

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



Faculté du génie de la construction
Département de génie civil



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie civil
Option : Voies et Ouvrages d'Art

THEME

Etude d'un tronçon routier de 3 Km de la pénétrante de
Tizi-Ouzou en phase APD avec échangeur en phase APS



Présenté par :

Mr. ZEKRINI Mohamed
Mr. MAKOUICHE Yacine

Encadré par :

Mr. DEHMOUS Hocine

PROMOTION 2014/2015

Remerciements

Louange à Dieu le saint tout puissant miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur monsieur DEHMOUS Hocine, de nous avoir guidé pour la réalisation de ce travail notamment sur sa disponibilité et son soutien incessant durant l'élaboration de notre projet.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qu'ils nous feront l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants de l'UMMTO qui ont contribué à notre formation.

Nos vifs remerciements vont aussi aux ingénieurs de la DTP notamment à M. SADOUDI.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes Parents, qui ont œuvré pour ma réussite, de par leurs amour, soutien, tous les sacrifices consentis et leurs précieux conseils, pour toute leurs assistance et leurs présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont mes parents ne cessent de me combler. Qu'ALLAH leur procure bonne santé et longue vie.

Mes frères : kamel, karim, rabah (poupah), soufian et leurs femmes et enfants, ma sœur fatma et son époux abdo et leurs enfant, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Mes amis et amies qui n'ont cessé de m'encourager ;

Mes professeurs de BASTOS et Mon professeur encadreur Mr DEHMOUS H. pour son aide et sa précieuse attention

Tout la promotion VOA 2015 (lila, oualidus, hocine, massi, akli,.....)

Mon partenaire et ami avec qui j'ai l'énorme plaisir de travailler.

Mohamed

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mon cursus,

À ma grand-mère Dahbia,

À mes frères Khellaf, Mourad et leurs femmes Nacera, Lila ainsi Younès et Jugurtha,

À mes sœurs Ferroudja et son mari Hakim ainsi Dyhia,

À mes très chers neveux Juba, Yani, Aksel et Adam ainsi ma nièce Mélissa,

Je le dédie aussi à toute la famille MAKOUCHE en générale et mes amis (es)notamment Moh avec qui j'ai l'énorme plaisir de travailler.

À toute la promotion de génie civil, particulièrement la promotion V.O.A.

Yacine

Sommaire

Introduction générale.....	01
-----------------------------------	-----------

Chapitre I : Présentation du projet

Introduction.....	02
I.1 : Aperçu sur la wilaya de Tizi-Ouzou.....	02
I.2 : Présentation général de la pénétrante.....	03
I.3 : Présentation de notre projet.....	04
I.4 : Justification et nécessiter de l'échangeur.....	05
I.5 : Objectif du projet.....	06

Chapitre II : Etude du sol d'implantation

II.1 : Etude Géologique.....	07
II.2 : Etude géotechnique.....	10
II.3 : Talus.....	18
Conclusion.....	20

Chapitre III : Etude du trafic

Introduction.....	21
III.1 : Analyse de trafic.....	21
III.2 : Différents trafics.....	22
III.3 : Calcul du trafic.....	22
III.4 : Calcul du nombre de voies.....	23
III.5 : Récapitulatif des résultats.....	26
Conclusion.....	26

Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée

Introduction.....	27
-------------------	----

IV.1 : Chaussée.....	27
IV.2 : Justification du choix de la chaussée souple.....	30
IV.3 : Dimensionnement d'une structure de chaussée routière.....	30
IV.4 : Application au projet.....	36
Conclusion.....	46

Chapitre V : Etude géométrique

Introduction.....	47
V.1 : Aperçu sur la norme adoptée «B 40».....	47
V.2 : Vitesse de référence (base).....	47
V.3 : Profil en travers.....	48
V.4 : Tracé en plan et le profil en long.....	51
V.5 : Visibilité.....	63
Conclusion.....	65

Chapitre VI : Cubatures et terrassements

Introduction.....	66
VI.1 : Déblais.....	66
VI.2 : Remblais.....	66
VI.3 : Cubature.....	66
VI.4 : Méthodes du calcul des cubatures.....	66
VI.5 : Application au projet.....	69

Chapitre VII : AutoCAD Civil 3D

VII.1 : Description du logiciel.....	70
VII.2 : Justification du choix du logiciel.....	70
VII.3 : Etapes de réalisation d'un projet routier sur AutoCAD civil 3D.....	71

Chapitre VIII : Echangeur

Introduction.....	79
-------------------	----

VIII.1 : Définition et rôle d'un échangeur.....	79
VIII.2 : Différents types d'échangeurs.....	80
VIII.3 : Caractéristiques géométriques des échangeurs.....	82
VIII.4 : Conditions d'implantation d'un échangeur.....	83
VIII.5 : Choix de l'échangeur.....	83
VIII.6 : Application au projet.....	84

Chapitre IX : Ouvrage d'art

Introduction.....	90
IX.1 : Définition d'un pont.....	90
IX.2 : Présentation du premier ouvrage.....	90
IX.3 : Choix et type d'ouvrage.....	91
IX.4 : Inconvénients et les avantages pour chaque type de pont.....	92
Conclusion.....	94
IX.5 : Présentation du pont de l'échangeur.....	95
IX.6 : Choix et type d'ouvrage.....	96
IX.7 : Inconvénients et les avantages pour chaque type de variante.....	96
X.8 : Comparaison des deux variantes.....	98
Conclusion.....	98

Chapitre X : Assainissement

Introduction.....	99
X.1 : Drainage de la route.....	99
X.2 : But de l'assainissement.....	99
X.3 : Hydrologie.....	100

X.4 : Evacuation des quantités d'eau recueillies.....	102
X.5 : Principe de la méthode.....	102
X.6 : Débit d'apport.....	102
X.7 : Débit de saturation.....	104
X.8 : Définitions des ouvrages d'évacuations.....	104
X.9 : Dimensionnement des ouvrages d'évacuation.....	105
X.10 : Application a notre projet.....	105
Conclusion.....	111

Chapitre XI : Equipements de la route

Introduction.....	112
XI.1 : Sécurité.....	112
XI.2 : Signalisation.....	113
XI.3 : Eclairage.....	117

Chapitre XII : Impacts du projet

Introduction.....	119
XII.1 : Impacts de notre projet.....	119
XII.2 : Mesures prises pour minimiser les impacts négatifs.....	121

Conclusion générale.....	123
---------------------------------	------------

Introduction générale

Après l'indépendance l'Algérie est entrée dans un autre grand combat qui est la révolution économique et social pour maintenir le pays et lui rendre sa place sur le terrain international et cela passe par l'amélioration et la modernisation de ses infrastructures de base notamment les infrastructures routières à fin de désenclaver les localités isolées facilitant ainsi les déplacements et les échanges commerciaux.

Et pour cela l'état algérien a pris la politique de construire les routes pour arriver aux zones agricoles et aux zones industrielles en commençant par rétablir et aménager le réseau routier que le colonialisme a laissé et peu à peu après pour atteindre un certain développement économique. Elle a commencé à réaliser de grandes infrastructures et parmi eux en trouve l'autoroute Est-Ouest qui relie plusieurs wilayas de pays.

La wilaya de Tizi-Ouzou doit être reliée à cette autoroute par le biais du projet Nord-Sud dite pénétrante.

La direction des travaux publics de la wilaya Tizi-Ouzou chargé de l'exécution de cette infrastructure routière nous a confié un tronçon routier de cette pénétrante qui fera l'objet de ce projet de fin d'étude.

Les différentes étapes de calcul du projet seront présentées dans la suite de ce document.

Introduction

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

Dans ce cadre la direction des travaux publics de la wilaya réalise plusieurs infrastructures et ouvrages d'arts de grande importance telle que l'autoroute Nord-Sud dite la « pénétrante » afin de relier la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest au niveau de Djebahia, wilaya de Bouira.

Et pour nous faire intégrer dans le milieu professionnel et afin d'évaluer et mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire et de s'adapter avec les différentes étapes de la conception routière, la direction des travaux publics nous a proposé d'étudier un tronçon de cette pénétrante.

I.1: Aperçu sur la wilaya de Tizi-Ouzou

La wilaya de Tizi-Ouzou fait partie des grandes wilayas d'Algérie, elle s'étend sur une superficie de 3568 km². Elle est située au Nord de l'Algérie dans la région de la Kabylie en plein cœur de massif du Djurdjura, à 100 km de la capitale, Alger. Elle est délimitée au Sud par Bouira, à l'Est par Béjaïa, à l'Ouest par Boumerdes et au Nord par la méditerranée. Son climat relève du régime méditerranéen, sec et chaud en été et humide et assez froid en hiver (voir figure I.1).

Elle est divisée administrativement en 21 daïras et 67 communes avec plus de 1 527 607 d'habitants, la densité atteint 382 habitants au km². Et un réseau routier de plus de 4850 km pour 367 641 véhicules en circulation à l'année 2012.

La wilaya de Tizi-Ouzou dispose d'énormes ressources naturelles, pouvant faire d'elle l'un des pôles économiques et touristiques les plus importants du pays.

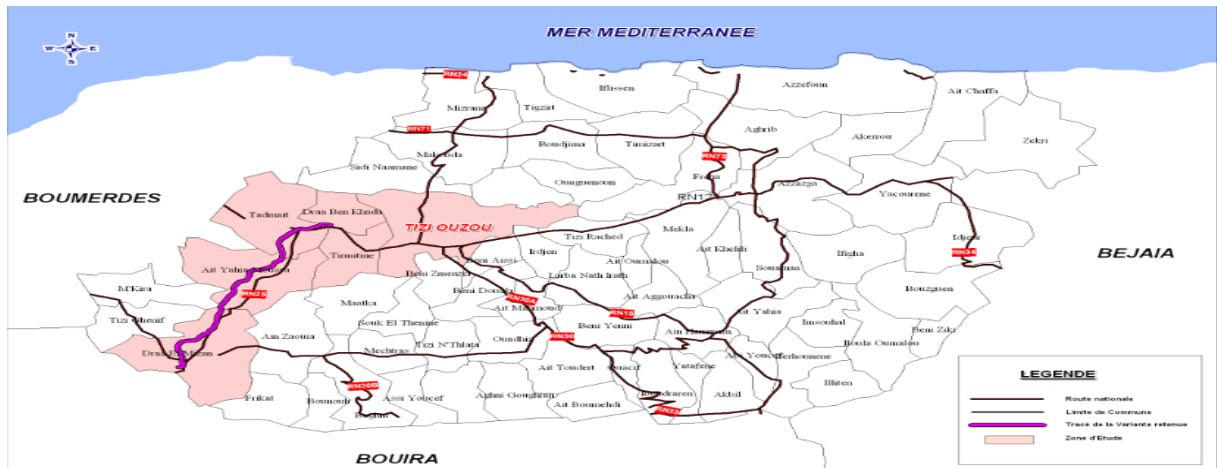


Figure I.1: Situation de la wilaya d'implantation du projet.

