix-temps ». Il est également possible de prendre en compte cette variabilité de la valeur du temps avec une loi d'affectation dite multi-classes. Il s'agit alors de définir plusieurs classes d'usagers ayant des caractéristiques propres (valeur du temps, sensibilité au péage), et de les affecter simultanément sur le réseau routier, en tenant compte pour chaque classe de ses paramètres propres.

Ces quatre lois sont ici présentées sans tenir compte d'un paramètre important : la congestion. En réalité, il convient bien évidemment de faire intervenir ce phénomène pour avoir un « modèle à contrainte de capacité » avec affectation à l'équilibre

Dans la plupart des cas, on cherche à atteindre le « premier équilibre de Wardrop » pour lequel chaque usager n'a plus intérêt à changer d'itinéraire. Pour cela, il faut relier le temps de parcours au débit de véhicule (ce qui se fait via des « formules temps-débit ») et utiliser des algorithmes itératifs. Ainsi, on appliquera plusieurs fois la loi d'affectation choisie en recalculant à chaque itération les temps de parcours et coûts généralisés jusqu'à atteindre cet équilibre. Pour ce faire, on utilise fréquemment la « méthode des moyennes successives » qui permet de converger vers l'équilibre mais qui peut s'avérer très gourmande en itérations et donc en temps de calcul.

5. Modélisation des objets routiers :

5.1. Modélisation d'une intersection

Les éléments routiers sont connectés par des intersections appelées carrefours routiers, Les intersections peuvent être classifiées en deux catégories :

- ✓ Intersections avec de(s) feu(x) de circulation ;
- ✓ Intersections sans feu(x) de circulation.

Pour la première catégorie le passage de véhicules par l'intersection est dirigé par des feux routiers, qui peuvent être bicolores (à deux couleurs : rouge et vert) ou tricolores (à trois couleurs : rouge, orange et vert). La deuxième catégorie comprend des intersections pour lesquelles le passage de véhicules est dirigé par des indicateurs routiers ou autres moyens spécifiques, la signalisation par feux routiers étant inexistante.

Chacune des deux catégories mentionnées peut être classifiée en fonction du nombre et du positionnement des tronçons qui composent l'intersection.

Parmi les différents types d'intersections qui résultent, les suivants peuvent être répertoriés comme les plus souvent rencontrés :

- ✓ Carrefour en Y ;
- ✓ Carrefour en T ;
- ✓ Carrefour en croix.

1.1. Carrefour en Y

Pour voir le comportement d'un carrefour en Y, on considère un carrefour composé de trois tronçons, dont un est une entrée et deux sont des sorties. La représentation bond graph est illustrée dans la Figure suivant :

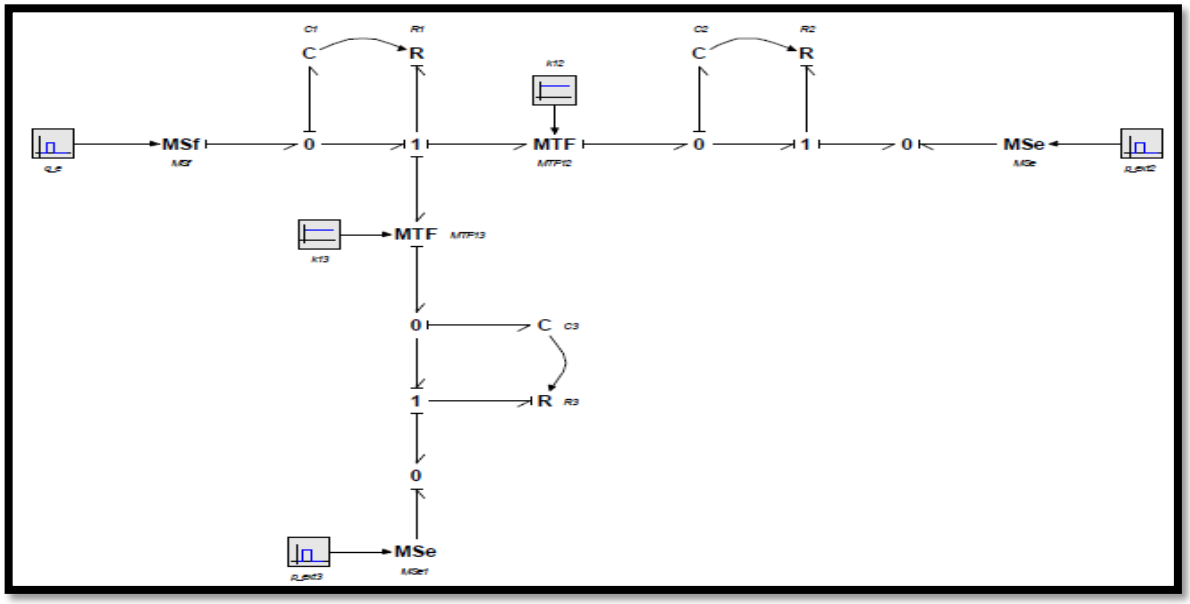


Fig I.11 : Modèle bond graph d'un carrefour en Y

Pour chaque tronçon la variation du nombre de véhicules est représentée Figure 12 et la variation des débits de sortie est représentée Figure 13.

Les variations sont obtenues pour les hypothèses suivantes :

- ✓ Les trois tronçons ont la même longueur ($L = L_1 = L_2 = L_3 = 200m$), donc la même capacité ($C = 40$ véhicules) ;
- ✓ Le débit d'entrée est égal à $qe = 1veh/s$ jusqu' à l'instant $t = 500$ s, après lequel il devient nul ;
- ✓ La sortie du deuxième tronçon est perturbée de l'instant $t = 200$ s jusqu'à l'instant $t = 300$ s ($p_{ext2} = 0.5$) ;
- ✓ La sortie du troisième tronçon est perturbée de l'instant $t = 100$ s jusqu'à l'instant $t = 400$ s ($p_{ext2} = 0.5$).

Mentionnons que pour les deux tronçons de sortie le pourcentage de véhicules qui ont l'intention de choisir le tronçon respectif est a priori connu.

Ainsi les débits d'entrée sont exprimés en fonction du débit de sortie du premier tronçon par les relations :

$$q_{e2} = c q_{s1}(t)$$

$$q_{e3} = (1-c) q_{s1}(t)$$

Où (**c**) est le pourcentage mentionné.

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

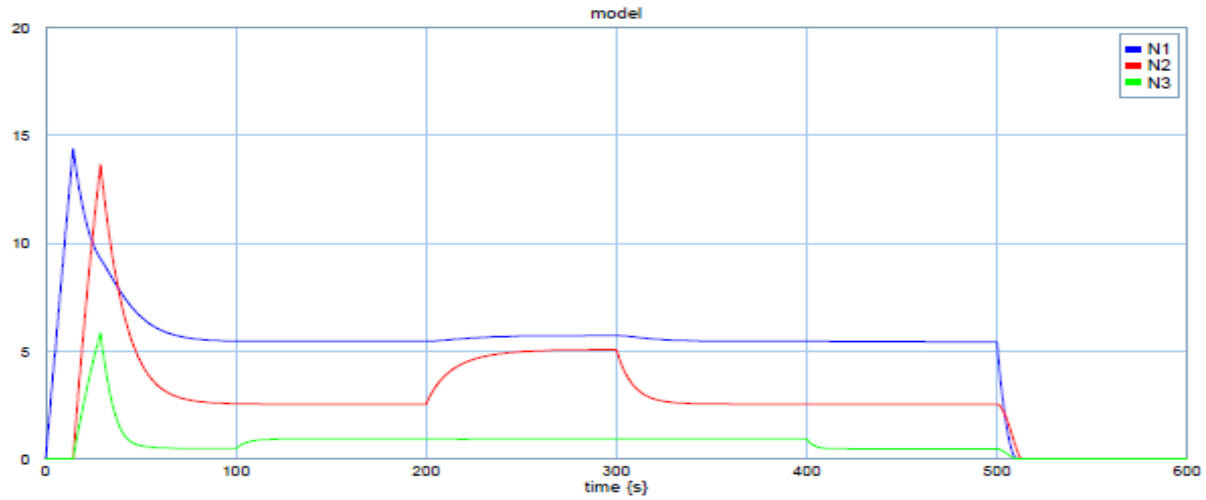


Fig I.12 : Variation du nombre de véhicules pour un carrefour en Y

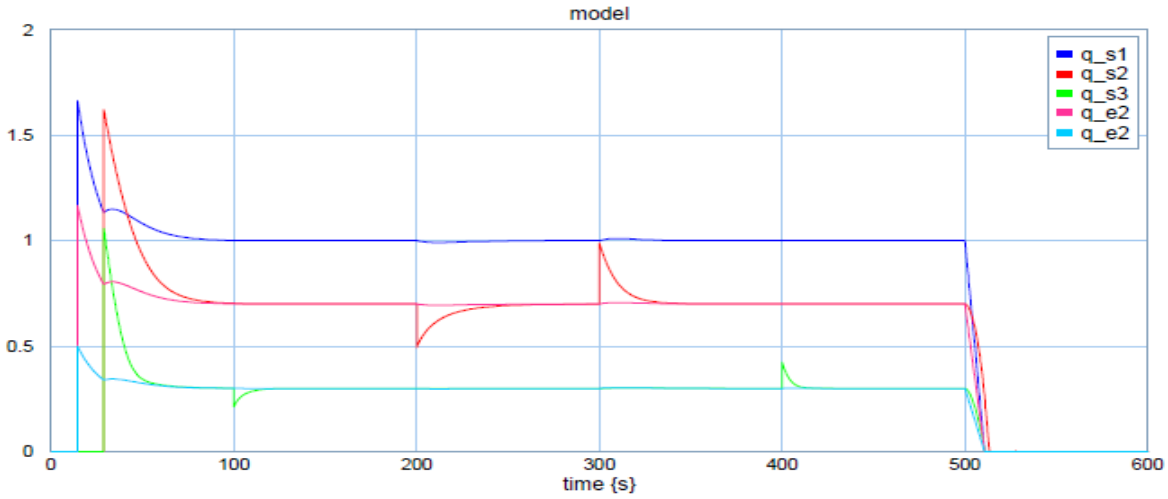


Fig I.13 : Variation des flux des sorties pour un carrefour en Y

Pour les simulations on a estimé que 70% de véhicules sortent par le deuxième tronçon et les 30% véhicules restants sortent par le troisième tronçon. Le débit de sortie du premier tronçon s'obtient en fonction de ce pourcentage (c = **0.7**) :

$$q_{s1}(t) = k_1\sqrt{p_1(t)[1-(cp_2(t)+(1-c)p_3(t)]}$$

Avec $p_1(t)$, $p_2(t)$ et $p_3(t)$ les pressions à l'intérieur du premier, du deuxième et respectivement du troisième tronçon.

1.2. Carrefour en T

Pour l'exemple précèdent le cas d'un carrefour sans stockage a été considéré, en supposant qu'il n'existe pas la possibilité d'avoir des véhicules entre les trois tronçons. Pour prendre en compte ce cas aussi, le modèle de la Figure 11 a été modifié et le modèle de la Figure 14 a été obtenu.

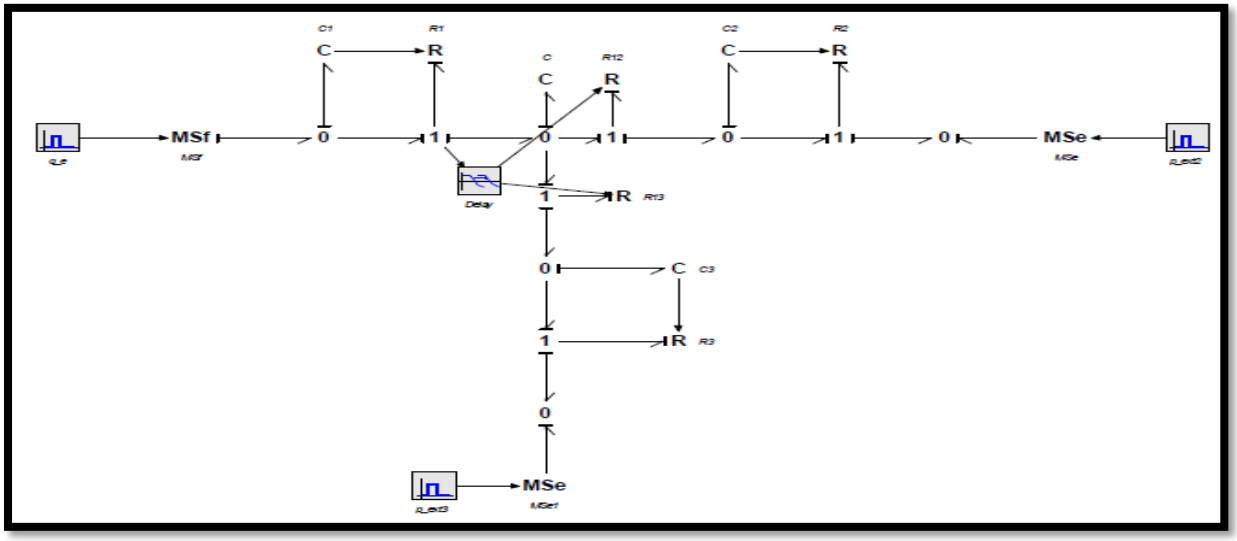


Fig I.14 : Modèle bond graph d'un carrefour en T

L'idée est d'avoir les véhicules qui viennent du premier tronçon passer par un tronçon supplémentaire qui fait la liaison avec les deux autres tronçons. Les débits de sortie de ce tronçon intermédiaire sont influencés par le pourcentage de véhicules estimés aller dans la direction appropriée :

$$q_{s12}(t+\tau) = c q_{s1}(t)$$

$$q_{s13}(t+\tau) = (1-c)\, q_{s1}(t)$$

Où τ est une variable qui représente l'intervalle de temps nécessaire pour que les véhicules traversent le carrefour (pour entrer sur le tronçon désiré) et **c** est le pourcentage de véhicules estimes aller en face (sur le deuxième tronçon), choisi le même que dans le cas du carrefour en Y ($c = 0.7$). Le débit de la sortie du premier tronçon q_{s1} est donné par la relation précédent.
La pression à l'intérieur du tronçon intermédiaire est donnée par l'expression :

$$P(t) = \frac{1}{c_{int}} \int (qs1(t) - qs12(t) - qs13(t))$$

Avec C_{int} la capacité de l'intersection.

Les résultats des simulations sont représentés dans la Figure 15 et la Figure 16. Les hypothèses considérées sont les mêmes que celles dans le cas du carrefour en Y, avec la différence que le tronçon associé à l'intersection a lui-même une capacité C_{int} = **3veh** (qui correspond à une longueur L_{int} =**15m**).

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

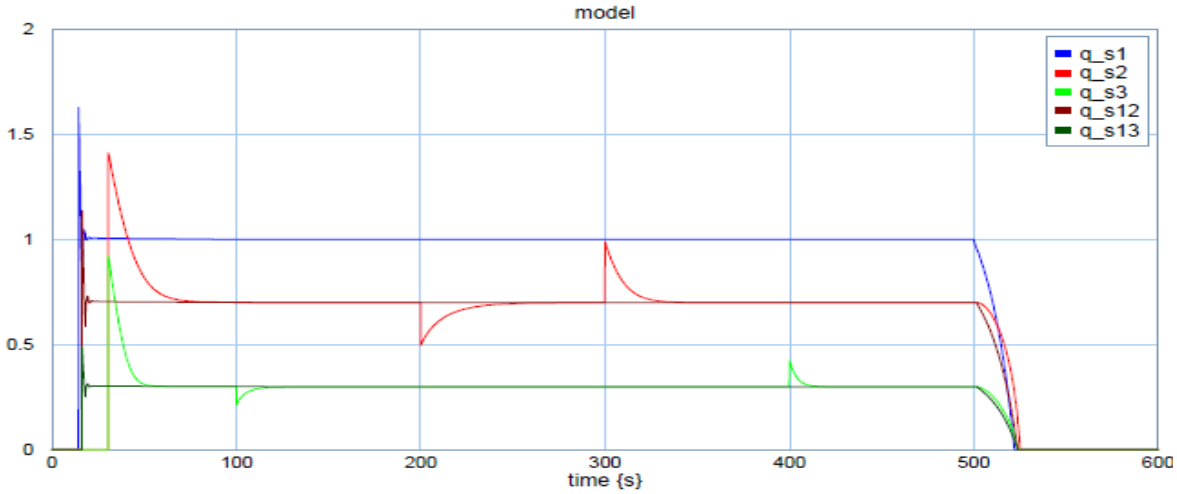


Fig I.15 : Variation du nombre de véhicules pour un carrefour en T

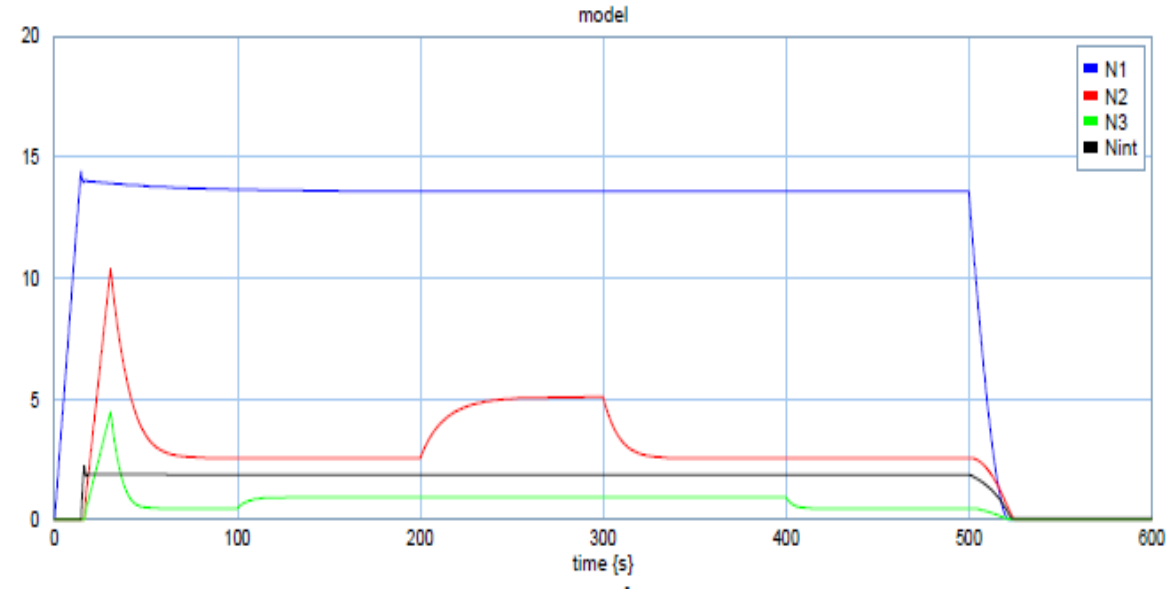


Fig I.16 : Variation des flux des sorties pour un carrefour en T

1.3. Carrefour en croix

A la fois pour le carrefour en Y et pour le carrefour en T les véhicules qui sortent du premier tronçon peuvent aller soit en avant (sur le deuxième tronçon) soit à droite (sur le troisième tronçon). Dans le cas d'un carrefour en croix il y a aussi la possibilité d'aller à gauche. Le modèle bond graph d'un tel carrefour est représenté dans la Figure suivant.

Les débits de sortie du carrefour sont exprimés en fonction du débit de sortie du premier tronçon par les relations :

$$q_{s12}(t+\tau) = c_{12}\, q_{s1}(t)$$

$$q_{s13}(t+\tau) = c_{13}\, q_{s1}(t)$$

$$q_{s14}(t+\tau) = c_{14}\, q_{s1}(t)$$

Avec τ l'intervalle de temps nécessaire pour traverser le carrefour et r_{12}, r_{13}, r_{14} les pourcentages de destination, en vérifiant la relation :

$$\sum_{i=2}^{4} C_{1i} = 1$$

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

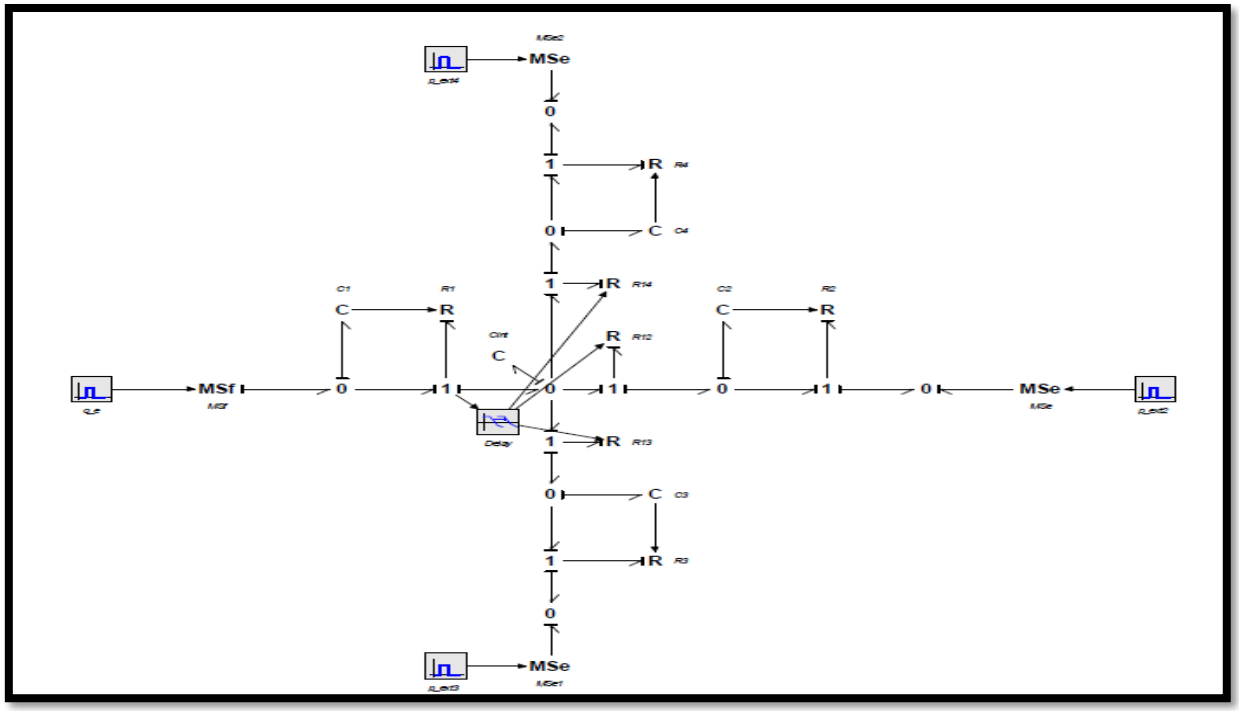


Fig I.17 : Modèle bond graph d'un carrefour en croix

Les variations obtenues du nombre de véhicules et du débit de sortie pour les tronçons d'un carrefour en croix sont représentées dans la Figure 18 et la Figure 19. Les hypothèses suivantes ont été utilisées :

- ✓ Le tronçon d'entrée et les trois tronçons de sortie ont tous la même longueur : L = L1 = L2 = L3 = L4 = 200m, donc la même capacité : C = C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 40veh ;
- ✓ L'intersection a une longueur L_{int} = 25m, donc une capacité C_{int} = 5veh ;
- ✓ Le débit d'entrée est égal à q_e = 1veh/ s jusqu'à l'instant t = 500 s, après lequel il devient nul ;
- ✓ La sortie du deuxième tronçon est perturbée de l'instant t = 200 s jusqu'à l'instant t=300 s ($pext_2$ = 0.5) ;
- ✓ La sortie du troisième tronçon est perturbée de l'instant t =100 s jusqu'à l'instant t=400s (p_{ext3} = 0.5) ;
- ✓ La sortie du quatrième tronçon est perturbée de l'instant t = 200 s jusqu'à l'instant t=400s (p_{ext4} = 0.5).

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

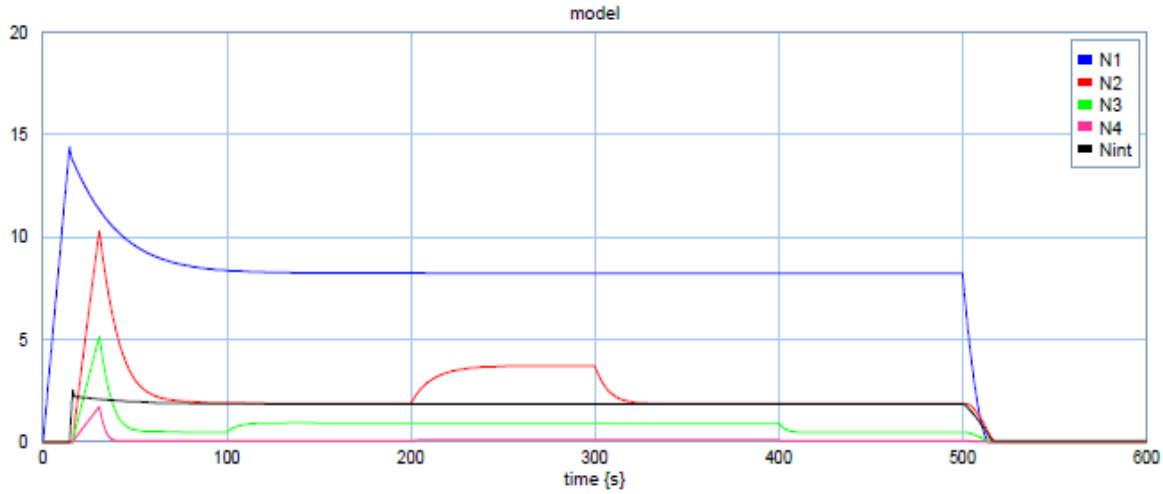


Fig I.18 : Variation du nombre de véhicules pour un carrefour en croix

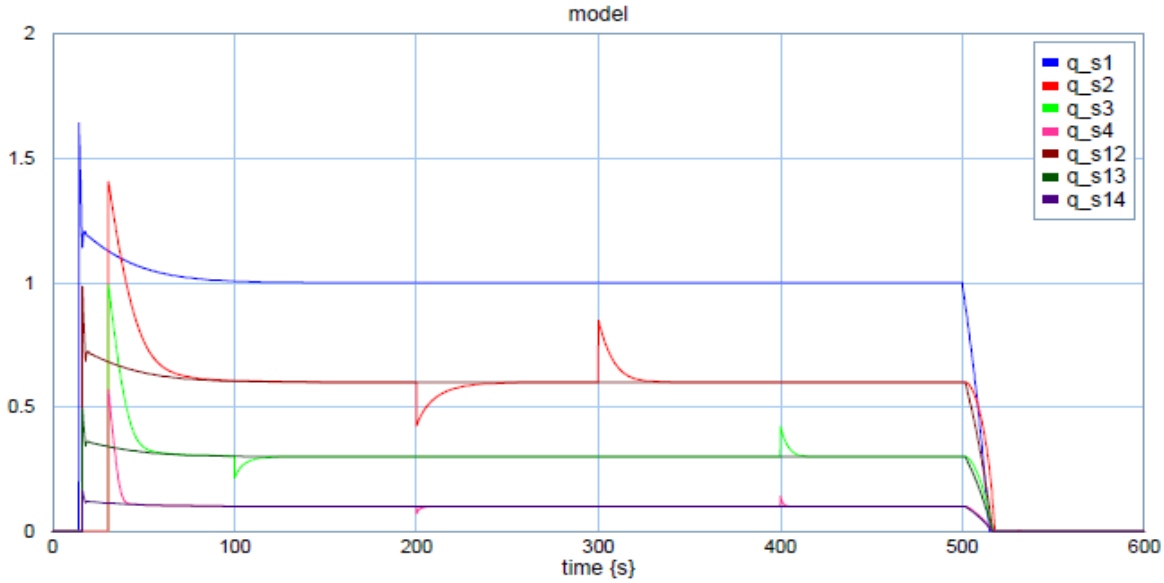


Fig I.19 : Variation des flux des sorties pour un carrefour en croix

6. Conclusions

Une région urbaine est composée de plusieurs tronçons liés l'un à l'autre. Le tronçon à son tour est composé de plusieurs éléments routiers. Cette division est appliquée dans le cas où la longueur du tronçon est très grande. Pour faciliter la modélisation, le tronçon est divisé dans plusieurs parties. La connexion de tronçons est réalisée par des intersections. Pour le cas d'une connexion par intersection, les principaux types de carrefours sont décrits. Ce part à présenter et décrit des modèles qui peuvent être utilisés pour décrire le trafic routier en milieu urbain.



Chapitre II : Présentation du projet



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Aperçu sur la wilaya de M'sila :

1.1. Le relief :

La wilaya de M'sila se présente comme une zone enclavée entre les reliefs des deux Atlas (tellien et saharien). La morphologie et la position géographique confèrent à cette région un aspect écologique unifié représenté par des superficies plates qui constituent environ 1029 945 ha (56% de la superficie totale) où la prédominance de parcours steppiques et surtout des parcours sahariens (D. S. A, 2010Le climat :

Le climat de M'sila est un climat saharien, sec en été et très agréable en hiver. La pluviométrie est en moyenne 200 mm/an.

2. Cadre de l'étude :

Ce projet de fin d'étude fait partir intégrante de l'opération liaison de la ville de M'tarfa avec l'évitement Nord-ouest qui relie la wilaya de Bordj-Bou-Arreridj avec la wilaya de M'sila dont les points de raccordement origine extrémité sont respectivement un carrefour giratoire et un échangeur qui nous intéressant.

La longueur totale du périphérique M'tarfa est 13592 m.

3. Les objectifs de notre étude :

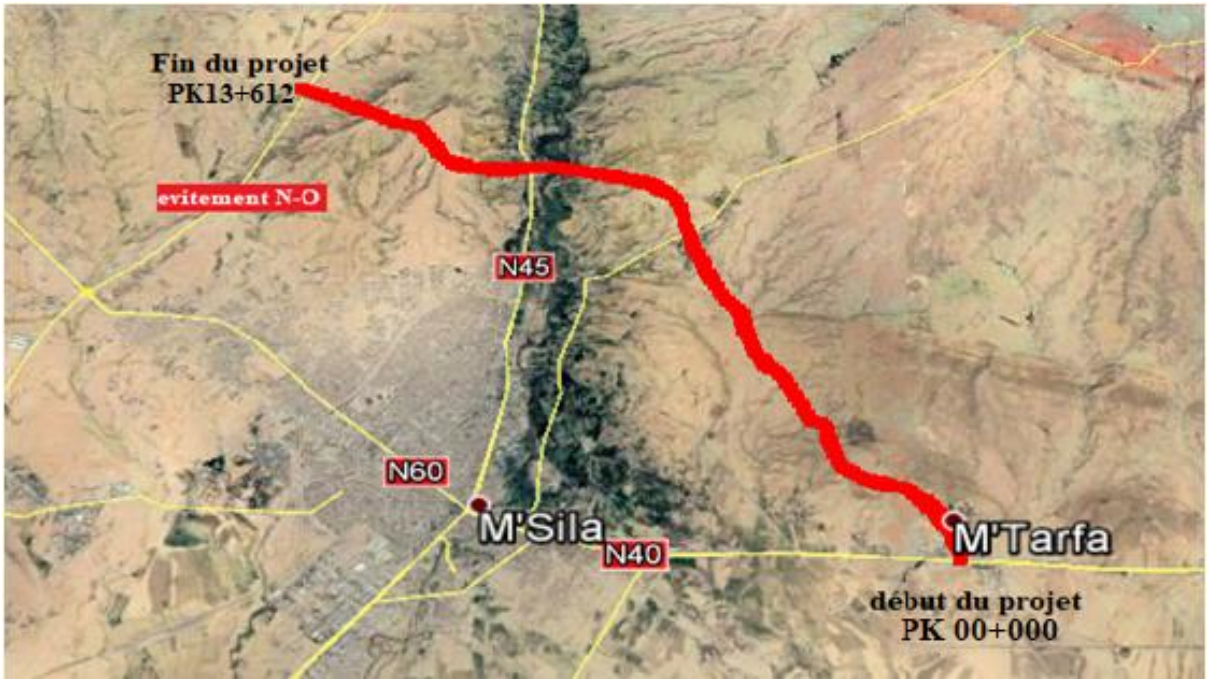


Fig II.2 : Notre tracé sur l'image de Google Earth

L'objectif principal assigné au projet est d'assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser le voyageur sur ce tronçon ou le trafic est en croissance permanent

Les autres objectifs de ce projet sont :

- Garantir la sécurité du voyageur sur ce tronçon.
- Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- Permettre un gain de temps dont vont bénéficier les usagers.
- Maintenir la communication entre toutes les directions.
- Assurer la régularité dans les déplacements des usagers.

Chapitre III : Justification de l'échangeur

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

L'échangeur a pour but d'assurer la continuité (fluidité) du réseau autoroutier et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement dans bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents ; et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables.

Il est assez difficile d'établir des critères précis qui justifient l'utilisation des échangeurs, mais dans certaines situations la solution de l'échangeur semble inévitable comme :

- Croisement de deux routes à grand trafic chacune.
- Carrefour ou la topographie empêche un aménagement qui soit conforme aux normes de tout autre type d'échangeur.
- Carrefour ou le nombre d'accidents reste très élevé.

Comme notre projet s'agit intersection d'une route qui relier la route nationale RN40 et l'évitement N-O passant par la RN45 il est préférable de réaliser un échangeur pour assurer la continuité du trafic et des raisons de trafic futur.

2. Conséquences de liaison actuelle sur l'usager et la collectivité :

- Perte de temps.
- La sécurité.
- Le confort.
- Les dépenses de la consommation d'usure des véhicules.

3. Nécessité de l'échangeur :

Notre projet on a une contrainte principale : Une route d'où la nécessité de la projection d'un échangeur à l'endroit du franchissement de l'évitement, Cette dernière est une route qui relier RN45 avec RN40 ; Cet échangeur permettra en toute aisance les échanges du trafic quittant ou accédant au RN45.

4. Conclusion :

A cause de perte de temps, les accidents (peut-être), bruits, les dépenses de la consommation d'usure des véhicules etc…, Tous ces facteurs influent de façon négative sur le comportement et l'activité quotidienne de l'individu.

C'est pour cela notre projet de réalisation de l'échangeur de M'tarfa aura pour but d'assurer une fluidité de la circulation et procurera aux usagers et à la collectivité des avantages qui justifient la dépense engagée, tout en ayant une économie d'utilisation supérieure à l'économie de réalisation.

Chapitre IV : Choix de l'échangeur

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

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 d'étude d'un échangeur au niveau de la RN45 de l'intersection de route qui relier ce dernier avec RN40 plus d'étude du périphérique de M'tarfa.

2. Définition

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir.

3. Caractéristiques géométriques des échangeurs :

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

- Pont.
- Carrefour (s) plan (s).
- Bretelles.

3.1. Pont :

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne pont.

3.2. Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débite un compromis entre ces conditions doit être recherche.

3.3. Bretelles :

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droite de la chaussée considérée, terminer à une de ses extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération, comportant une section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

3.1. Type de bretelles :

Il y a trois types de brettelles, leurs combinaisons nous donnes plusieurs types d'échangeurs et leurs utilisations et en fonctions du débit qu'elles vont écouler.