I.2 : Présentation général de la pénétrante

La pénétrante est une nouvelle infrastructure autoroutière qui est en cours de construction. Elle a pour but de relier les wilayas Tizi-Ouzou et Bouira et en particulier la ville de Tizi-Ouzou à l'Autoroute Est-Ouest par une autoroute Nord-Sud sur un linéaire de 48 kms qui prend naissance au niveau de Djebahiadu coté de la wilaya de Bouira jusqu'à l'Oued Sebt de coté de la wilaya de Tizi-Ouzou.

La partie la plus dominante dans ce projet est implantée sur le territoire de Tizi-Ouzou. Elle débute au niveau de la limite de la wilaya de Bouira (col de Tizi-Laarba) qu'est définie par le PK 0+000 pour aboutir au niveau de l'échangeur de Oued Sebt Sud de la RN 12 qui est définie par PK 36+000, dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Le tracé de notre projet doit d'une part intercepter un important nombre de chemins telque : RN12, CW 128, CW 228, RN 25, CW 152, RN 68 et plusieurs chemins communaux et d'autre part de contourner la ville de Draa Ben Khedda, le plan d'eau du barrage de Souk N'Tleta après l'intersection RN 25 - CW 128 et la localité de Draa El Mizane. Différents ouvrages sont prévus tout au long du projet tel que des tunnels, des échangeurs et viaducs à cause de la nature du relief escarpé (voir figure I.2).



Figure I.2: Présentation de la pénétrante.

I.3: Présentation de notre projet

I.3.1: Commune d'implantation de notre projet

Draa El Mizan est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou, située à 42 km au Sud-Ouest du chef lieu de la wilaya et à 110 km au sud-est de la capital Alger (voir figure I.3).



Figure I.3: Commune d'implantation de notre projet.

I.3.2 : Présentation du tronçon à étudier

Notre projet consiste à aménager un tronçon routier de 3km qui débutera au niveau de Tizi-Larbaa qui correspond au point de départ PK 0+000 allant vers le point d'arrivée PK 3+000 qui se trouve au niveau de Boufharma (voir figure I.4). Ce nouveau aménagement nécessite la réalisation de quelques ouvrages d'arts tel que :

- Viaduc au niveau de PK0+560 au PK 0+885 d'une longueur de 325m.
- Un Echangeur au niveau de PK 2+720 à l'intersection de la pénétrante avec la route nationale RN68.

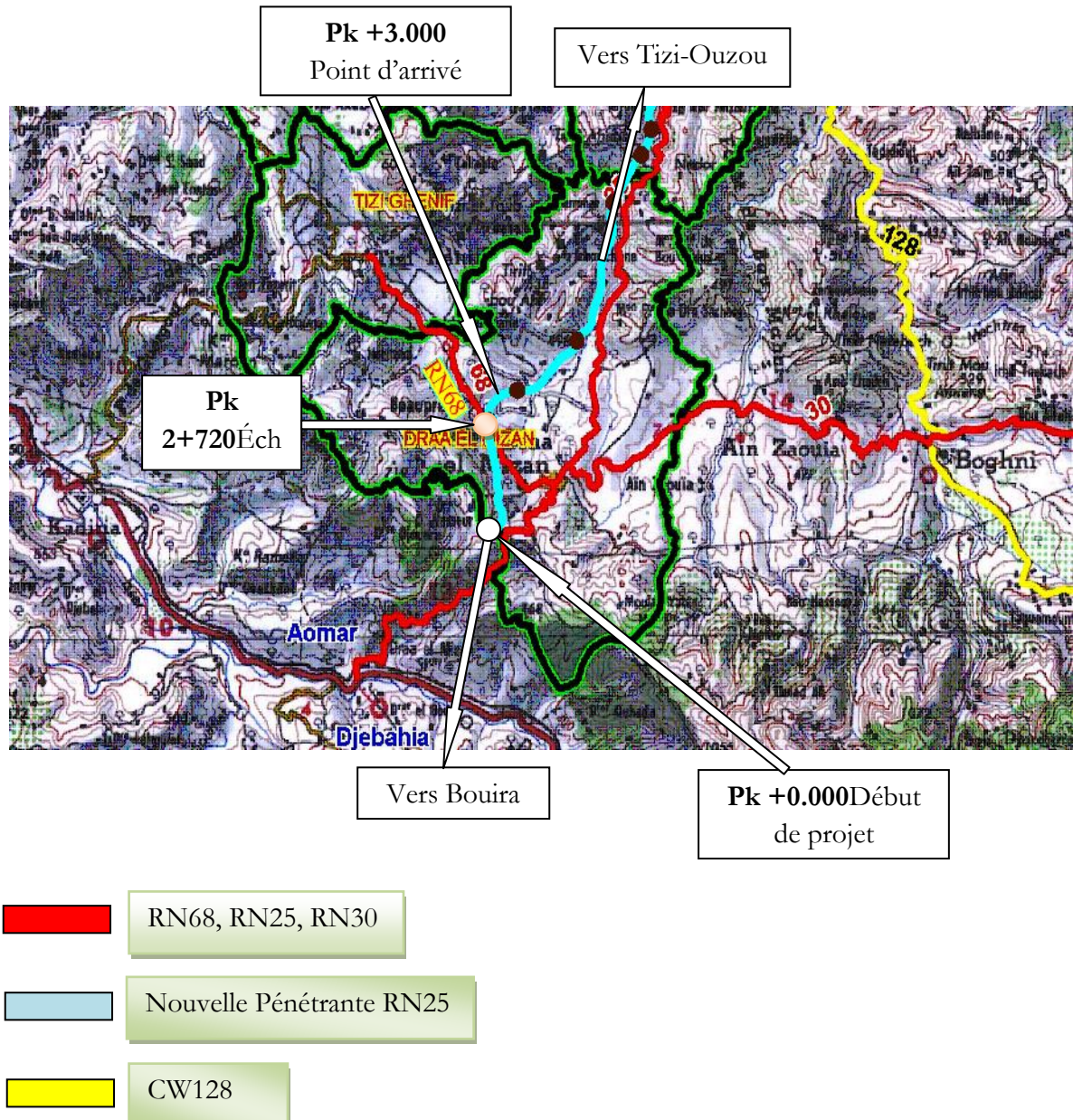


Figure I.4: Situation de notre projet.

I.4: Justification et nécessiter de l'échangeur

L'échangeur a pour but d'assurer la continuité (fluidité) du réseau autoroutier, de desservir plusieurs direction en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon

l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement dans des 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.

La nécessité de rétablir la communication entre la zone de Draa El Mizane, la RN68 et la pénétrante, nous oblige d'aménager un échangeur dans cet endroit.

I.5: Objectif du projet

Le développement économique et social d'un pays se mesure avec ses réseaux routiers et dans ce cadre, l'état Algérien a réalisé de grands projets. L'autoroute Est-Ouest en est exemple pour permettre d'assurer la communication entre toutes les wilayas du pays.

Notre projet s'inscrit dans cette perspective ainsi il permettra d'assurer les objectifs suivants :

- Relier la wilaya de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest.
- Augmenter la capacité de la route.
- Améliorer le niveau de service de la route et sa sécurité en réduisant le temps de passage sur elle.
- Assurer la fluidité de la circulation, et sécuriser les voyageurs sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- Desservira les communes de Draa Ben Khedda, Tizi-Ouzou, Tirmitine, Ait Yahia Moussa, Tizi-Guennif et Draa El Mizan.

II.1 : Etude Géologique

La pénétrante passe de Draa El Mizanvers Draa Ben Kheddassur un relief souvent escarpé qui nécessite la réalisation de nombreux d'ouvrages d'arts et afin d'assurer le bon déroulement du projet, une étude géologique et obligatoire.

II.1.1 : Objectifs de cette étude

- ✓ Définir la nature des formations lithologiques traversées par le tracé.
- ✓ Apprécier leur qualité géotechnique (terrassement, fondations).
- ✓ Identifier les grandes contraintes naturelles le long du tracé et à son voisinage.
- ✓ Apporter un complément d'informations aux difficultés d'accès aux sites et d'investigation.

II.1.2 : Géologie locale au droit du tracé de notre projet

II.1.2.1 : Géologie superficielle

Les visites de site effectuées dans des conditions assez difficiles à cause du relief accidenté, nous ont permis d'identifier les formations superficielles au passage du tracé de notre projet qui sont des **grés et argiles eocènes (Numidien)** la quelle on peut décrire comme suit : une puissante assise formée par une alternance de grés micacé, à grains moyens, de couleur jaunâtre, d'épaisseur décimétrique, et d'argile ocre, d'aspect feuilleté.

Les grés sont notoirement friables, et facilement rippables, d'après les terrassements observés dans le voisinage comme le représente la figure suivante :



Figure II.1: Talus de déblai montrant une alternance de bancs gréseux épais et d'argile ; PK 0+000.

La formations superficielles reviens à l'âge quaternaire suite aux dépôts de pentes (colluvions) sont hétérogènes et d'épaisseur variable, ne dépassant généralement pas les 5m. Ils sont souvent limoneux, pouvant renfermer de gros blocs.

Les niveaux gréseux sont assez poreux et moyennement durs.

Les alternances décimétriques sont rippables au bull dozer d'après les terrassements observés.

II.1.2.2 : Géologie en profondeur

L'examen des coupes des sondages carottés, des puits de reconnaissance géotechnique, et des coupes lithologiques des sondages pressiométriques établies par le Laboratoire Central des Travaux Publics (LCTP), nous a permis d'identifier la nature des formations traversées par notre tracé.

D'après les coupes des sondages carottés et la carte de la wilaya, on constate que le tracé de notre projet se constitue des **grès et argiles (Numidien)** comme le montre la figure suivante :



Figure II.2 : Grès et argiles (Numidien).

II.1.3 : Aperçue sismique

Le paramètre sismique est un facteur déterminant dans le calcul des structures à long terme, de ce fait la sismicité de la zone de projet doit être déterminée en se référant aux règles parasismiques algériennes RPA99/version 2003.

Notre projet va être classé dans l'un des quatre (04) groupes suivants (voir le tableau II.1) :

- Groupe 1A : Ouvrages d'importance vitale.
- Groupe 1B : Ouvrage de grandes importances.
- Groupes 2 : Ouvrages courants ou d'importance moyenne.
- Groupes 3 : Ouvrages de faible importance.

Groupe	I	Ia	Ib	III
--------	---	----	----	-----

1A	0.15	0.25	0.30	0.40
1B	0.12	0.20	0.25	0.30
2	0.10	0.15	0.20	0.25
3	0.07	0.10	0.14	0.18

Tableau II.1 : Zones sismiques.

La carte de zonage sismique ci-dessous, révèle l'appartenance de la région de Tizi-Ouzou à la **Zone IIa**, le coefficient d'accélération à prendre en compte est **A = 0.25**.

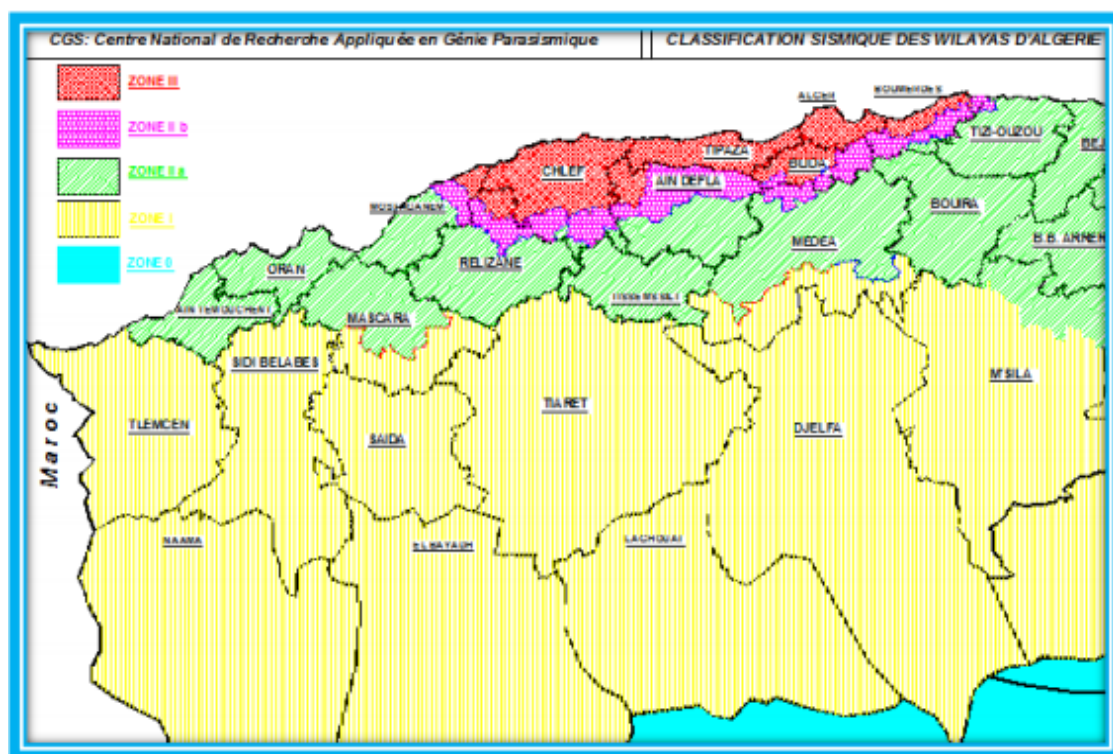


Figure II.3 : *Classification sismique des wilayas d'Algérie.*

Conclusion

Le franchissement autoroutier entre Tizi-Larbaet Boufima, est un projet difficile à réaliser sachant qu'il traverse, quel que soit le choix de la variante, un relief accidenté et le levé géologique à grande échelle a permis de distinguer que notre projet est implanté dans une zone de faible stabilité des pentes importantes de terrain.

II.2 : Etude géotechnique

Connaissant la composante du sol portant et sa formation géologique, un suivi par l'étude géotechnique est nécessaire et cette dernière sera faite à partir des essais soit in-situ ou bien au laboratoire.

II.2.1 : Objectif de cette étude

- ✓ Calculer les contraintes admissibles aux droits des fondations des ouvrages d'arts et dalots.
- ✓ Etudier la stabilité des talus de déblais et remblais importants en préconisant par besoin les modalités et confortements ou de protections nécessaires à leur stabilité.
- ✓ Classer les matériaux issus des déblais, et des gites d'emprunts selon le Guide des terrassements Routiers (GTR), pour leur éventuelle réutilisation en remblais couche de forme et structure de chaussées, avec estimation des volumes.
- ✓ Dimensionner la structure de chaussée.

II.2.2 : Moyens de reconnaissance

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisées en laboratoire dans le cadre des études géotechniques, par exemple :

- ✓ Les essais en place (essais préssiométriques, pénétrométriques, statique ou dynamique etc.).
- ✓ Les essais de laboratoire (essais d'identification et de classification).

Et on peut constater trois (03) moyens essentiels de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier qui sont :

- L'étude des archives et document existants.
- Les visites de site et des essais in-situ.
- Les essais de laboratoires.

II.2.2.1 : Essais in-situ

a) Fouille de reconnaissance

Le creusement s'effectue de façon mécanique (pelle hydraulique) ou manuelle. Ces sondages permettent une visualisation spatiale des coupes du terrain à quelques mètres de profondeur.

b) Essais de pénétration dynamique

Ils consistent à enfoncer par battage régulier au moyen d'une masse tombant d'une hauteur constante un train de tiges métalliques et cylindriques terminé par une pointe conique débordante. Cette technique permet de mesurer en continu la résistance dynamique du sol notée « qd » opposée par le sol à la pénétration de la pointe. La résistance dynamique du sol est calculée par la formule dite "des Hollandais" à partir des caractéristiques techniques du pénétromètre et des paramètres des essais. Une contrainte de rupture peut ensuite être déduite de la résistance dynamique à partir de corrélations empiriques et permet d'effectuer un dimensionnement sommaire des fondations.



Figure II.4 : Moyens utilisés pour l'essai de pénétration dynamique.

c) Sondage carotté

Ce mode d'investigation permet d'obtenir un échantillon continu de sol peu ou pas remanié, prélevé à l'aide d'un outil appelé carottier. Le mode d'enfoncement du carottier dans le sol peut se faire : soit par poinçonnement soit par rotation, le fluide de forage pouvant être de l'air, de l'eau ou de la boue. Les échantillons de sols, appelés carottes, sont présentés dans des caisses précisant leur identité, notamment la profondeur à laquelle ils ont été prélevés.



Figure II.5 : Présentation du carottier.

d) Sondage destructif

Le mode de foration le plus rapide consiste à désagréger le sol à l'aide d'un outil adapté et à remonter vers la surface les débris appelés cuttings, à l'aide d'un fluide.

L'attaque du sol se fait soit en rotation simple, soit en roto percussion. Compte tenu de leur coût modéré, les sondages destructifs sont d'un usage très répandu pour la réalisation des essais in situ. L'enregistrement des paramètres de foration (vitesse d'avancement, la pression sur l'outil, la pression d'injection du fluide) permet de compléter les informations sur les variations de nature des sols traversés par le forage. Cette technique permet de repérer les changements de nature des horizons traversés et de positionner au mieux les essais in situ.

Dans le cadre de recherche de cavités, l'interprétation des courbes d'enregistrement fournit des renseignements concernant l'ampleur des vides et la présence de matériaux de remplissage.



Figure II.6 :Présentation du cuttings forage.

e) Essai au pressiomètre Ménard

L'essai pressiométrique consiste à descendre, à une profondeur donnée, une sonde cylindrique gonflable dans un forage soigneusement calibré. Les variations de volume du sol au contact de la sonde sont mesurées en fonction de la pression radiale appliquée. Trois (03) caractéristiques en sont ainsi déduites : le module pressiométrique qui définit le comportement pseudo-élastique du sol, la pression limite qui caractérise la résistance à la rupture et la pression de fluage qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.



Figure II.7 :Présentation du pressiomètre.

II.2.2.2 : Différents essais en laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire sont :

a) Analyse granulométrique

Ces essais qui ont pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique, cette analyse se fait en général par un tamisage.

b)Equivalent de sable

Le but de l'essai consiste à déterminer la qualité d'impuretés (ou pour déterminer le pourcentage d'impuretés dans un échantillon) soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

c) Limites d'Atterberg

Limites de plasticité (W_p) et limites de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois (03) états de consistance du sol :

W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide, les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité (IP).

$IP = W_L - W_p$, est donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

d) 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, donc il sert à déterminer la teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

e) Essai Californian Bearing Ratio « CBR »

C'est un essai qui permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner le corps de chaussées 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 modifier).

f) Essai Los Angeles

C'est un essai qui a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier et leur résistance par frottement réciproques dans la machine « Los Angeles ».

g) Essai Micro Derval

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

II.2.3 : Condition d'utilisation des sols en remblais

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels et ils seront exempts de :

- Pierres de dimension > 80 mm.
- Matériaux plastique IP $> 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.

On évite les sols à forte teneur en argile. Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour la quelle seront exécutés. Les matériaux des remblais seront étalés par couches de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant leurs compactages. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

II.2.4 : Application au projet

Après avoir effectué les essais nécessaires qu'il faut pour décrire les caractéristiques géotechniques du tracé de notre projet, sont interpréter comme suit :

II.2.4.1 : Granulométrie

Les résultats des essais granulométriques effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissances montrent, que les sols recensés sont des sols fins (argile marneuse), (tamisât à $80\text{ }\mu\text{m}$ = 41.20% à 100%).

II.2.4.2 : Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg dépendent étroitement de la granulométrie des échantillons. Les valeurs des limites de liquidité et celles de l'indice de plasticité augmentent régulièrement avec le taux d'éléments fins (limons et argiles).

D'après le diagramme de plasticité de CASAGRANDE, basé sur le couple (IP- L_L), il ressort que les sols en place s'intègrent dans les domaines suivants :

➤ Argiles plastiques à peu plastiques avec : $55.00 \leq L_L \leq 58.00$
 $21.00 \leq I_p \leq 28.00$

II.2.4.3 : Portance du sol support

La valeur de l'indice de CBR (I_{CBR}) dans la majorité des cas égale à deux(2), ce qui dénote des sols de très faible portance (classe de portance de type **S4**), ce qui nous a conduit à adopter une valeur moyenne pour le dimensionnement de corps de chaussée : ($I_{CBR} = 2$).