Tableau IV.1 : les types de bretelles et leur débit de pointe

Bretelle	Boucle	Diagonale	Anse
Débit de pointe (V/h)	<1500	500-1000	1000-2000

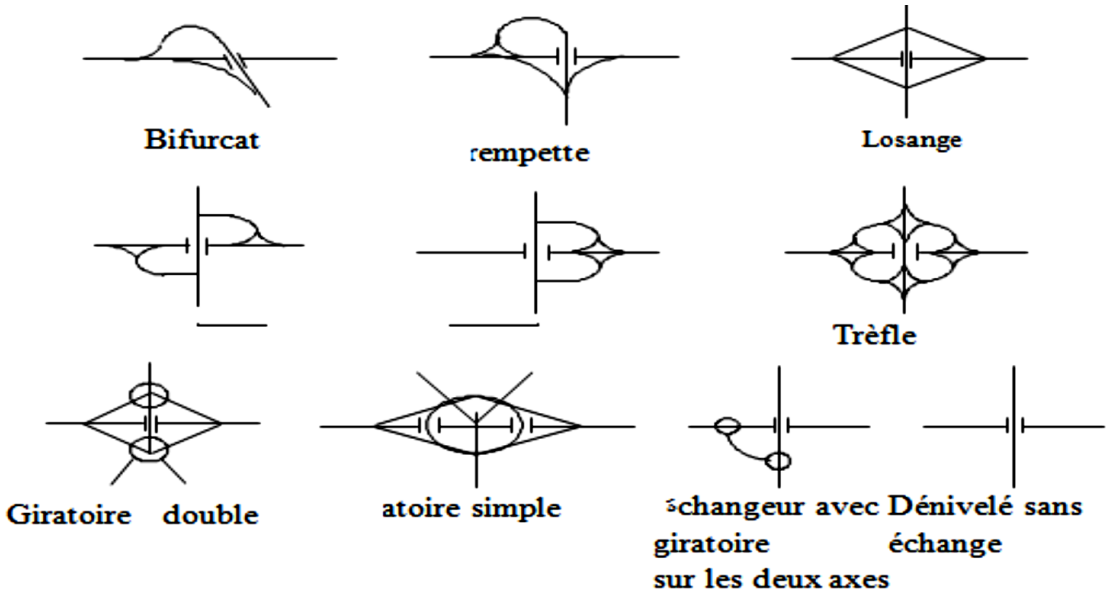


Fig IV.1 : les types de bretelles

Les caractéristiques géométriques fondamentales des bretelles sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Les caractéristiques géométriques fondamentales des bretelles

		Symbole	Valeurs limites pour une vitesse de base V_B (km/h)					
			40	50	60	70	80	100
Rayon minimum en plan		R (m)	50	80	130	190	280	
Déclivité	Rampe	+i (%)	6.0					
	Pente	-i (%)	6.0					
Rayon convexe minimum		RV (m)	1000	1500	20000	2800	4000	6000
Rayon concave minimum		R' V (m)	500	750	1000	1400	2000	4200
Dévers	Min	d (%)	2,5					
Dévers	Max	d (%)	7,00					
Largeur		1 (m)	4m (7m pour une bretelle à 2 voies) sur largeur à prévoir si R<1000 m					

4. Avantages de l'échangeur :

- Facilité aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « problèmes d'encombrement bouchon ».
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

5. Inconvénients de l'échangeur :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être
Pleinement justifiée.

6. Critère de base :

Le type d'échangeur a adopté est fonction de :

- ❖ L'intensité de trafic.
- ❖ L'importance des différents courants tournant avec leurs volumes de trafic.
- ❖ Les contraintes qui peuvent se poser lors de l'étude et au cours de la réalisation (terrain d'implantation).

7. Types d'échangeurs :

Selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

- ❖ Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- ❖ Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

7.1. Echangeurs majeurs :

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute sans qu'il y ait cisaillement dans les deux autoroutes à raccordement sont :

1.1. Type trèfle complet :

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation. Il est utilisé pour raccordement à quatre branches.

1.2. Type bifurcation « Y » :

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détaché par la droite de tronc principal en rejoignant par le droit le même tronc principal.

Ce type comporte un ouvrage biais qui fournit une exilant liaison avec les caractéristiques autoroutières continue.

7.2. Echangeur mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernent par le raccordement sont :

2.1. Type losange :

Il est composé de quatre diagonal unidirectionnel est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonal sont symétrique entre elle par rapport à l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

- ➢ **Avantage :**

- Bretelles directes ce qui permet de pratiquer une grande vitesse.
- Un schéma simple.
- Construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas.
- Permettre une déviation suivant les diagonal, pour le passage de convoi exceptionnel par exemple.

- ➢ **Inconvénients :**

- L'emprise « il occupe quatre quadrants ».
- Subsistent des cisaillements sur la route secondaire qui exige un aménagement de carrefour

2.2. Type demi –trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour à 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 en voies 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 opposé ».

➢ **Avantages :**

- Emprise réduite « occupe deux quadrants ».
- Construction économique.

➢ **Inconvénients :**

- Ouvrage de franchissement très large.
- Circulation lente dans les boucles.
- Cisaillement sur la route secondaire.

2.3. Trompette :

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

- ❖ Alignement droit commun à toutes les bretelles.
- ❖ Une boucle « entrée ou sortie ».
- ❖ Une diagonale de sortie.

8. Choix de site d'implantation :

La conception de l'échangeur exige la connaissance de site d'implantation qui permet de mieux apprécier la topographie générale du terrain ainsi que les contraintes particulières posées par l'existence des constructions publiques et les propriétés privées afin d'éviter les grosses sommes d'indemnisation. Il est conseillé d'éviter au maximum le choix du site :

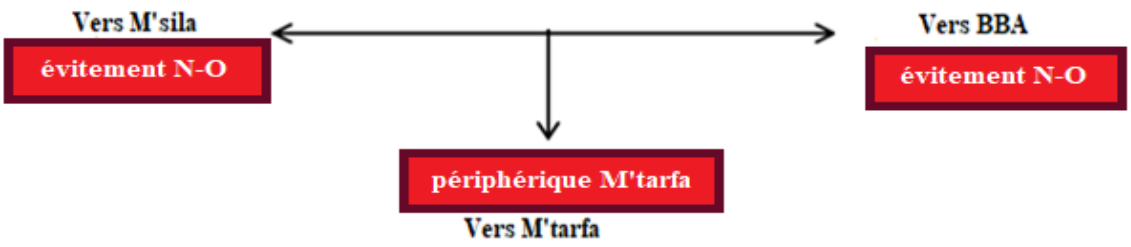
- ❖ Dans des zones de grands déblais
- ❖ En courbe de faible rayon
- ❖ Dans les sections de forte déclivité
- ❖ En point haut de profil en long.

9. Critères de choix de l'échangeur :

Alors le choix de 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 atteindre ce but on est obligé de suit les étapes suivantes :

1. Détermination de tracer
2. Configuration de tracé a adopté
3. Analyse
4. Dans notre cas :



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

9.1. Détermination de tracer :

La détermination de tracer fait à partir de :

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

9.2. Configuration de tracé a adopté :

L'échangeur a adopté doit assurer un haut niveau de sécurité et de service.

Et pour assurer celle-ci en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

- ❖ Tracé respectant les valeurs limitées de conception (les valeurs des rayons et des alignements)
- ❖ La longueur des voies réglementaires

9.3. Analyse :

Cette dernière étape valide le choix de l'échangeur c'est les conditions de visibilité, de confort et de sécurité se sont assurées

10. Application au projet :

10.1. Détermination du tracé à partir de :

1.1. Terrain :

- ❖ Le terrain devait recevoir le futur échangeur est en grande partie agricole et
- ❖ Terrain plat
- ❖ Carrefour plan.

1.2. Types de route raccordée :

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre :

- Le périphérique de M'tarfa
- L'évitement N-O

Alors l'échangeur et de type : **Echangeur Mineur**

1.3. Vitesses sur les bretelles :

D'après B40 on a trouvé :

Tableau IV.3 : vitesse de référence

	Vr (km/h)
La vitesse sur le périphérique	**100**
La vitesse sur l'échangeur	**55**

1.4. Distribution du trafic :

- Le croisement est de quatre branches, la répartition de trafic n'est pas symétrique.
- L'échangeur distribue le trafic dans quater direction.

➢ **Conclusion :**

- Terrain plat.
- Vitesse = 55 Km/h.
- Echangeur mineur.

Alors La typologie d'échangeur répondant à la majorité de ces critères est :

Un échangeur en trompette

10.2. Configuration de tracé à adopter :

Tableau IV.4 : Configuration de notre tracé

Tracé	Vr = 55 km/h
Rayon des boucles	R_{min} = 20m
	R_{max} = 50m
Rayon des diagonales	R_{min} = 20m
	R_{max} = 120m
Voie de décélération	L = 170m
Voie d'accélération	L = 240m

10.3. Analyse

Cette dernière étape valide le choix de l'échangeur c'est les conditions de visibilité, de confort et de sécurité se sont assurées.

- **Les avantages de ce choix :**
  - Assurer toutes les directions et elle assure une bonne fluidité.
  - Suppression de points de conflits
  - Une meilleure sécurité pour les usagers.
- **Les inconvénients de ce choix :**
  - Techniquement, le choix ne présente, aucun inconvénient mais économiquement on constate que le coût de réalisation.

11. Conclusion :

Le choix adopté d'échangeur trompette avec l'aménagement de carrefour en plan, s'avère le mieux adapté pour cet aménagement, puisqu'il assure une fluidité du trafic avec un service plus élevé en occupant le minimum d'emprise du terrain.

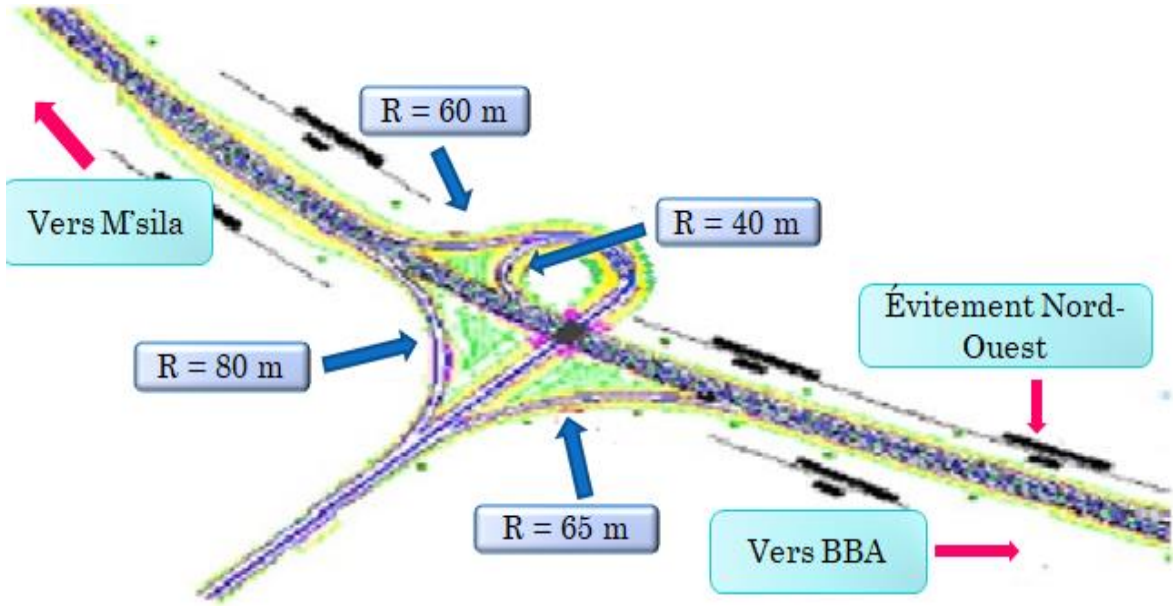


Fig IV. 2 : notre échangeur trompette

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama



Chapitre V : Calcul du Trafic



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Calcul de la capacité :

1.1. Définition :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum de véhicules qui peut passer en un point ou s'écouler sur une section de route Uniforme pendant un temps donné.

1.2. Projection future du trafic :

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

$$TJMAn = TJMA0\ (1+\tau)\ n$$

TJMAn : Le trafic a l'année horizon.

TJMA0 : Le trafic a l'année de référence.

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

N : Année horizon.

1.3. Calcul de trafic effectif :

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

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les poids lourds en **(uvp).** Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$Teff = [(1 - Z) + PZ].\ TJMAn$$

Teff : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

Tableau V.1 : coefficient d'équivalence pour le poids lourds

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

1.4. Débit point horaire normale :

Exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

$$Q = (1/n).\ Teff$$

Q : Débit de pointe horaire.

n : Nombre d'heure, (en général n=8 heures).

Teff : trafic effectif.

1.5. Débit horaire admissible :

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

$$Qadm = K1.\ K2.\ Cth$$

K1 : coefficient lié à l'environnement. **K2 :** coefficient de réduction de capacité.

Cth : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau V. 2 : les valeurs du coefficient K 1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau V.3 : les valeurs du coefficient K 1

Environnement	V_b =40Km/h	V_b =60Km/h	V_b =80Km/h	V_b =100Km/h	V_b =120Km/h
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 V.4 : les valeurs du Capacité théorique

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

2. Application au projet

D'après l'étude du schéma directeur du réseau routier de la Wilaya de M'sila (établi par le CTTP), et compte tenu des aménagements existants à l'alentour de notre projet nous considérons que le trafic affecté à notre tracé est calculé comme suit

Tableau V.5 : Trafic affecté au Projet

Route	Section	TMJA 2019 (v/j)
RN 40	M'tarfa - M'sila	1098
RN 45	BBA - M'sila	1090
Évitement N-O	BBA - M'sila	1226
Périphérique de la ville Eziton	M'tarfa - Eziton	259
Total	/	**3673**

2.1. Les données relatives au trafic :

- Le Traffic de l'année est de **3673 v/j/s**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté : **τ= 4** ٪
- La vitesse de base sur le tracé : **Vb=100 km/h**
- Le pourcentage de poids lourds : **Z=83.50**٪
- L'année de mise en service sera en **2020**
- La durée de vie estimée de **20 ans.**
- Catégorie **C1.**
- L'environnement **E2.**

2.2. Trafic à l'horizon 2044 :

$$TJMA_{2044} = (1+\tau)^{n} * TJMA_{2019}$$

Avec :

- **$TJMA_{2024}$** = $(1+\tau_1)_5$ $TJMA_{2019}$ = $(1+0.04)^5$ 3673 = 4469 uvp/j.
- **$TJMA_{2044}$** = $(1+\tau_1)_{20}$ $TJMA_{2024}$ = $(1+0.04)^{20}$ 4469 = 9793 uvp/j.

2.3. Le Trafic effectif

$$T_{eff} = [(1 - Z) + Z.P]\ TJMA_{2044}$$

Avec :

- **P :** coefficient d'équivalence pour le poids lourds. Selon le B40, et pour un terrain vallonné **(E2)** est : **P = 6.**

$T_{eff\ 2044}$ = [(1 – 0.835) + 0.835 x 6] x 9793 = 50 679 uvp/j.

➡ **$T_{eff\ 2044}$ = 25340 uvp/j/sens**

2.4. Le débit de pointe horaire normale :

$$Q = Teff/n.$$

n : étant le nombre d'heure, qui est en général **n = 8 heures.**

Q_{2044} = $Teff_{2044}$ / 8 = 25340/8 = **3168 uvp/h**

2.5. Le Débit admissible :

$$Q_{adm} = K1.K2.\ Cth$$

D'après ls tableaux au-dessus on prend :

- Cth = 1800 uvp/h
- Catégorie C1 → K1=0.85
- Environnement E2 → K2=0.99

Q_{adm} = 0, 85 × 0, 99 × 1800 = **1515 uvp/h**.

2.6. Détermination de nombre de voies :

$$N = S \times (Q / Q_{adm})$$ Avec: **S=2/3**

Avec : - Q = 3168 uvp /h.

- Q_{adm} =1515 uvp/h.

N = (2/3) x (3168 /1515) = 1.39

Le nombre de voie par sens est donc : **deux voies (2).**

Tableau V.6 : tableau récapitulatif

	$TMJA_{2019}$ (v/j)	$TMJA_{2024}$ (v/j)	$TMJA_{2044}$ (v/j)	Teff (uvp/j)	Q (uvp/h)	**N**
Valeurs	3673	4469	9793	50 679	3168	2

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

2.7. Calcul de l'année de saturation :

On a :

$$Teff\ (2024) = [(1 - Z) + PZ].\ TJMA2024$$

$Teff_{2024} = [(1 - 0{,}835) + 6 * 0{,}835].\ 4469 =$ **21653 (uvp/j).**

D'où : $Qadm_{2024} = 0{,}125 \times 21653 = 2707$ (uvp/j).

Et on a :

$$\mathbf{Q_{Saturation} = 4 \times Q\ adm}$$

Qsat = 4 ×2707 = **10828 (uvp/j).**

On a : $\mathbf{Qsat = (1+\tau)^{n} \times Q_{2024}}$ → $\mathbf{n = \ln (Qsat / Q_{2024}) / \ln(1+\tau).}$

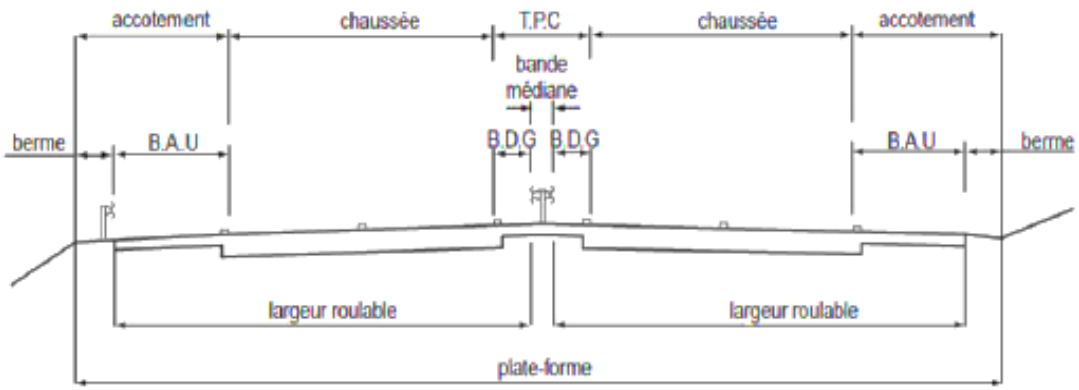
$\mathbf{n} = \ln (10828 / 2707) / \ln (1{,}04) = \mathbf{35{,}346}$ → **n=35 ans.**

2.8. Conclusion :

Le calcul de la capacité de la route nous donne le profil en travers suivant :

- Chaussée de 2 voies par sens (2 x 3.50m).
- Terre-plein central : 2m.
- Accotement de 3.5 m pour chaque sens (2x2), Avec une BAU de 2.5m.
- La berme : 2x1m
- Largeur plate-forme : 23 m.

La saturation surviendra 35 ans après l'année de mise en service soit en



T.P.C. : terre-plein central
B.A.U. : bande d'arrêt d'urgence
B.D.G. : bande dérasée de gauche

- Emprise
- Assiette
- Plate-forme
- Chaussée
- Terre-plein central (**T.P.C**)

a) Bande dérasée de gauche (**B.D.G**)

b) Bande médiane

- Accotement

a) Bande d'arrêt d'urgence (**B.A.U**)

b) La berme

- Le fossé

Fig V.1 : Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

3. Application sur les brettelles : (boucle et diagonale)

3.1. Calcul du trafic à l'année horizon :

Pour deux rampes en même sens on prend $\frac{2}{3}$ du trafic qui circulé dans l'évitement, et pour calculer le trafic sur une rampe on prend $\frac{2}{3}$ du trafic qui circulé dans les deux brettelles précédente (ou bien $\frac{4}{9}$ du trafic totale).

On estime le trafic sur les bretelles à 67% du TJMA de l'évitement, (c'est le trafic le plus important), donc $TJMA_{2019}$=2461v/j

1.1. Trafic à l'horizon 2044 :

$TJMA_{2019}$ = 2461v/j

$TJMA_{2024}$ = $(1+\tau)^5$. $TJMA_{2019}$= 2994 v/j

$TJMA_{2044}$ = $(1+\tau)^{20}$. $TJMA_{2024}$= 6560 v/j

1.2. Trafic effectif :

$T_{eff\ 2024}$=2994 [(1-0.835) +6×0.835] = 18494 uvp/j ➡ $T_{eff\ 2024}$ = 9247 uvp/j/sens

$T_{eff\ 2044}$=6560[(1- 0.835) +6×0.835] = 33948 uvp/j ➡ $T_{eff\ 2044}$ = 16974 uvp/j/sens

1.3. Débit du point horaire :

Q_{2024}= $\frac{1}{n}$.Teffe = $\frac{9247}{8}$ = 1156 uvp/h

Q_{2044}= $\frac{1}{n}$.Teffe =$\frac{16974}{8}$ = 2122 uvp/h

1.4. Débit admissible :

Q_{adm}=0.85× 0.99 ×1800 = 1515 uvp/h

1.5. Nombre de voies :

N =(S×Q_{2044}) /Qadm

Avec S=2/3 ; Q_{2044}= 4244 uvp/h ; Q_{adm}= 1515 uvp/h

$$\mathbf{N} = (\frac{2}{3} \times 2122) / 1515 = 0.93$$

Donc : on prend n = 1 voie.

3.2. CONCLUSION :

D'après les calculs effectués on a :

- Pour les bretelles (rampes) 1 voie de largeur de 4m+S avec S=50/R
- BDD de 1m
- BDG de 0.5m

Chapitre VI : Profil en plan

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction

Le tracé en plan est une projection horizontale de l'axe de l'autoroute sur le plan topographique tout en définissant les différents éléments constituants. Il s'agit en effet, l'alignement, et les éléments Courbures ainsi que les liaisons de raccordement.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque environnement.

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le **B40,** donc on va Citer certaines exigences :

- ✓ L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements Importants.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits

2. La Vitesse de référence :

La Vitesse de référence (VB), représente une vitesse théorique qui sert à déterminer les valeurs maximales des caractéristiques géométriques, et d'autres paramètres qui interviennent dans l'élaboration du tracé d'un projet routier.

2.1. Choix de la vitesse de référence :

Le choix dépend essentiellement de :

- ✓ Type de route.
- ✓ Topographie. (Degré de difficulté du terrain).
- ✓ Importance et genre de trafic (volume, structure).
- ✓ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

3. Éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

3.1. Les droites (alignements) :

Les règles concernant les alignements sont :

- Longueur maximale : Lmax = 60 V (m/s)
- Longueur minimale : Lmin = 5 V (m/s)

3.2. Les arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

2.1. La stabilité en courbe :

✓ **Rayon horizontal minimal absolu (RH min) :**

$$\mathbf{RH\ min} = \frac{V^2}{\mathbf{g(ft+d)}}$$

Avec **: V =** $\boldsymbol{Vr/3.6}$

$$\mathbf{RH\ min} = \frac{Vr^2}{\mathbf{127(ft+dmax)}}$$

✓ **Rayon minimal normal (RHN) :**

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

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

- ✓ **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

$$RHd = \frac{Vr^2}{127*2*dmin}$$

- ✓ **Rayon minimal non déversé (RHnd) :**

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127*0.035}$$ Pour la catégorie **1** et **2**

- ✓ **Sur largeur :**

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

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

R : rayon de l'axe de la route

3.3. Les courbes de raccordement progressives :

3.1. Types De Courbe De Raccordement :

- Parabole cubique.
- Lemniscate.
- Clothoïde.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la **Clothoïd**e grâce à ses particularités

3.2. Rôle et Nécessité Des Courbes De Raccordement :

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

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

➢ **Expression mathématique de la Clothoïde :**

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$K = L*C \quad \left\{ \begin{array}{l} K = 1/R \\ 1/C = A \end{array} \right. \quad \Rightarrow \quad \mathbf{L*R = A^2}$$

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

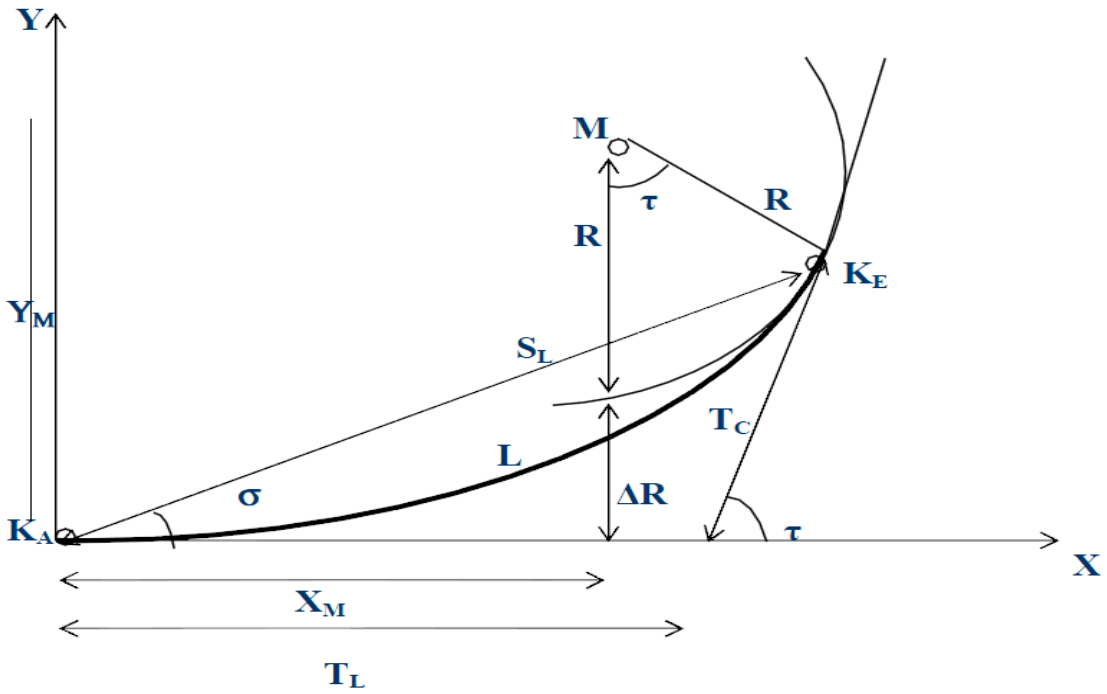


Fig VI.1 : éléments géométriques du raccordement

R : Rayon du cercle.

L : Longueur de la branche de clothoïde.

A : Paramètre de la clothoïde.

ΔR : ripage.

τ : Angle des tangentes

XM : abscisse du centre du cercle M à partir de KA

YM : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

TC : tangente courte

TL : tangente longue

σ : Angle polaire

SL : corde KE –KA.

M : centre du cercle d'abscisse XM.

KA : origine de la clothoïde

KE : extrémité de la clothoïde

4. Les conditions de raccordement :

4.1. Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à **3°**.

Amin = R/3 et R > A ≥ R/3.

4.2. Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

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

Vr : vitesse de référence en (Km /h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

4.3. Condition de gauchissement :

Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

$$L \geq (l \times \Delta d \times Vr)$$

L : Longueur de raccordement.

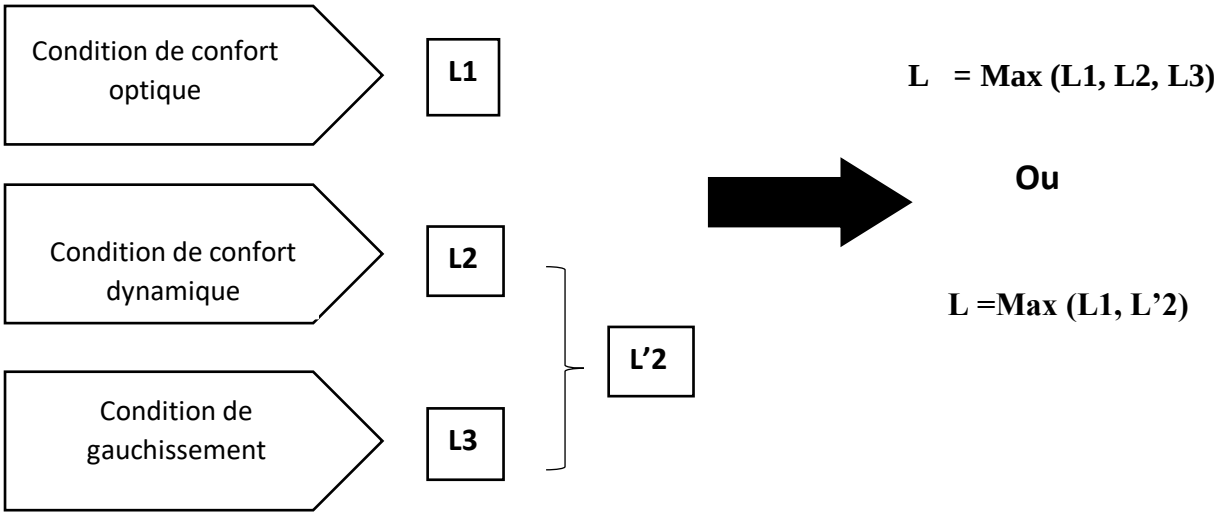
l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers

- La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps du devers de la demie-chaussée extérieure au virage.

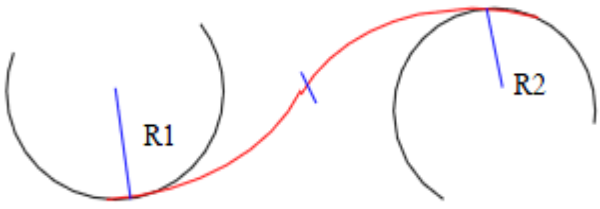
$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times Vb}{36}$$

La longueur L de la clothoïde est :

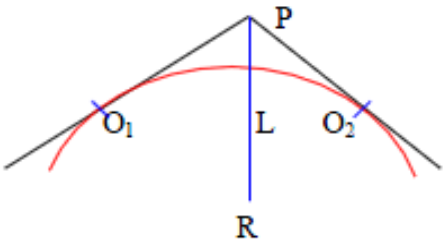


5. Combinaison des éléments du tracé en plan :

5.1. Courbe en S

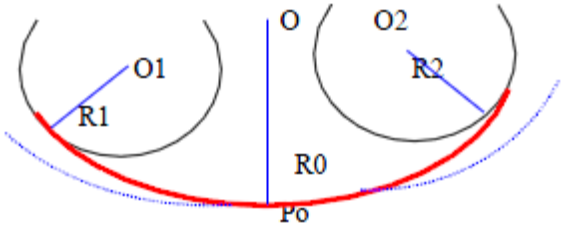


5.2. Courbe à sommet :



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

5.3. Courbe en C :



6. Notion de devers :

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

- Devers en alignement : Il est pris égal à : **dmin =2.5%**
- Devers en courbe : dépend du rayon

6.1. Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de **R ≥ RHnd** le devers est égal à 2.5% et pour les courbes de rayon **R < RHnd** un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en 1/R.

➢ Si **RHm < R < RHn** on a : $$\mathbf{d} = \boldsymbol{Dmax} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}\right)\frac{\mathbf{Dmax - DRhn}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}}$$

➢ Si **RHn < R < RHd on a** : $$\mathbf{d} = \boldsymbol{Dmin} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}\right)\frac{\mathbf{Dmin - DRHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHn}}$$

6.2. Raccordement de devers :

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

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

$$\mathbf{Dmin} = \frac{\mathbf{5}}{\mathbf{3.6}} \times \mathbf{VB}\,\mathbf{\Delta d}$$

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

7. La vitesse de base :

C'est la vitesse la plus élevée à laquelle un véhicule peut circuler, de façon continue, en toute sécurité, lorsque les conditions météorologiques sont les plus favorables, et que la densité de la circulation est très peu élevée.

Pour assurer la réalisation des objectifs d'efficacité et de sécurité du projet de route, on doit tenter d'établir la vitesse de base la plus élevée possible pour permettre d'obtenir le degré de sécurité et de mobilité désiré tout en tenant compte de la qualité de l'environnement, des

facteurs économiques et esthétiques, ainsi que des impacts sociaux. Elle est généralement choisie entre **30** et **120 km/h**, et influe sur le choix d'autres paramètres tels que les rayons de courbure et les déclivités.

8. Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes algériennes B40, pour un environnement **E2** et une catégorie **C1**, avec une vitesse de base de **100km/h**, on définit les paramètres suivants :

Tableau VI.1 : paramètres fondamentaux

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	100
Rayon horizontal minimal absolu (m)	(RHm)	450
Rayon minimal normal (m)	RHN	650
Rayon au dévers minimal (m)	RHd	1600
Rayon minimal non déversé (m)	RHnd	2200
Longueur minimale (m)	Lmin	140
Longueur maximale (m)	Lmax	1667
Devers minimal (%)	Dmin	2.5
Devers maximal (%)	Dmax	7
Temps de perception réaction (s)	T1	1.8
Frottement longitudinal	FL	0.36
Frottement transversal	Ft	0.11
Distance de freinage (m)	d0	111
Distance d'arrêt (m)	d1	161
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	Dm	425
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	Dn	625
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	Dmd	300

9. Échangeur :

On appelle échangeur routier les systèmes de « bretelles » routières permettant de s'engager sur une voie rapide, ou sur une autoroute ou de les quitter pour prendre une autre autoroute ou une route du réseau routier ordinaire. Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une route et un autre type de route.

Ils permettent d'éviter tout croisement à niveau pour limiter le ralentissement sur les voies concernées.

Un échangeur routier compte au minimum un pont permettant à une route d'enjamber l'autre.

9.1. Définition :

Une bretelle est une surface roulable qui permet le transfert du trafic d'une route à une autre.

Au sens large, c'est une chaussée de transfert dans un échangeur de circulation entre voies à niveaux différents ou entre voies parallèles.

Les bretelles se terminent à une de leurs extrémités par une voie de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle- ci.

9.2. Types de bretelles :

Il existe trois types de bretelles dont la combinaison entre eux donne une multitude de formes d'échangeurs.



Fig VI.2 : les types de bretelles

9.3. Caractéristiques des bretelles

Tableau VI.2 : caractéristiques des bretelles

BRETELLE	BOUCLE	DIAGONALE	ANSE
Débit de pointe (uvp/h)	<500	500-1000	1000-2000
Rayon en plan (m)	40-75	100-175	>120

9.4. Principes généraux :

Avant de porter le choix sur les rayons des boucles et le positionnement de ces derniers, on doit déterminer la largeur d'entrecroisement et qui est en fonction de la vitesse pratiquée sur la route principale (voir tableau ci-dessous).

Tableau VI.3 : la largeur d'entrecroisement

VR (Km/h)	60	80	>80
Le (m)	200	300	500

En ce qui concerne notre étude, on a choisi Le = 500m (pour Vr = 100km/h) cette longueur (représente la distance minimale à respecter et au-delà de celle-ci, impliquerai une augmentation d'emprise.

9.5. Tracé en plan des rampes (bretelles, boucles) :

Le tracé des rampes dépend toujours du tracé de la route aux quelles se raccordent, chaque rampe doit présenter une entrée et une sortie, et pour cela il faut bien déterminer leurs distances et prévoir des voies d'accélération ou de décélération.

5.1. Voies d'insertion (d'accélération) : selon la norme (ICTAAL) :

Tableau VI.4 : la largeur de la voie d'insertion

Va (Km/h)	60	80	100	120
L(m)	140	180	240	320
l(m)	35	45	65	75

Va : vitesse d'approche à vide.
L : longueur de la voie d'insertion comptée du nez d'entrée réduit à 1m jusqu'au point ou la longueur se réduit à 1.5m.
l : longueur de Biseau.

Les voies d'insertion ont pour largeur :
- 3m pour Va < 100 Km/h.
- 3.5m pour Va >100 Km/h.

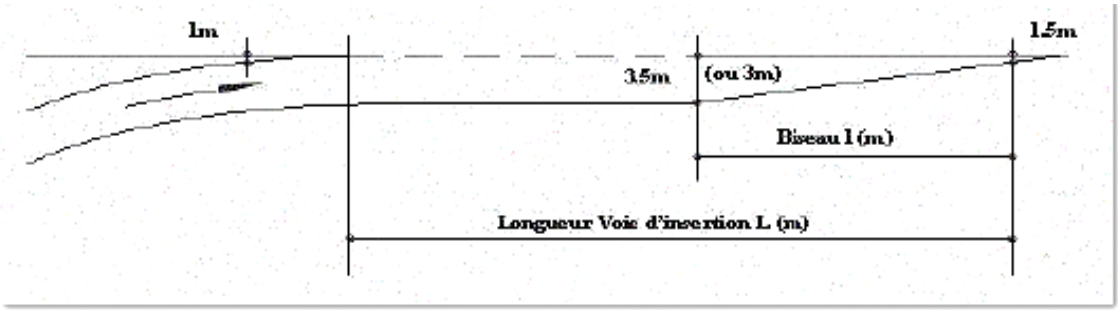


Fig VI.3 : la voie d'insertion

Dans le cas de notre étude on a :
Pour l'évitement N-O (Vr=60km/h) :

- La longueur de la voie d'insertion L=140m.
- La longueur du sifflet d'insertion l=40m.

Pour le périphérique M'tarfa (Vr=100km/h) :

- La longueur de la voie d'insertion L=240m.
- La longueur du sifflet d'insertion l=65m.

5.2. Voies de décélération :

La décélération des véhicules quittant la route principale se fait à l'aide de couloirs de décélération de type parallèle ou diagonal.

➢ **Voies de décélération de type diagonale :**

L'usage de tel couloir est recommandé pour les tournes à droite, dans le cas où la vitesse d'approche à vide de l'échangeur est au moins égale à 80 Km/h, le couloir comporte :

- Un biseau de sortie rectiligne
- Un raccordement progressif.

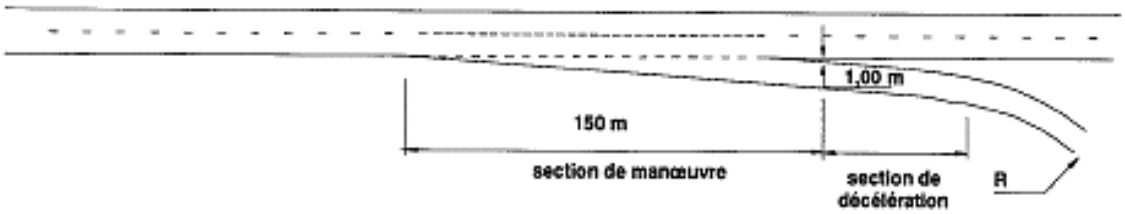


Fig VI.4 : Voie de décélération de type diagonale

- **Voies de décélération de type parallèle :**

La voie de décélération de type parallèle comprend un sifflet de raccordement et une voie parallèle à la route principale.

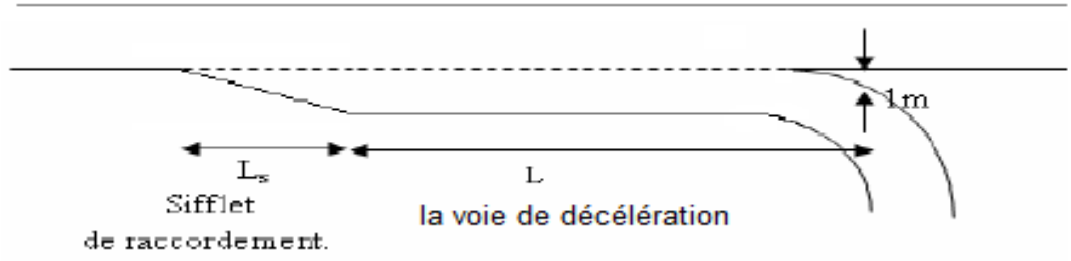


Fig VI.5 : Voie de décélération de type parallèle

Sa longueur est en fonction de la vitesse d'approche à vide

Le tableau ci-dessous donne la longueur de la voie de décélération (L) et longueur de sifflet de raccordement (ls) en fonction de la vitesse d'approche (norme ICTAAL)

Tableau VI.5 : la longueur de la voie de décélération (L) et la longueur de sifflet de raccordement (Ls) en fonction de Va

Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	70	115	170	240
Ls (m)	40	50	60	75

- **Pour notre cas :** Vr= 100 km/h
  - Longueur de décélération : L=170m.
  - Longueur de sifflet de raccordement : Ls=60m.

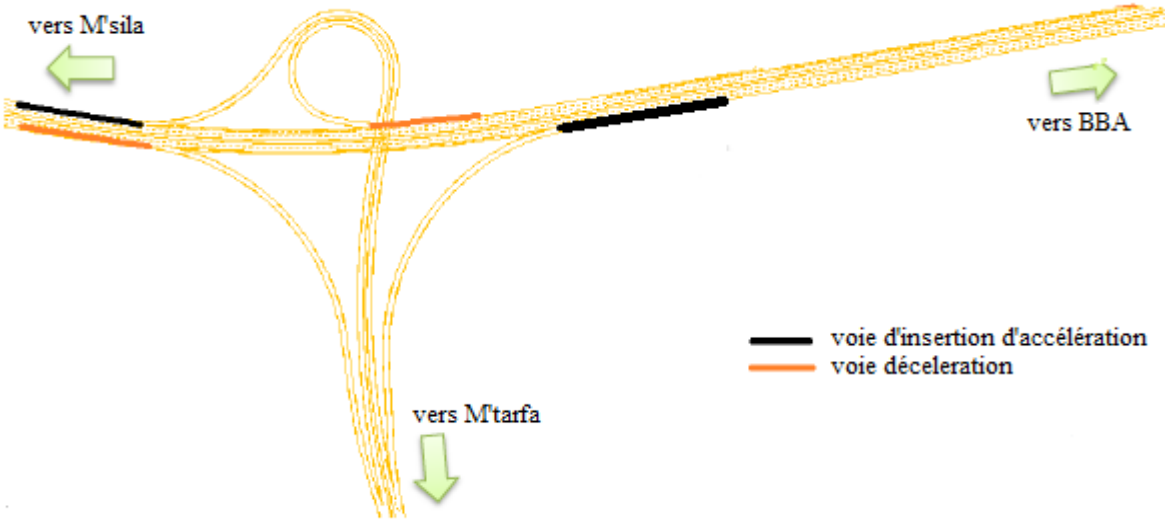


Fig VI.6 : voies d'accélération et décélération de notre projet

10. Calcul d'axe :

10.1. Exemple de calcul du tracé en plan :

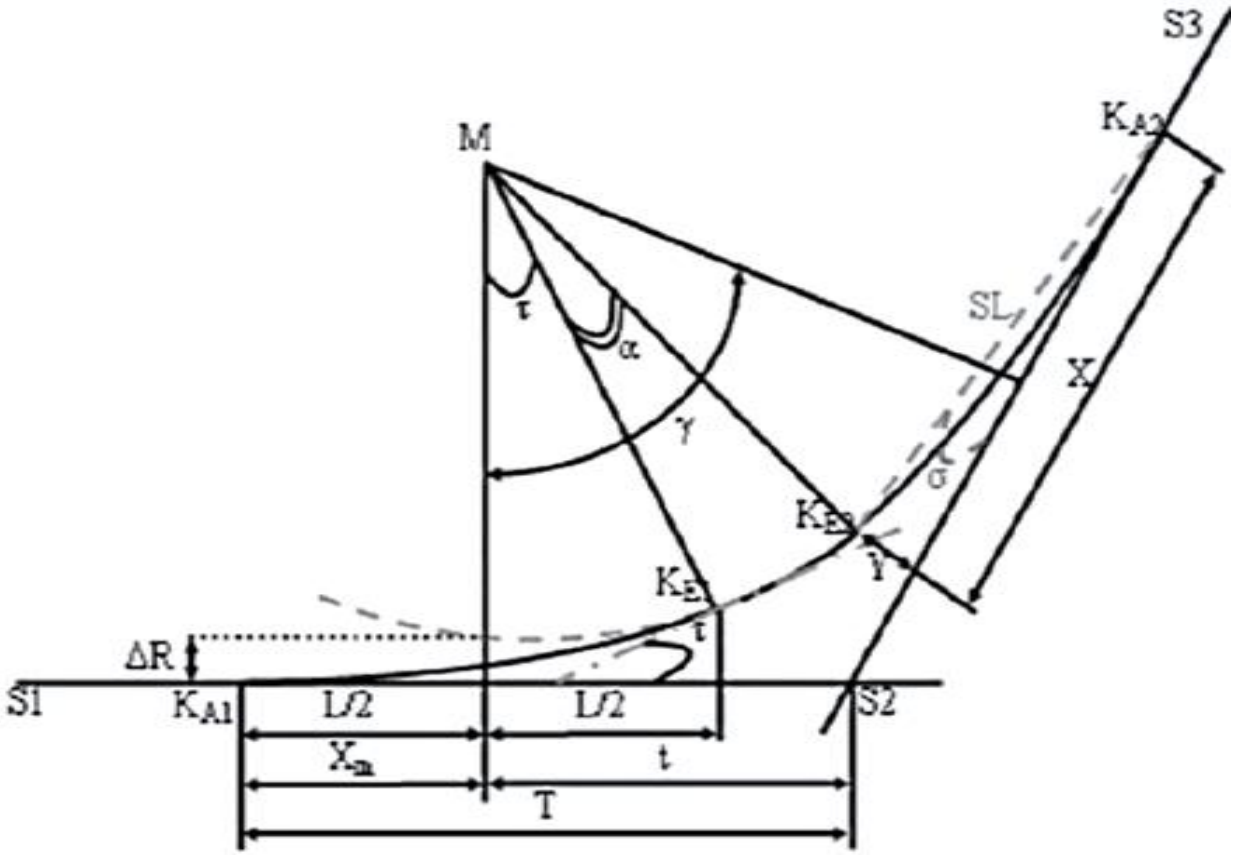


Fig VI.7 : schématisation d'un tracé en plan avec raccordement

Rayon R = 900 m < RHnd = 2200 m → Raccordement avec Clothoïde.

- ✓ S1 (642585.189, 3956628.374)
- ✓ S2 (641723.336, 3957783.615)
- ✓ S3 (640801.839, 3957874.015)

10.2. Longueur de la clothoïde :

2.1. Condition de confort optique :

R/3 ≤ A ≤ R → 300 ≤ A ≤ 900 → **A= 350**

2.2. Condition de confort dynamique et gauchissement :

On a : **RHn ≤ R ≤ RHd**

Alors $$\mathbf{d = Dmin + \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{RHd}\right)\frac{Dmin - DRHN}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHn}} = 3.83\%}$$

Δd = d – (-2.5) = 3.83 + 2.5 = **6.33 %**

$$L \geq \frac{5 \times 6.33 \times 100}{36} \quad \rightarrow \quad \mathbf{L \geq 87.9m}$$

On a : **$A^2 = L*R$ → $L = A^2/R$**

L = $350^2/900$ = 136 m **L = 136 m** > 87.9 m condition vérifiée

→ $$\Delta R = \frac{L^2}{24\,R} = 0.856\ m$$

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

10.3. Calcul des gisements :

| ΔX12 | = | XS2 -XS1 | = 861,853 m | | ΔX23 | = | XS3 – XS2 | = 921,497 m

| ΔY12 | = | YS2 -YS1| = 1155,241 m | | ΔY23|= | YS3 – YS2 | = 90,4 m

S1S2 = $\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ = 1441,31 m , S2S3 = $\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ = 925.92 m

G(s1s2) = 300 + arctg $\frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|}$= 359.19 grades , G(s2s3) = 300 + arctg $\frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|}$= 306.23 grades

10.4. Calcul de l'angle γ :

γ = G(s1s2) – G(s2s3) = 52.96 grades

10.5. Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{136}{2\times900} \times \frac{200}{\pi} = 4.81 \text{ grades}$$

10.6. Calcule de l'abscisse du centre du cercle :

$$Xm = \frac{A^2}{2R} = \frac{L}{2} = 68 \text{ m}$$

10.7. Abscisse de KE :

$$X = L \times \left(1 - \frac{L^2}{40.R^2}\right) = 135.92\ m$$

10.8. Origine de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6R} = 3.425$$

10.9. Calcule de la tangente :

$$T = Xm + (R + \Delta R)\ tg\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 465.93 \text{ m}$$

10.10. Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = 135.96 \text{ m}$$

10.11. Calcul de σ :

$$\sigma = arctg\left(\frac{Y}{X}\right) = arctg\left(\frac{3.425}{135.92}\right) = 1.6 \text{ grades}$$

10.12. Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 52.96 - 2*4.81 = 43.34 \text{ grades}$$

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{R.\pi.\alpha}{200} = \frac{900.\pi.43.34}{200} = 612.70 \text{ m}$$

- X_{KA1} = Xs1 − (S1S2 − T) cos (300 – Gs1s2) = 642001.88
- Y_{KA1} = Ys1 − (S1S2 − T) sin (300 – Gs1s2) = 3957410.115

- X_{KA2} = Xs2 - T cos (300 – Gs2s3) = 641259.635
- Y_{KA2} = Ys2 − T sin (300 – Gs2s3) = 3957829.138

- X_{KE1} = X_{KA1} − SL cos (300 + σ − Gs1s2) = 641917.859
- Y_{KE1} = Y_{KA1} − SL sin (300 + σ − Gs1s2) = 3957517.006

- X_{KE2} = X_{KA2} + SL sin (Gs2s3 + σ − 200) = 641394.568
- Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL cos (Gs2s3 + σ − 200) =3957812.458

Chapitre VII : Profil en long

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

Le profil en long est la projection de l'axe de la route sur un plan vertical. Il est constitué d'une succession d'alignements droits raccordés par des courbes à rayons parabolique.

Le profil en long est profondément marqué par la valeur très faible des pentes qu'on peut donner à la route pour assurer des vitesses de circulation convenables et par les problèmes de visibilité nécessaire à une conduite non dangereuse.

2. LES principaux paramètres du choix d'un profil en long

- ✓ Un bon écoulement des eaux pluviales
- ✓ Une limitation des déclivités suivant les normes
- ✓ Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais ;
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- ✓ Un rayon de courbure minimum (condition de confort pour les angles rentrants et condition de visibilité pour les angles saillants).

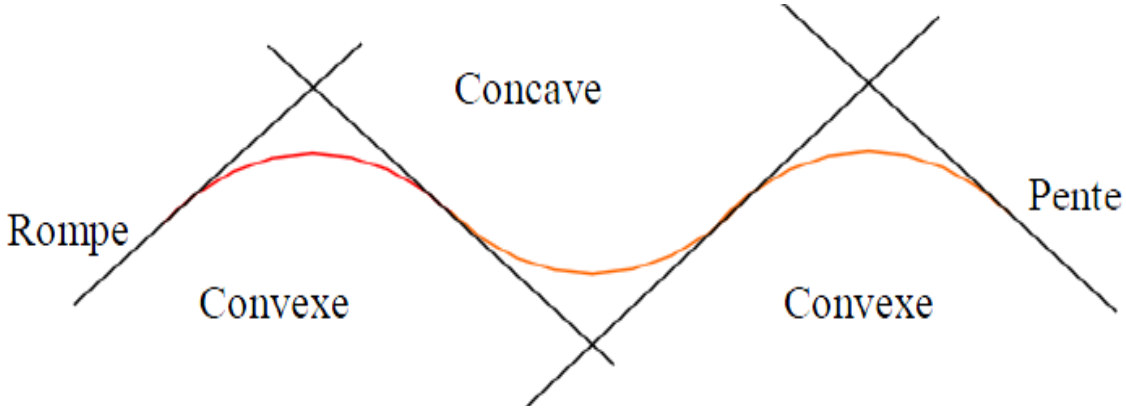


Fig VII.1 : raccordement convexe et concave

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

Le respect de bonnes conditions de visibilité et la garantie d'une bonne lisibilité de L'itinéraire par l'usager imposent de veiller à une bonne coordination des éléments du tracé en plan et du profil en long., cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'usager :

- ✓ La perception des points singuliers de l'itinéraire,
- ✓ La prévision anticipée des évolutions du tracé,
- ✓ L'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.
- ✓ Les pertes de tracé, si elles ne sont pas gênantes pour l'usager, peuvent parfois engendrer une perception erronée du tracé routier de jour comme de nuit. En conséquence, il est nécessaire d'assurer la visibilité d'une longueur de route compatible avec la distance d'accommodation moyenne pour la vitesse pratiquée.

4. La déclivité :

4.1. Déclivité minimale :

Dans les zones ou le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de **0.5%** et de préférence **1%** si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la chaussée.

4.2. Déclivité maximale :

Selon la norme **B40**, La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à **(i_{max} = 5%)** comme montre le tableau c'est après :

Tableau VII.1 : valeur de déclivité

	Environnement		
Catégorie	Facile	Moyen	Difficile
C1-C2	4%	5%	6%

5. Raccordement en profil en long :

Le changement de déclivité constitue des points particuliers dans le profil en, ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.

Il y a deux types de raccordements :

5.1. Raccordement convexe (saillants) :

La conception des raccordements convexes doit satisfaire les conditions suivantes :

1.1. Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle sera soumis le véhicule lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Pour catégorie 1-2 on a l'accélération vertical est limitée à : **g/40**

Alors le rayon de raccordement à retenir sera égal à :

$\frac{v^2}{Rv} < \frac{g}{40}$ Avec : g = 10 m/s² et v = Vr/3.6

Donc : **$Rv = 0.3\ Vr^2$**

Rv : rayon vertical (m) Vr : vitesse référence (Km/h)

1.2. Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$Rv > \frac{d^2}{2(ha + hg + 2 \times \sqrt{ha \times hg})} \cong 0.24\ d^2$$

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

d : Distance de visibilité nécessaire (m)
ha : Hauteur de l'œil au-dessus de la chaussée = 1.10 m
hg : Hauteur de l'obstacle = 0.15 m

5.2. Raccordement concave (rentrant) :

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

$$R'v = \frac{d1^2}{1.5 + 0.035\ d1}$$

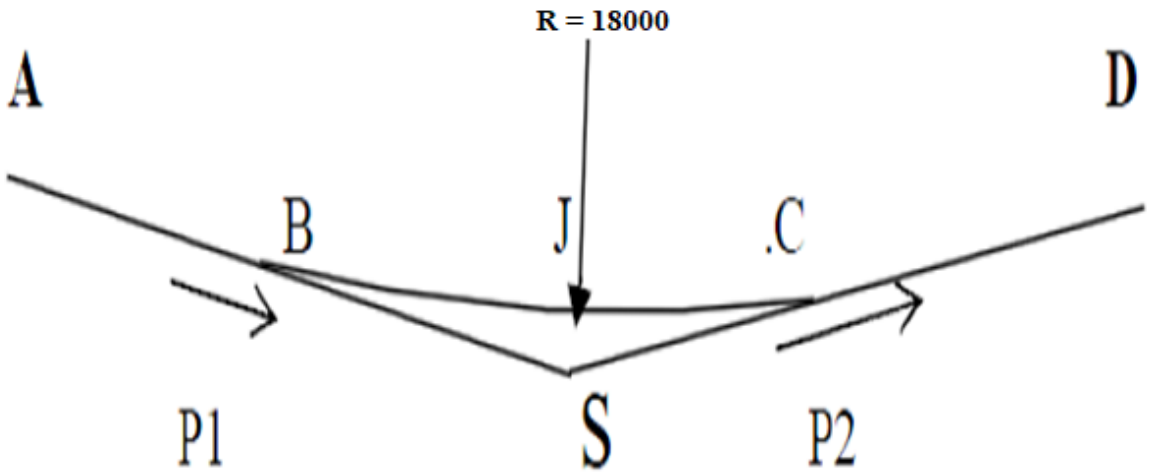
R'v : Rayon minimum du cercle de raccordement.
d1 : distance d'arrêt.

Tableau VII.2 : paramètres du profil en long

Route bidirectionnelle à chaussée séparée : (2x2 voies)		
Catégorie		C1
Environnement		E2
Vitesses de base (Km/h)		100
Rayon en angle saillant (Rv1)	Minimal absolu Rvm1	6000
	Minimal normal Rvn1	12000
Rayon en angle rentrant (R'V)	Minimal absolu R'vm	3000
	Minimal normal R'vn	4200

6. Exemple de calcul de profil en long :

❖ **Cas d'un rayon concave :**



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

A { PK= 7965.95m ; Z=555.245m }

S { PK= 8716.344m ; Z=544.323m }

D { PK=9862.557m ; Z=569.584m }

B { PK= 8387.010m ; Z=549.117m }

C { PK= 9045.679m ; Z=551.581m }

6.1. Calcul des pentes

- $P1 = \frac{\Delta Z1}{\Delta S} = \frac{549.117-555.245}{8387.010-7965.95} = -1.455\%$
- $P1 = \frac{\Delta Z1}{\Delta S} = \frac{569.584-551.581}{9862.557-9045.679} = 2.204\%$

6.2. Calcul des tangentes :

$$\boldsymbol{T = \frac{R}{2}(|p1|+|p2|)}$$

$$T = \frac{18000}{2}(001455+0.02204.) = 329.31\ m$$

6.3. Calcul des flèches :

$$\mathbf{H=\frac{T^2}{2R}} = \frac{(329.31)^2}{2*18000} = 3.01m$$

6.4. Calcul des coordonnées des points de tangentes :

B {
XB = XS – T = 8716.344 - 329.31 = 8387.034 m

ZB = ZS + T × |P1|= 544.323 + 329.31*0.01455 = 549.11
}

C {
XB = XS + T = 8716.344 + 329.31 = 9045.679 m

ZB = ZS + T × |P1|= 544.323 + 329.31*0.02204 = 551.581 m
}

6.5. Calcul de la longueur de raccordement :

L = 2 T =2 × 329.31 = 658.62 m

❖ **Remarque :**

Les résultats du calcul manuel sont presque les mêmes qui sont calcules par le logiciel Covadis.

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X, Y) en plan	Z TN (m)
			8179.241	552.141	641359.260, 3957817.950	566.533
Pente = -1.455 %	207.768	207.790				
			8387.010	549.117	641152.635, 3957839.602	550.070
Arc de parabole	658.669	658.710				
Rayon = 18000.0000						
S bas = 8648.994						
Z bas = 547.210						
			9045.679	551.581	640495.670, 3957844.382	543.102
Rampe = 2.204 %	805.749	805.945				

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama



Chapitre VIII : Profil en travers



1. Introduction :

Un profil en travers est une coupe en travers de la route. Il comprend entre autres les chaussées avec leurs voies, le terre-plein central quand il y en a un, les talus et les accotements.

Un profil en travers prend effet à un point donné d'une route. Tant qu'aucun autre n'est précisé, il reste valide. Il est de plus orienté dans les plans transversaux à la route à l'aide d'un pourcentage de déclivité appelée le divers.

2. Défèrent type de profils travers :

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

2.1. Profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (En remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

2.2. Profil en travers courants :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (Accidenté ou plat).

3. Les éléments de composition des profils en travers :

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

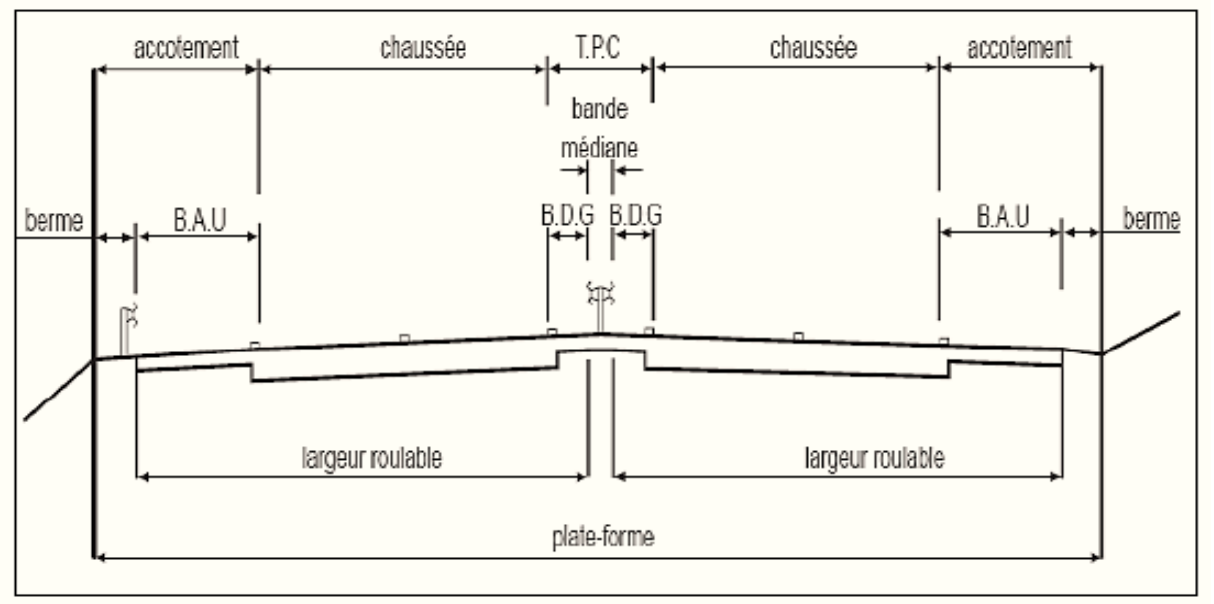


Fig VIII.1 : Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

T.P.C : Terreplein Central.
B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence.
B.D.G : Bande Dérasée de Gauche.

3.1. La chaussée :

La chaussée est la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en généra Elle assure les déplacements des usagers et le transport des marchandises, quelles que soient les conditions météorologiques, dans des conditions de sécurité et de confort adapté au type d'itinéraire.

3.2. La largeur roulable :

La largeur roulable est définie comme étant la largeur comprise entre dispositifs de retenue ou bordures ; elle comprend, donc outre la chaussée, proprement dite toutes les surlargeurs éventuelles telles que bande dérasée et bande d'arrêt.

3.3. La plate-forme :

La plate-forme d'une route désigne, au sens géométrique, la surface de la route qui comprend la ou les chaussées, les accotements et éventuellement les terre-pleins. Elle peut aussi désigner la structure qui supporte la chaussée.

3.4. Assiette :

Champ du terrain occupé par la chaussée, elle comprend les accotements ; les fossés et l'encombrement total des ouvrages.

3.5. L'emprise :

L'emprise d'une route désigne la surface du terrain occupé par la route et toutes les dépendances indispensables à sa tenue, à savoir la plate-forme, les fossés et les talus, ainsi que l'ensemble des espaces ou voies nécessaires à son entretien ou à son exploitation.

3.6. Les accotements :

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

Pour les routes multifonctionnelles le terre-plein central a pour fonctions d'éviter les mouvements de traversée des véhicules et les mouvements de tourne-à-gauche vers les accès éventuels. Ses caractéristiques dépendent essentiellement du milieu traversé, des fonctions de la route et de la limitation de vitesse.

3.7. Fossé :

Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus).

4. Le profil en travers de l'évitement :

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

- Deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune : (2 x 3,5) x 2 = 14,00m.
- Un terre-plein central de 2 m.
- Une B.D.U de 2.5 m pour chaque côté : 2 x 2.5= 5m.
- Une Berme de 1 m pour chaque côté : 2 x 1= 2 m.
- La largeur de la plate-forme est de 23 m

5. Profil en travers des bretelles :

L'étude du trafic a mentionné qu'il était seulement nécessaire d'avoir une voie pour assurer les bonnes conditions aux mouvements des véhicules entre les différents itinéraires, le profil en travers des chaussées des bretelles est :

- Une chaussée d'une seule voie de 4m+S, avec : S = 50/R
- Une B.D.D de 1 m pour chaque côté.
- Une B.D.G de 0.5 m pour chaque côté.
- Une Berme de 1 m pour chaque côté.



Chapitre IX : Les Cubatures



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

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

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

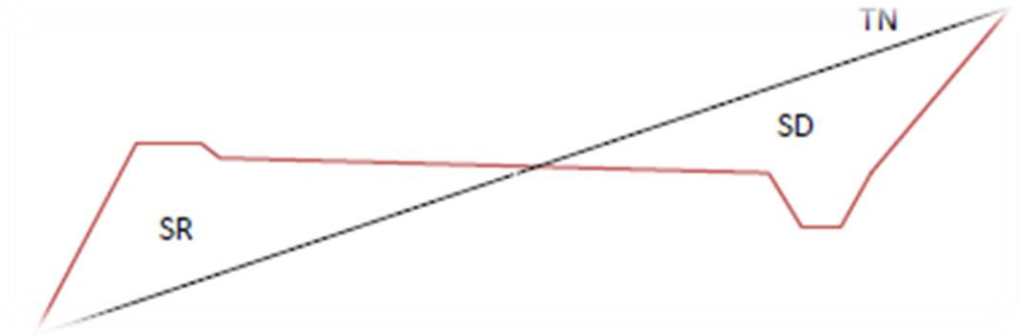
Pour atteindre l'économie maximale du point de vue du coût des terrassements il faut bien :

- ✓ Mettre en œuvre le minimum de matériau.
- ✓ Equilibrer les mouvements des terres (déblais- remblais).
- ✓ Minimiser la distance de transport.
- ✓ Quantifier le déblai mis en remblai.

2. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses. Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.



TN : terrain naturel

SR : surface remblai **SD :** surface déblai

2.1. Formule de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste a calculé le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$\mathbf{V = \frac{L}{6}\,(S1 + S2 + 4 \times Smoy)}$$

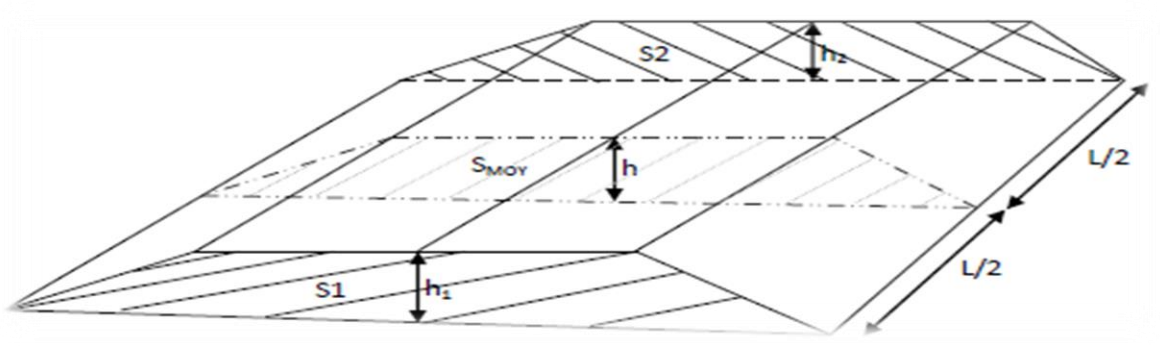


Fig IX.1 : Les section des profils en travers d'un tracé donné

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

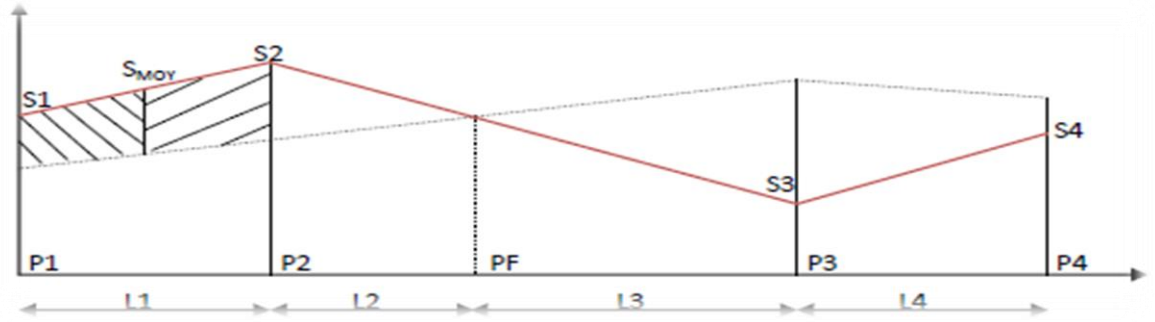


Fig IX.2 : schématisation des déblais et remblai sur le profil en long

PF : profil fictive, surface nulle

Si : surface de profil en travers Pi

Li : distance entre ces deux profils

Smoy : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

- Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisine les deux expressions Smoy et $\frac{(S1+S2)}{2}$

Ceci donne : $$\mathbf{V = \frac{Li}{2}\ (S_i + S_{i+1})}$$

- $V = \frac{L1}{2}\ (S_1 + S_2)$ volume Entre P1 et P2
- $V = \frac{L2}{2}\ (S_2 + 0)$ volume Entre P2 et Pf
- $V = \frac{L3}{2}\ (0 + S_3)$ volume Entre Pf et P3
- $V = \frac{L4}{2}\ (S_3 + S_4)$ volume Entre P3 et P4

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

$$V = \frac{L1}{2}S1 + \frac{L1+L2}{2}S2 + \frac{L2+L3}{2} \times 0 + \frac{L3+L4}{2}S4$$

2.2. La 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 de sens.

2.3. 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.

- **Remarque :**

La méthode de calcul la cubature a été utilisé c'est la méthode de **gulden**.

Chapitre X : Ouvrage d'art

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

L'objectif est de déterminer, du point de vue technique et économique, le type d'ouvrage capable de satisfaire le mieux possible à toutes les conditions imposées et les contraintes existantes. Pour cela, il faut connaître cet ensemble de contraintes et conditions pour pouvoir envisager des solutions qui apparaissent à première vue comme les meilleures et qui feront l'objet d'une étude plus approfondie pour aboutir à la meilleure solution techniquement et économiquement. Cette opération fait appel à l'expérience et les connaissances de l'ingénieur.

2. Présentation et choix d'ouvrage :

Notre ouvrage d'art est constitué par un pont de l'évitement Nord-Ouest passage supérieur.

2.1. Profil en long

Notre choix s'est porté sur un pont à poutre précontrainte car nous sommes obligés de respecter le gabarit minimum qui est de 5,25m. Il est constitué d'une travée isostatique de longueur de 20m, Cette dernière reposant sur deux culées de hauteur totale H=6.15m.

2.2. Description de l'ouvrage

L'ouvrage se trouve au PK13+592, il comporte les caractéristiques suivantes :

- Gabarit : en Algérie il est réglementé que le passage sur une autoroute doit respecter un gabarit de 5,25m.
- Largeur roulable : Lr = 12m.
- Nombre de voies : une voie de 4.75 m.
- Largeur totale de pont entre garde-corps est : 16m
- Longueur total (portée) : L = 20m.



Chapitre XI : Les Carrefours



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Définition :

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau.

Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

1.1. Carrefour à trois branches (en T) :

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

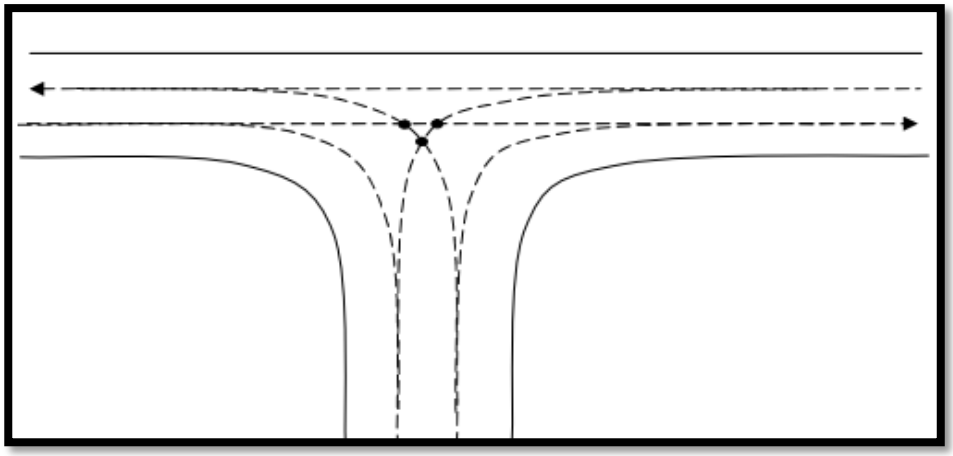


Figure XI.1 : Carrefour en T

1.2. Carrefour à trois branches (en Y) :

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

A : divergence, **B** : croisement dangereux, **C** : convergence.