Les résultats de nos essais précédentes sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Pour la route de pk0+000 au pk3+000		
Profondeur (m)		0.2-3.0
Nature géologique		Argile sableuse jaunâtre
Teneur en eau (W%)		11.3
Analyse granulométrique	% des passants <50 mm	95.0
	% des passants <2 mm	69.0
	% des passants < 80 μ	56.0
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité W_L (%)	43.70
	Indice de plasticité I_p (%)	22.10
	Indice de consistance I_c	1.46
Interprétation		Moy. Plastique
VBS		1.3
Interprétation		Sol limoneux
Proctor modifié	ω (%)	10.60
	$\gamma_d(t/m^3)$	1.95
Portance C.B.R	γ_d OPM	1.85
	CBR imbibé	2
	Classe de portance	S4
	IPI	-
Classification des sols	Classe	
	S/classe	C1A _{2ts}
Réutilisation		Non

Tableau II.2 : Caractéristiques géotechniques des matériaux et interprétation.

Echangeur PK2.720		
Profondeur (m)		2.8-3.00
Nature géologique		Argile feuilletée
Paramètres physiques	Teneur en eau	13.80
	γ_h (g/cm ³)	
	γ_d (g/cm ³)	1.69
	Interprétation	Dense
	Sr(%)	64.30
	Interprétation	Mouillé
Analyse granulométrique	% des passants <10	-
	% des passants <2	-
	% des passants < 80	-
	Interprétation	-
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité	57
	Indice de plasticité	29
	Interprétation	Plastique
	Indice de	1.48
	Interprétation	Etat Dur
Résistance à la compression R.C.S		-
Interprétation		-
Cisaillement	CU (bars)	0.11
	ϕ_u (°)	38
Classe de sol (GTR)		A _{3ts}
Réutilisation		Non

Tableau II.3: Caractéristiques géotechniques des matériaux et interprétation.

II.2.4.4 : Analyses chimiques

Les résultats des analyses chimiques sommaires effectuées sur quelques échantillons de sols ainsi que leur interprétation sont relatés dans le tableau suivant :

Nature géologique	PK	Composants en (%)			
		Carbonates (CaCO ₃)	Interprétation	Sulfates (CaSO ₄)	Interprétation
Argiles feuilletés	PK 2+720	38.79 - 41.38	Sol carbonaté (marne)	Traces	Non agressif
Argiles feuilletés	PK2+955	24.14- 27.59	Sol peu carbonaté (marne argileuse)	Traces	Non agressif

Tableau II.4 : Résultats des analyses chimiques.

D'après le tableau, on constate que le risque d'agressivité du sol vis-à-vis des fondations des ouvrages d'art et dalots est à écarter.

II.3 : Talus

Toutes les propriétés des sols en place présentent à des degrés divers un caractère d'hétérogénéité. Ainsi la résistance à la rupture n'est elle pas la même suivant la direction horizontal ou la direction vertical, en plus sa valeur peut changer d'un point à un autre. Mais c'est sans doute pour les caractéristiques de perméabilités que l'on rencontre les plus grandes variantes à l'intérieur d'un même sol : des hétérogénéités fines souvent insensibles sur les caractéristiques mécaniques, peuvent avoir une très grosse influence sur la perméabilité qui induit l'instabilité dans les talus soit en remblais ou en déblais

II.3.1 : Stabilité des talus

Le problème de la stabilité des pentes à toujours préoccupée les ingénieurs, en effet, ils sont amenés à tenir compte des caractéristique sévères des autoroutes, tant en tracé qu'en profil en long.

Du point de vue théorique, un talus se présente comme un volume de sol soumis à certains champs de forces tel que :

- Les forces dues à la pesanteur.
- Les forces dues à l'écoulement de l'eau.
- forces dues à la résistance au cisaillement.

II.3.2 : Vérification de la stabilité

La vérification de la stabilité des talus passe par la vérification de l'équilibre des masses (forces) présentées dans un talus :

L'analyse de la stabilité des talus doit être faite pour calculer un coefficient de sécurité « F_s » avec pondération ou à l'équilibre des masse et des forces et le principe qu'il soit égale à un (01) mais pour des raisons de sécurité on le prend « $F_s > 1.3$ ». On prenant compte dans la modélisation de la coupe géotechnique, en intégrant les données suivantes : topographique, géologique, hydrogéologique et géotechnique.

$$\text{Avec: } F_s = \frac{M_S}{M_R}$$

- ✓ F_S : facteur de sécurité.
- ✓ M_s : masse du sol stabilisant.
- ✓ M_R : masse du sol renversant.

Vu aux grandes surfaces de déblais et remblais que nous a trouvé sur notre tracé on propose quelque solution en cas de l'instabilité.

Un fossé de crête du talus de déblai en béton, qui va recevoir toutes les eaux amont du déblai.

Des descentes d'eau au droit du talus, celles-ci seront acheminées vers les semi-buses à l'endroit de la berme, et vers le fossé en aval du talus de déblai. Les descentes d'eau seront espacées de 25 m.

Un revêtement des parois de talus moyennant l'implantation d'arbustes.

Pour les remblais de plus de 10 m de hauteur, des bermes de 3,00 m de largeur, seront requises chaque 8 m de hauteur.

Si le confortement des talus s'avère nécessaire, il peut se faire moyennant soit les **rangées de pieux, cloutage et plaquage trapézoïdaux en béton**, ou une combinaison des deux procédés.

Mise en place des nappes de géosynthétiques qui sont des remblais renforcés par des géosynthétique en cas l'instabilité du remblai.

II.3.3 : But de stabiliser des talus

La technique de renforcement prise en considération est en faveur de la stabilité des remblais. Le dimensionnement prévoit un drainage efficace et pérenne, en particulier pour les ouvrages situés sur pente. Il s'agit de dériver les eaux d'infiltration, et le cas échéant de rabattre la nappe, afin de prémunir l'ouvrage de :

- ✓ L'apparition éventuelle de pressions interstitielles, généralement très pénalisantes pour la stabilité de l'ouvrage lorsqu'elles n'ont pas été prises en compte.
- ✓ Des risques de diminution du frottement à l'interface sol / géosynthétique lorsque les infiltrations circulent de façon préférentielle le long des lits de renforcement.
- ✓ De l'érosion interne des sols de granulométrie discontinue par lessivage des fines.

- ✓ d'un vieillissement accéléré des géosynthétiques lorsque les eaux d'infiltration sont agressives.

Conclusion

A la fin de cette étude sur la géologie et la géotechnique on obtient un rapport bien définie sur les caractéristiques du terrain d'implantation de notre projet car après la connaissance de la nature et la formation géologique de sol ainsi que leur résistance mécanique qui nous permet de bien choisir les moyens de terrassement et de bien dimensionner notre chaussée ainsi que tous les ouvrages d'arts et leurs fondations qui font partie de notre tracé et de définir les points fragiles et instables pour chercher des méthodes pour les rigidifiés.

Introduction

Le problème situé à la base des projets d'infrastructure routière est souvent lié à l'insuffisance de réseau existant. Il est nécessaire, pour bien cerner ce problème, de quantifier ces déplacements existants et à venir. La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

Dans le cas particulier de la route, l'étude de circulation s'appuiera essentiellement sur une étude de trafic. Cette étude permettra de définir le type d'aménagement à réaliser (nombre de voies, type d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée).

III.1 : Analyse de trafic

Cette étape est importante car elle sert à définir le nombre et les déplacements de véhicules sur une routelaquelle on nomme le trafic, qui se fait pendant une période de temps avec une unité la plus employée qui est nombre de véhicules par jour (**uv/j**).

L'analyse du trafic se fait par deux (02) principales méthodes qui sont :

- ✓ Les comptages : permettent de quantifier le trafic et ce type lui même diviser en deux comptages manuels et automatiques.
- ✓ Les enquêtes : permettent d'obtenir des renseignements qualificatifs et il existe plusieurs types d'enquêtes qui sont, enquêtes papillons ou distributions, relevé des plaques minéralogiques, les enquêteurs à domicile – enquête ménage.

Dans le cadre de notre projet des comptages automatiques ont été réalisés sur quatre (04) sites dont la localisation est présentée dans le tableau ci-après :

Poste	Localisation du site	Sens de circulation	
		De	Vers
1	RN 12 Tadmait	Alger	Tizi-Ouzou
		TiziOuzou	Alger
2	RN 25 Sortie de Draa El Mizan	Draa El Mizan	Bouira
		Bouira	Draa El Mizan
3	RN 25 Sortie de Draa Ben Khedda	Draa Ben Khedda	Draa El Mizan
		Draa El Mizan	DBK
4	RN 25 Pont Noir	Draa Ben Khedda	Draa El Mizan
		Draa El Mizan	Draa Ben Khedda

Tableau III.1 : Programme des comptages automatiques.

III.2 : Différents trafics

A partir de l'analyse du trafic (les comptages et les enquêtes) qui sont faites par des services spécialisés, la prévision du trafic s'est effectuée en évaluant les deux (02) composantes suivantes :

III 2.1 : Trafic existant

C'est le trafic sur l'ancien aménagement sans tenir compte de notre projet. Il est dominé par le trafic local, ayant pour origine et destination les différentes localités du sud-ouest de Tizi-Ouzou et du Nord de Bouira tel que Draa El Mizane Boghni, Aomar, ...etc. Par contre, le trafic d'échange entre ces régions et les autres wilayas est très réduit en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement.

III.2.2 : Trafic induit

C'est le résultat des nouveaux déplacements qu'est en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier, ne s'effectuaient pas antérieurement. En effet, l'aménagement futur induira un trafic d'échange important. Vu la position géographique de la pénétrante, elle constituera une porte pour la wilaya de Tizi-Ouzou sur l'ensemble des autres wilayas du pays tel que Sétif, M'sila et Chlef.

III.3 : Calcul du trafic

Pour calculer le trafic de projet, il est nécessaire de bien définir les routes avec lesquelles la pénétrante s'est interceptée et leurs trafics et après avoir défini les routes, la DTP nous a fourni leurs trafics et les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Routes	Sections	TJMA 2007	TJMA 2015	Taux d'accroissement %	TJMA 2017	Trafic induit %	TJMA 2017 (pénétrante)
RN 12	Tadmait-T-O	27 593	45 263	4	48 956	15	7343.4
CW 128	D.E.Mizan- Tizi-Ouzou	5970	9875	4	10 681	60	6408.6
RN 25	D.E.Mizan- Aomar	7754	12 744	4	13 784	40	5513.6
RN 25	D.E.Mizan- D.B.Khedda	4027	6540	4	7074	60	4244.4
RN 68	D.E.Mizan- Tizi-gheniff	8716	14 425	4	15 601	50	7800.5
Total	-	-	-	-	-	-	31 310.5

Tableau III .2 : Prévision du trafic (Unité : véhicules/jours/2sens).