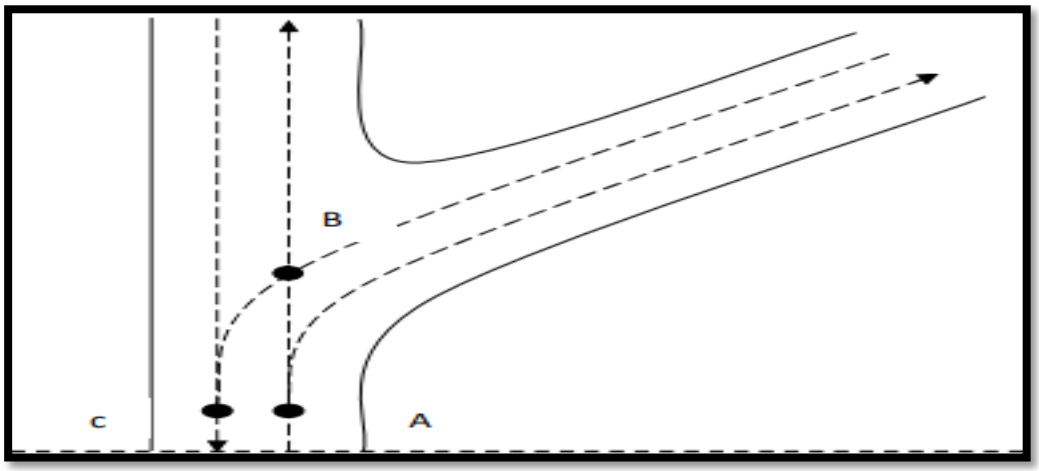


Figure XI.2 : Carrefour en Y

1.3. Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

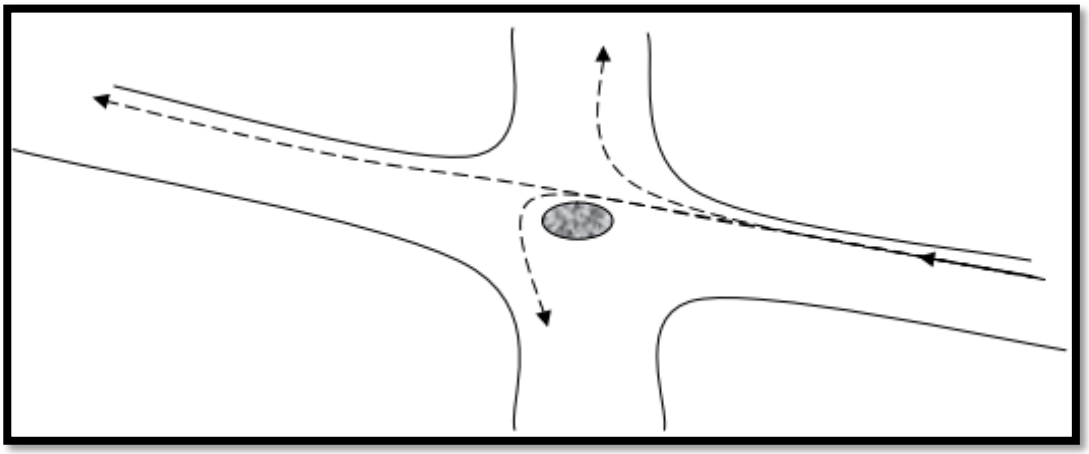


Figure XI.3 : Carrefour en X

1.4. Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale).

Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond-point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

2. Données utiles à l'aménagement d'un carrefour :

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans le futur.
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Le respect de l'homogénéité de tracé.
- La surface neutralisée par l'aménagement.
- La condition topographique.

3. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour :

3.1. La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.
En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).

3.2. Triangle de visibilité :

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

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

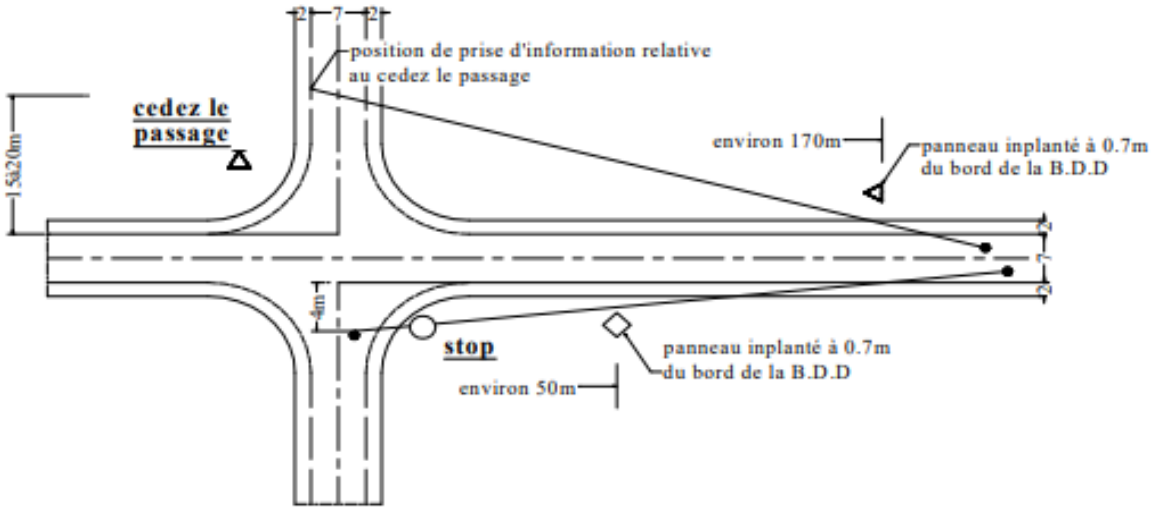


Figure XI.4 : Triangle de visibilité.

3.3. Données de base :

3.1. La vitesse d'approche :

La vitesse d'approche à vide V_0 dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de référence. Selon B40 : Elle est donnée par le tableau suivant :

Tableau XI.1 : la vitesse d'approche

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

D'après le **B40** :

- ✓ En catégorie **1** et environnement **2** sur un alignement : **V0 = 100km/h**
- ✓ a = 2.5 m (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt)

* dp1 = 70 m. * dp2 = 160 m.

* dNp1 =120 m. * dNp2 = 100m.

Avec :

dNp : distance d'arrêt des véhicules non prioritaire.

dp : distance parcoure par la véhicule prioritaire pendant freinage éventuel du véhicule non prioritaire

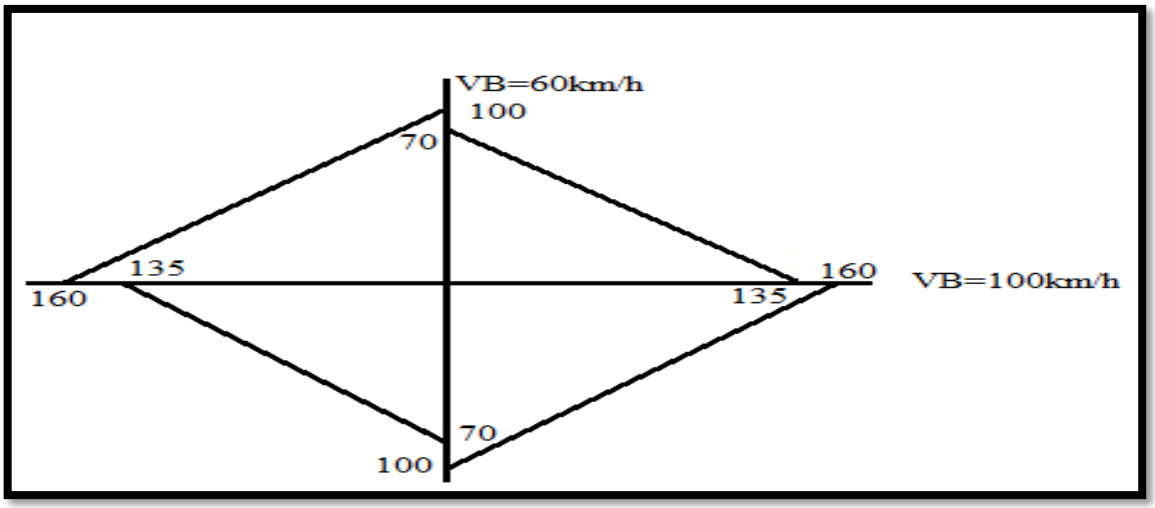


Figure XI.5 : schéma présent dNp et dp.

3.2. Les îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les vois de circulation.

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

- Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.
- Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.
- Longueur de l'îlot : 15 m à 30 m.

3.3. Ilot directionnel :

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie, leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1 m

3.4. Les couloirs d'entrée et de sortie *:*

Largeur des couloirs : Entrée 4m (accotement dérasé 1.5m).

Sortie 5m (accotement dérasé0.5m).

Pour les routes de 2×2 voies : Entrée 7m.

Sortie 7m.

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

4. Application au projet :

Pour notre cas on adopte pour l'itinéraire trois carrefours en giratoire qui sont aménagés comme suit :

4.1. Le premier carrefour :

C'est un carrefour en **giratoire** qui se trouve au niveau de croisement d'évitement nord-ouest (RN**40)** et notre projet périphérique m'tarfa au (PK **0+000)**.

❖ **Les différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie :**

- ✓ Rayon du giratoire Rg = 20 m.
- ✓ Largeur de l'anneau La = 8 m.
- ✓ Rayon intérieur Ri = 12 m.
- ✓ Rayon d'entrée R_e = 12 m.
- ✓ Largeur de la voie entrante Le = 4 m.
- ✓ Rayon de sortie Rs = 20 m.
- ✓ Largeur de la voie sortante Ls = 4.5 m.
- ✓ Rayon de raccordement Rr = 80 m.

4.2. Le deuxième carrefour :

C'est un carrefour en giratoire qui se trouve au niveau du croisement de route et notre projet périphérique M'tarfa au (PK **6+977)**.

❖ **Les différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie :**

- ✓ Rayon du giratoire Rg = 20 m.
- ✓ Largeur de l'anneau La = 8 m.
- ✓ Rayon intérieur Ri = 12 m.
- ✓ Rayon d'entrée R_e = 12 m.
- ✓ Largeur de la voie entrante Le = 4 m.
- ✓ Rayon de sortie Rs = 20 m.
- ✓ Largeur de la voie sortante Ls = 7 m.
- ✓ Rayon de raccordement Rr = 80 m.

4.3. Le troisième carrefour :

C'est un carrefour giratoire qui se trouve au niveau du croisement de **RN45** et notre projet périphérique M'tarfa (au **PK 9+260**).

❖ **Les différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie :**

- ✓ Rayon du giratoire Rg = 20 m.
- ✓ Largeur de l'anneau La = 8 m.
- ✓ Rayon intérieur Ri = 12 m.
- ✓ Rayon d'entrée R_e = 12 m.
- ✓ Largeur de la voie entrante Le = 4 m.
- ✓ Rayon de sortie Rs = 20 m.
- ✓ Largeur de la voie sortante Ls = 7 m.
- ✓ Rayon de raccordement Rr = 80 m.



Chapitre XII : Étude géotechnique



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol ou sera implanté notre aménagement. Pour cela, une compagne de sondage doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, de dimensionner la chaussée et, éventuellement, les fondations des ouvrages d'art prévus.

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

2. Objectif :

- 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.

3. Les travaux de reconnaissance :

3.1. L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

3.2. Les différents essais en laboratoire :

2.1. Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 mm); C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

2.2. Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (Wp) et limite de liquidité (WL), 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 a une faible valeur de l'indice de plasticité (IP = WL – WP), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

2.3. 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.

2.4. 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.

2.5. 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 le **LA** est élevé, moins le granulat est dur.

2.6. 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.

3.3. Les essais in situ :

3.1. Les essais de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie Z, le déplacement, la pression q0 le rayon de charge a et la caractéristique du massif E2, υ2. Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : E = 5CBR.

3.2. Les essais pressiométriques :

Il s'agit d'un essai de chargement statique du terrain en place effectué grâce à une sonde cylindrique dilatable radialement introduite dans un forage.

On détermine trois paramètres : un module de déformation du sol, une pression dite de fluage et une pression dite limite.

4. Résultats des essais de laboratoire :

- Les analyses granulométriques montrent que Dmax < 50mm et 0.98% à 4.12% des éléments passant au tamis 80 µm, donc ce sont des sols sableux et graveleux avec fines de classe B3 qui sont d'après le guide GTR des matériaux graveleux généralement insensibles à l'eau et peu érodables. Pour certains d'entre eux (sol homometrique), la traficabilité peut être améliorer par un arrosage.
- Ces sols présentent des densités sèches γd faibles de 16.67KN/m3 à 17.12KN/m^3, et des teneurs en eau naturelles ωn moyennes de 7.56% à 9.56%.
- L'indice de plasticité Ip est compris entre 7.15% et 8.25%, donc ces sols sont plastiques.
- Les limites d'Atterberg permettent de classer ces sols parmi les argiles peu plastiques.

➢ **Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :**

- Toutes situations météorologiques.
- Compactage moyen.



Chapitre XIII : Corps de chaussée



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

Le corps de chaussée est dimensionné pour supporter la circulation du trafic (action des essieux Des véhicules) ainsi que les agressions des agents extérieures (des gradients thermiques, pluie Neige, verglas…etc.), pour une durée bien déterminée.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle –ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Pour cela, on appliquera les deux méthodes les plus appliquées en Algérie, à savoir :

- La Méthode CBR,
- La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001 CCTP).

Par conséquent, on effectuera une analyse comparative des deux méthodes et le choix du corps de chaussée à adopter à notre projet sera retenu respectivement selon les critères géomécaniques et économiques.

2. Définition de la chaussée :

2.1. Sens géométrique :

Partie de la route aménagée pour la circulation des véhicules, elle est constituée d'une ou plusieurs voies.

2.2. Sens structurel :

C'est 'ensemble des couches de matériaux superposée qui permettent la reprise des charges.

3. Différents types de chaussées :

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

1) Chaussée souple.
2) Chaussée semi-rigide.
3) Chaussée rigide.

3.1. Chaussée souple :

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

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

1.1. Couche de roulement (surface) :

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

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

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

1.2. Couche de base :

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

1.3. Couche de fondation :

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

1.4. Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

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

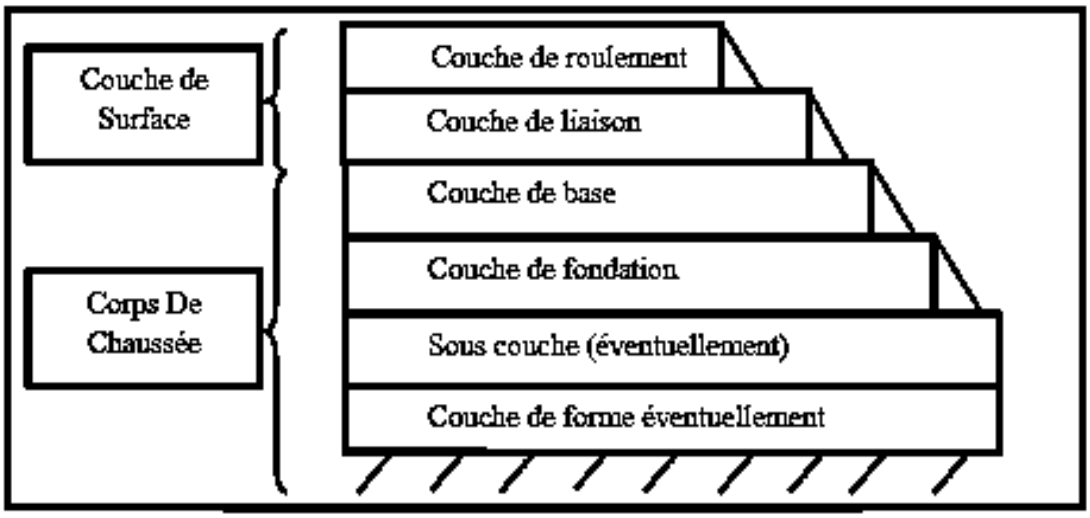


Fig XIII.1 : Coupe type d'une chaussée

3.2. Chaussée semi–rigide :

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,). La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

3.3. Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé.

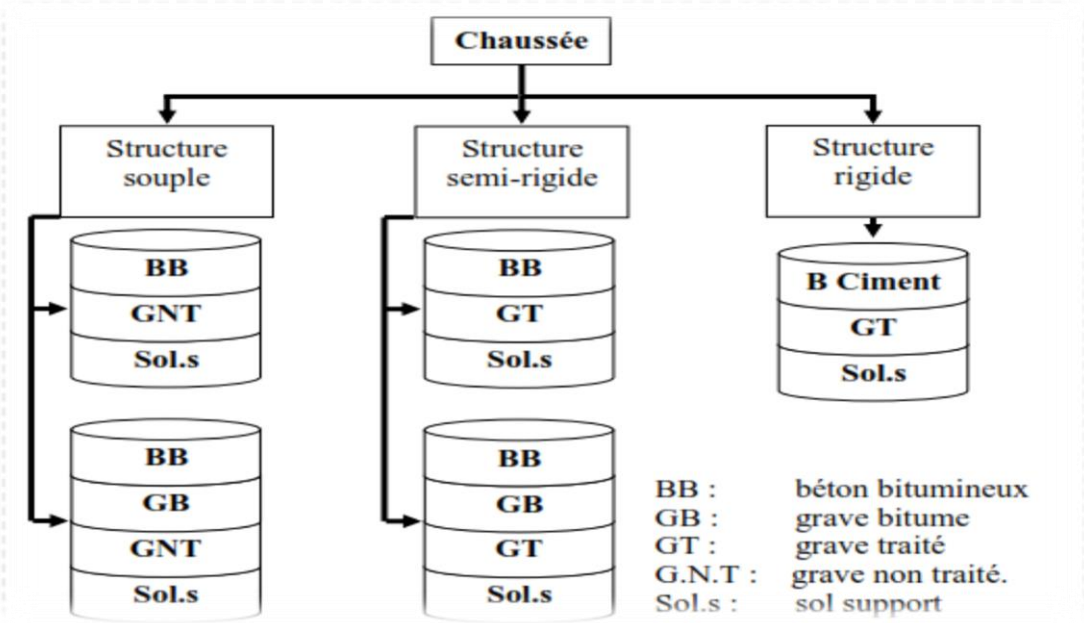


Fig XIII.2 : Différents type de chaussée et leurs structures.

4. Les principales méthodes de dimensionnement :

4.1. Les méthodes empiriques :

Ces méthodes se basent sur des observations et planches d'essais, elles s'appuient sur trois paramètres :

- ✓ La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- ✓ Le trafic par une charge unitaire dite de référence.
- ✓ Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches.

On peut citer : **Méthode C.B.R** (**C**alifornia – **B**earing – **R**atio) ;

4.2. Les méthodes rationnelles :

Ces méthodes se basent sur la connaissance du sol, des matériaux mis en place et du trafic envisagé, et font appel à des modèles mathématiques élaborés. Ces modèles fournissent les contraintes, déformations et déplacements à différents niveau. On peut citer:

- ✓ Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).
- ✓ Méthode du catalogue des structures (Catalogue des structures type neuf établis par SETRA).

5. Application au projet :

Pour le dimensionnement du corps de chassée nous allons utiliser deux méthodes :

5.1. Méthode C.B.R :

C'est une méthode semi-empirique, basé sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des échantillons de 90 à 100% de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'au moins 15 cm. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

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

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

e : épaisseur totale du corps de chaussée.

Icbr : indice CBR.

N : désigne Traffic poids lourd à l'année horizon

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

Log : logarithme décimal.

On a : $\mathbf{TPL_{20}\ ans = TJMA_{2044} * (\%PL)}$

Donc : TPL_{20} **ans** = 9793 * 0.835 = 8354 PL/j

Et comme notre Chaussée est bidirectionnelle à 2 voies → TPL_{20} **ans** = 4177 PL/j/sens

Alors : TPL_{20} **ans** $_{\text{voie plus chargée}}$ = 4177 x 0.9 = 3760 PL/j/vpc

$$e = \frac{100+\sqrt{6.5}\,(75+50\log(3760/10)}{10.2+5} = 40.75\text{cm GC}$$

On prend **e = 41cm GC**

$$\sum C_i.\ e_i = C_1\ e_1 + C_2\ e_2 + C_3\ e_3$$

Avec : **Ci** : coefficients d'équivalences. $\mathbf{e_i}$: épaisseurs réelles.

Tableau XIII.1 : des coefficients d'équivalences des matériaux

Nature matériau	Ci	Nature matériau	Ci
Béton bitumineux BB	**2**	Sable bitumineux	**1 – 1.2**
Grave Bitume GB	**1.5**	Grave concassée GC	**1**
Grave Ciment	**1.5**	Grave roulée TVO	**0.75**
Sable Ciment	**1 – 1.2**	Grave non traité GNT	**1**

Si $\mathbf{e_1}$ = 6cm, $\mathbf{e_2}$ =10cm ➡ $\mathbf{e_3} = \frac{41-(6\times2+10\times1.5)}{1}$ = 14cm

Tableau XIII.2 : Résultats de Calcul

Les Couches	E réelle (cm)	Ci	E équi (cm)
BB	6	**2**	12
GB	10	**1.5**	15
GNT	14	**1**	14
Epaisseur total	30		41

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

- **Couche de roulement (6cm)**
- **Couche de base (10cm)**
- **Couche de fondation (14cm)**



5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

2.1. Présentation de la méthode :

La démarche adoptée pour le catalogue fait appel aux spécifications géologiques et climatiques du pays ainsi qu'aux ressources en matériaux disponibles pour chaque région donc on doit tout d'abord définir les données de bases pour le dimensionnement de la chaussée.

2.2. Classement de la route dans le réseau principal :

Le réseau routier national est décomposé en deux niveaux :

1. **Le réseau principal de niveau 1 (RP1) :** Liaisons supportant un trafic supérieur à **1500 V/J.**
2. **Le réseau principal de niveau 2 (RP2) :** Liaisons supportant un trafic inférieur à **1500 V /J.**

On a un trafic à la mise en service est de **TJMA $_{(2024)}$ = 4469 v/j > 1500 V/j**

Donc notre projet est un réseau principal de niveau 1 **(RP1)**

2.3. Détermination de la classe du trafic :

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

TJMA $_{(2024)}$ = 4469 v/j ➡ TJMA $_{(2024)}$ = 2235 v/j/sens ➡ TJMA $_{(2024)}$ = 2012 v/j/vpc

Avec : **TPL $_{(2024)}$ = TJMA $_{(2024)}$ * Z**

Donc : **TPL $_{(2024)}$** = 2012 * 0.835 = **1680 PL/j/vpc**

➢ **Classes TPL_i pour RP1 :**

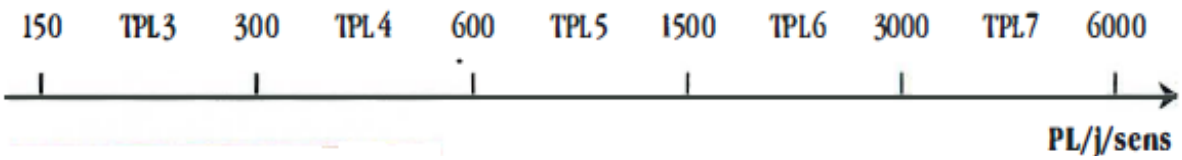


Fig XIII.3 : Classe du trafic TPLi

Alors notre trafic de poids lourd est de classe : **TPL6**

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

2.4. DONNEES D'ENTREES DU DIMENSIONNEMENT :

A. Les données climatiques

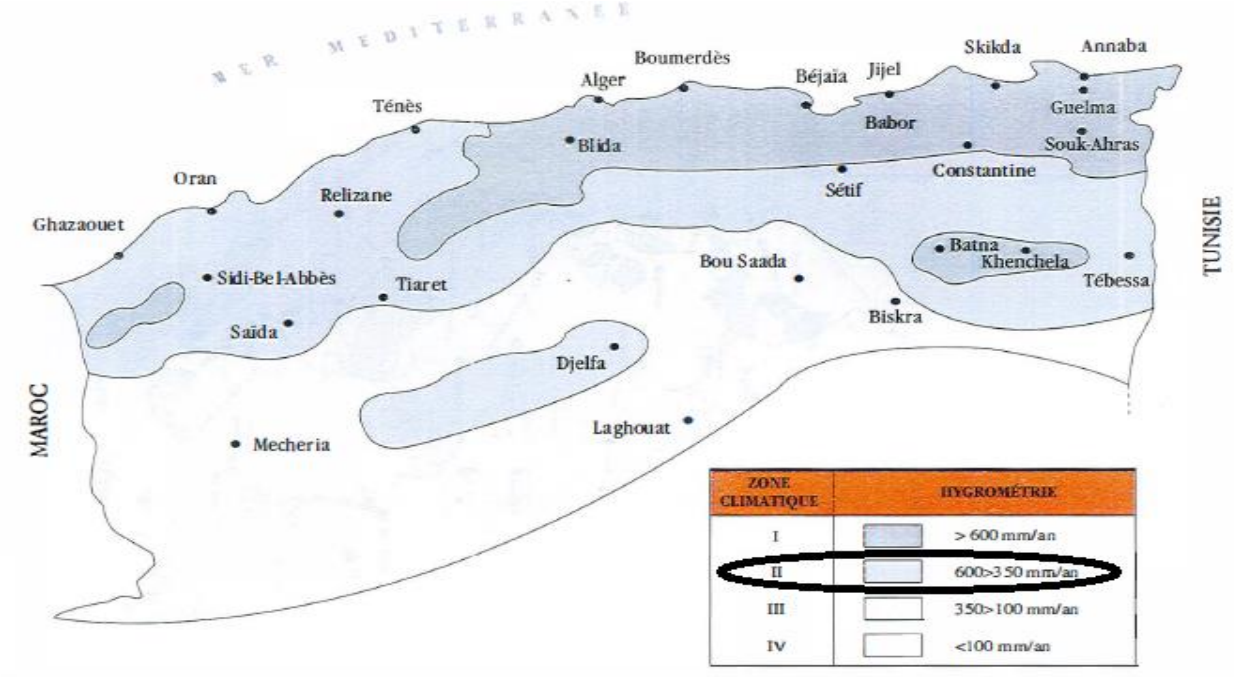


Fig XIII.4 : carte climatique de L'Algérie

D'après cette carte, le site de projet est classé en zone **II.**

❖ **Etat hydriques du sol-support :**

Tableau XIII.3 : Etat hydriques du sol-support

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
I	>600	Très humide	Nord
II	350-600	Humide	Nord Hauts-plateaux
III	100-350	Semi-aride	Hauts-plateaux
IV	<100	Aride	Sud

❖ **Cycles saisonniers de température :**

Les cycles saisonniers de température qui influent sur les caractéristiques mécaniques des matériaux bitumineux (GB, BB, SB) sont pris en compte à travers la notion de température équivalente.

❖ **La température équivalente :**

Tableau XIII.4 : Température équivalente

Zone climatique			
Température équivalente θeq (°C)	**I et II**	**III**	**IV**
	20	25	30

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001CCTP) », et comme le site de notre projet est classé en zone **II**, Donc on prend une température équivalente égale à **20°C.**

❖ **Type de structure :**

Tableau XIII.5 : récapitulatifs concernant les fiches structures pour

Type de matériau	Type de structure	Zone climatique
MTB	GB/GB	I, II
	GB/GNT	I, II
	GB/GNT	III
	GB/SG1	IV
	GB/TUF1	III
	GL/GL	I, II
MTLH	BCg/GC	I, II

- On est en zone **II** alors les structures possibles sont :

Pour MTB { GB/GB ; GB/GNT } Pour MTLH { GL/GL ; BCg/GC }

❖ **La durée de vie :**

Les durées de vie fixées par niveau de réseau principal (RP1.RP2) et par matériaux types sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau XIII.6 *:* Durées de vie adoptées

Niveau de réseau Principal	**Matériaux types**	**Structures types**	**Durée de vie (années)**
RP1	MTB	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG	20
	MTLH	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB	SB/SG	15

Notre projet : { RP1 ; MTB } Durée de vie égale à **20 ans**

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

❖ **Risque de calcul :**

Un risque **r%** sur une période prise pour le dimensionnement de la chaussée, est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de cette période des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.

Tableau XIII.7 : les valeurs du risque

Classe de trafic (TPLi)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	20	15	10	5	2

➡ **R (%) = 5%**

❖ **Trafic :**

1. **Calcul du trafic cumulé de PL (TCi) :**

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

$$TCi = TPLi * 365 * \frac{(1+i)^n}{i}$$

TCi : le trafic de Poids lourd sur la période considérée pour le dimensionnement.

TPLi : trafic poids lourd à l'année considérée (**2044**)

i : taux d'accroissement géométrique **(4%).**

n : durée de vie considérée (**20 ans**).

- On a TPL $_{(2044)}$ = 3760 PL/j/vpc

Alors : $$TCi = 3760 * 365 * \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04}$$

$$TCi = 40867435 \text{ PL/J/sens}$$

2. **Le Trafic cumulé équivalent (TCEi) :**

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée. Il donné par la formule suivante :

TCEi = TCi x A

A : coefficient d'agressivité des poids lourd par rapport à l'essieu de référence de **13 tonnes**.

Tableau XIII.8 : valeur du coefficient A

Niveau de réseau principal	Type de matériau et structure	Valeur de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume :GB/GB, GB/Tuf, GB/SG ...	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, Bcg/GC	1

MTB ➡ **A = 0.6** ➡ TCEi = 40867435 * 0.6 = **24520461 PL/J/sens**

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

❖ **Sol-support de chaussée :**

1. **Présentation des classes de portance des sols :**

- L'indice portant du sol est :

Tableau XIII.9 : classe de portance des sols Si

Portance Si	CBR
S4	<5
S3	5 – 10
S2	**10 - 25**
S1	25 - 40
S0	>40

2. **Classes de sols supports par niveau de réseau principal (RPi) :**

Les classes de portances de sols-support sont données dans le tableau ci-dessous.

Les valeurs des modules, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

E (MPa) = 5 x CBR

On a un CBR = 10.2 → E = 51 MPa

Tableau XIII.10 : Classes de portance à long terme du sol support

Classes de portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
Modules (MPa)	15	25	50	125	200

Donc la classe du notre sol support est **: S2**

2.5. Structure finale d'après le catalogue :

- Classe réseau : RP1.
- Classe du trafic : TPL6.
- Classe de portance : S2.
- Zone climatique : II.
- Type de structure choisie : GB/GB.
- Durée de vie : 20 ans.

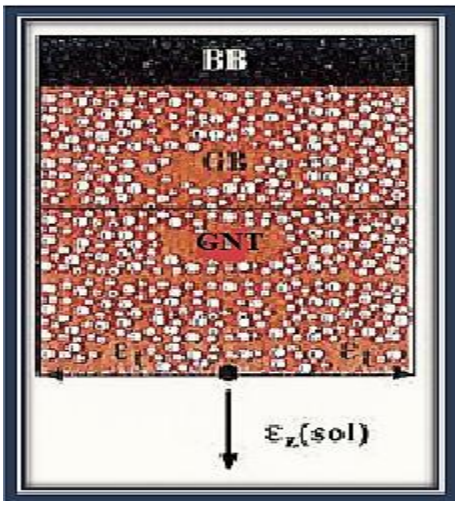
Donc d'après les structures proposées par le catalogue fascicule **III**, notre chaussée est constituée de :

- ✓ Couche de roulement : BB = 08 cm.
- ✓ Couche de base : GB = 12 cm.
- ✓ Couche de fondation : GB= 13 cm.

Pour le choix du corps de chaussée d'après les résultats récapitulatif, nous remarquons que la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves nous a donné des épaisseurs plus grandes que la méthode **CBR**.

Pour cela et il y a aussi des autres raisons économiques, On opte la Méthode **CBR**.

5.3. Mode de fonctionnement de la structure :



εt : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.
εz : étant la déformation verticale sur le sol support.

3.1. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Pour la structure donnée par **CBR :** **6BB+10GB+14GNT+50TUF**

Il faudra vérifier que **εt** et **εz** calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieurs aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à **εt**, adm et **εz**, adm.

1. Calcule de la déformation admissible sur le sol support :

$$\varepsilon z, adm = 22*10^{-3} * \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^{-0.235}$$

Avec : TCEi = **24520461 PL/J/sens**

Donc : **$\varepsilon z, adm = 4.035*10^{-4}$**

2. Calcul de la déformation admissible de traction (εt, adm)

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\varepsilon t, adm = \varepsilon 6\ (10°c, 25Hz) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Avec :

- ✓ **ε**6 (10°c, 25Hz) : déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.
- ✓ Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée ;
- ✓ Kθ : facteur lie à la température ;
- ✓ Kr : facteur lié au risque et aux dispersions ;
- ✓ Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

Tableau XIII.11 : performances mécaniques des matériaux

MTB	E(30°,10Hz) (MPa)	E(20°,10Hz) (MPa)	E(10°,10Hz) (MPa)	ε6(10°,25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (Cm)	θ	Kc
BB	2500	4000	-	-	-			0.35	-
GB	3500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3
SB	1500	-	300	245	7.63	0.68	2.5	0.45	1.3

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

- $\varepsilon 6\,(10°c, 25Hz) = 100\times10^{-6}$
- $Kne = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b = 1.59$ avec b=-0.146
- $K\theta = \sqrt{\frac{E(10°c)}{E(\theta eq)}} = 1.33$
- $Kr = 10^{-tb\delta} = 0.717$

Avec :

- t = f(r%) donc : r% =5% → t = -1.645
- b = 0.146
- $\delta = \sqrt{SN^2 + \frac{C}{b}Sh^2} = 0.6$
- Kc = 1.3

Alors : $\varepsilon t,adm = 1.97*10^{-4}$

3. Résultats de calcul par Alize III :

épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
0,06	4000	0,350	BB
0,1	7000	0,350	gb1
0,14	7000	0,350	gnt
0,25	140	0,25	tuff
0,25	70	0,25	tuff
infini	50	0,35	autre

4. Résultats de la simulation :

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	55,5	0,421	12,4	0,660
	collé		0,060	28,6	0,330	58,8	0,608
0,100	7000,0	0,350	0,060	28,6	0,559	18,2	0,608
	collé		0,160	-14,3	-0,009	38,5	0,279
0,140	7000,0	0,350	0,160	-14,3	-0,009	38,5	0,279
	collé		0,300	-88,4	-0,861	82,0	0,023
0,250	140,0	0,250	0,300	-88,4	-0,008	183,7	0,023
	1/2collé		0,550	-124,5	-0,018	155,5	0,013
0,250	70,0	0,250	0,550	-41,4	0,000	180,1	0,013
	glissant		0,800	-107,3	-0,006	202,4	0,011
infini	50,0	0,350	0,800	42,3	0,009	90,6	0,011

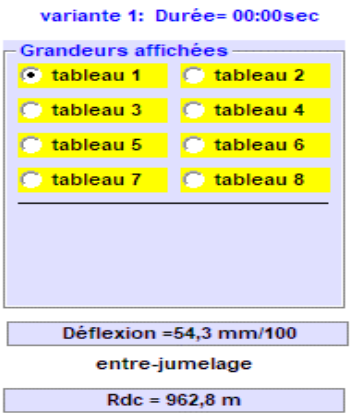


Tableau XIII.12 : tableau récupératif des résultats

	Déformations admissibles	**Déformations calculées**
εz sol support	$4.035*10^{-4}$	$1.83*10^{-4}$
εt à la base de GNT	$1.97*10^{-4}$	$0.88*10^{-4}$

$\varepsilon t < \varepsilon t,adm$ et $\varepsilon z < \varepsilon z,adm$

Donc La structure 6BB + 12GB + 20GC+50TUF est donc vérifiée.

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

6. Echangeurs :

Il est supposé que les bretelles des échangeurs supportent les deux tiers (2 /3) 67% du trafic drainé par chaque sens de l'autoroute, le trafic lourd considéré dans le calcul est de :

N = 2507 PL/J/vpc

$$e = \frac{100 + \sqrt{p}\,(75 + 50\log\left(\frac{N}{10}\right))}{Icbr + 5}$$

Avec :

e : épaisseur totale du corps de chaussée.

Icbr : indice CBR.

N : désigne Traffic poids lourd à l'année horizon

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

Log : logarithme décimal.

- **Application numérique :**

$$e = \frac{100+\sqrt{6.5}\,(75+50\log\,(2507/10)}{10.2+5}\ 39.28 \cong 40\ \text{cm}$$

Alors on va prendre la même structure de celle de la route parce que pas de grande différence entre les deux épaisseurs.

- **Couche de roulement (BB)(6cm)**
- **Couche de base (GB) (10cm)**
- **Couche de fondation (GNT) (14cm)**



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Chapitre XIV : Assainissement

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, 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

Les effets de l'eau sur la route sont de deux sorties :

- Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, etc.)
- Influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

C'est pourquoi l'étude hydraulique, nécessite une parfaite connaissance des données climatiques et pluviométriques les pour la détermination des débits des crues.

2. Les dégradations provoquées par les eaux :

2.1. Pour les chaussées :

- ✓ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- ✓ Désenrayage.
- ✓ Décollement des bords (affouillement des flancs).

2.2. Pour les talus :

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

3. Objectif de l'assainissement :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée.
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

4. Type de canalisations :

4.1. Collecteur principal (canalisation) :

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs Secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

4.2. Chambre de visite (cheminée) :

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

4.3. Sacs :

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

4.4. Fossés de crêtes :

Outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des puits.

4.5. Descente d'eau :

Draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

4.6. Le regard :

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

5. Assainissement de la chaussée :

L'emprise de la voie express doit être assainie et ce conformément aux normes du B40 du Ministère de l'Equipement.

Des ouvrages d'assainissement ont été projetés dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de l'autoroute dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

5.1. Fossé de pied du talus de déblai :

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

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

5.2. Fossé de crête de déblai :

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

5.3. Fossé de pied de talus de remblai :

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

5.4. Drain :

Le drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

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

6. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation :

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, sa pente puis à vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, et pour cela on utilise la formule :

$$Qa = Qs$$

- Qa : Débit d'apport en provenance du basin (m3/s).

Le débit d'apport est calculé en appliquons la formule de la méthode Rationnelle :

$$Qa = K.C.I.A$$

- **Q** : Débit maximum d'eau pluviale (m3 /s).
- **C** : Coefficient de ruissellement
- **I :** Intensité de la pluie (mm/h).
- **K** : Coefficient de conversion des unités.
- **A** : Aire de bassin d'apport (km²).

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

❖ **Q*s*** : Débit d'écoulement au point de saturation (m3/s).

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

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

- **Rh** : rayon hydraulique.
- **i** : pente de l'ouvrage d'évacuation
- K_{st} : coefficient de rugosité k_{st} =30 (fossé en terre).
- **S** = section du profil mouille / périmètre du profil mouille.

6.1. Détermination de l'intensité :

Les intensités de pluie pour l'estimation des débits de récurrence décennale Q_{10} sont établies par la formule **MONTANA** :

$$I\ (t, T) = a(T)/(t_c)^b$$

Avec :

- ✓ **I :** Intensité de pluie pour une durée égale au temps de concentration exprimée en (mm/h) ;
- ✓ **a (T) :** Intensité de la pluie de durée d'une heure ;
- ✓ **T :** Période de retour exprimée (en années) ;
- ✓ t_c **:** Temps de concentration en heure ;
- ✓ **« a »** et **« b »** : Paramètres de MONTANA proviennent des données qui nous ont été remises par l'ANRH (Agence National des Ressources Hydrauliques).

L'application de cette formule donnée les valeurs des intensités représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIV.1 : Valeurs des intensités obtenues en (mm/h) pour la station de M'sila

T	2	5	10	20	50	100
A (T)	10.7	16.0	19.4	22.8	27.1	30.3

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.

1.1. Temps de concentration :

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

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

- ✓ Lorsque A < 5 km² : **(Ventura)** $t_c = 0.127.\sqrt{\frac{A}{P}}$.
- ✓ Lorsque 5km² ≤ A < 25 km² : **(Passini)** $t_c = 0.127.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$.
- ✓ Lorsque 25 km² ≤ A < 200 km² : **(Giandothi)** $t_c = \frac{4\sqrt{A}+1.5L}{0.8\sqrt{H}}$.

Avec :

- t_c : Temps de concentration (heure).

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

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

6.2. 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.

Tableau XIV.2: coefficients de ruissellement

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue 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

7. Système de drainage longitudinal :

7.1. Dimensionnement des fossés :

Le dimensionnement se fait dans le cas défavorable, où il y a un grand espace, entre le **PK12+ 712** à **PK12+984** de longueur **272 m**.

La hauteur des talus est importante alors on prévoit des fosses en béton armé d'une forme trapézoïdale

Dans notre projet nous avons un terrain plat donc les fossés droits et gauches sont de même dimensionnement.

Le profil en travers hypothétique d'un fossé est donné dans la figure ci-dessous avec :

- **S_m** : surface mouillée.
- **U** : périmètre mouillé.
- **R** : rayon hydraulique R = S_m /U.
- **P** : pente du talus P =1/n.

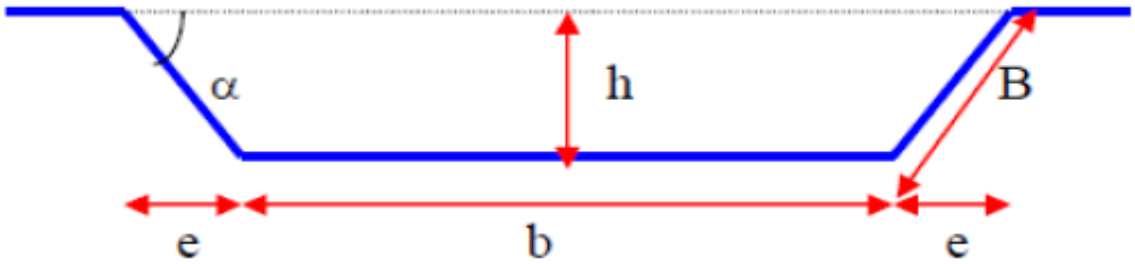


Fig XIV.1 : Structure du fossé type trapézoïdal Fossé en béton armée

On fixe la base du fossé à (b = 50 cm) et la pente du talus à (1/n =1/1.5) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h.

7.2. Calcul de la surface mouillée :

S_m = b.h + 2. (e.h) /2

tg α = h/e = 1/n d'où e = n.h

S_m = b.h + n.h2 = h. (b + n.h)

- **S_m = h. (b + n.h).**

7.3. Calcul du périmètre mouillé :

P_m = b + 2B

Avec B = $\sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1 + n^2}$

- **P_m = b + 2.h$\sqrt{1 + n^2}$.**

Les dimensions du fossé obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport Q_a et débit de saturation Q_s.

7.4. Calcul le rayon hydraulique :

$$R_h = S_m/P_m = \frac{h.b+n.h}{b+2h\sqrt{1+n^2}}.$$

7.5. Calcul des dimensions des fossés :

La section transversale des fossés peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme trapézoïdale et triangulaire.

Pour le dimensionnement des fossés on prend **:** une période de retour de 20ans.

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}.(Rh)^{2/3}.(i)^{1/2}.S_m$$

D'où Q = F(h).

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation. Qa = Qs = F(h) et le calcul se fera par itération.

$Q_a = Q_s = K_{st}.(Rh)^{2/3}.(i)^{1/2}.S_m$ (formule de Manning Strickler).

$$\Longrightarrow \quad Q_a = Q_s = (K_{st}.(i)^{1/2}).\ h.(b+n.h).\frac{h.b+n.h}{b+2h\sqrt{1+n^2}}.$$

7.6. La surface de bassin versant :

On considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus : été prise défavorable égale (10m).

Donc :

- $Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$
- $Q_c = K.I.C_c.A_c$
- $Q_A = K.I.C_A.A_A$
- $Q_t = K.I.Ct.A_t$

Avec :

- **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.

- $\mathbf{A_c}$: surface de la chaussée.
- $\mathbf{A_A}$: surface de l'accotement.
- $\mathbf{A_t}$: surface du talus.

6.1. Calcul de surface :

Tableau XIV.3 : Les données des sous bassins versants

SBV	Longueur (m)	Pente (%)
Chaussée	7	2.5
BAU	2.5	2.5
Berme	1	4
Talus	21	100

Surface des sous bassins versants (S.B.V) :

La surface est égale à la largeur de SBV × la longueur de fossé à dimensionner.

Tableau XIV.4 : Les surfaces des sous bassins versants

SBV	A (km^2)	A (ha)
Chaussée	$7\times10^{-3}\times0.272 = 1.904\times10^{-3}$	0.1904
BAU	$2.5\times10^{-3}\times0.272 = 0.544\times10^{-3}$	0.0544
Berme	$1\times10^{-3}\times0.272 = 0.272\times10^{-3}$	0.0272
Talus	$21\times10^{-3}\times0.272 = 5.712\times10^{-3}$	0.5712

Donc la surface inférieure à 5 (Km2) :

On calcule à l'aide de la formule de **VENTURA :** $\mathbf{t_c = 0.127.\sqrt{\frac{A}{P}}}$

Tableau XIV.5 : Calcul de Temps de concentration

SBV	t_c (h)	t_c (min)
Chaussée	0.0351	2.106
BAU	0.0187	1.22
Berme	0.0105	0.63
Talus	0.00096	0.0576

Les intensités de pluie calculée par la formule **MONTANA** :

$$\mathbf{I\ (t, T) = a(T)/(t_c)^b}$$

Voici les données hydrologiques de la zone d'étude (la région de M'sila) avec une période de retour égale à 10 ans donc **a=19.4** et climatique de la région **b=0.80**

Tableau XIV.6 : Calcul de l'intensité

SBV	I (mm / h)
Chaussée	282.85
BAU	468.09
Berme	742.76
Talus	5034.83

6.2. Calcul des débits :

Tableau XIV.7 : Le débit équivalent des bassins versants

SBV	K	C	I (mm/h)	A (km^2)	Q_a (m^3/s)
Chaussée	0.278	0,95	282.85	1.904×10^{-3}	0.1422
BAU	0.278	0,95	468.09	0.544×10^{-3}	0.0673
Berme	0.278	0,20	742.76	0.272×10^{-3}	0.0112
Talus	0.278	0,30	5034.83	5.712×10^{-3}	2.3985
TOTAL					**2.6192**

- On pose : b =0.5 m et Pour un angle de 45°=> m = 1.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on met : I=0.02 c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

KST : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton collé sur place).

Donc on obtient la formule suivante :

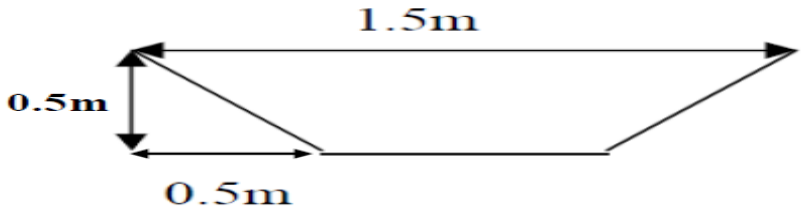
$$\mathbf{h} = \left[\frac{Q_a}{K_{st}\times b\times I^{1/2}}\right]^{3/5} \times \frac{\left[1+2\sqrt{2}\times\frac{h}{b}\right]^{2/5}}{1+\frac{h}{b}}$$

$$h = \left[\frac{Q_a}{K_{st}\times b\times I^{1/2}}\right]^{3/5} \times \frac{\left[1+2\sqrt{2}\times\frac{h}{b}\right]^{2/5}}{1+\frac{h}{b}} = \left[\frac{2.6192}{70\times0.5\times0.02^{1/2}}\right]^{3/5} \times \frac{\left[1+2\sqrt{2}\times\frac{h}{0.5}\right]^{2/5}}{1+\frac{h}{0.5}} = \mathbf{0.46}$$

D'Après le calcul itératif on trouve **: H = 0.46 m**

- ✓ **Fossé trapézoïdal** :

Pour des raisons de sécurités on prend un fossé standard (b = 0.5m ; h=0.5m ; B=1.5m)



8. Système de drainage transversal :

Les ouvrages d'assainissement utilisés ce sont des aqueducs qui ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible ; si le volume est plus important on construira alors des ponceaux ou des dalots.

La section transversale des dalots peut avoir diverses formes, dont les plus utilisées sont la forme circulaire et rectangulaire.

8.1. Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses on prend $\mathbf{Q_a = Q_s}$

$$\mathbf{Q_s = K_{st}.\ (R_h)^{2/3}.\ (I)^{1/2}.\ S_m} \quad \text{et} \quad \mathbf{Q_a = K.\ C.\ I.\ A}$$

Nous avons :

- $Q_a = 2.6192\ m^3/s$

A.N :

On a :

- $\mathbf{S_m}$: surface mouillée = (1/2) x π x R^2(pour une hauteur de remplissage égale à 0.5Φ).
- $\mathbf{P_m}$: périmètre mouillée = π x 2R.

- **R_h** : rayon hydraulique = $\frac{S_m}{P_m}$ = R/2.
- **K_{st}** =80 (pour les buses).
- **i** : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s. pour notre cas ; On a I = 2% dans une section en béton armé.

A.N:

$Q_a = Q_s = 80.(R/2)^{2/3}.(\pi/2).R^2.(0.02)^{1/2}$ ⟶ $\mathbf{R} = \sqrt[\frac{8}{3}]{\frac{Q_a}{\frac{80}{2^{2/3}\times\frac{\pi}{2}\times 0.02^{1/2}}}}$

Donc : R = 0.580 m = 580 mm ⟶ R ~ 600 mm

Alors : on prend des buses de diamètre Φ = 1200mm

8.2. Dimensionnement des dalots :

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans notre projet, les dalots sont en béton.

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à ρ = 0.8h.

Donc :

- ✓ La section mouillée : $S_m = (0.8H).b$
- ✓ Le périmètre mouillé : $P_m = 2.(0.8H) + b$
- ✓ Le rayon hydraulique : $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8H\times b}{1.6H\times b}$

⟹ $Q_s = K_{st}.\left(\frac{0.8H\times b}{1.6H\times b}\right)^{2/3}.(i)^{1/2}.(0.8H\times b)$

Donc : $Q_a = Q_s = K.C.I.A$

Avec a **= *27.1*** et **b= 0.80** (paramètre de formule de montana pour les dalots dimensionnés pour une période de retour 50 ans.)

Et par calcul itérative, on tire la valeur de **h** qui vérifie cette inégalité.

A.N :

On pose une pente longitudinale de l'ouvrage : I = 0.1% et en fixant la largeur L= 6 m et k_{st} =70

Avec dalot de deux ouverture largeur (**3m × 2)** et hauteur **h**.

$$\mathbf{H} = \frac{1}{0..8L}\left(\frac{Q_a}{K_{st}.I^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/5}(1.6h + L)^{2/5}$$

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Avec l'utilisation de logiciel **Globale Mapper** et après calcul itérative, on tire la valeur de H pour chaque dalot. Dans le tableau suivant :

Tableau XIV.8 : les débits des bassins versant et la hauteur des dalots

Bassin Versant	A (km^2)	Périmètre (Km)	Pente (%)	Longueur (Km)	t_c (h)	I (mm/h)	K	C	Q_a (m^3/s)	h (m)
BV1	2.622	8.358	2.82	1.678	0.122	145.84	0.278	0.20	21.26	1.95
BV2	6.797	14.946	2.47	4.878	0.260	79.61	0.278	0.20	30.09	2.5
BV3	2.193	7.647	3.15	2.524	0.106	163.20	0.278	0.20	19.9	1.87
BV4	1.754	9.132	4.72	2.651	0.077	210.75	0.278	0.20	20.55	1.91
BV5	5.220	18.381	5.70	6.018	0.227	88.75	0.278	0.20	25.758	2.24

9. Tableau récapitulatif des dalots et les buses :

TableauXIV.9 : Dimensionnement des dalots et buses

OUVRAGE HYDRAULIQUE	PK	DIMENSIONS
Buses	0+500	Φ = 1200 mm
	1+000	Φ = 1200 mm
	1+500	Φ = 1200 mm
	2+000	Φ = 1200 mm
	3+020	Φ = 1200 mm
	3+520	Φ = 1200 mm
	4+020	Φ = 1200 mm
	4+520	Φ = 1200 mm
	5+020	Φ = 1200 mm
	6+520	Φ = 1200 mm
	7+020	Φ = 1200 mm
	7+520	Φ = 1200 mm
	8+020	Φ = 1200 mm
	10+388	Φ = 1200 mm
	10+888	Φ = 1200 mm
	11+388	Φ = 1200 mm
	11+888	Φ = 1200 mm
	12+388	Φ = 1200 mm
	12+888	Φ = 1200 mm
	13+388	Φ = 1200 mm
Dalots	2+570	L=6 m, h=1.95
	3+250	L=6 m, h=2.5
	8+480	L=6 m, h=1.87
	9+320	L=6 m, h=1.91
	9+888	L=6 m, h=2.24

Chapitre XV : Étude d'impact sur l'environnement

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

2. Portée de l'étude d'impact sur l'environnement :

➢ Objectifs :

- Assurer l'intégration des contraintes et opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure.
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

3. L'environnement au niveau de l'étude préliminaire :

L'étude d'impact est indispensable pour évaluer les avantages et les inconvénients résultants de chacun des tracés possibles de l'autoroute surtout lorsque les inconvénients sont difficilement quantifiables monétairement.

Donc l'étude d'impact apport des éléments de comparaison supplémentaires pour le choix entre les différentes variantes du tracé envisagées au niveau de l'étude préliminaire.

4. Impact sur l'agriculture :

- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la des diminutions des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

4.1. Les remèdes :

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

1.1. Mesures préventives :

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on aura recours à deuxième catégorie

1.2. Mesures curatives :

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

5. L'impact sur la nature :

5.1. La faune :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y' a lieu de présence d'animaux sauvages sur les abords.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux.

5.2. La flore :

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères: particularités de la climatologie et du paysage.

Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant (littoral).





5.3. L'air :

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement et la poussière. La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- ✓ Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO2 (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs.
- ✓ Utiliser d'autres modes de transport.
- ✓ Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- ✓ Utiliser d'autres sources d'énergie.
- ✓ Régler le trafic.
- ✓ Contrôler les véhicules et les vitesses.
- ✓ Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

5.4. Impacts sur le paysage :

L'interaction du projet avec le paysage se traduit par un paysage naturel qui sera transformé d'une part, et d'autre part on construira des éléments sur ce paysage : talus, chaussée, ouvrages, signalisation, etc.….

L'infrastructure routière a un impact sérieux sur le paysage qu'elle traverse, même si dans certains cas les effets sont minimisés par l'existence de talus et par le relief.

Afin de permettre leur évaluation, on distingue deux catégories :

- ✓ Les tronçons qui sont à l'origine d'une défiguration du paysage pour la raison : de l'installation de la route en remblai à l'intérieur d'une zone ou le terrain naturel qui sera clairement visible d'une distance éloignée.
- ✓ Les tronçons courts de l'infrastructure pour lesquels diverses solutions techniques peuvent être proposées, afin de réduire la défiguration du paysage, en général au niveau des points de traversée des oueds ; ouvrages et échangeurs.

Le paysage autoroutier sera composé des éléments suivants :

- ✓ **Arbres :** assurer la continuité entre les abords de l'ouvrage et son environnement par la plantation locale.
- ✓ **Talus :** pente, modelage, couleur, végétation : il faudra chercher à redonner une forme naturelle aux entrées en terre.

- ✓ **Ouvrages d'art :** ils seront traités au cas par cas lors de l'étude APD
- ✓ **Échangeur :** ils rythment le linéaire de l'autoroute et doivent annoncer la ville et la région qu'ils vont desservir.

5.5. Mesures d'atténuation générales :

1) Décaper, récupérer et mettre en réserve la terre végétale sous forme d'îlots n'excédant pas 1,5 m de hauteur ;
2) Restreindre les interventions à l'emprise des infrastructures à construire ;
3) Au début des travaux dans un segment de la route, s'assurer de la circulation des eaux de surface, orienter les eaux de ruissellement et de drainage de façon à ce qu'elles contournent les secteurs où les sols sont sensibles à l'érosion.
4) Les chemins d'accès au chantier, aux aires d'entreposage ou à tout autre aménagement temporaire doivent être à au moins 60 m du milieu hydrique ;
5) Exécuter sous surveillance constante la manipulation de carburant, d'huile, d'autres produits pétroliers ou de matière dangereuse y compris les déchets dangereux afin d'éviter les déversements accidentels ;
6) Limiter le déboisement au minimum, soit à l'emprise de la route projetée, si du déboisement à l'extérieur de l'emprise est nécessaire, les superficies doivent être reboisées dès la fin de leur utilisation ;
7) Végéter toutes les surfaces déboisées ou défrichées durant les travaux qui sont situées à l'extérieur de l'emprise de la nouvelle route ;
8) À la fin des travaux, tous les ouvrages provisoires doivent être démolis et le site des travaux doit être remis dans son état naturel.
9) S'assurer que le réseau de drainage ne modifiera pas les conditions hydrologiques des propriétés voisines de l'emprise.
10) Durant les travaux, la libre circulation des eaux doit être assurée sans créer d'impact négatif sur le déplacement de la faune.
11) Bien indiquer les zones d'accès temporaires des sites des travaux à l'intérieur ou à proximité des cours d'eau ;

❖ **Remarque** :

Mesures tirées en tout ou en partie du Cahier des charges et devis généraux – Infrastructures routières, Construction et réparation, Édition 1997 (révisée le 10 décembre 2001), ministère des Transports du Québec.

6. L'impact sur le milieu humain :

6.1. Protections Acoustiques :

Les émissions sonores affectant les habitations seront atténuées par des écrans antibruit. Un seul type d'écran est envisagé par la configuration des zones atteintes par les nuisances sonores. Il consiste en un mur constitué d'éléments préfabriqués en béton cellulaire expansé (siporex).

La nature poreuse du béton cellulaire fait de celui-ci un bon isolant phonique. Entièrement minéral, imputrescible, fabriqué exclusivement en usine, ce matériau est bien adapté aux conditions qui prévalent le long des infrastructures routières.

La hauteur de l'écran est de 3 m, soit quatre éléments de 0,60 m disposés au-dessus d'un muret en béton armé de hauteur 0,60 m.

Ce type de mur peut être implanté en bord de plate-forme dans le cas de remblai et en haut de talus de petite hauteur en déblai. Le muret sera fondé sur des semelles isolées.

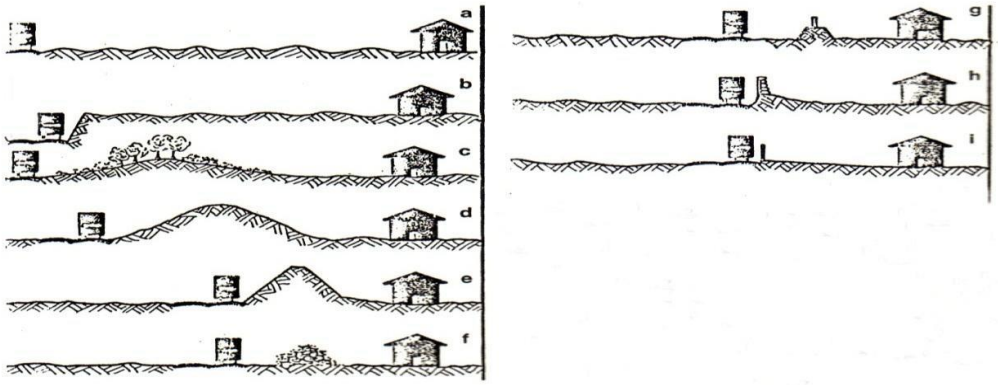


Fig XV.1 : Différent type de protection.

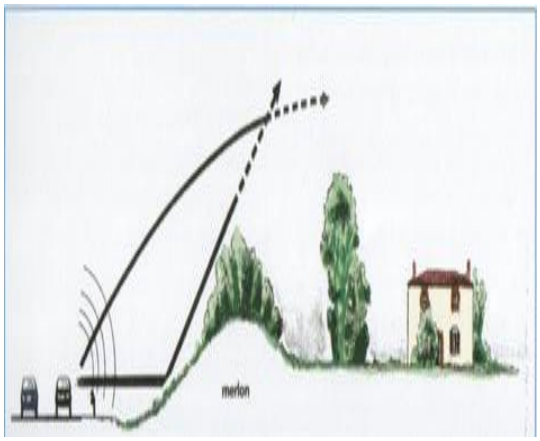


Fig XV.2 : Mise en place de merlon



Fig XV.3 : Mur de protection

6.2. La Destruction :

La destruction touche seulement les gens qui n'ont pas respecté le plan foncier établi par la commune ainsi que le plan directeur d'architecture et d'urbanisme (**P.D.A.U**), en plus la destruction de quelques clôtures d'établissement qui gênent le passage de la route.

6.3. La Sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- ✓ Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
- ✓ Implanter des accotements tout le long de la route**.**
- ✓ Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit :
- ✓ Réduire la vitesse au niveau des intersections.
- ✓ Des panneaux de signalisation seront implantés**.**

7. Conclusion :

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

Chapitre XVI : Signalisation et éclairage

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

1. Introduction :

Le rôle joué par la signalisation routière dans la sécurité et l'exploitation des Infrastructures n'est plus à démontrer.

Elle constitue aujourd'hui encore et pour longtemps le principal média d'information, entre d'une part, le gestionnaire de voirie et l'autorité de police, et d'autre part, les usagers de la route.

Visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constitue les grands principes de la signalisation.

Ils sont intangibles pour que l'usager puisse toujours la comprendre.

2. Objectif de signalisation routière :

- De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaine prescription du code de la route.
- De donner des informations relatives à l'usager de la route.

3. Les types de signalisation :

On distingue deux familles de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

3.1. Signalisations horizontales :

Elles comportent uniquement les marques sur chaussée elle se divise en deux types :

1.1. Lignes longitudinales :

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation, on trouve :

✓ **Les lignes continues :**

Ces linges sont utilisés pour indiquer les sections de route ou le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

✓ **Les lignes discontinues :**

Sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive). Voir le tableau dessous :

❖ **Modulation des lignes discontinues :**

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

Tableau XVI.1 : type de modulation et leurs caractéristiques

Type de Modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T_1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	~ 1/3
T_2 T'2	3.00 0.50	3.5 0.50	~ 1
T_3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	~ 3

❖ **Marques sur chaussée :**

- Les lignes mixtes :

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

1.2. Lignes transversales :

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

✓ **Ligne stop :**

C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

1.3. Autres signalisations :

✓ **Les flèches de rabattement :**

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

✓ **Les flèches de sélection :**

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée.

❖ **Largeur des lignes :**

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

- U= 7.5 cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- U= 6 cm sur les routes et voies urbaines.
- U= 5cm sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5cm.

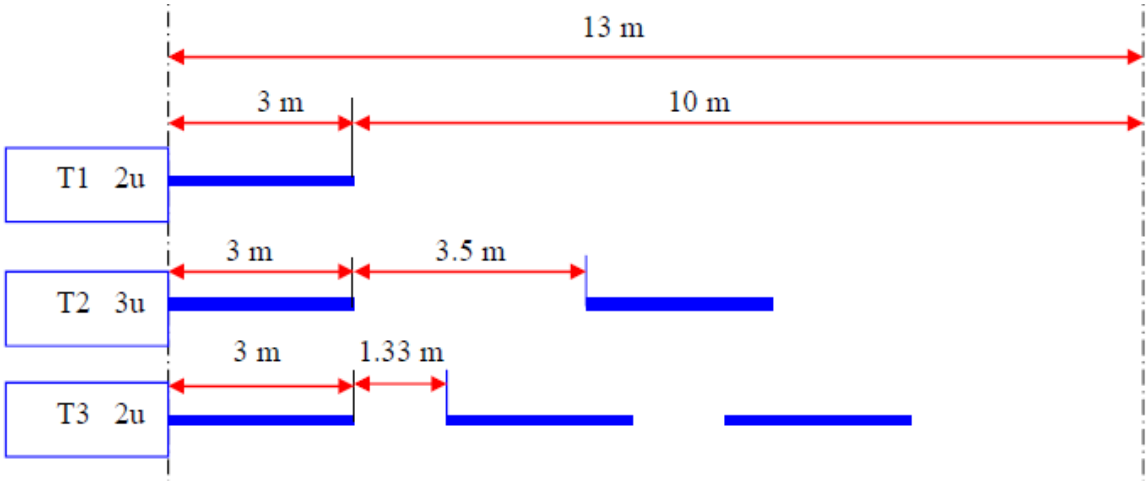


Fig XVI.1 : Types de modulation référence signalisation routière (art144)

- T1 2U : ligne axiale ou délimitation de voie.
- T2 3U : ligne de rive.
- T3 2U : ligne de délimitation des voies de décélération, d'accélération ou d'entrecroisement.

3.2. Signalisations verticales :

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

2.1. Signalisation avancée :

- Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.
- Le signale B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

2.2. Signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

2.3. Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

4. Les critères de conception de la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'usager.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière.

5. Application au projet :

Les différents types de panneaux de signalisations utilisés pour notre étude sont les suivants :

5.1. Signalisation verticale

- ✓ Panneaux de signalisations d'avertissement de danger (type A).
- ✓ Panneaux de signalisations d'interdiction de priorité (type B).
- ✓ Panneaux de signalisations d'interdiction ou de restriction (type C).
- ✓ Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- ✓ Panneaux de pré signalisation (type G1).
- ✓ Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- ✓ Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- ✓ Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).
- ✓ Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

5.2. Signalisation horizontale :

❖ Largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

Pour :

- ✓ Autoroutes est voies rapides urbaines. : U = 7.5 cm.
- ✓ Les bretelles et les voies d'accès : U = 5 cm.