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

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

Avec :

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

L'estimation du trafic pour notre projet à l'horizon de 2017 (année de mise en service) est égale à **15 656 v/j /sens**.

III.4 : Calcul du nombre de voies

III.4.1 : Données de trafic

- Le trafic à l'année 2017 : **$TJMA_{2017} = 15\,656$ v/j/sens**.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé VB = 100 Km/h.
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 35\%$.

- L'année de mise en service : 2017.
- La durée de vie du projet: 20ans.
- Notre terrain est vallonné ce qui nous donne un environnement E2. Le coefficient d'équivalence de poids lourd : Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2 on a $P=6$.
- Les coefficients correcteurs : $K1=0.85$ pour E2.
 $K2= 0.99$ pour E2 et C1.
- La capacité théorique : $C_{th}= 3200(E2, C1$ et pour une chaussée séparée à 3 voies).

N.B : Pour plus de détails sur l'environnement voir l'annexe.

III.4.2 : Hypothèses de calculs

❖ Cas d'une chaussée bidirectionnelle

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

❖ Cas d'une chaussée unidirectionnelle

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S \times Q / Q_{adm}$ Avec : S : coefficient dissymétrie en général = $2/3$

Q_{adm} : débit admissible par voie.

III.4.3 : Projection future du trafic

Le trafic à l'année (2037) pour une durée de vie de 20 ans.

$$TJMA_{2037} = 15\,656 \times (1 + 0,04)^{20} = 34\,304.22 \text{ V/J/sens.}$$

$$\text{Donc : } TJMA_{2037} = 34\,304 \text{ v/j/sens.}$$

III.4.4 : Calcul du trafic effectif

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

- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds est $P = 6$.
- Z : pourcentage de poids lourds est égale à 35 %.

$$T_{eff} = [(1 - 0,35) + 6 \cdot 0,35] \times 31\,620 = 94\,336 \text{ uvp/j/sens.}$$

$$\text{Donc : } T_{eff} = 94\,336 \text{ uvp/j/sens.}$$

III.4.5 : Débit de pointe horaire normale

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

Avec : $(1/n)$: coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12.

$$Q = 0,12 \times 94\,336 = 11\,320,32 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc: $Q = 11\,320 \text{ uvp/h}.$

III.4.6 : Débit admissible

Le débit que supporte une section donnée :

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

- K_1 : coefficient correcteur pris égal à 0,85 pour E2.
- K_2 : coefficient correcteur pris égal à 0,99 pour environnement (E2) et catégorie (C2).

III.4.7 : Calcul de la capacité théorique

$$C_{\text{th}} = \frac{Q}{K_1 \cdot K_2}$$

$$C_{\text{th}} = \frac{11\,320}{0,85 \cdot 0,99} = 13\,452 \text{ (uvp/h)}.$$

- C_{th} : capacité théorique par voie. D'après le (B40) :

On prend: $C_{\text{th}} = 3200 \text{ uvp/h}.$

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0,99 \times 3200 = 2692,8 \text{ uvp/h}.$$

Donc: $Q_{\text{adm}} = 2693 \text{ uvp/h}.$

III.4.8 : Nombre de voies

$$n = S \times Q / Q_{\text{adm}}$$

$$= 2/3 \times (11320/2693) \Rightarrow n = 2,80 \approx 3$$

Donc : $n = 3 \text{ voies}$

III.5 : Récapitulatif des résultats

TJMA₂₀₁₇ (v/j)	TJMA₂₀₃₇ (v/j)	Teff₂₀₃₇ (uvp/j)	Q₂₀₃₇ (uvp/j)	Q_{adm} (uvp/j)	N^{bre} des Voies par sens
15 656	34 304	94 336	11 320	2693	3

Tableau III .3: Récapitulatif des résultats.

Conclusion

Le calcul de la capacité de la route nous a permis d'obtenir le profil en travers type suivant :
chaussée unidirectionnelle de 2x3 voies de 3.5m chacune avec une bande d'arrêt d'urgence de 2.25 m.

Introduction

Le transport de personnes et de biens occupe une place prépondérante dans notre société. Ces déplacements se font la plupart du temps à l'aide de véhicules circulant sur des infrastructures routières qui doivent présenter un niveau de service tel que la sécurité et le confort de l'utilisateur soient garantis tout au long de leur durée de vie (la plus longue possible).

Le choix correct de la structure de la chaussée et des couches qui la constituent est essentiel pour respecter cet objectif, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et ensuite le choix judicieux des matériaux à utiliser et enfin le choix de la technique de mise en œuvre de ces derniers qui doit être appliquée dans les règles de l'art stipulées dans le Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves Algériens.

IV.1: Chaussée

IV.1.1: Définition

La chaussée est la partie revêtue qui est destinée à la circulation. Elle peut être divisée en plusieurs voies de circulation.

IV.1.2: Différents types de chaussée

Il existe trois (03) types de chaussée:

- ✓ Chaussée souple. (Adopté pour notre projet)
- ✓ Chaussée semi - rigide.
- ✓ Chaussée rigide.

IV.1.2.1: Chaussée souple

Constituée d'une succession de couches de matériaux différents superposées où les couches supérieures sont plus résistantes que les couches inférieures. Généralement est constituée en ordre par les trois (03) couches suivantes :

a) Couche de surface

Cette couche en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison.

Rôle de couche de roulement

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni).

Rôle de couche de liaison

- Elle a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

b) Couche de base

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

c) Couche de fondation

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

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

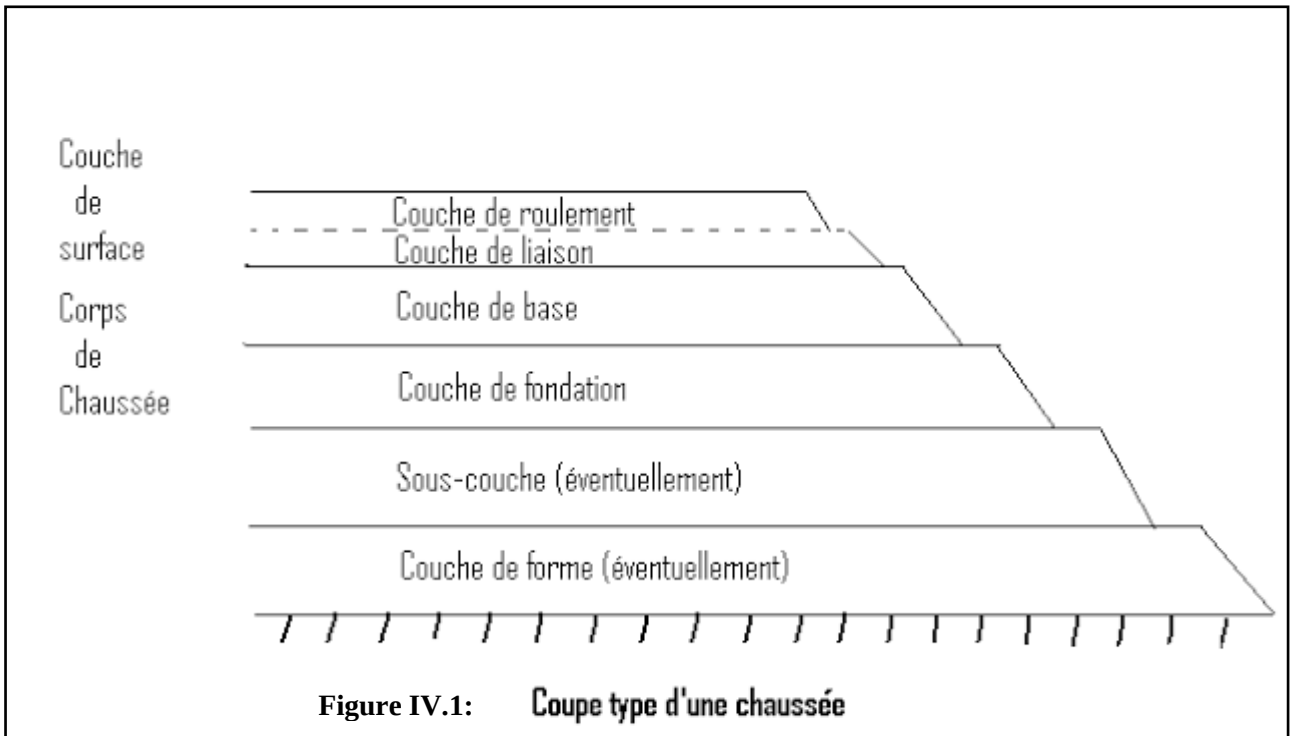
d) Couche de forme

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

- **Sur un sol rocheux** : elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- **Sur un sol peu portante (argileux à teneur en eau élevée)** : elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

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



IV.1.2.2: Chaussée rigide

Une chaussée est dite rigide si elle comporte une dalle en béton. Cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple. Généralement, elle repose sur une couche de fondation en matériau non traité et éventuellement sur une sous-couche entre la couche de fondation et le terrain naturel.

IV.1.2.3: Chaussée semi-rigide

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides. On peut le retrouver dans les chaussées renforcées, qui comportent une couche de base en matériaux traités avec un liant hydrocarboné.

Le schéma ci-dessous représente les trois (03) types de chaussées avec leurs couches constitutifs.