2.1. Voies de décélération :

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

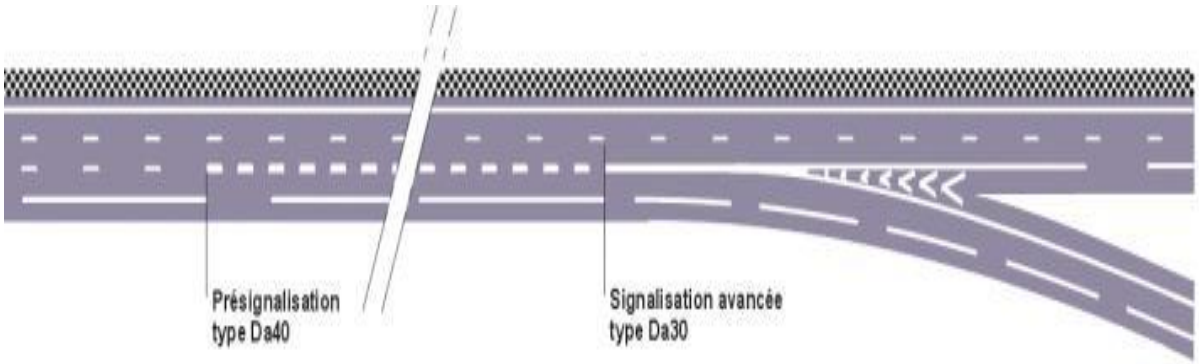


Fig XVI.2 : Avec affectation de voies

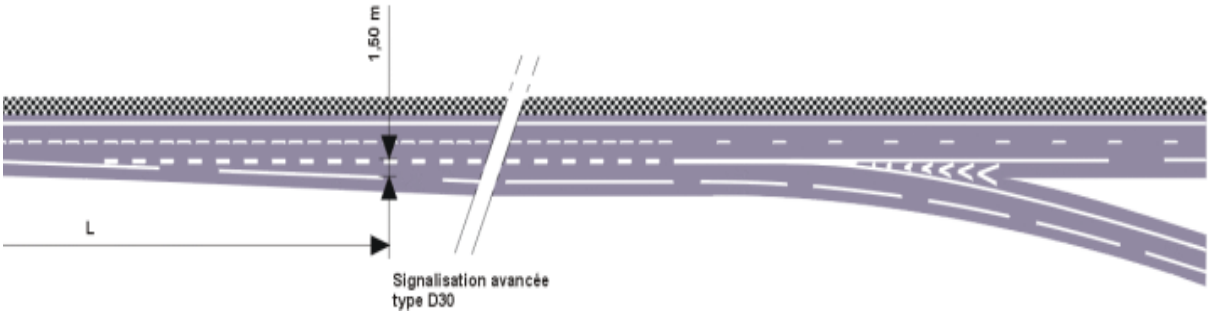


Fig XVI.3 : Sans affectation de voies

2.2. Voies d'accélération :

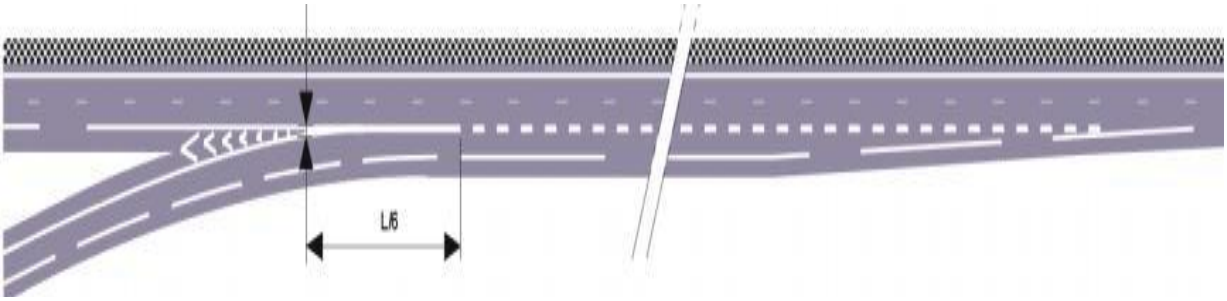


Fig XVI.4 : Même nombre de voies

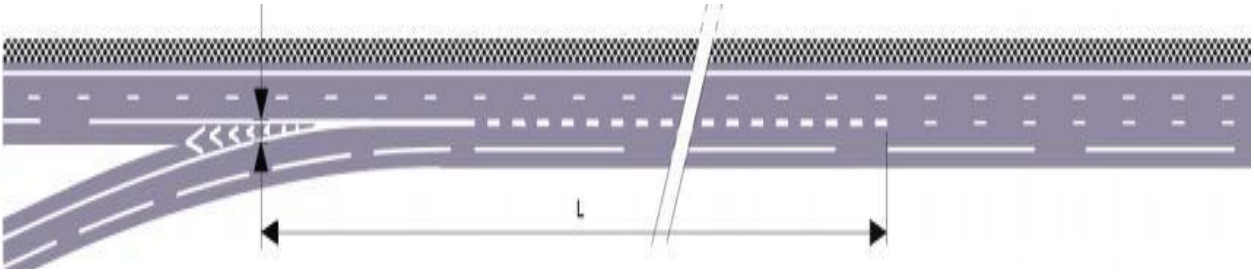


Fig XVI.5 : Nombre de voies inferieur

2.3. Voies d'entrecroisement :

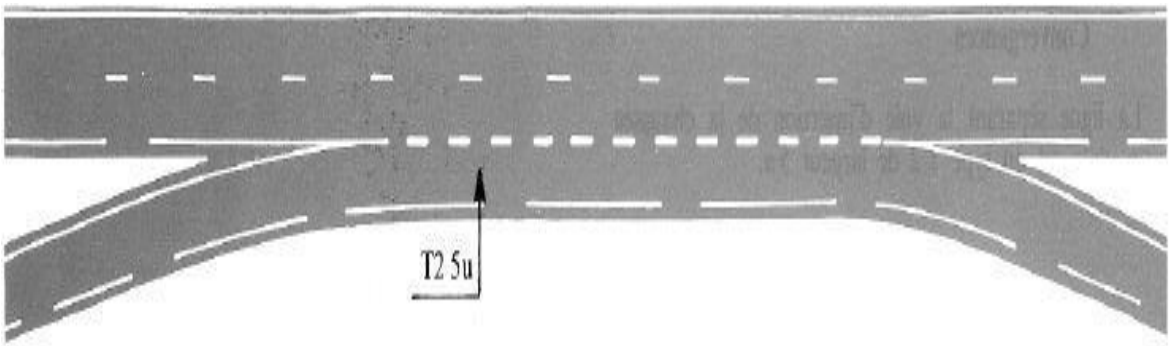


Fig XVI.20 : Voies d'entrecroisement

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

2.4. Autres marques :

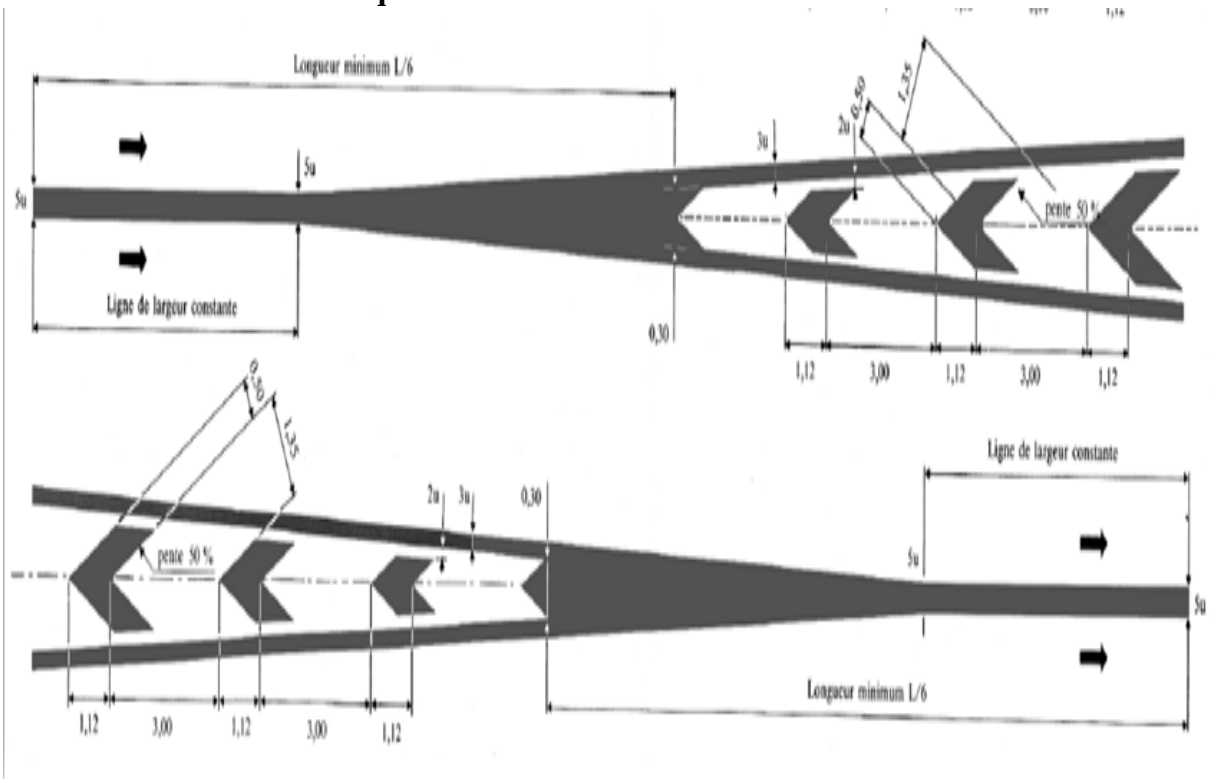


Fig XVI.21 : Schéma de marquage avec hachures

FLECHE DE SELECTION

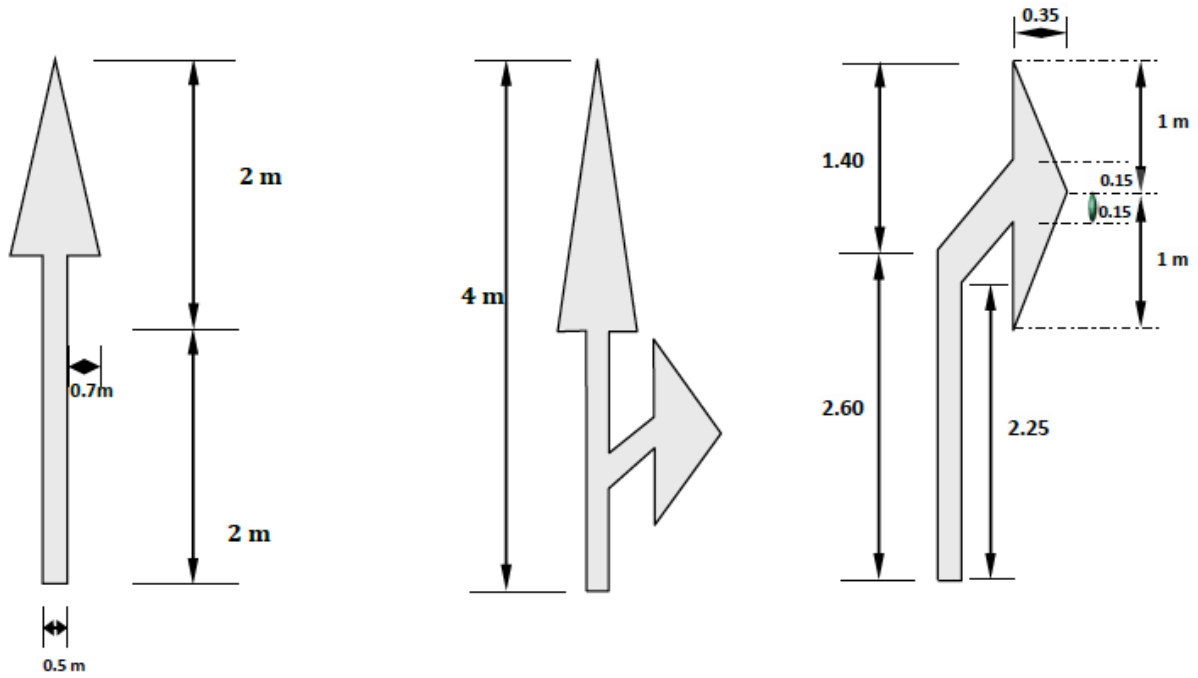


Fig XVI.22 : flèches de sélection

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

FLECHE DE RABATTEMENT

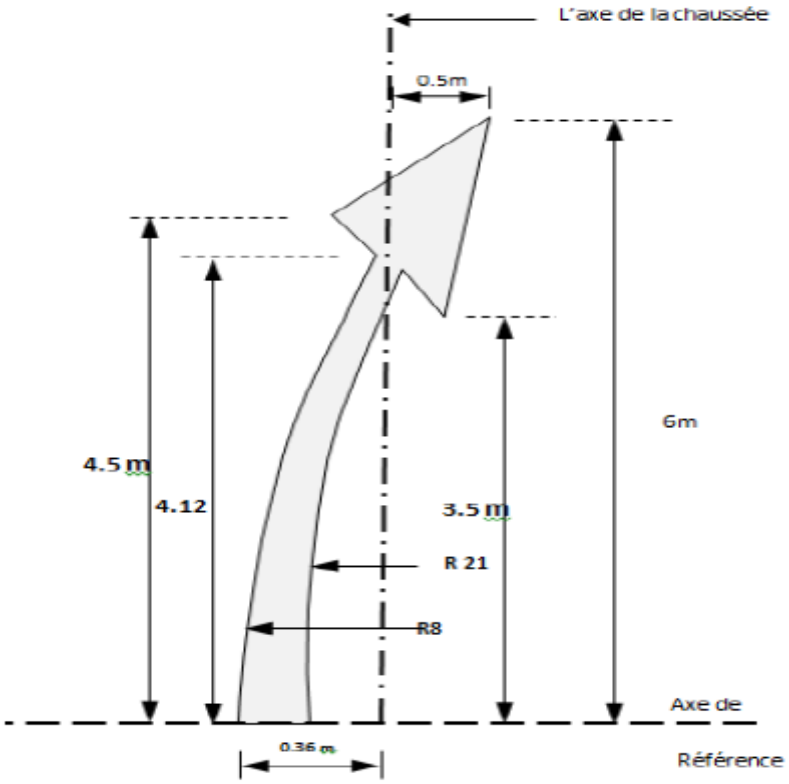


Fig XVI.23 : flèche de rabattement

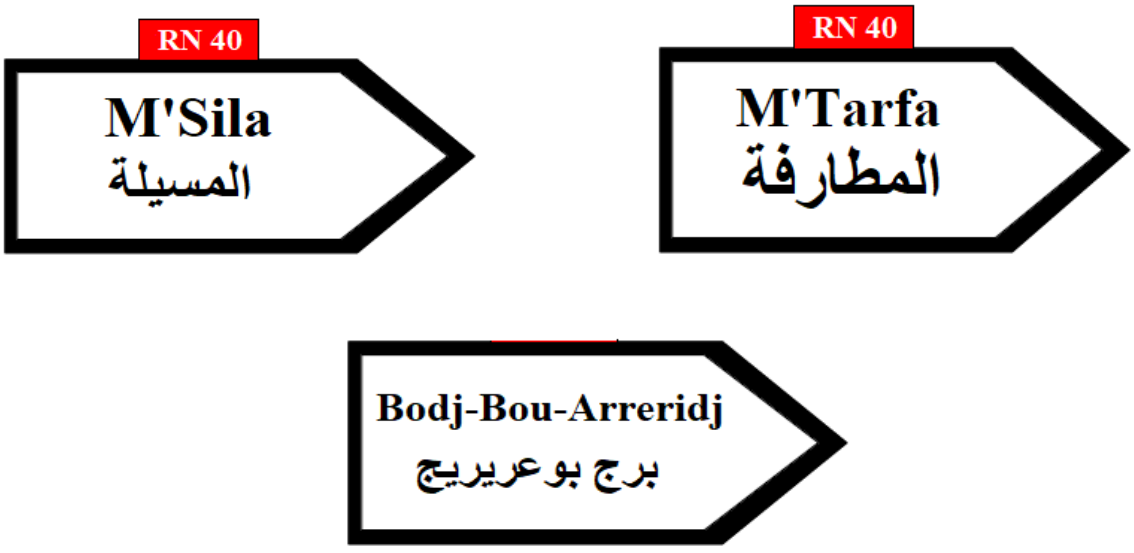
6. Exemple des signalisations verticales :

		
Virage à gauche	**Virage à droite**	**Route bidirectionnelle**

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

		
Obligation de tourner à droite avant le panneau	**Arrêt et stationnement interdit**	
		
Sortie de l'autoroute (E15)	**Entre de l'autoroute (E14)**	**Accès interdit aux véhicules dont la hauteur dépasse 5,25m (C5)**

Les signaux routiers qui sont utilisé pour route sont :



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

		
Indication du caractère prioritaire d'une route	**Interdiction de tourner à droite à la prochaine intersection**	**Interdiction de tourner à gauche à la prochaine intersection**
		
Limitation de vitesse		
		
L'intersection d'une route Secondaire avec une route principale	**Carrefour giratoire**	**Cédez le passage à l'intersection. Signal de position**

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

2EME PARTIE : ÉCLAIRAGE.

1. Introduction :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentielles.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

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

2. Eclairage d'un point singulier :

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

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

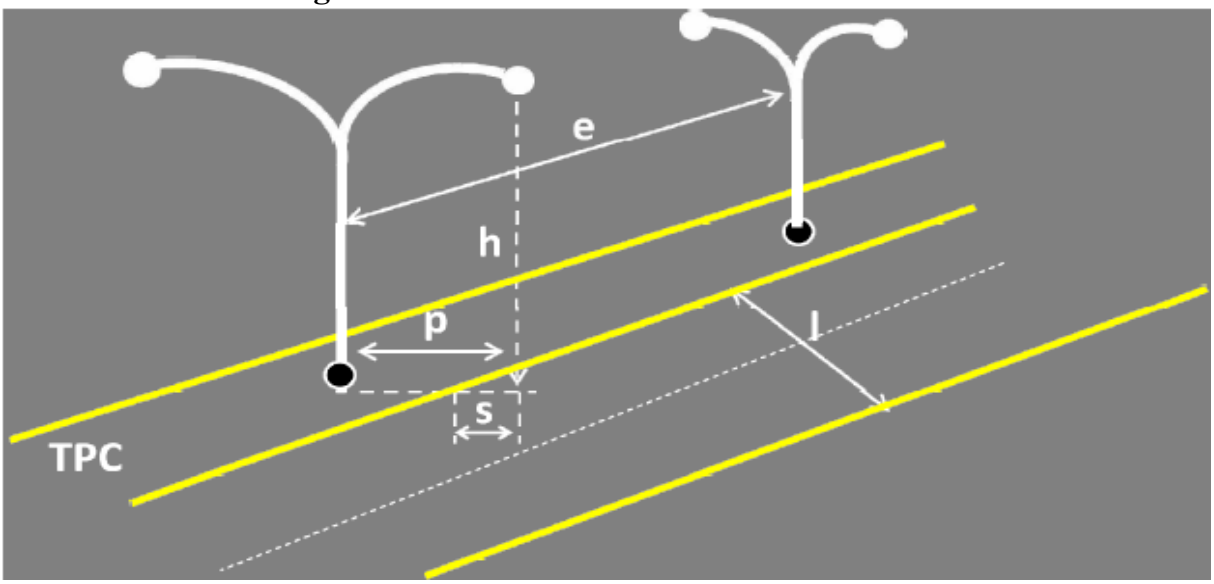
3. Paramètre de l'implantation des luminaires :

- ✓ L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- ✓ La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- ✓ La largeur (l) de la chaussée
- ✓ La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.
- ✓ L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

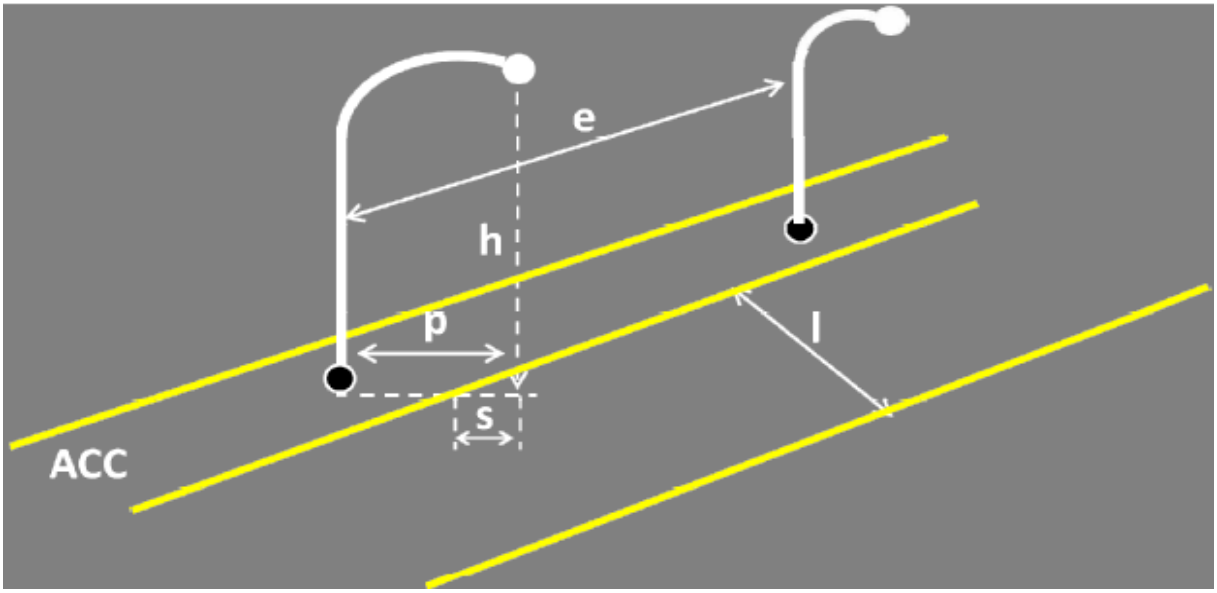
4. Application au projet :

Pour l'éclairage de la voie (de l'échangeur) des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie espacés de 20 m l'un par rapport à l'autre.

4.1. Pour L'échangeur :



4.2. Pour les Bretelles :



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama



Chapitre XVII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

SECTION 1 : INSTALLATION DU CHANTIER				
DESIGNATION	**U**	**QTE**	**Prix unitaire (DA)**	**MONTANT GLOBAL**
Forfait d'amenée du matériel et d'installation de chantier	F (4%) *(2+3)	1	/	42 903 173.4192
Forfait de repli du matériel et des installations de chantier	F (2%) * (2+3)	1	/	21 451 586.7096
TOTAL				**64 354 760.1288**

SECTION 2 : TERRASSEMENT				
DESIGNATION	**U**	**QTE**	**Prix unitaire (DA)**	**MONTANT GLOBAL**
Décapage de terre végétale (e = 25 cm)	m^3	78154	100	7 815 400
Déblais mis en dépôts	m^3	65800.76	400	26 320 304
Remblais en provenance d'emprunts	m^3	127937.73	300	38 381 319
TOTAL				**72 517 023**

SECTION 3 : CHAUSSEE				
DESIGNATION	**U**	**QTE**	**Prix unitaire (DA)**	**MONTANT GLOBAL**
Couche de forme (50cm TUF)	m^3	293 859.04	800	235 087 232
Couche de fondation en Grave non traité (GNT)	m^3	70 025.984	2000	140 051 968
Couche de base en grave bitume 2.2 T/m3	T	62795	6000	376 770 000
Couche d'accrochage 0,3 kg/m2	T	79.526	100	7 952.64
Couche d'imprégnation en Cut buck 0.8kg/m2	T	206.598	100	20 659.84
Couche de revêtement en béton bitumineux 2.4	T	38 173	6500	248 124 500
TOTAL				**1 000 062 312.48**

SECTION 4 : ASSAINISSEMENT				
DESIGNATION	**U**	**QTE**	**Prix unitaire (DA)**	**MONTANT GLOBAL**
Fossés trapézoïdaux en terre	ml	/	100	/
Fossés trapézoïdaux en béton	ml	13592	2500	33 980 000
Buse de diamètre 1200 mm	ml	460	25.000	11 500 000
Dalots en béton armé	m^3	517.152	40.000	20 686 080
TOTAL				**66 166 080**

SECTION 5 : Divers				
DESIGNATION	**U**	**QTE**	**Prix unitaire (DA)**	**MONTANT GLOBAL**
Bordure TPC	m	13592	600	8 155 200
TOTAL				**8 155 200**

SECTION	DESTINATION	PRIX TOTAL (DA)
Section 1	Installation du chantier	**64 354 760.1288**
Section 2	Terrassement	**72 517 023**
Section 3	Chaussée	**1 000 062 312.48**
Section 4	Assainissement	**66 166 080**
Section 5	Divers	**8 155 200**
TOTAL		**1 211 255 376**

TOTAL (1) = **1 211 255 376 DA**
TVA 17% (2) = 205 913 413.9 (DA)

TOTAL TTC = (1) + (2) = 1 417 168 790 (DA)

UN MILLIARD ET QUATRE CENT DIX SEPT MILLIONS ET CENT SOIXANTE-HUIT MILLES ET SEPT CENT QUATRE-VINGT-DIX DINARS ALGERIEN

Conclusion générale

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Conclusion Générale :

Ce projet, la réalisation de périphérique M'tarfa a été une grande occasion pour nous de mettre en application nos connaissances théoriques. Aussi cela nous a permis de comprendre et apprécier de nous-mêmes combien est-il ingénieux et responsable la tâche d'un ingénieur des Travaux Publics en ce qui concerne l'étude d'un projet selon les normes requises et de surcroît lorsque les contraintes limitant la latitude de celui-ci sont assez considérables.

Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la Réalisation de cette route.

Il était aussi une occasion pour nous pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le COVADIS et L'AUTOCAD ainsi la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

En fin, l'élaboration de ce travail a étais bénéfique pour nous et elle nous a ouvert la porte du monde professionnel.

Bibliographie

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Bibliographie :

- B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- S.E.T.R.A (guide tracé des échangeurs).
- Manuel de projet de route (Goumettre.A/Kalli.Fz)
- Signalisation routière.
- Assainissement (Recommandation).
- I.C.T.A.A.L (Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaisons 22 octobre 1985)
- A.R.P (Aménagement des routes principales).
- E.N.S.T.P anciennes mémoires de Fin d'Etude.
- Cours de routes de 3éme et 4éme année ENSTP.
- Contributions à la modélisation et la commande des réseaux de trafic « Catalin Dimon».
- Evaluation des projets d'infrastructures routières « Sétra ».
- Calage et validation des modèles de trafic « Sétra ».
- Guide des études de trafic interurbain « Sétra ».
- Comprendre le trafic routier « CERTU »



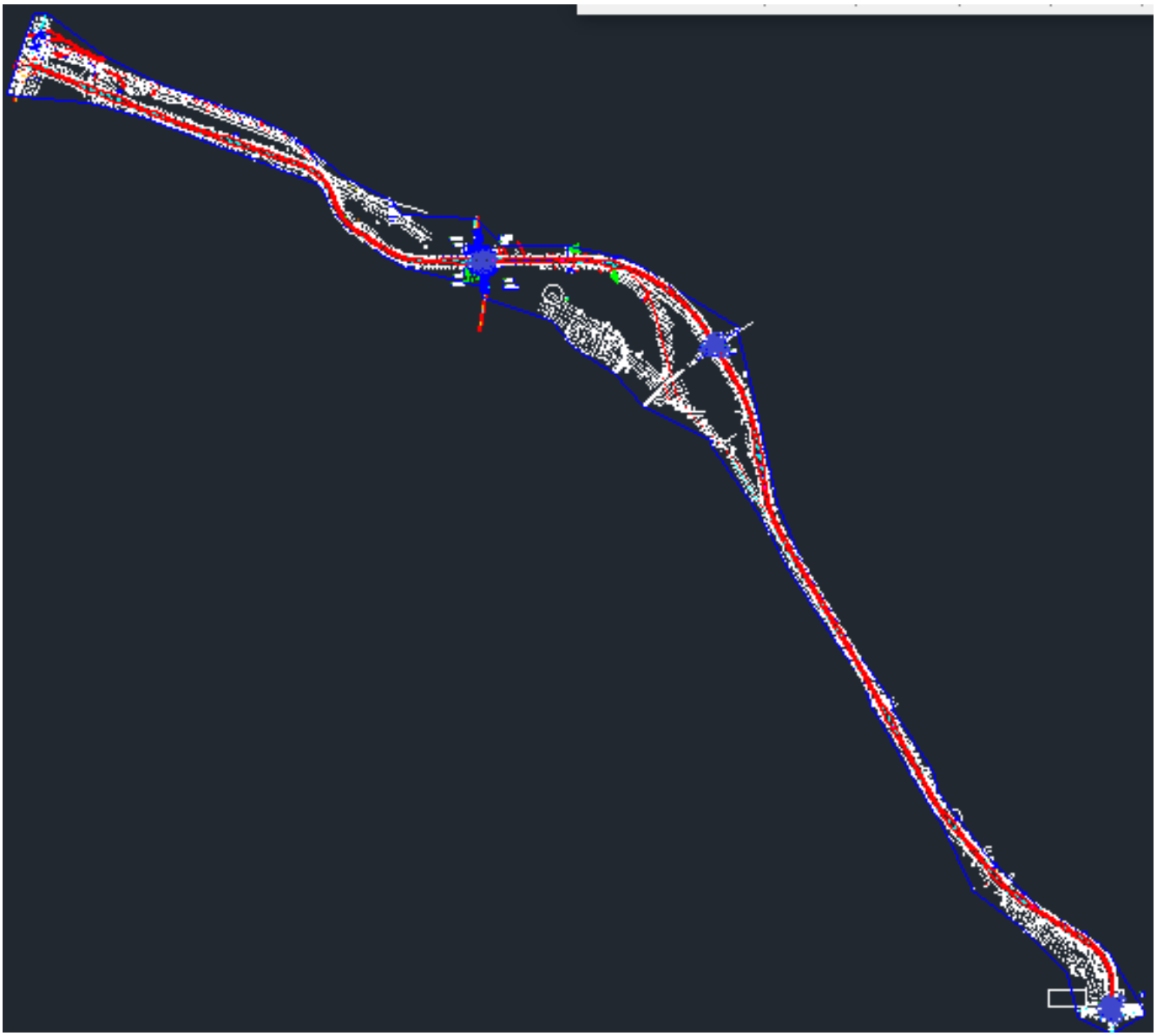
Annex



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

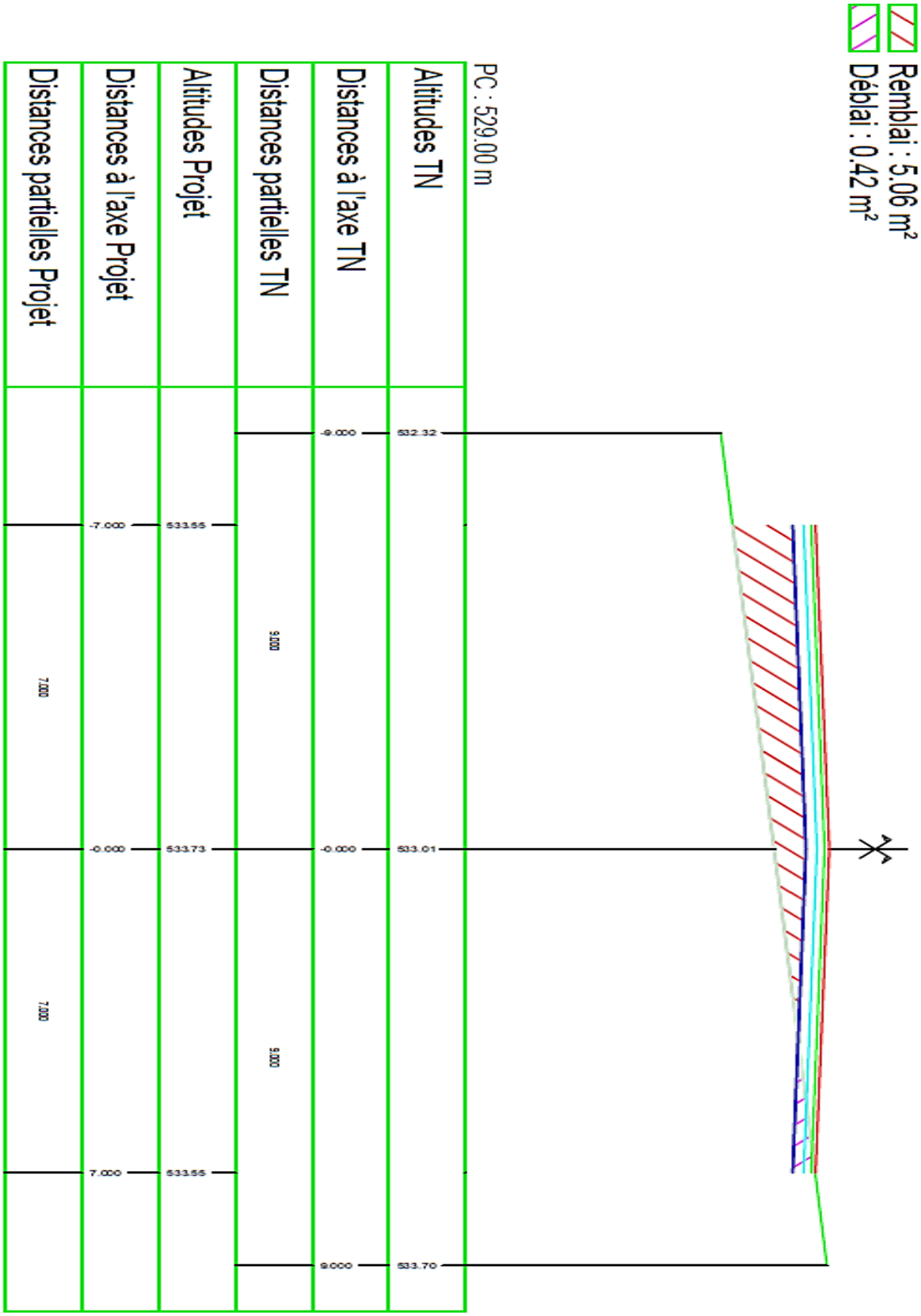
Annex A :

1. Profil en plan :



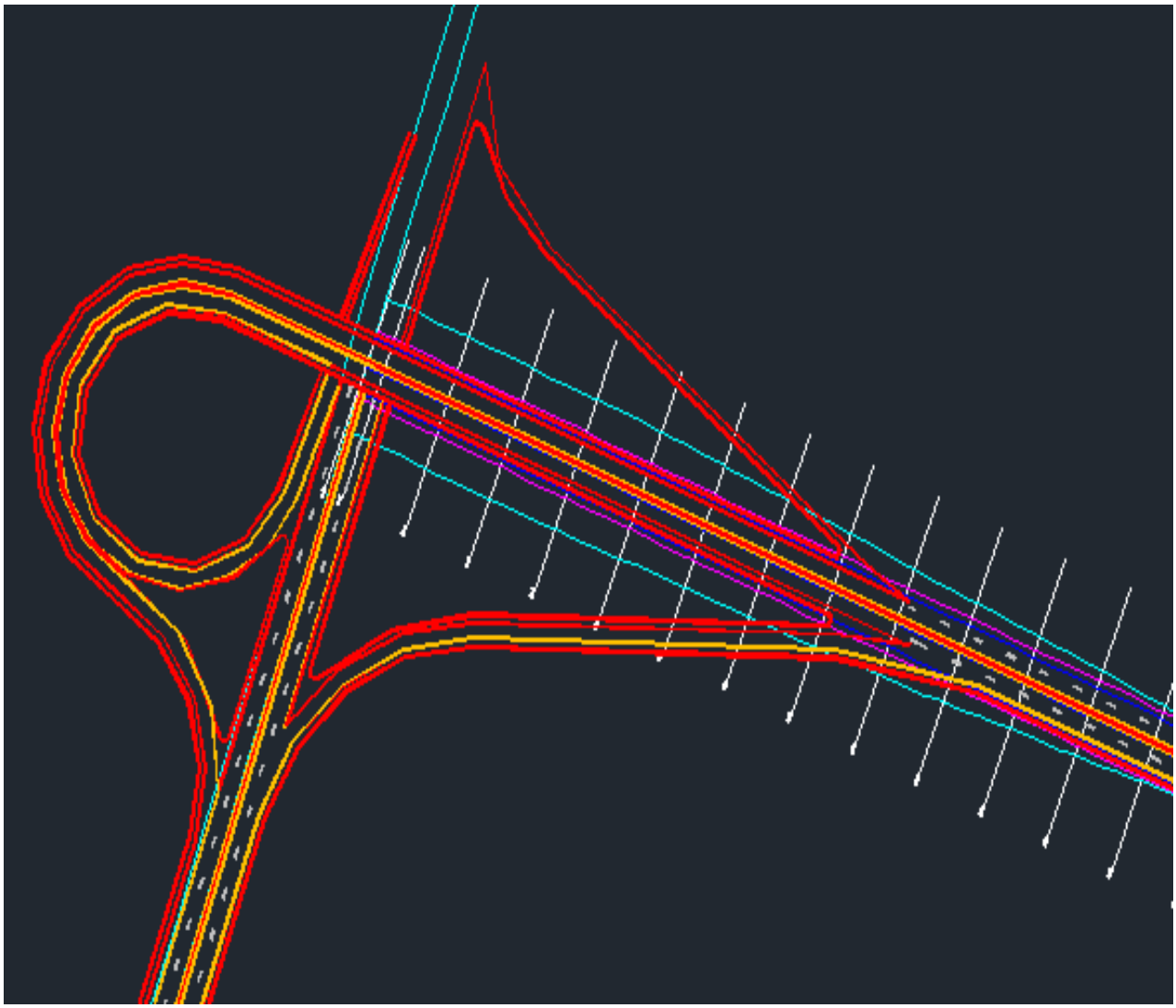
Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

2. Exemple d'un profil en Travers :



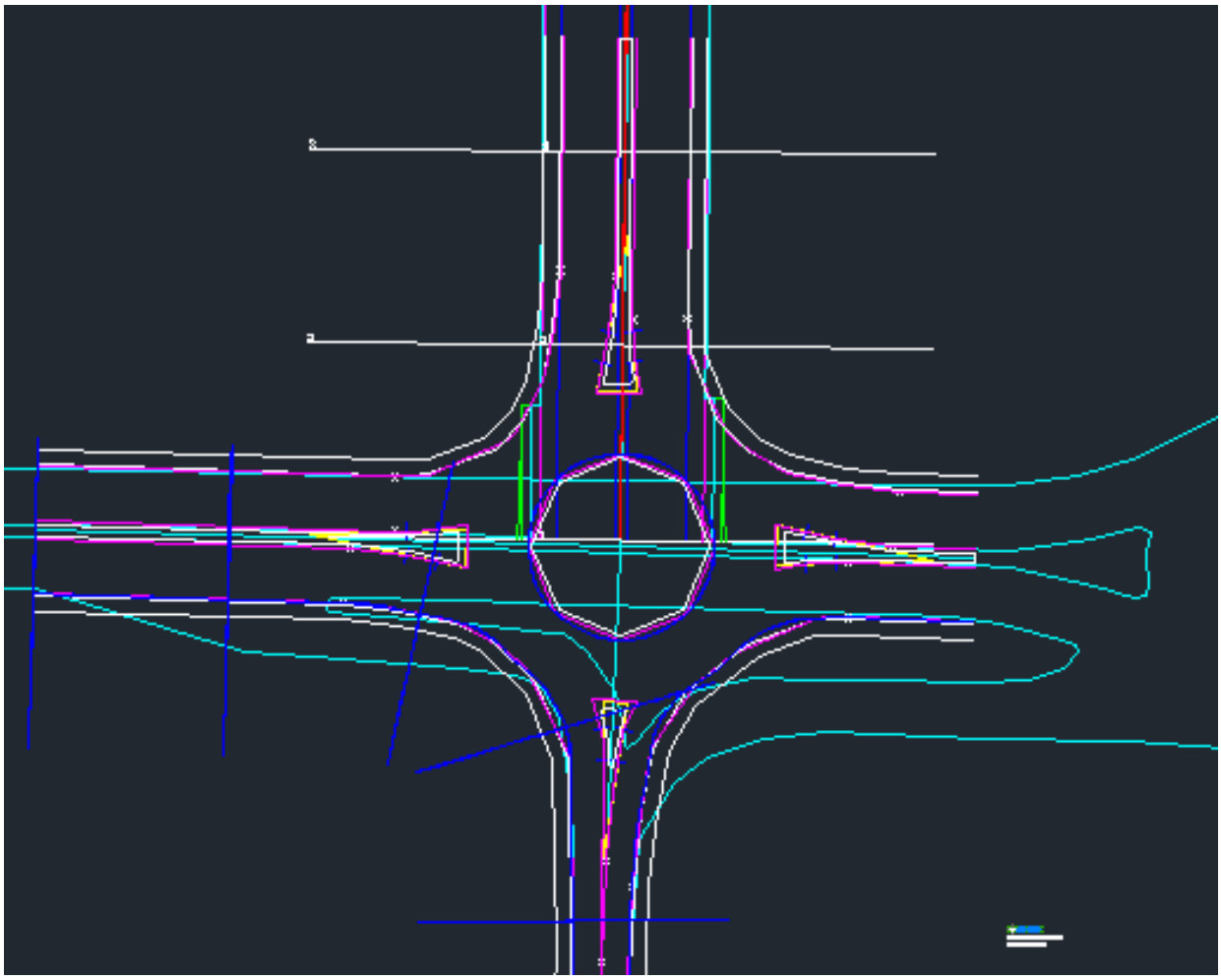
Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

3. L’échangeur



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

4. Exemple d’un giratoire :



Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Annex B :

Listing d'axe en plan :