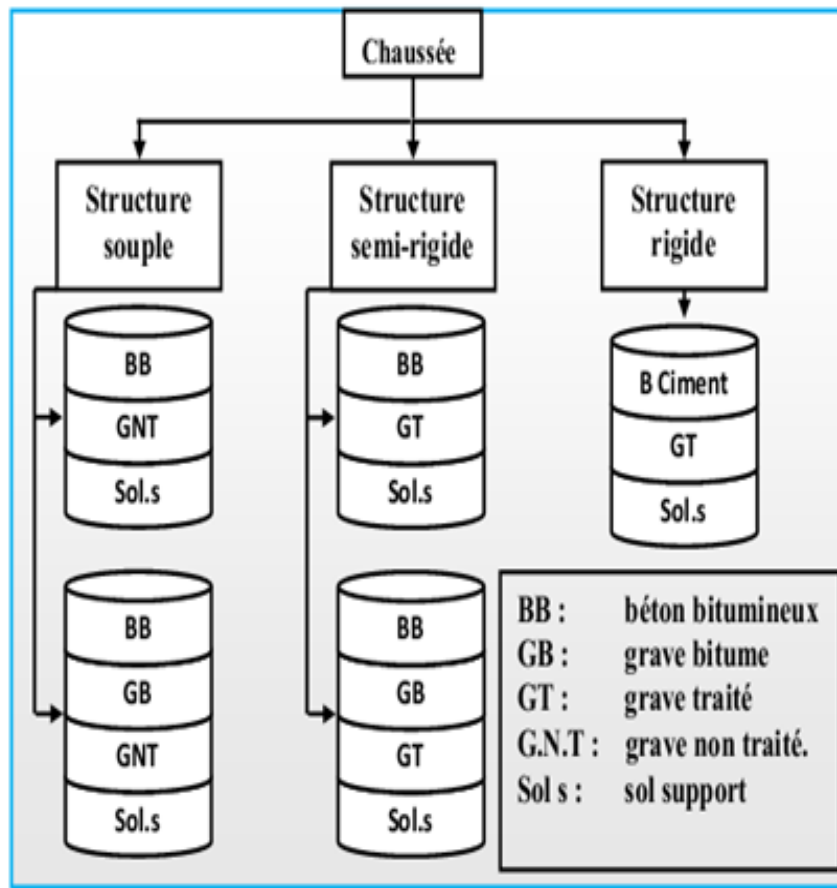


Figure IV.2 :Schéma récapitulatif.

IV.2:Justification du choix de la chaussée souple

Le choix d'une chaussée bitumineuse assure:

- Des économies appréciables.
- Une très grande flexibilité d'entretien.
- Un niveau de confort et de sécurité inégalé.

IV.3: Dimensionnement d'une structure de chaussée routière

IV.3.1: Définition

Consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie notamment celles dues au trafic.

IV.3.2: Méthodes de dimensionnement

Il existe différentes méthodes pour le dimensionnement du corps de chaussée, parmi les plus connues et les plus utilisés en Algérie on site :

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

Toutes les méthodes existantes pour le dimensionnement du corps de chaussées s'appuient sur trois (03) paramètres :

- Le trafic.
- La force portante du sol.
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

Le trafic pris en compte est celui du poids lourd, c'est-à-dire des véhicules dont le poids total est supérieur à 3,5 tonnes.

Les méthodes utilisées dans notre projet sont :

- ✓ Méthode California Bearing Ratio «CBR» améliorée: (méthode empirique).
- ✓ Méthode du catalogue des structures (méthode rationnelle).

IV.3.2.1: Méthode California Bearing Ratio «CBR»

a) Définition

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

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:

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I_{CBR} + 5}$$

En tenant compte de l'influence du trafic, l'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

Avec:

- ✓ **e**: épaisseur équivalente(cm).
- ✓ **I_{CBR}**: indice CBR (sol support).
- ✓ **N**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.
- ✓ **P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- ✓ **Log**: logarithme décimal.

b) Coefficient d'équivalence

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches de matériaux par la formule suivants:

$$e = \sum a_i \times e_i$$

Avec :

- ✓ **a_i** : coefficient d'équivalence de chacun des matériaux à utiliser.
- ✓ **e_i** : épaisseur équivalente de chacun des matériaux à utiliser.

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

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

Tableau IV.1: Coefficient d'équivalence.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

Avec:

- ✓ a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.
- ✓ e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tel que:

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

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e_1 , e_2 , et on calcule e_3 telle que :

- e_1 : couche de roulement (5-8cm).
- e_2 : couche de base (10-25cm).
- e_3 : couche de fondation (15-35cm).

IV.3.2.2 : Méthode des catalogues des structures

a) Définition

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur de routes, un catalogue pratique de dimensionnement a été conçu. Les points principaux qui caractérisent cette méthode concernent la prise en compte :

- ✓ Des dispersions par une approche probabiliste.
- ✓ Du trafic.
- ✓ Des conditions climatiques.
- ✓ De la plate-forme support de chaussée.
- ✓ Des matériaux.
- ✓ De la détermination des sollicitations admissibles.

b) Démarche du catalogue

Nous présentons ci-dessous la démarche du catalogue.

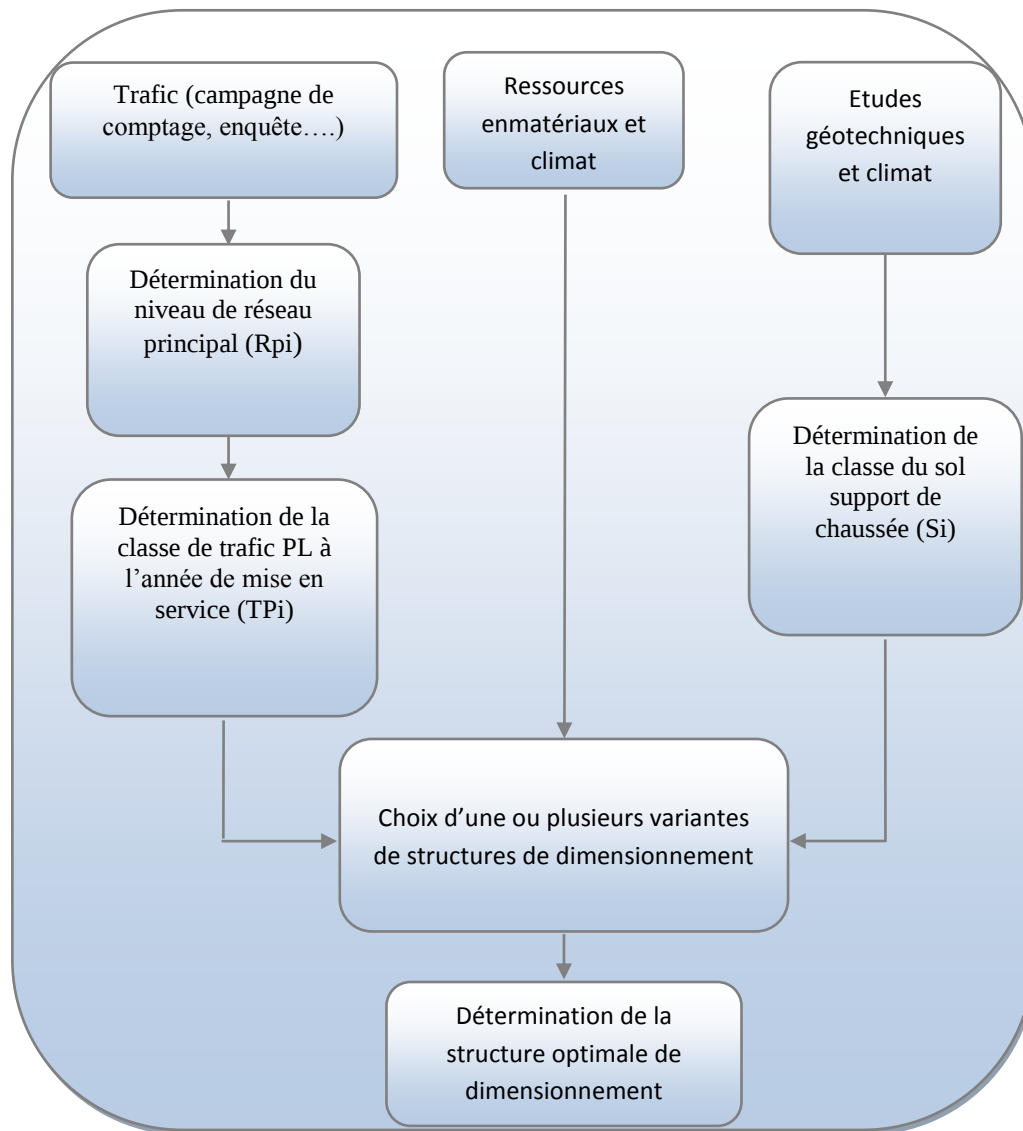


Figure IV.3: Organigramme de la démarche du catalogue.

c) Détermination de la classe du trafic

Le trafic est caractérisé par le nombre de poids lourds (N_{pl}) de charge utile supérieure à 50 KN par jour sur la voie la plus chargée indiqué sur le tableau suivant :

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T_1	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T_2	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T_3	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T_4	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T_5	$T > 4 \cdot 10^7$

Tableau IV.2: Classe du trafic selon le catalogue.

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans et classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

Avec :

T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

τ : Taux d'accroissement annuel.

n : durée de vie (n = 20 ans).

d) Présentation des classes de portance des sols

Le sol doit être classé selon la valeur de l'indice CBR. Les différentes catégories sont données par le tableau suivant :

Classe de sol	Indices CBR
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

Tableau IV.3: Classement des sols.

e) Amélioration de la portance du sol support

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support; l'organisme national de Contrôle Technique des Travaux Publics «CTTP» a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de cette couche, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) afin de la réaliser.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant:

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

Tableau IV.4 : Résultats des différentes épaisseurs de la couche de forme.

IV.4: Application au projet

IV.4.1: Caractéristiques du sol support

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de CBR= 2 (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S4. On doit prévoir une couche de forme en matériau non traité pour améliorer la portance de sol support.

Amélioration de la portance du sol support

La portance du sol support, doit être d'au moins **50 MPa**, pour compacter efficacement les enrobés bitumineux ; la classe de portance visée est **S2** (CBR = 10 – 25), le passage de S4 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 60 cm en TUF en deux (02) couches de 30cm pour chacune, voir (**Tableau IV.4**). Alors on suppose que la nouvelle portance est de CBR = 11.

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

IV.4.2: Méthode CBR

- ✓ Le trafic à l'horizon : $TJMA_{2035} = 34\,304 \text{ v/j/sens.}$
- ✓ Le pourcentage (%) des poids lourds : $PL = 35 \%$
- ✓ Taux d'accroissement annuel : $\tau = 4 \%$
- ✓ Indice CBR = 11
- ✓ La charge par roue (essieu) : $P = 6.5 \text{ t}$

$$N = (0.35 \times 34\,304) / 2 \text{ PL/J/sens}$$

$N = 6003.2 \text{ P/J/sens}$, avec: N : le nombre de camions par jour de plus 1.5t.

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \Rightarrow e = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50 \log \frac{6003.2}{10})}{11 + 5} = 37.97 \text{ cm}$$

D'après les calculs, l'épaisseur totale $e = 37.97 \text{ cm}$.

Avec l'épaisseur équivalente: $e_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$.

On prend: $e_{eq} = 38 \text{ cm}$

Telle que les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés sont :

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux (BB) : $a_1 = 2.00$
- ✓ Couche de base en grave bitume (GB) : $a_2 = 1.50$
- ✓ Couche de fondation en grave concassée (GC) : $a_3 = 1.00$

Dans notre calcul on fixe la couche de roulement $BB = 6 \text{ cm}$ et la couche de base $GB = 10 \text{ cm}$, puis on calcule l'épaisseur de la couche de fondation.

$$\text{Alors on a: } 38 = 2 \times 6 + 1.5 \times 10 + 1 \times e_3$$

$$\text{Donc: } e_3 = [38 - (12 + 15)] / 1$$

$$\text{D'où: } e_3 = 11 \text{ cm, On prend: } e_3 = 15 \text{ cm}$$

$$e_{\text{équivalent}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 2 \times 6 + 1.5 \times 10 + 1 \times 15 = 42 \text{ cm.}$$

Les résultats des épaisseurs obtenus par cette méthode sont récapitulés dans le tableau suivant:

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Épaisseur Equivalente (cm)
BB	06	2	12
GB	10	1.5	15
GC	15	1	15
TOTAL	31		42

Tableau IV.5: Résultats des épaisseurs obtenus.

Conclusion

Notre structure comporte : **6 BB + 10 GB +15 GC** avec une couche de forme de **60cm** en TUF(en deux couche).

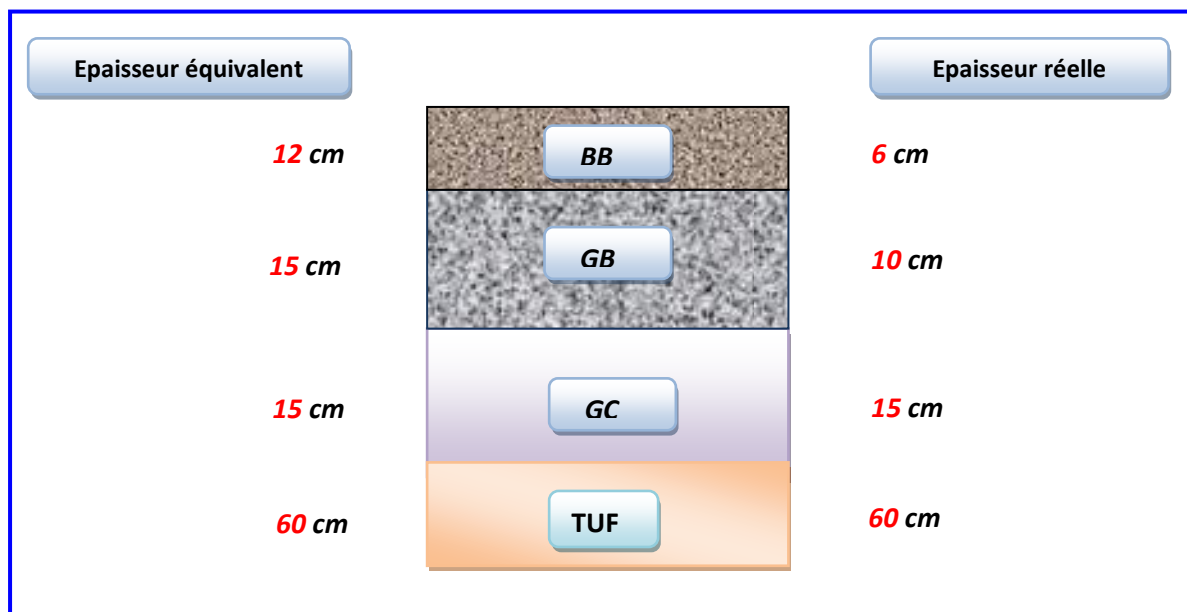


Figure IV.4: Schéma de différentes couches obtenues.

IV.4.3: Méthode des catalogues des structures

IV.4.3.1: Classement de la route dans les réseaux principaux

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivants :

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

Tableau IV.6: Réseaux principaux.

Notre projet est de $TJMA_{2017} = 15\,656$ v/j/sens (à l'année de mise en service) > 1500, donc il est classé dans le réseau principale RP1.

IV.4.3.2: Détermination de la classe du trafic (TPLi)

$N_0 = 15\,656$ v/j/sens.

$N_{pl} = 15\,656 \times 0.35 = 5479.6$ pl/j/sens.

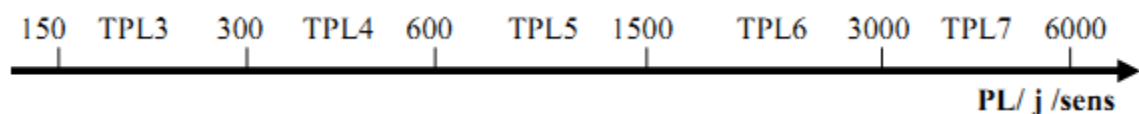
D'où :

$TPLi = 5479.6$ pl/j/sens

NB : En l'absence d'informations précises sur la répartition des poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur donnée dans le fascicule 1, page 10 pour les chaussées unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

Donc : $TPLi = 5479.6 \times 0.80 = 4383.68$ pl/j/sens

✓ Classe TPLi pour RP1 :

**Figure IV.5 :** Classe TPLi pour RP1.

D'après les résultats qu'on a trouvés, notre trafic est classé en TPL7 (entre 3000 et 6000 PL).

IV.4.3.3: Classe de portance du sol support

Elle est déterminée sur la base du module:

$$E = 5 \times CBR$$

Avec :

$CBR = 11$, $E = 5 \times 11 = 55$ MPA

IV.4.3.4: Durée de vie

La durée de vie fixée par niveau de réseau principal RP1 et par matériaux types est synthétisée dans le fascicule 2, page 13, tableau 4.

✓ Alors la durée de vie est égale à **20 ans**.

IV.4.3.5: Risque de calcul

Le risque de calcul (r %) adopté dans le dimensionnement de la structure est en fonction du trafic et du niveau de réseau principal, il est donné dans le fascicule 2, page 14, tableau 5.

✓ Alors soit : **$r = 2\%$** .

IV.4.3.6: Données climatiques

La région d'étude est située au Nord d'Algérie, caractérisée par un climat très humide, d'une pluviométrie supérieure à 600 mm/an.

✓ Alors d'après le fascicule 2, page 15, tableau 7, notre projet est situé dans la **zone climatique I**.

Avec les données citées plus haut, et une classe de sol S2, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise une structure de:

8 BB+14 GB+15 GB avec une couche de forme de **60 cm** (en 02 couches), voir (fascicule 3, page 11).

IV.4.3.7: Température équivalente

La valeur de température équivalente « **θ_{eq}** » retenue pour le calcul de dimensionnement est en fonction de la zone climatique, elle est donnée dans le fascicule 2, page 15, tableau 8.

✓ Alors: **$\theta_{eq} = 20\text{ °C}$** .

IV.4.3.8: Valeur du coefficient d'agressivité

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

Il est défini dans le fascicule 2, page 17, tableau 11. Elle est en fonction du niveau de réseau principal.

Alors, pour RP1 on a : **$A = 0.6$**

IV.4.3.9: Conditions aux interfaces

Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour le calcul des contraintes et déformation, elles sont en fonction du type de structure.

Et d'après le fascicule 2, page 11, tableau 3, toutes les interfaces sont **collées**.

IV.4.3.10: Mode de fonctionnement pour le type de structure

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

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

Le mode de fonctionnement est illustré dans ce schéma suivant:

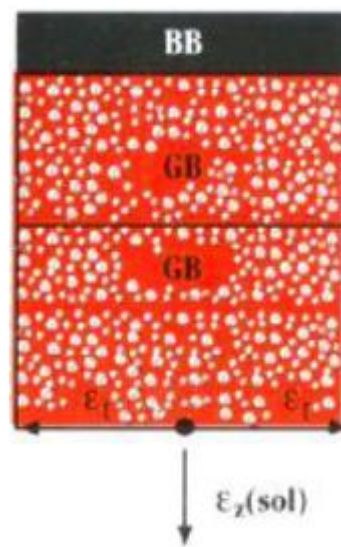


Figure IV.6: Schéma illustratif du mode de fonctionnement.

IV.4.3.11: Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)

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

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

Où:

- ✓ τ : Taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement).
- ✓ N : Durée de vie considérée, ($n=20$ ans).

Application numérique:

$$TCi = 4383.68 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

Alors: $TCi = 4.76 \times 10^7$ PL

IV.4.3.12: Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi)

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

Application numérique:

$$TCEi = 4383.68 \times 365 \times 0.6 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

Alors: $TCEi = 2.85 \times 10^7$ PL

IV.4.3.13: Calcul des déformations admissibles sur le sol support ($\epsilon_{z,ad}$)

La déformation verticale ϵ_z est calculée par le modèle **Alizé III**, devra être limitée à une valeur admissible $\epsilon_{z,ad}$ qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante:

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

Application numérique :

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (2.85 \times 10^7)^{-0.235} = 389.52 \times 10^{-6}$$

Alors: $\epsilon_{z,ad} = 389.52 \times 10^{-6}$

Remarque

- ✓ Pour chaque valeur de (**TPLi**), il correspond une valeur de $\epsilon_{z,ad}$.
- ✓ La vérification $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traité, car c'est le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.
- ✓ Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression sur sol support sera tellement faible que le critère $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$ sera pratiquement toujours vérifié.

IV.4.3.14: Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses ($\epsilon_{t,ad}$)

$\epsilon_{t,ad}$ est donnée par la relation suivante:

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot k_{ne} \cdot k_{\theta} \cdot k_r \cdot K_c$$

Où :

- ✓ $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz})$: déformation limite au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).
- ✓ k_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- ✓ k_{θ} : facteur lié à la température.
- ✓ k_r : facteur lié au risque et aux dispersions.
- ✓ k_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussées.