Axe En Plan 'Axe 01'						
Nom du dessin	Listing					
Eléments caractéristiques				**Points de Contacts**		
Nom	**Paramètres**		**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
Droite 1	Gisement	390,2067	316,724	0,000	645679,353	3951192,652
Clothoïde 1	Paramètre	299,9167	128,500	316,724	645630,823	3951505,635
Arc 1	Rayon	700,0000	486,951	445,224	645607,267	3951631,909
	Centre X	644928,276				
	Centre Y	3951461,699				
Clothoïde 2	Paramètre	-299,9167	128,500	932,174	645340,414	3952027,511
Droite 2	Gisement	334.2341	183.500	1060.674	645232.155	3952096.648
Arc 2	Rayon	-1700.000	816.160	1244.174	645074.553	3952190.637
	Centre X	645945.299				
	Centre Y	3953650.706				
Droite 3	Gisement	364.7979	773.265	2060.334	644498.638	3952757.861
Arc 3	Rayon	-30000.000	161.205	2833.599	644092.517	3953415.891
	Centre X	669621.821				
	Centre Y	3969171.990				
Droite 4	Gisement	365.1399	1990.379	2994.804	644008.221	3953553.299
Arc 4	Rayon	-2300.000	925.591	4985.183	642971.984	3955252.658
	Centre X	644935.693				
	Centre Y	3956450.091				
Droite 5	Gisement	390.7595	274.727	5910.774	642659.879	3956117.418
Clothoïde 3	Paramètre	299.917	128.500	6185.501	642620.143	3956389.256

Arc 5	Rayon	700.000	218.567	6314.001	642597.684	3956515.729
	Centre X	641917.241				
	Centre Y	3956351.422				
Clothoïde 4	Paramètre	-299.917	128.500	6532.568	642514.310	3956716.810
Droite 6	Gisement	359.1952	733.654	6661.068	642440.686	3956822.069
Clothoïde 5	Paramètre	349.857	136.000	7394.722	642001.986	3957410.109

Arc 6	**Rayon**	**900.000**	**612.843**	**7530.722**	**641917.965**	**3957517.006**
	Centre X	641239.276				
	Centre Y	3956925.921				
Clothoïde 6	Paramètre	-349.857	136.000	8143.565	641394.505	3957812.434
Droite 7	Gisement	306.2254	235.803	8279.565	641259.566	3957829.111
Arc 7	Rayon	2300.000	446.832	8515.369	641024.890	3957852.134
	Centre X	640800.335				
	Centre Y	3955563.122				
Droite 8	Gisement	293.8575	479.437	8962.200	640578.761	3957852.424
Clothoïde 7	Paramètre	-368.782	136.000	9441.637	640101.554	3957806.237
Arc 8	Rayon	-1000.000	862.076	9577.637	639965.952	3957796.208
	Centre X	639937.469				
	Centre Y	3958795.803				
Clothoïde 8	Paramètre	368.782	136.000	10439.713	639197.120	3958123.580
Droite 9	Gisement	357.3970	181.700	10575.713	639110.373	3958228.286
Clothoïde 9	Paramètre	349.857	136.000	10757.413	638997.653	3958370.796
Arc 9	Rayon	900.000	341.893	10893.413	638910.646	3958475.277
	Centre X	638248.922				
	Centre Y	3957865.260				
Clothoïde 10	Paramètre	-349.857	136.000	11235.306	638637.270	3958677.163
Droite 10	Gisement	323.5929	679.005	11371.306	638511.815	3958729.581
Arc 10	Rayon	40000.000	772.792	12050.311	637878.907	3958975.498
	Centre X	623392.031				
	Centre Y	3921691.045				
Droite 11	Gisement	322.3630	769.065	12823.103	637155.920	3959248.406
						13592.168

Longueur totale de l'axe 13592.168 mètres

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Les coordonnées des sommets :

Points d'intersection		
N°	**X**	**Y**
1	645570.466	3951894.888
2	644717.177	3952403.767
3	644050.184	3953484.482
4	642727.737	3955653.207
5	642585.189	3956628.374
6	641723.336	3957783.615
7	640801.839	3957874.015
8	639490.943	3957747.138
9	638803.514	3958616.242
10	637518.732	3959115.444

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Listing D'axe En Long :

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X, Y) en plan	Z TN (m)
			0.000	507.344	645679.353, 3951192.652	507.344
Rampe = 2.766 %	479.976	480.160				
			479.976	520.621	645597.983, 3951665.394	518.180
Arc de parabole	65.563	65.587				
Rayon = -65000						
			545.538	522.402	645575.998, 3951727.135	524.320
Rampe = 2.665 %	123.156	123.200				
			668.695	525.684	645519.539, 3951836.409	526.448
Arc de parabole	461.012	461.084				
Rayon = -23000						
			1129.707	533.351	645172.865, 3952132.007	525.046
Rampe = 0.661 %	299.613	299.619				
			1429.320	535.331	644921.011, 3952293.933	535.220
Arc de parabole	489.708	489.712				
Rayon = -35000.0000						
S haut = 1660.619						
Z haut = 536.095						
			1919.028	535.141	644577.762, 3952640.834	530.252
Pente = -0.738 %	410.389	410.400				
			2329.418	532.111	644357.315, 3952986.844	540.487
Arc de parabole	441.165	441.169				
Rayon = 30000						
S bas = 2550.912						
Z bas = 531.294						
			2770.582	532.098	644125.614, 3953362.265	530.279
Rampe = 0.732 %	664.079	664.097				

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

			3434.661	536.961	643779.221, 3953928.844	536.372
Arc de parabole	55.118	55.120				
Rayon = 55000						
			3489.779	537.392	643750.525, 3953975.903	535.134
Rampe = 0.832 %	745.893	745.919				
			4235.673	543.601	643362.196, 3954612.737	542.265
Arc de parabole	59.731	59.733				
Rayon = -35000						
			4295.404	544.047	643331.099, 3954663.734	542.297
Rampe = 0.662 %	942.009	942.030				
			5237.413	550.281	642852.727, 3955474.771	548.005
Arc de parabole	75.540	75.542				
Rayon = 40000						
			5312.953	550.853	642821.823, 3955543.696	547.490
Rampe = 0.851 %	774.815	774.843				
			6087.768	557.443	642634.279, 3956292.551	561.162
Arc de parabole	612.465	612.474				
Rayon = -33000.						
S haut = 6368.478						
Z haut = 558.637						
			6700.233	556.970	642417.266, 3956853.461	553.656
Pente = -1.005 %	602.722	602.752				
			7302.955	550.911	642056.859, 3957336.555	551.622
			7302.955	550.911	642056.859, 3957336.555	551.622
Arc de parabole	406.925	406.936				
Rayon = 17000						
S bas = 7473.859						
Z bas = 550.051						
			7709.880	551.690	641787.674, 3957639.546	558.781
Rampe = 1.388 %	42.787	420.791				
			7752.667	552.284	641753.140, 3957664.801	558.304
Arc de parabole	426.574	426.588				
Rayon = -15000						
S haut = 7960.921						
Z haut = 553.730						

			8179.241	552.141	641359.260, 3957817.950	566.533
Pente = -1.455 %	207.768	207.790				
			8387.010	549.117	641152.635, 3957839.602	550.070
Arc de parabole	658.669	658.710				
Rayon = 18000						
S bas = 8648.994						
Z bas = 547.210						
			9045.679	551.581	640495.670, 3957844.382	543.102
Rampe = 2.204 %	805.749	805.945				
			9851.428	569.338	639694.617, 3957825.739	569.661
Arc de parabole	22.258	22.264				
Rayon = -20000						
			9873.687	569.817	639673.087, 3957831.385	568.776
Rampe = 2.093 %	1061.177	1061.409				
			10934.863	592.022	638881.859, 3958505.096	601.501
Arc de parabole	377.099	377.142				
Rayon = -30000						
			11311.962	597.543	638567.026, 3958707.823	597.963
Rampe = 0.836 %	610.567	610.589				
			11922.530	602.644	637998.013, 3958929.219	596.709
Arc de parabole	797.455	797.476				
Rayon = -35000						
S haut = 12214.961						
Z haut = 603.866						
			12719.985	600.222	637252.695, 3959212.799	608.548
Pente = -1.443 %	872.183	872.274				
			13592.168	587.637	636433.819, 3959513.039	576.195
Longueur totale	**13592.168**					

Annex C :

Tabulation :

Tab.		Distance		Gisement	Point d'axe		
	Elt	Cumulée	Partielle		X	Y	Z TN
P1	AD	0,000	0,000	90,2067	645679,353	3951192,652	507,345
P2	AD	50,000	50,000	90,2067	645671,692	3951242,061	507,244
P3	AD	100,000	50,000	90,2067	645664,031	3951291,471	507,360
P4	AD	150,000	50,000	90,2067	645656,369	3951340,880	507,836
P5	AD	200,000	50,000	90,2067	645648,708	3951390,290	509,400
P6	AD	250,000	50,000	90,2067	645641,047	3951439,699	510,015
P7	AD	300,000	50,000	90,2067	645633,385	3951489,109	510,850
P8	Clo	336,724	36,724	90,0652	645627,744	3951525,397	511,244
P9	Clo	356,724	20,000	89,6405	645624,576	3951545,144	511,757
P10	Clo	376,724	20,000	88,9328	645621,234	3951564,863	512,226
P11	Clo	396,724	20,000	87,9419	645617,629	3951584,535	513,011
P12	Clo	416,724	20,000	86,6680	645613,674	3951604,140	513,966
P13	Clo	436,724	20,000	85,1109	645609,285	3951623,652	514,632
P14	Arc	465,224	28,500	82,5445	645602,127	3951651,236	516,514
P15	Arc	485,224	20,000	80,7256	645596,438	3951670,409	518,730
P16	Arc	505,224	20,000	78,9067	645590,203	3951689,412	520,411
P17	Arc	525,224	20,000	77,0878	645583,427	3951708,228	522,136
P18	Arc	545,224	20,000	75,2689	645576,117	3951726,844	524,294
P19	Arc	565,224	20,000	73,4500	645568,278	3951745,243	525,789
P20	Arc	585,224	20,000	71,6311	645559,917	3951763,410	526,662
P21	Arc	605,224	20,000	69,8121	645551,040	3951781,332	527,382
P22	Arc	625,224	20,000	67,9932	645541,655	3951798,992	527,550
P23	Arc	645,224	20,000	66,1743	645531,769	3951816,377	527,266
P24	Arc	665,224	20,000	64,3554	645521,390	3951833,473	526,444
P25	Arc	685,224	20,000	62,5365	645510,527	3951850,265	526,542
P26	Arc	705,224	20,000	60,7176	645499,189	3951866,740	526,636
P27	Arc	725,224	20,000	58,8987	645487,385	3951882,884	527,172
P28	Arc	745,224	20,000	57,0797	645475,125	3951898,684	527,592
P29	Arc	765,224	20,000	55,2608	645462,418	3951914,128	528,257
P30	Arc	785,224	20,000	53,4419	645449,275	3951929,203	529,004
P31	Arc	805,224	20,000	51,6230	645435,707	3951943,896	530,364
P32	Arc	825,224	20,000	49,8041	645421,725	3951958,195	531,614
P33	Arc	845,224	20,000	47,9852	645407,340	3951972,089	532,637
P34	Arc	865,224	20,000	46,1663	645392,564	3951985,566	533,229
P35	Arc	885,224	20,000	44,3473	645377,409	3951998,616	532,967
P36	Arc	905,224	20,000	42,5284	645361,887	3952011,227	531,221
P37	Arc	925,224	20,000	40,7095	645346,012	3952023,390	528,832

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

P38	Clo	952,174	26,951	38,4000	645324,090	3952039,066	527,109
P39	Clo	972,174	20,000	37,0057	645307,492	3952050,224	528,155
P40	Clo	992,174	20,000	35,8946	645290,678	3952061,053	529,680
P41	Clo	1012,174	20,000	35,0665	645273,701	3952071,625	530,398
P42	Clo	1032,174	20,000	34,5216	645256,611	3952082,013	530,295
P43	Clo	1052,174	20,000	34,2597	645239,455	3952092,293	529,170
P44	AD	1110,674	58,500	34,2341	645189,212	3952122,258	526,881
P45	AD	1160,674	50,000	34,2341	645146,269	3952147,868	523,417
P46	AD	1210,674	50,000	34,2341	645103,325	3952173,478	521,149
P47	Arc	1264,174	53,500	34,9831	645057,437	3952200,982	521,241
P48	Arc	1284,174	20,000	35,7320	645040,443	3952211,528	522,061
P49	Arc	1304,174	20,000	36,4810	645023,574	3952222,272	523,828
P50	Arc	1324,174	20,000	37,2300	645006,834	3952233,215	525,597
P51	Arc	1344,174	20,000	37,9789	644990,223	3952244,353	527,115
P52	Arc	1364,174	20,000	38,7279	644973,744	3952255,687	528,900
P53	Arc	1384,174	20,000	39,4769	644957,399	3952267,213	530,935
P54	Arc	1404,174	20,000	40,2258	644941,192	3952278,931	532,617
P55	Arc	1424,174	20,000	40,9748	644925,123	3952290,838	534,647
P56	Arc	1444,174	20,000	41,7238	644909,195	3952302,934	536,851
P57	Arc	1464,174	20,000	42,4727	644893,411	3952315,217	538,998
P58	Arc	1484,174	20,000	43,2217	644877,773	3952327,684	539,985
P59	Arc	1504,174	20,000	43,9707	644862,282	3952340,335	539,748
P60	Arc	1524,174	20,000	44,7196	644846,941	3952353,166	537,589
P61	Arc	1544,174	20,000	45,4686	644831,753	3952366,178	534,859
P62	Arc	1564,174	20,000	46,2175	644816,718	3952379,367	532,517
P63	Arc	1584,174	20,000	46,9665	644801,839	3952392,732	531,454
P64	Arc	1604,174	20,000	47,7155	644787,119	3952406,271	531,166
P65	Arc	1624,174	20,000	48,4644	644772,559	3952419,983	531,030
P66	Arc	1644,174	20,000	49,2134	644758,162	3952433,864	533,065
P67	Arc	1664,174	20,000	49,9624	644743,928	3952447,915	535,975
P68	Arc	1684,174	20,000	50,7113	644729,861	3952462,131	537,995
P69	Arc	1704,174	20,000	51,4603	644715,962	3952476,512	539,202
P70	Arc	1724,174	20,000	52,2093	644702,234	3952491,056	540,423
P71	Arc	1744,174	20,000	52,9582	644688,677	3952505,760	540,157
P72	Arc	1764,174	20,000	53,7072	644675,295	3952520,623	540,033
P73	Arc	1784,174	20,000	54,4562	644662,088	3952535,642	540,572
P74	Arc	1804,174	20,000	55,2051	644649,058	3952550,816	541,487
P75	Arc	1824,174	20,000	55,9541	644636,208	3952566,141	541,579
P76	Arc	1844,174	20,000	56,7031	644623,540	3952581,617	540,152
P77	Arc	1864,174	20,000	57,4520	644611,054	3952597,241	536,875
P78	Arc	1884,174	20,000	58,2010	644598,753	3952613,010	534,096
P79	Arc	1904,174	20,000	58,9499	644586,638	3952628,923	531,533
P80	Arc	1924,174	20,000	59,6989	644574,711	3952644,978	529,828
P81	Arc	1944,174	20,000	60,4479	644562,974	3952661,172	528,627
P82	Arc	1964,174	20,000	61,1968	644551,429	3952677,503	527,712
P83	Arc	1984,174	20,000	61,9458	644540,076	3952693,968	527,786
P84	Arc	2004,174	20,000	62,6948	644528,918	3952710,566	527,553
P85	Arc	2024,174	20,000	63,4437	644517,956	3952727,294	529,198
P86	Arc	2044,174	20,000	64,1927	644507,191	3952744,150	530,657
P87	AD	2110,334	66,160	64,7979	644472,378	3952800,410	533,010
P88	AD	2160,334	50,000	64,7979	644446,118	3952842,958	532,150
P89	AD	2210,334	50,000	64,7979	644419,858	3952885,507	531,814
P90	AD	2260,334	50,000	64,7979	644393,598	3952928,056	535,185
P91	AD	2310,334	50,000	64,7979	644367,338	3952970,605	539,022

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

P92	AD	2360,334	50,000	64,7979	644341,078	3953013,154	537,224
P93	AD	2410,334	50,000	64,7979	644314,817	3953055,703	532,329
P94	AD	2460,334	50,000	64,7979	644288,557	3953098,251	531,272
P95	AD	2510,334	50,000	64,7979	644262,297	3953140,800	530,313
P96	AD	2560,334	50,000	64,7979	644236,037	3953183,349	530,581
P97	AD	2610,334	50,000	64,7979	644209,777	3953225,898	531,197
P98	AD	2660,334	50,000	64,7979	644183,517	3953268,447	532,532
P99	AD	2710,334	50,000	64,7979	644157,256	3953310,996	532,768
P100	AD	2760,334	50,000	64,7979	644130,996	3953353,545	530,164
P101	AD	2810,334	50,000	64,7979	644104,736	3953396,093	529,521
P102	Arc	2853,599	43,265	64,8403	644082,019	3953432,914	521,676
P103	Arc	2873,599	20,000	64,8827	644071,532	3953449,944	522,616
P104	Arc	2893,599	20,000	64,9252	644061,056	3953466,981	523,699
P105	Arc	2913,599	20,000	64,9676	644050,592	3953484,025	523,963
P106	Arc	2933,599	20,000	65,0101	644040,139	3953501,076	524,445
P107	Arc	2953,599	20,000	65,0525	644029,697	3953518,134	525,249
P108	Arc	2973,599	20,000	65,0949	644019,267	3953535,199	526,267
P109	Arc	2993,599	20,000	65,1374	644008,848	3953552,271	526,947
P110	AD	3044,804	51,205	65,1399	643982,190	3953595,989	526,895
P111	AD	3094,804	50,000	65,1399	643956,159	3953638,678	526,817
P112	AD	3144,804	50,000	65,1399	643930,128	3953681,368	527,014
P113	AD	3194,804	50,000	65,1399	643904,096	3953724,057	528,009
P114	AD	3244,804	50,000	65,1399	643878,065	3953766,746	529,250
P115	AD	3294,804	50,000	65,1399	643852,034	3953809,436	530,987
P116	AD	3344,804	50,000	65,1399	643826,003	3953852,125	532,647
P117	AD	3394,804	50,000	65,1399	643799,972	3953894,814	535,322
P118	AD	3444,804	50,000	65,1399	643773,941	3953937,504	536,514
P119	AD	3494,804	50,000	65,1399	643747,909	3953980,193	535,071
P120	AD	3544,804	50,000	65,1399	643721,878	3954022,882	526,010
P121	AD	3594,804	50,000	65,1399	643695,847	3954065,572	527,816
P122	AD	3644,804	50,000	65,1399	643669,816	3954108,261	528,384
P123	AD	3694,804	50,000	65,1399	643643,785	3954150,950	529,498
P124	AD	3744,804	50,000	65,1399	643617,754	3954193,640	530,573
P125	AD	3794,804	50,000	65,1399	643591,723	3954236,329	532,349
P126	AD	3844,804	50,000	65,1399	643565,691	3954279,018	533,663
P127	AD	3894,804	50,000	65,1399	643539,660	3954321,708	533,349
P128	AD	3944,804	50,000	65,1399	643513,629	3954364,397	534,228
P129	AD	3994,804	50,000	65,1399	643487,598	3954407,086	535,604
P130	AD	4044,804	50,000	65,1399	643461,567	3954449,776	536,639
P131	AD	4094,804	50,000	65,1399	643435,536	3954492,465	537,962
P132	AD	4144,804	50,000	65,1399	643409,505	3954535,154	538,717
P133	AD	4194,804	50,000	65,1399	643383,473	3954577,844	540,058
P134	AD	4244,804	50,000	65,1399	643357,442	3954620,533	542,928
P135	AD	4294,804	50,000	65,1399	643331,411	3954663,222	542,327
P136	AD	4344,804	50,000	65,1399	643305,380	3954705,912	540,023
P137	AD	4394,804	50,000	65,1399	643279,349	3954748,601	538,107
P138	AD	4444,804	50,000	65,1399	643253,318	3954791,290	537,940
P139	AD	4494,804	50,000	65,1399	643227,286	3954833,980	538,840
P140	AD	4544,804	50,000	65,1399	643201,255	3954876,669	539,821
P141	AD	4594,804	50,000	65,1399	643175,224	3954919,358	539,918
P142	AD	4644,804	50,000	65,1399	643149,193	3954962,048	539,319
P143	AD	4694,804	50,000	65,1399	643123,162	3955004,737	539,715
P144	AD	4744,804	50,000	65,1399	643097,131	3955047,426	540,198
P145	AD	4794,804	50,000	65,1399	643071,100	3955090,116	540,627

P146	AD	4844,804	50,000	65,1399	643045,068	3955132,805	541,533
P147	AD	4894,804	50,000	65,1399	643019,037	3955175,494	542,311
P148	AD	4944,804	50,000	65,1399	642993,006	3955218,184	543,007
P149	Arc	5005,183	60,379	65,6935	642961,646	3955269,779	543,948
P150	Arc	5025,183	20,000	66,2471	642951,457	3955286,989	544,284
P151	Arc	5045,183	20,000	66,8007	642941,418	3955304,287	544,623
P152	Arc	5065,183	20,000	67,3543	642931,530	3955321,672	545,047
P153	Arc	5085,183	20,000	67,9079	642921,794	3955339,142	545,452
P154	Arc	5105,183	20,000	68,4614	642912,210	3955356,696	545,926
P155	Arc	5125,183	20,000	69,0150	642902,778	3955374,332	546,235
P156	Arc	5145,183	20,000	69,5686	642893,501	3955392,050	546,653
P157	Arc	5165,183	20,000	70,1222	642884,378	3955409,848	547,059
P158	Arc	5185,183	20,000	70,6758	642875,410	3955427,725	547,440
P159	Arc	5205,183	20,000	71,2293	642866,598	3955445,679	547,639
P160	Arc	5225,183	20,000	71,7829	642857,942	3955463,709	547,843
P161	Arc	5245,183	20,000	72,3365	642849,444	3955481,813	548,104
P162	Arc	5265,183	20,000	72,8901	642841,103	3955499,991	547,679
P163	Arc	5285,183	20,000	73,4437	642832,920	3955518,240	547,467
P164	Arc	5305,183	20,000	73,9973	642824,897	3955536,560	547,472
P165	Arc	5325,183	20,000	74,5508	642817,033	3955554,949	547,607
P166	Arc	5345,183	20,000	75,1044	642809,329	3955573,406	548,044
P167	Arc	5365,183	20,000	75,6580	642801,787	3955591,929	548,391
P168	Arc	5385,183	20,000	76,2116	642794,405	3955610,517	548,657
P169	Arc	5405,183	20,000	76,7652	642787,185	3955629,169	548,983
P170	Arc	5425,183	20,000	77,3188	642780,128	3955647,882	549,345
P171	Arc	5445,183	20,000	77,8723	642773,234	3955666,656	549,732
P172	Arc	5465,183	20,000	78,4259	642766,504	3955685,490	550,152
P173	Arc	5485,183	20,000	78,9795	642759,937	3955704,381	550,571
P174	Arc	5505,183	20,000	79,5331	642753,535	3955723,328	551,033
P175	Arc	5525,183	20,000	80,0867	642747,298	3955742,331	551,570
P176	Arc	5545,183	20,000	80,6402	642741,226	3955761,387	552,178
P177	Arc	5565,183	20,000	81,1938	642735,320	3955780,495	552,857
P178	Arc	5585,183	20,000	81,7474	642729,581	3955799,654	553,346
P179	Arc	5605,183	20,000	82,3010	642724,009	3955818,862	553,825
P180	Arc	5625,183	20,000	82,8546	642718,603	3955838,117	554,442
P181	Arc	5645,183	20,000	83,4082	642713,366	3955857,419	555,071
P182	Arc	5665,183	20,000	83,9617	642708,296	3955876,766	555,733
P183	Arc	5685,183	20,000	84,5153	642703,395	3955896,156	556,395
P184	Arc	5705,183	20,000	85,0689	642698,663	3955915,588	557,061
P185	Arc	5725,183	20,000	85,6225	642694,099	3955935,061	557,699
P186	Arc	5745,183	20,000	86,1761	642689,706	3955954,572	558,236
P187	Arc	5765,183	20,000	86,7297	642685,482	3955974,121	558,908
P188	Arc	5785,183	20,000	87,2832	642681,428	3955993,705	559,643
P189	Arc	5805,183	20,000	87,8368	642677,545	3956013,325	560,298
P190	Arc	5825,183	20,000	88,3904	642673,832	3956032,977	561,848
P191	Arc	5845,183	20,000	88,9440	642670,291	3956052,661	563,107
P192	Arc	5865,183	20,000	89,4976	642666,920	3956072,375	564,204
P193	Arc	5885,183	20,000	90,0512	642663,722	3956092,117	565,351
P194	Arc	5905,183	20,000	90,6047	642660,695	3956111,887	566,778
P195	AD	5960,774	55,591	90,7595	642652,647	3956166,893	570,103
P196	AD	6010,774	50,000	90,7595	642645,415	3956216,367	565,925
P197	AD	6060,774	50,000	90,7595	642638,183	3956265,841	562,885
P198	AD	6110,774	50,000	90,7595	642630,951	3956315,315	560,202
P199	AD	6160,774	50,000	90,7595	642623,719	3956364,790	557,765

P200	Clo	6205,501	44,727	90,6179	642617,235	3956409,044	556,181
P201	Clo	6225,501	20,000	90,1933	642614,240	3956428,818	555,512
P202	Clo	6245,501	20,000	89,4855	642611,069	3956448,565	554,809
P203	Clo	6265,501	20,000	88,4947	642607,634	3956468,268	554,125
P204	Clo	6285,501	20,000	87,2208	642603,850	3956487,906	553,546
P205	Clo	6305,501	20,000	85,6637	642599,630	3956507,455	553,004
P206	Arc	6334,001	28,500	83,0973	642592,713	3956535,101	552,707
P207	Arc	6354,001	20,000	81,2784	642587,190	3956554,323	552,570
P208	Arc	6374,001	20,000	79,4595	642581,120	3956573,379	552,505
P209	Arc	6394,001	20,000	77,6406	642574,508	3956592,253	552,501
P210	Arc	6414,001	20,000	75,8217	642567,360	3956610,932	552,628
P211	Arc	6434,001	20,000	74,0028	642559,681	3956629,398	552,636
P212	Arc	6454,001	20,000	72,1838	642551,478	3956647,637	552,636
P213	Arc	6474,001	20,000	70,3649	642542,757	3956665,635	552,705
P214	Arc	6494,001	20,000	68,5460	642533,525	3956683,376	552,763
P215	Arc	6514,001	20,000	66,7271	642523,791	3956700,847	552,854
P216	Clo	6552,568	38,567	63,3611	642503,641	3956733,726	553,056
P217	Clo	6572,568	20,000	61,9668	642492,566	3956750,380	553,167
P218	Clo	6592,568	20,000	60,8557	642481,166	3956766,812	553,187
P219	Clo	6612,568	20,000	60,0276	642469,517	3956783,069	553,212
P220	Clo	6632,568	20,000	59,4826	642457,693	3956799,200	553,174
P221	Clo	6652,568	20,000	59,2208	642445,767	3956815,255	553,144
P222	AD	6711,068	58,500	59,1952	642410,787	3956862,145	553,711
P223	AD	6761,068	50,000	59,1952	642380,889	3956902,221	553,713
P224	AD	6811,068	50,000	59,1952	642350,991	3956942,297	553,651
P225	AD	6861,068	50,000	59,1952	642321,093	3956982,373	553,637
P226	AD	6911,068	50,000	59,1952	642291,194	3957022,449	553,801
P227	AD	6961,068	50,000	59,1952	642261,296	3957062,525	553,986
P228	AD	7011,068	50,000	59,1952	642231,398	3957102,601	553,616
P229	AD	7061,068	50,000	59,1952	642201,499	3957142,678	553,566
P230	AD	7111,068	50,000	59,1952	642171,601	3957182,754	551,014
P231	AD	7161,068	50,000	59,1952	642141,703	3957222,830	549,159
P232	AD	7211,068	50,000	59,1952	642111,805	3957262,906	548,249
P233	AD	7261,068	50,000	59,1952	642081,906	3957302,982	550,844
P234	AD	7311,068	50,000	59,1952	642052,008	3957343,058	551,430
P235	AD	7361,068	50,000	59,1952	642022,110	3957383,134	552,421
P236	Clo	7414,722	53,655	59,0912	641990,018	3957426,133	553,753
P237	Clo	7434,722	20,000	58,7791	641977,997	3957442,118	554,083
P238	Clo	7454,722	20,000	58,2590	641965,873	3957458,023	554,152
P239	Clo	7474,722	20,000	57,5308	641953,593	3957473,810	554,501
P240	Clo	7494,722	20,000	56,5946	641941,108	3957489,434	554,929
P241	Clo	7514,722	20,000	55,4504	641928,369	3957504,852	555,010
P242	Arc	7550,722	36,000	52,9705	641904,663	3957531,941	556,039
P243	Arc	7570,722	20,000	51,5558	641891,033	3957546,577	556,611
P244	Arc	7590,722	20,000	50,1411	641877,080	3957560,906	557,248
P245	Arc	7610,722	20,000	48,7264	641862,813	3957574,921	558,014
P246	Arc	7630,722	20,000	47,3116	641848,238	3957588,616	558,973
P247	Arc	7650,722	20,000	45,8969	641833,363	3957601,984	559,905
P248	Arc	7670,722	20,000	44,4822	641818,194	3957615,018	559,821
P249	Arc	7690,722	20,000	43,0675	641802,739	3957627,712	559,346
P250	Arc	7710,722	20,000	41,6528	641787,006	3957640,059	558,747
P251	Arc	7730,722	20,000	40,2381	641771,002	3957652,053	557,951
P252	Arc	7750,722	20,000	38,8234	641754,736	3957663,689	558,303
P253	Arc	7770,722	20,000	37,4087	641738,215	3957674,961	559,183

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

P254	Arc	7790,722	20,000	35,9940	641721,448	3957685,862	560,469
P255	Arc	7810,722	20,000	34,5793	641704,443	3957696,389	560,871
P256	Arc	7830,722	20,000	33,1645	641687,208	3957706,535	561,343
P257	Arc	7850,722	20,000	31,7498	641669,752	3957716,295	561,235
P258	Arc	7870,722	20,000	30,3351	641652,083	3957725,665	561,341
P259	Arc	7890,722	20,000	28,9204	641634,210	3957734,641	562,200
P260	Arc	7910,722	20,000	27,5057	641616,143	3957743,217	562,909
P261	Arc	7930,722	20,000	26,0910	641597,889	3957751,389	563,934
P262	Arc	7950,722	20,000	24,6763	641579,458	3957759,154	565,506
P263	Arc	7970,722	20,000	23,2616	641560,860	3957766,507	564,763
P264	Arc	7990,722	20,000	21,8469	641542,102	3957773,445	563,447
P265	Arc	8010,722	20,000	20,4321	641523,195	3957779,965	562,337
P266	Arc	8030,722	20,000	19,0174	641504,148	3957786,063	561,425
P267	Arc	8050,722	20,000	17,6027	641484,970	3957791,736	562,344
P268	Arc	8070,722	20,000	16,1880	641465,670	3957796,982	563,816
P269	Arc	8090,722	20,000	14,7733	641446,259	3957801,797	565,618
P270	Arc	8110,722	20,000	13,3586	641426,746	3957806,180	566,666
P271	Arc	8130,722	20,000	11,9439	641407,140	3957810,128	570,879
P272	Clo	8163,565	32,843	9,7247	641374,770	3957815,675	568,193
P273	Clo	8183,565	20,000	8,6221	641354,977	3957818,541	566,079
P274	Clo	8203,565	20,000	7,7275	641335,141	3957821,097	562,505
P275	Clo	8223,565	20,000	7,0409	641315,275	3957823,406	560,011
P276	Clo	8243,565	20,000	6,5624	641295,388	3957825,534	557,745
P277	Clo	8263,565	20,000	6,2920	641275,490	3957827,544	555,319
P278	AD	8329,565	66,000	6,2254	641209,805	3957833,993	552,156
P279	AD	8379,565	50,000	6,2254	641160,044	3957838,875	551,091
P280	AD	8429,565	50,000	6,2254	641110,283	3957843,756	548,265
P281	AD	8479,565	50,000	6,2254	641060,522	3957848,638	551,905
P282	Arc	8535,369	55,803	5,6718	641004,977	3957854,000	550,736
P283	Arc	8555,369	20,000	5,1182	640985,049	3957855,693	550,854
P284	Arc	8575,369	20,000	4,5647	640965,107	3957857,212	550,795
P285	Arc	8595,369	20,000	4,0111	640945,152	3957858,558	550,502
P286	Arc	8615,369	20,000	3,4575	640925,187	3957859,731	550,124
P287	Arc	8635,369	20,000	2,9039	640905,212	3957860,729	549,694
P288	Arc	8655,369	20,000	2,3503	640885,229	3957861,555	549,264
P289	Arc	8675,369	20,000	1,7967	640865,240	3957862,206	547,615
P290	Arc	8695,369	20,000	1,2432	640845,245	3957862,683	545,642
P291	Arc	8715,369	20,000	0,6896	640825,248	3957862,987	544,222
P292	Arc	8735,369	20,000	0,1360	640805,248	3957863,117	543,767
P293	Arc	8755,369	20,000	399,5824	640785,248	3957863,072	543,306
P294	Arc	8775,369	20,000	399,0288	640765,249	3957862,854	543,152
P295	Arc	8795,369	20,000	398,4753	640745,253	3957862,462	543,155
P296	Arc	8815,369	20,000	397,9217	640725,261	3957861,896	543,209
P297	Arc	8835,369	20,000	397,3681	640705,275	3957861,157	543,251
P298	Arc	8855,369	20,000	396,8145	640685,296	3957860,243	543,284
P299	Arc	8875,369	20,000	396,2609	640665,326	3957859,156	543,289
P300	Arc	8895,369	20,000	395,7073	640645,366	3957857,895	543,272
P301	Arc	8915,369	20,000	395,1538	640625,417	3957856,461	543,325
P302	Arc	8935,369	20,000	394,6002	640605,482	3957854,853	543,343
P303	Arc	8955,369	20,000	394,0466	640585,561	3957853,072	543,373
P304	AD	9012,200	56,832	393,8575	640528,993	3957847,607	543,208
P305	AD	9062,200	50,000	393,8575	640479,226	3957842,791	543,191
P306	AD	9112,200	50,000	393,8575	640429,458	3957837,974	544,828
P307	AD	9162,200	50,000	393,8575	640379,691	3957833,157	551,364

P308	AD	9212,200	50,000	393,8575	640329,923	3957828,340	554,464
P309	AD	9262,200	50,000	393,8575	640280,156	3957823,523	555,148
P310	AD	9312,200	50,000	393,8575	640230,389	3957818,706	560,262
P311	AD	9362,200	50,000	393,8575	640180,621	3957813,890	563,408
P312	AD	9412,200	50,000	393,8575	640130,854	3957809,073	564,048
P313	Clo	9461,637	49,437	393,9511	640081,646	3957804,320	565,244
P314	Clo	9481,637	20,000	394,2320	640061,732	3957802,461	565,760
P315	Clo	9501,637	20,000	394,7001	640041,808	3957800,720	566,030
P316	Clo	9521,637	20,000	395,3554	640021,870	3957799,155	566,247
P317	Clo	9541,637	20,000	396,1980	640001,914	3957797,824	566,427
P318	Clo	9561,637	20,000	397,2278	639981,941	3957796,787	566,760
P319	Arc	9597,637	36,000	399,4598	639945,956	3957795,839	567,489
P320	Arc	9617,637	20,000	0,7330	639925,956	3957795,869	567,923
P321	Arc	9637,637	20,000	2,0062	639905,961	3957796,299	568,362
P322	Arc	9657,637	20,000	3,2795	639885,978	3957797,129	569,045
P323	Arc	9677,637	20,000	4,5527	639866,017	3957798,359	569,696
P324	Arc	9697,637	20,000	5,8260	639846,083	3957799,987	570,413
P325	Arc	9717,637	20,000	7,0992	639826,187	3957802,014	570,655
P326	Arc	9737,637	20,000	8,3724	639806,334	3957804,438	570,736
P327	Arc	9757,637	20,000	9,6457	639786,535	3957807,259	570,730
P328	Arc	9777,637	20,000	10,9189	639766,795	3957810,475	570,610
P329	Arc	9797,637	20,000	12,1922	639747,124	3957814,086	570,138
P330	Arc	9817,637	20,000	13,4654	639727,529	3957818,089	569,951
P331	Arc	9837,637	20,000	14,7386	639708,018	3957822,483	569,766
P332	Arc	9857,637	20,000	16,0119	639688,599	3957827,266	569,617
P333	Arc	9877,637	20,000	17,2851	639669,279	3957832,437	568,487
P334	Arc	9897,637	20,000	18,5583	639650,067	3957837,993	567,847
P335	Arc	9917,637	20,000	19,8316	639630,970	3957843,932	568,212
P336	Arc	9937,637	20,000	21,1048	639611,995	3957850,252	569,297
P337	Arc	9957,637	20,000	22,3781	639593,150	3957856,950	570,627
P338	Arc	9977,637	20,000	23,6513	639574,443	3957864,024	571,715
P339	Arc	9997,637	20,000	24,9245	639555,881	3957871,470	572,700
P340	Arc	10017,637	20,000	26,1978	639537,472	3957879,286	573,965
P341	Arc	10037,637	20,000	27,4710	639519,223	3957887,469	575,271
P342	Arc	10057,637	20,000	28,7443	639501,141	3957896,015	575,890
P343	Arc	10077,637	20,000	30,0175	639483,234	3957904,921	576,495
P344	Arc	10097,637	20,000	31,2907	639465,508	3957914,183	577,473
P345	Arc	10117,637	20,000	32,5640	639447,972	3957923,798	578,589
P346	Arc	10137,637	20,000	33,8372	639430,631	3957933,762	579,751
P347	Arc	10157,637	20,000	35,1105	639413,492	3957944,071	580,996
P348	Arc	10177,637	20,000	36,3837	639396,564	3957954,720	582,557
P349	Arc	10197,637	20,000	37,6569	639379,851	3957965,705	584,363
P350	Arc	10217,637	20,000	38,9302	639363,362	3957977,023	585,815
P351	Arc	10237,637	20,000	40,2034	639347,102	3957988,668	586,532
P352	Arc	10257,637	20,000	41,4767	639331,079	3958000,636	587,205
P353	Arc	10277,637	20,000	42,7499	639315,298	3958012,922	587,720
P354	Arc	10297,637	20,000	44,0231	639299,766	3958025,521	587,067
P355	Arc	10317,637	20,000	45,2964	639284,488	3958038,429	589,230
P356	Arc	10337,637	20,000	46,5696	639269,473	3958051,639	589,552
P357	Arc	10357,637	20,000	47,8429	639254,724	3958065,147	590,302
P358	Arc	10377,637	20,000	49,1161	639240,248	3958078,947	591,297
P359	Arc	10397,637	20,000	50,3893	639226,052	3958093,034	592,027
P360	Arc	10417,637	20,000	51,6626	639212,139	3958107,402	592,422
P361	Arc	10437,637	20,000	52,9358	639198,517	3958122,045	592,999

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

P362	Clo	10459,713	22,076	54,2476	639183,818	3958138,514	593,879
P363	Clo	10479,713	20,000	55,2400	639170,771	3958153,673	595,325
P364	Clo	10499,713	20,000	56,0451	639157,940	3958169,014	596,767
P365	Clo	10519,713	20,000	56,6630	639145,282	3958184,498	597,568
P366	Clo	10539,713	20,000	57,0936	639132,751	3958200,086	597,948
P367	Clo	10559,713	20,000	57,3371	639120,303	3958215,740	598,558
P368	AD	10625,713	66,000	57,3970	639079,355	3958267,502	601,365
P369	AD	10675,713	50,000	57,3970	639048,336	3958306,717	602,228
P370	AD	10725,713	50,000	57,3970	639017,318	3958345,933	602,648
P371	Clo	10777,413	51,700	57,2930	638985,237	3958386,475	602,722
P372	Clo	10797,413	20,000	56,9809	638972,770	3958402,114	602,498
P373	Clo	10817,413	20,000	56,4608	638960,201	3958417,671	602,231
P374	Clo	10837,413	20,000	55,7326	638947,480	3958433,104	601,897
P375	Clo	10857,413	20,000	54,7964	638934,559	3958448,369	601,645
P376	Clo	10877,413	20,000	53,6522	638921,390	3958463,421	601,323
P377	Arc	10913,413	36,000	51,1723	638896,928	3958489,831	600,377
P378	Arc	10933,413	20,000	49,7575	638882,890	3958504,075	601,405
P379	Arc	10953,413	20,000	48,3428	638868,539	3958518,005	602,458
P380	Arc	10973,413	20,000	46,9281	638853,881	3958531,612	603,189
P381	Arc	10993,413	20,000	45,5134	638838,925	3958544,890	604,055
P382	Arc	11013,413	20,000	44,0987	638823,678	3958557,832	604,651
P383	Arc	11033,413	20,000	42,6840	638808,147	3958570,432	605,002
P384	Arc	11053,413	20,000	41,2693	638792,340	3958582,684	604,540
P385	Arc	11073,413	20,000	39,8546	638776,264	3958594,582	603,441
P386	Arc	11093,413	20,000	38,4399	638759,928	3958606,120	600,616
P387	Arc	11113,413	20,000	37,0251	638743,340	3958617,292	596,388
P388	Arc	11133,413	20,000	35,6104	638726,507	3958628,092	596,585
P389	Arc	11153,413	20,000	34,1957	638709,439	3958638,516	599,470
P390	Arc	11173,413	20,000	32,7810	638692,143	3958648,558	602,287
P391	Arc	11193,413	20,000	31,3663	638674,628	3958658,213	603,773
P392	Arc	11213,413	20,000	29,9516	638656,904	3958667,476	604,340
P393	Arc	11233,413	20,000	28,5369	638638,977	3958676,344	604,466
P394	Clo	11255,306	21,894	27,0923	638619,138	3958685,601	603,268
P395	Clo	11275,306	20,000	25,9896	638600,849	3958693,695	601,668
P396	Clo	11295,306	20,000	25,0950	638582,435	3958701,501	599,984
P397	Clo	11315,306	20,000	24,4085	638563,926	3958709,077	597,541
P398	Clo	11335,306	20,000	23,9300	638545,348	3958716,484	596,739
P399	Clo	11355,306	20,000	23,6595	638526,727	3958723,781	599,353
P400	AD	11421,306	66,000	23,5929	638465,210	3958747,690	604,498
P401	AD	11471,306	50,000	23,5929	638418,604	3958765,799	605,230
P402	AD	11521,306	50,000	23,5929	638371,999	3958783,907	603,853
P403	AD	11571,306	50,000	23,5929	638325,393	3958802,016	597,132
P404	AD	11621,306	50,000	23,5929	638278,787	3958820,124	602,130
P405	AD	11671,306	50,000	23,5929	638232,182	3958838,233	604,371
P406	AD	11721,306	50,000	23,5929	638185,576	3958856,342	606,376
P407	AD	11771,306	50,000	23,5929	638138,971	3958874,450	607,122
P408	AD	11821,306	50,000	23,5929	638092,365	3958892,559	607,321
P409	AD	11871,306	50,000	23,5929	638045,760	3958910,667	604,248
P410	AD	11921,306	50,000	23,5929	637999,154	3958928,776	596,819
P411	AD	11971,306	50,000	23,5929	637952,549	3958946,884	592,481
P412	AD	12021,306	50,000	23,5929	637905,943	3958964,993	592,400
P413	Arc	12070,311	49,005	23,5611	637860,263	3958982,737	593,272
P414	Arc	12090,311	20,000	23,5293	637841,615	3958989,966	593,613
P415	Arc	12110,311	20,000	23,4974	637822,964	3958997,186	593,953

P416	Arc	12130,311	20,000	23,4656	637804,309	3959004,397	594,293
P417	Arc	12150,311	20,000	23,4338	637785,651	3959011,599	594,823
P418	Arc	12170,311	20,000	23,4019	637766,989	3959018,791	595,190
P419	Arc	12190,311	20,000	23,3701	637748,323	3959025,973	595,420
P420	Arc	12210,311	20,000	23,3383	637729,654	3959033,147	595,682
P421	Arc	12230,311	20,000	23,3065	637710,981	3959040,311	596,565
P422	Arc	12250,311	20,000	23,2746	637692,304	3959047,466	597,726
P423	Arc	12270,311	20,000	23,2428	637673,624	3959054,611	598,582
P424	Arc	12290,311	20,000	23,2110	637654,941	3959061,748	599,485
P425	Arc	12310,311	20,000	23,1791	637636,254	3959068,874	600,470
P426	Arc	12330,311	20,000	23,1473	637617,563	3959075,992	601,473
P427	Arc	12350,311	20,000	23,1155	637598,869	3959083,100	602,734
P428	Arc	12370,311	20,000	23,0836	637580,171	3959090,199	604,121
P429	Arc	12390,311	20,000	23,0518	637561,470	3959097,288	605,978
P430	Arc	12410,311	20,000	23,0200	637542,765	3959104,368	609,080
P431	Arc	12430,311	20,000	22,9881	637524,056	3959111,439	611,157
P432	Arc	12450,311	20,000	22,9563	637505,344	3959118,500	612,886
P433	Arc	12470,311	20,000	22,9245	637486,629	3959125,552	614,242
P434	Arc	12490,311	20,000	22,8927	637467,910	3959132,595	614,344
P435	Arc	12510,311	20,000	22,8608	637449,187	3959139,628	609,752
P436	Arc	12530,311	20,000	22,8290	637430,461	3959146,652	606,055
P437	Arc	12550,311	20,000	22,7972	637411,732	3959153,666	605,032
P438	Arc	12570,311	20,000	22,7653	637392,999	3959160,671	603,292
P439	Arc	12590,311	20,000	22,7335	637374,262	3959167,667	603,130
P440	Arc	12610,311	20,000	22,7017	637355,522	3959174,654	604,441
P441	Arc	12630,311	20,000	22,6698	637336,778	3959181,631	606,013
P442	Arc	12650,311	20,000	22,6380	637318,031	3959188,598	607,425
P443	Arc	12670,311	20,000	22,6062	637299,281	3959195,557	608,699
P444	Arc	12690,311	20,000	22,5743	637280,527	3959202,506	607,411
P445	Arc	12710,311	20,000	22,5425	637261,769	3959209,445	607,402
P446	Arc	12730,311	20,000	22,5107	637243,009	3959216,375	609,987
P447	Arc	12750,311	20,000	22,4788	637224,244	3959223,296	612,777
P448	Arc	12770,311	20,000	22,4470	637205,476	3959230,208	615,591
P449	Arc	12790,311	20,000	22,4152	637186,705	3959237,110	618,066
P450	Arc	12810,311	20,000	22,3834	637167,930	3959244,002	619,665
P451	AD	12873,103	62,792	22,3630	637108,973	3959265,611	619,230
P452	AD	12923,103	50,000	22,3630	637062,027	3959282,816	614,195
P453	AD	12973,103	50,000	22,3630	637015,080	3959300,021	605,798
P454	AD	13023,103	50,000	22,3630	636968,133	3959317,225	602,355
P455	AD	13073,103	50,000	22,3630	636921,187	3959334,430	599,531
P456	AD	13123,103	50,000	22,3630	636874,240	3959351,635	598,979
P457	AD	13173,103	50,000	22,3630	636827,293	3959368,840	596,339
P458	AD	13223,103	50,000	22,3630	636780,346	3959386,045	588,594
P459	AD	13273,103	50,000	22,3630	636733,400	3959403,250	588,973
P460	AD	13323,103	50,000	22,3630	636686,453	3959420,455	587,603
P461	AD	13373,103	50,000	22,3630	636639,506	3959437,659	584,811
P462	AD	13423,103	50,000	22,3630	636592,560	3959454,864	582,405
P463	AD	13473,103	50,000	22,3630	636545,613	3959472,069	579,869
P464	AD	13523,103	50,000	22,3630	636498,666	3959489,274	577,886
P465	AD	13573,103	50,000	22,3630	636451,720	3959506,479	576,373
P466	AD	13592,168	19,065	22,3630	636433,819	3959513,039	576,195

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

Les cubatures :

Profil n°	Abscisse (m)	Long. Appli (m)	DEBLAIS			REMBLAIS		
			Surface (m^2)	Volume (m^3)	Cumul (m^3)	Surface (m^2)	Volume (m^3)	Cumul (m^3)
1	0.000	25.000	0.70	31.348	31.348	0.00	0.000	0.000
2	50.000	50.000	8.25	412.637	443.985	0.01	0.642	0.642
3	100.000	50.000	13.63	681.594	1125.579	0.79	39.632	40.274
4	150.000	50.000	11.00	550.060	1675.640	2.78	138.998	179.272
5	200.000	50.000	6.78	338.786	2014.425	5.97	298.738	478.010
6	250.000	50.000	3.49	174.409	2188.834	10.38	518.854	996.863
7	300.000	50.000	1.14	56.931	2245.765	15.99	799.344	1796.208
8	350.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	23.08	1153.859	2950.067
9	400.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	31.58	1578.782	4528.848
10	450.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	40.34	2017.181	6546.029
11	500.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	50.51	2525.399	9071.428
12	550.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	63.36	3168.056	12239.484
13	600.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	71.02	3551.143	15790.627
14	650.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	54.33	2716.270	18506.898
15	700.000	30.314	0.00	0.000	2245.765	17.27	863.544	19370.441
16	710.629	25.000	0.00	0.000	2245.765	0.38	18.873	19389.314
17	750.000	44.686	0.00	0.000	2245.765	1.41	70.672	19459.987
18	800.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	5.66	282.786	19742.773
19	850.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	7.10	354.848	20097.621
20	900.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	6.65	179.902	20277.523
21	950.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	5.91	147.725	20425.248
22	1000.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	1.97	94.279	20519.527
23	1050.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	23.23	1161.453	21680.980
24	1100.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	17.81	890.495	22571.474
25	1150.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	15.20	759.798	23331.273
26	1200.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	1.78	89.216	23420.489
27	1250.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	0.00	0.000	23420.489
28	1300.000	50.000	0.00	0.000	2245.765	0.00	0.000	23420.489
29	1350.000	50.000	0.12	5.918	2251.683	0.00	0.002	23420.491
30	1400.000	50.000	3.00	149.927	2401.610	0.00	0.047	23420.537
31	1450.000	50.000	9.73	486.483	2888.094	0.00	0.151	23420.689
32	1500.000	50.000	19.97	998.437	3886.531	0.02	0.794	23421.483
33	1550.000	50.000	26.96	1348.084	5234.614	0.13	6.395	23427.878
34	1600.000	50.000	28.24	1411.892	6646.506	0.10	4.977	23432.855
35	1650.000	50.000	24.00	1200.079	7846.585	0.08	3.869	23436.724

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

36	1700.000	27.068	15.48	773.833	8620.418	1.29	64.255	23500.979
37	1704.137	25.000	7.33	366.560	8986.977	6.71	335.649	23836.629
38	1750.000	47.932	2.00	100.113	9087.090	16.69	834.349	24670.978
39	1800.000	50.000	0.04	1.967	9089.057	31.91	1595.362	26266.340
40	1850.000	50.000	0.00	0.000	9089.057	43.04	2151.941	28418.281
41	1900.000	50.000	0.10	5.207	9094.264	32.18	1609.040	30027.321
42	1950.000	50.000	1.34	67.150	9161.414	1.71	85.718	30113.040
43	2000.000	50.000	1.08	53.826	9215.240	0.00	0.000	30113.040
44	2050.000	50.000	0.01	0.289	9215.529	0.00	0.148	30113.188
45	2100.000	50.000	0.03	1.295	9216.824	0.01	0.664	30113.852
46	2150.000	50.000	0.06	3.021	9219.845	0.03	1.550	30115.402
47	2200.000	50.000	0.11	5.468	9225.313	0.06	2.805	30118.206
48	2250.000	50.000	0.17	8.635	9233.948	0.09	4.429	30122.635
49	2300.000	50.000	0.25	12.523	9246.470	0.13	6.423	30129.059
50	2350.000	50.000	0.34	17.131	9263.601	0.18	8.787	30137.846
51	2400.000	50.000	0.45	22.459	9286.060	0.23	11.520	30149.366
52	2450.000	50.000	0.57	28.509	9314.569	0.29	14.623	30163.989
53	2500.000	50.000	0.71	35.278	9349.847	0.36	18.096	30182.085
54	2550.000	50.000	0.86	42.769	9392.616	0.44	21.938	30204.023
55	2600.000	50.000	1.02	50.979	9443.595	0.52	26.149	30230.172
56	2650.000	50.000	1.20	59.910	9503.506	0.61	30.730	30260.902
57	2700.000	50.000	1.39	69.562	9573.068	0.71	35.580	30296.483
58	2750.000	50.000	1.20	60.006	9633.074	0.00	0.000	30296.483
59	2800.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.00	0.000	30296.483
60	2850.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.11	5.474	30301.957
61	2900.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.07	3.635	30305.592
62	2950.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.04	2.019	30307.611
63	3000.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.02	0.874	30308.485
64	3050.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.00	0.202	30308.687
65	3100.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.00	0.001	30308.687
66	3150.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.00	0.116	30308.803
67	3200.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.01	0.430	30309.233
68	3250.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.02	0.945	30310.179
69	3300.000	50.000	0.00	0.000	9633.074	0.03	1.660	30311.839
70	3350.000	50.000	0.04	2.202	9635.276	0.05	2.690	30314.529
71	3400.000	50.000	0.77	38.494	9673.770	0.11	5.700	30320.228
72	3450.000	50.000	2.37	118.599	9792.368	0.22	11.238	30331.466
73	3500.000	50.000	4.39	219.506	10011.874	0.02	1.197	30332.663
74	3550.000	50.000	6.46	323.197	10335.071	0.00	0.000	30332.663
75	3600.000	50.000	8.46	422.790	10757.861	0.00	0.000	30332.663
76	3650.000	50.000	11.10	554.878	11312.739	0.00	0.000	30332.663

77	3700.000	50.000	14.35	717.742	12030.481	0.00	0.000	30332.663
78	3750.000	50.000	13.88	693.878	12724.358	0.00	0.000	30332.663
79	3800.000	50.000	6.95	347.306	13071.664	0.00	0.000	30332.663
80	3850.000	50.000	0.04	1.967	13073.632	0.07	3.376	30336.039
81	3900.000	50.000	0.21	10.543	13084.174	0.00	0.000	30336.039
82	3950.000	50.000	4.88	243.884	13328.058	0.00	0.000	30336.039
83	4000.000	50.000	7.97	398.685	13726.743	0.00	0.000	30336.039
84	4050.000	50.000	0.97	48.485	13775.228	0.00	0.000	30336.039
85	4100.000	50.000	0.06	3.105	13778.364	0.00	0.000	30336.039
86	4150.000	50.000	0.44	21.922	13800.287	3.46	173.057	30336.039
87	4200.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	15.03	751.374	30336.039
88	4250.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	0.05	2.522	30336.039
89	4300.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	0.02	0.880	30336.039
90	4350.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	0.00	0.000	30336.039
91	4400.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	0.00	0.000	30509.096
92	4450.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	0.00	0.000	31260.470
93	4500.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	0.00	0.000	31262.993
94	4550.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	3.06	153.157	31263.872
95	4600.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	5.66	282.908	31263.872
96	4650.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	5.97	298.658	31263.872
97	4700.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	4.39	219.543	31263.872
98	4750.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	64.13	3206.368	31263.872
99	4800.000	50.000	0.00	0.000	13800.287	236.70	11835.062	31417.030
100	4850.000	50.000	9.20	460.093	14260.380	476.44	23822.080	31699.937
101	4900.000	50.000	106.24	5311.813	19572.193	424.74	21237.093	31998.595
102	4950.000	50.000	241.20	12060.007	31632.200	129.29	6464.525	32218.138
103	5000.000	50.000	167.15	8357.539	39989.739	1.97	98.561	35424.506
104	5050.000	50.000	1.81	90.296	40080.035	0.68	34.232	47259.567
105	5100.000	50.000	0.00	0.000	40080.035	0.03	1.701	71081.648
106	5150.000	50.000	0.00	0.000	40080.035	0.01	0.301	92318.741
107	5200.000	50.000	0.00	0.139	40080.174	0.00	0.000	98783.265
108	5250.000	50.000	0.01	0.595	40080.769	0.00	0.000	98881.826
109	5300.000	50.000	0.03	1.368	40082.137	0.00	0.000	98916.058
110	5350.000	50.000	0.05	2.460	40084.597	0.00	0.000	98917.759
111	5400.000	50.000	0.08	3.869	40088.466	0.00	0.000	98918.060
112	5450.000	50.000	0.11	5.595	40094.061	0.00	0.000	98918.060
113	5500.000	32.110	0.15	7.640	40101.701	0.00	0.000	98918.060
114	5514.221	25.000	0.20	10.002	40111.702	0.00	0.000	98918.060
115	5550.000	42.890	0.25	12.681	40124.384	10.63	531.523	98918.060
116	5600.000	50.000	0.32	16.194	40140.577	54.62	2730.938	98918.060
117	5650.000	50.000	0.45	22.314	40162.892	121.09	6054.356	98918.060

Benlahcene Tahar
Saadouni Oussama

118	5700.000	50.000	0.62	31.194	40194.086	165.47	8273.410	98918.060
119	5750.000	50.000	0.54	26.970	40221.056	132.72	6636.183	98918.060
120	5800.000	50.000	0.00	0.000	40221.056	10.06	502.782	99449.583
121	5850.000	50.000	0.08	4.131	40225.187	0.00	0.000	123647.251
122	5900.000	50.000	7.15	357.270	40582.457	0.00	0.000	123647.251
123	5950.000	50.000	5.10	255.070	40837.527	0.00	0.000	123647.251
124	6000.000	50.000	3.41	170.372	41007.899	0.00	0.000	123647.251
125	6050.000	50.000	2.05	102.706	41110.605	0.00	0.000	123647.251
126	6100.000	50.000	1.04	52.072	41162.677	0.05	2.692	123647.251
127	6150.000	50.000	0.37	18.471	41181.148	0.00	0.104	123647.251
128	6200.000	50.000	0.04	1.903	41183.051	0.95	47.358	123647.251
129	6250.000	50.000	0.05	2.302	41185.353	8.05	402.377	123647.251
130	6300.000	50.000	0.96	48.122	41233.475	12.69	634.596	123647.251
131	6350.000	50.000	3.05	152.688	41386.163	15.82	790.998	123649.943
132	6400.000	50.000	3.21	160.611	41546.774	17.43	871.583	123650.047
133	6450.000	49.875	2.02	82.587	41629.361	17.53	717.363	123697.405
134	6499.751	25.000	2.42	60.589	41689.950	16.66	416.492	124099.783
135	6500.000	25.125	2.61	88.768	41778.717	17.25	587.701	124734.379
136	6550.000	50.000	1.66	82.871	41861.588	15.92	795.874	125525.376
137	6600.000	50.000	0.92	46.147	41907.735	13.85	692.389	126396.960
138	6650.000	50.000	0.40	20.097	41927.831	10.44	521.948	127114.322
139	6700.000	50.000	0.09	4.721	41932.552	6.74	336.882	127530.814
140	6750.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	5.06	252.919	128118.515
141	6800.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	3.81	190.327	128914.389
142	6850.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	2.62	131.225	129606.778
143	6900.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	1.51	75.615	130128.726
144	6950.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.47	23.496	130465.608
145	7000.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.06	3.220	130718.527
146	7050.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.14	6.767	130908.854
147	7100.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.10	5.018	131040.079
148	7150.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.07	3.530	131115.694
149	7200.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.05	2.303	131139.190
150	7250.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.03	1.337	131142.410
151	7300.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.01	0.632	131149.176
152	7350.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.15	7.305	131154.194
153	7400.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.87	43.353	131157.724
154	7450.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	2.40	120.214	131160.027
155	7500.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	2.39	119.382	131161.364
156	7550.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	1.93	96.351	131161.997
157	7600.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	1.52	75.786	131169.302
158	7650.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	1.15	57.688	131212.655

159	7700.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.84	42.056	131332.869
160	7750.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.58	28.891	131452.251
161	7800.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.36	18.192	131548.602
162	7850.000	50.000	0.00	0.000	41932.552	0.20	9.960	131624.389
163	7900.000	45.530	0.00	0.000	41932.552	0.08	4.194	131682.077
164	7941.060	25.000	0.00	0.000	41932.552	0.05	2.673	131724.133
165	7950.000	29.470	0.01	0.433	41932.985	0.00	0.000	131788.043
166	8000.000	50.000	0.05	2.527	41935.513	0.00	0.000	131788.043
167	8050.000	50.000	0.13	6.356	41941.868	0.00	0.000	131788.043
168	8100.000	50.000	0.24	11.919	41953.787	0.00	0.000	131788.043
169	8150.000	50.000	0.07	3.316	41957.103	0.00	0.000	131788.043

Annex D :

Etude géotechnique :

1) Granulométries :

Echantillons prélevés des sondages										
Diamètre des tamis (mm)	Tamisats (%)									
	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Ech5	Ech7	Ech8	Ech9	Ech10	Ech11
31.5	100	100	100	100	--	--	100	100	--	--
25	86.5	81.5	87.2	91.81	100	100	92.04	90.06	100	100
20	75	77.46	74.6	90.27	95.28	97.09	91.23	89.98	94.56	95.67
16	70.51	73.24	69.8	84.91	94.27	91.19	82.56	83.25	93.31	94.74
12.5	66.86	66.69	66.7	81.11	92.46	83.19	80.12	80.57	90.87	90.87
5	54.26	49.48	52.4	67.07	80.92	51.19	65.46	66.23	82.35	81.64
2.5	45.26	37.08	48.2	54.73	70.42	29.29	51.98	52.67	71.06	70.87
1.25	39.23	30.98	40.1	48.24	64.44	20.67	49.14	48.74	63.74	64.13
0.5	14.71	12.07	18.92	27.42	45.25	7.25	28.47	26.56	44.98	45.07
0.315	7.39	7.7	8.02	19	36.4	4.68	18.75	18.86	35.49	34.62
0.2	3.74	5.1	5.33	13.53	19.17	3.36	14.43	13.83	20.09	21.03
0.1	1.14	1.98	2.85	5.66	4.04	1.35	6.87	5.78	5.12	4.57
0.08	0.98	1.25	1.47	3.6	1.86	0.98	4.12	3.96	2.03	1.96

Le pourcentage des éléments inférieur à 80µ est : 0.98 %à 4.12 ⇨Dans notre cas on a un « **Sol sableux et graveleux avec fines ».**

2)Plasticité :

Les Caractéristiques de plasticité :

	ω %	WL	Wp	Ip
Ech N° 05	***9.95***	***28.36***	***21.15***	***7.21***
Ech N° 10	***7.56***	***26.74***	***18.49***	***8.25***
Ech N° 11	***4.79***	***27.81***	***20.66***	***7.15***

3) Poids Volumiques :

	Poids Volumiques Humide γh (KN/m3)	**Poids Volumiques Sec γd (KN/m3)**
Ech N° 01	18.35	16.81
Ech N° 02	18.29	16.79
Ech N° 03	18.45	16.84
Ech N° 04	17.94	16.67

Ech N° 05	18.56	17.12
Ech N° 07	17.91	16.65
Ech N° 08	18.07	16.74
Ech N° 09	18.16	16.77
Ech N° 10	18.47	17.01
Ech N° 11	18.22	16.96

8) Essais routiers :

1-Essai CBR :

Après la lecture des résultats on remarque qu'on a des sols de portance élevée de classe S2.

Echantillon	L'OPM (%)	I_{CBR}
Ech N° 01	95	10.23
Ech N° 03+04		13.47
Ech N° 05		12.21
Ech N° 08		13.47
Ech N° 09		13.48
Ech N° 10+11		11.12

2-Essai Proctor normale :

a) Echantillon N°01

Réf/ échantillon	1	2	3
Poids d'eau ajoutée à chaque compactage, (%)	4	6	8
Poids Total humide, (g)	11840	12185	11900
Poids du moule	6535	6535	6535
Poids du sol humide, (g)	5305	5650	5365
Poids du sol sec, (g)	5020	5296	5013
Volume du moule, ($cm^{3)}$	2756.77	2756.77	2756.77
Masse volumique apparente du sol humide, (g/cm^3)	1.92	2.05	1.95
Masse volumique apparente du sol sec (gr/cm^3)	1.821	1.921	1.818
N° de la tare	5	12	23
Poids total humide, (g)	133.6	124.5	151.3
Poids total sec, (g)	127.4	117.9	142.7
Poids de la tare, (g)	18.1	19.1	20.4
Poids de l'eau, (g)	6.2	6.6	8.6
Poids du sol sec, (g)	109.30	98.80	122.30
Teneur en eau	5.67	6.68	7.03

b) Echantillon N°03

Réf/ échantillon	1	2	3
Poids d'eau ajoutée à chaque compactage, (%)	4	6	8
Poids Total humide, (g)	12355	12715	12540
Poids du moule	6535	6535	6535
Poids du sol humide, (g)	5820	6180	6005
Poids du sol sec, (g)	5485	5837	5720
Volume du moule, ($cm^{3)}$	2756.77	2756.77	2756.77
Masse volumique apparente du sol humide, (g/cm^3)	2.11	2.24	2.18
Masse volumique apparente du sol sec (gr/cm^3)	1.990	2.117	2.075
N° de la tare	33	41	36
Poids total humide, (g)	130.5	132.5	158.9
Poids total sec, (g)	124	126.1	152.2
Poids de la tare, (g)	17.5	17.3	17.6
Poids de l'eau, (g)	6.5	6.4	6.7
Poids du sol sec, (g)	106.50	108.80	134.60
Teneur en eau	6.10	5.88	4.98

c) Echantillon N°04

Réf/ échantillon	1	2	3
Poids d'eau ajoutée à chaque compactage, (%)	4	6	8
Poids Total humide, (g)	12370	12720	12550
Poids du moule	6535	6535	6535
Poids du sol humide, (g)	5835	6185	6015
Poids du sol sec, (g)	5500	5841	5725
Volume du moule, ($cm^{3)}$	2756.77	2756.77	2756.77
Masse volumique apparente du sol humide, (g/cm^3)	2.12	2.24	2.18
Masse volumique apparente du sol sec (gr/cm^3)	1.995	2.119	2.077
N° de la tare	33	41	36
Poids total humide, (g)	128.9	130.5	156.8
Poids total sec, (g)	122.5	124.2	150.1
Poids de la tare, (g)	17.5	17.3	17.6
Poids de l'eau, (g)	6.4	6.3	6.7
Poids du sol sec, (g)	105.00	106.90	132.50
Teneur en eau	6.10	5.89	5.06

d) Echantillon N°05

Réf/ échantillon	1	2	3
Poids d'eau ajoutée à chaque compactage, (%)	6	8	10
Poids Total humide, (g)	12045	12360	12225
Poids du moule	6535	6535	6535
Poids du sol humide, (g)	5510	5825	5690
Poids du sol sec, (g)	5352	5539	5331
Volume du moule, ($cm^{3)}$	2756.77	2756.77	2756.77
Masse volumique apparente du sol humide, (g/cm^3)	2.00	2.11	2.06
Masse volumique apparente du sol sec (gr/cm^3)	1.941	2.009	1.934
N° de la tare	33	41	36
Poids total humide, (g)	121.8	117	127.1
Poids total sec, (g)	118.8	112.1	120.2
Poids de la tare, (g)	17.5	17.3	17.6
Poids de l'eau, (g)	3	4.9	6.9
Poids du sol sec, (g)	101.30	94.80	102.60
Teneur en eau	2.96	5.17	6.73

e) Echantillon N°08

Réf/ échantillon	1	2	3
Poids d'eau ajoutée à chaque compactage, (%)	4	6	8
Poids Total humide, (g)	12380	12735	12568
Poids du moule	6535	6535	6535
Poids du sol humide, (g)	5845	6200	6033
Poids du sol sec, (g)	5499	5849	5701
Volume du moule, ($cm^{3)}$	2756.77	2756.77	2756.77
Masse volumique apparente du sol humide, (g/cm^3)	2.12	2.25	2.19
Masse volumique apparente du sol sec (gr/cm^3)	1.995	2.122	2.068
N° de la tare	5	12	23
Poids total humide, (g)	131.2	135.7	145.6
Poids total sec, (g)	124.5	129.1	138.7
Poids de la tare, (g)	18.1	19.1	20.4
Poids de l'eau, (g)	6.7	6.6	6.9
Poids du sol sec, (g)	106.40	110.00	118.30
Teneur en eau	6.30	6.00	5.83

dd

f) Echantillon N°09

Réf/ échantillon	1	2	3
Poids d'eau ajoutée à chaque compactage, (%)	4	6	8
Poids Total humide, (g)	12375	12730	12563
Poids du moule	6535	6535	6535
Poids du sol humide, (g)	5840	6195	6028
Poids du sol sec, (g)	5508	5845	5703
Volume du moule, ($cm^{3)}$	2756.77	2756.77	2756.77
Masse volumique apparente du sol humide, (g/cm^3)	2.12	2.25	2.19
Masse volumique apparente du sol sec (gr/cm^3)	1.998	2.120	2.069
N° de la tare	5	12	23
Poids total humide, (g)	130.6	134.3	144.8
Poids total sec, (g)	124.2	127.8	138.1
Poids de la tare, (g)	18.1	19.1	20.4
Poids de l'eau, (g)	6.4	6.5	6.7
Poids du sol sec, (g)	106.10	108.70	117.70
Teneur en eau	6.03	5.98	5.69

g) Echantillon N°10

Réf/ échantillon	1	2	3
Poids d'eau ajoutée à chaque compactage, (%)	6	8	10
Poids Total humide, (g)	12052	12358	12233
Poids du moule	6535	6535	6535
Poids du sol humide, (g)	5517	5823	5698
Poids du sol sec, (g)	5349	5551	5339
Volume du moule, ($cm^{3)}$	2756.77	2756.77	2756.77
Masse volumique apparente du sol humide, (g/cm^3)	2.00	2.11	2.07
Masse volumique apparente du sol sec (gr/cm^3)	1.940	2.014	1.937
N° de la tare	33	41	36
Poids total humide, (g)	122.4	120.1	125.6
Poids total sec, (g)	119.2	115.3	118.8
Poids de la tare, (g)	17.5	17.3	17.6
Poids de l'eau, (g)	3.2	4.8	6.8
Poids du sol sec, (g)	101.70	98.00	101.20
Teneur en eau	3.15	4.90	6.72

h) Echantillon N°11

Réf/ échantillon	1	2	3
Poids d'eau ajoutée à chaque compactage, (%)	**6**	**8**	**10**
Poids Total humide, (g)	12040	12346	12225
Poids du moule	6535	6535	6535
Poids du sol humide, (g)	**5505**	**5811**	**5690**
Poids du sol sec, (g)	**5363**	**5575**	**5365**
Volume du moule, ($cm^{3)}$	**2756.77**	**2756.77**	**2756.77**
Masse volumique apparente du sol humide, (g/cm^3)	2.00	2.11	2.06
Masse volumique apparente du sol sec (gr/cm^3)	**1.945**	**2.022**	**1.946**
N° de la tare	33	41	36
Poids total humide, (g)	130.1	145.6	136.7
Poids total sec, (g)	127.2	140.4	129.9
Poids de la tare, (g)	17.5	17.3	17.6
Poids de l'eau, (g)	**2.9**	**5.2**	**6.8**
Poids du sol sec, (g)	**109.70**	**123.10**	**112.30**
Teneur en eau	**2.64**	**4.22**	**6.06**