Tel que:

$$k_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6} \right)^b$$

$$k_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}}$$

$$k_r = 10^{-tb\delta}$$

D'où:

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot \left(\frac{TCE_i}{10^6} \right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} \cdot 10^{-tb\delta} K_c$$

Avec:

- ✓ **TCEi** : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur durée de vie considérée.
- ✓ **b** : pente de droite de fatigue ($b < 0$).
- ✓ **E (10°C)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- ✓ **E (θeq)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.
- ✓ **δ** : f (dispersion) est donnée par la relation suivante:

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}$$

Avec:

- ✓ SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- ✓ Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- ✓ c : coefficient égal à 0.02.
- ✓ t : fractale de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

➤ **D'après le fascicule 2, page 18, tableau 13 on a :**

- ✓ **ε₆ (10°C, 25 Hz) = 100 x10⁻⁶**: (déformation sous la grave bitume).
- ✓ **b = -0.146** : $\left(-\frac{1}{b} = 6.84 \Rightarrow b = -\frac{1}{6.84} \Rightarrow b = -0.146\right)$
- ✓ **E (10°C, 10Hz) = 12500 MPa ; E (θeq, 10Hz) = 7000 MPa.**
- ✓ **SN = 0.45 (GB).**
- ✓ **Sh = 3 cm (GB).**
- ✓ **Kc = 1.3 (GB).**

Application numérique:

$$kne = \left(\frac{2.85 \times 10^7}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.613 \quad \Rightarrow kne = 0.613$$

$$k\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33 \quad \Rightarrow k\theta = 1.33$$

➤ **D'après le fascicule 2, page 20, tableau 16 on a :**

$$\checkmark \quad t = -2.054 (\text{pour } r = 2 \%).$$

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

$$\checkmark \quad k_r = 10^{-2.045 \times 0.146 \times 0.609} = 0.657 \quad \Rightarrow k_r = 0.65$$

D'où :

$$\epsilon_{t,ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.613 \times 1.33 \times 0.65 \times 1.3 = 68.89 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{Alors : } \epsilon_{t,ad} = 68.89 \times 10^{-6}$$

IV.4.3.15 : Vérification par le logiciel ALIZE III

a) Présentation de logiciel ALIZE III

ALIZE III est un programme issu du laboratoire central des ponts et chaussées en France (PARIS 1975). Il permet de déterminer à partir d'un model multicouche élastique fondé sur l'hypothèse de BURMISTER. Les contraintes et les déformations σ_t , ϵ_z , σ_z , aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan. La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une symétrie de révolution. Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

La modélisation de la structure est donnée dans le tableau suivant:

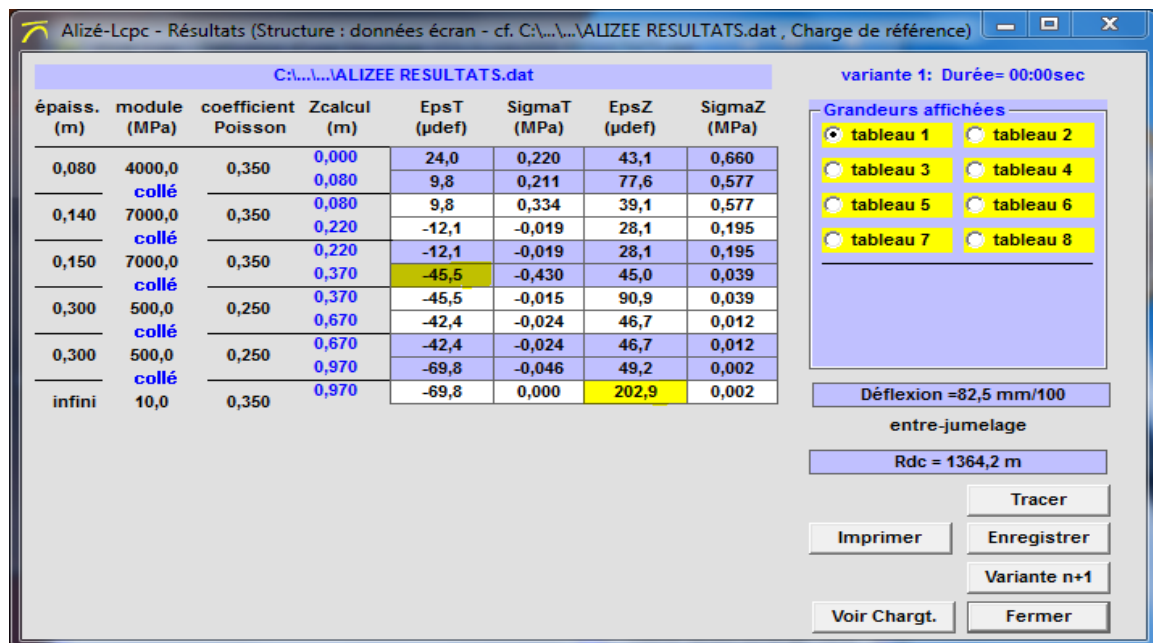


Figure IV.7: Modélisation de la structure.

Remarque

Les différents coefficients de poisson et le module de Young sont donnés dans le fascicule 2, page 18.

b) Résultats de simulation

	$\varepsilon_z(\text{sol support})$	$\varepsilon_t (\text{à la base de la GB})$
Déformations calculées ALIZE III	202.9×10^{-6}	45.5×10^{-6}
Déformations admissibles	389.52×10^{-6}	68.89×10^{-6}

Figure IV.7: Résultats de simulation.

La structure **8BB + 14GB + 15GB + 60TUF** est donc vérifiée puisque :

- ✓ $\varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm}$
- ✓ $\varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm}$

Conclusion

L'épaisseur du corps de chaussée obtenue avec la méthode du catalogue des structures est plus importante que celle calculée avec la méthode CBR.

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

- ✓ Elle fait appel aux spécificités géologique et climatique du pays
- ✓ Elle tient compte des ressources en matériaux disponibles pour chaque région
- ✓ Elle donne ainsi la possibilité au projeteur de faire un choix entre plusieurs variantes de structures de dimensionnement, selon les données technico-économiques locales et régionales relatives au projet.

Introduction

Le profil en long d'une route, avec le profil en travers et le tracé en plan, sont des trois (03) éléments qui permettent de caractériser la géométrie d'une route. Suite à notre étude de trafic, nous avons conclu sur le choix de notre type de route et de son profil en travers.

La réalisation de ce projet routier nécessite certaines conditions telles que la sécurité, la visibilité et le confort des usagers qu'on doit les introduire pour la géométrie routière qui est assurée par des normes et des réglementations à deux (02) niveaux suivants:

1^{er} niveau:facteurs à caractères très généraux

- ✓ Facteurs liés au véhicule automobile (caractéristiques physiques et dynamiques, état de fonctionnement).
- ✓ Facteurs liés au comportement humain (réactions psychophysiologiques de l'homme).

2^{ème} niveau:facteurs locaux

- ✓ Facteurs liés aux caractéristiques du milieu (climat, trafic, aspects sociaux et économiques).

Et dans notre projet, la norme adoptée pour assurer des meilleures conditions aux usagers de cette route est le «**B40**».

V.1: Aperçu sur la norme adoptée «B40»

Pour réaliser un projet routier soit une route neuve ou bien existante déjà, il faut adopter certaines normes et conditions pour une bonne conception, et dans notre cas la norme adoptée est le «B40».

Le «B40» est la norme la plus utilisée en Algérie à cause de ses bonnes caractéristiques et conditions qu'elle assure à un projet routier et ce dernier permet une circulation meilleure avec toute sécurité et de confort et aussi à cause de son côté économique et esthétique.

V.2: Vitesse de référence (base)

Plusieurs paramètres influent sur le choix de l'emplacement horizontal et vertical d'une route. Le plus important est la vitesse de base qui est la vitesse la plus élevée à laquelle un véhicule peut circuler d'une façon continue et en toute sécurité lorsque les conditions météorologiques sont les plus favorables, et que la densité de la circulation est très peu élevée.

Elle devrait être choisie en fonction de la topographie, de l'exploitation des terrains adjacents, de la classe et la fonction de la route. Le concepteur devrait tenter d'établir une vitesse de base la plus élevée possible pour permettre le degré de sécurité, de mobilité et d'efficacité désiré, tout en tenant compte de la qualité de l'environnement, des facteurs économiques et esthétiques ainsi que des impacts sociaux.

Une fois établie, toutes ces caractéristiques devraient être réunies en vue de déterminer une vitesse de base et d'obtenir une conception équilibrée. Elle est généralement choisie entre 30 et 130 km/h, et cette dernière influe sur le choix d'autres paramètres tels que les rayons de courbures et les déclivités.

Pour le cas de notre projet, la vitesse prise est de **100 km/h**.

V.3: Profil en travers

V.3.1: Définition

En conception routière, le profil en travers d'une route est représenté par une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de la surface définie par l'ensemble des points représentatifs de cette surface sur un plan vertical, et il est dimensionné à partir de l'importance de la route, la nature de sol d'implantation et une étude de trafic routier.

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

V.3.2: Classification du profil en travers

Ils existent deux (02) types de profil : Profil en travers type et profil en travers courant.

V.3.2.1: Profil en travers type

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

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant au terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements. La figure qui suit représente les détails du profil en travers type:

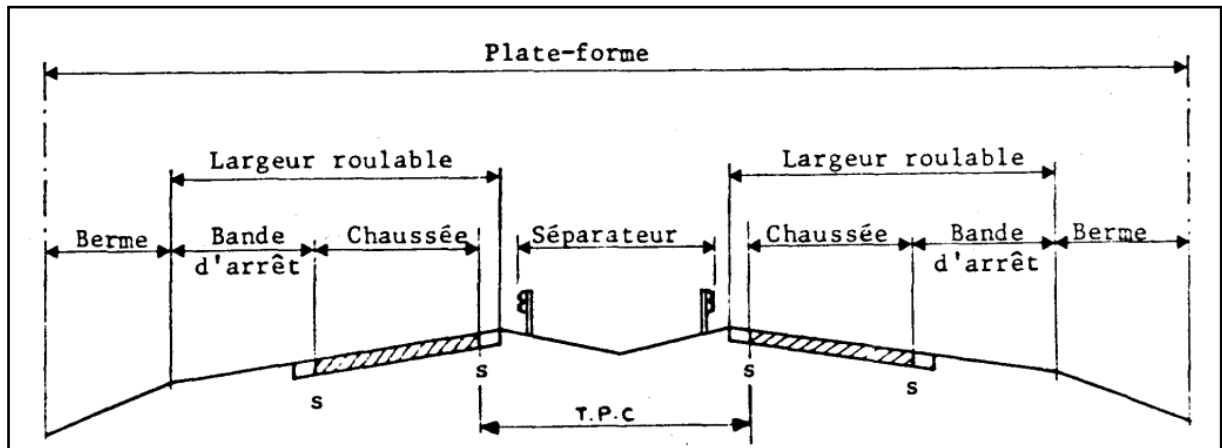


Figure V.1 : Profil en travers type d'une route.

V.3.2.2: Profil en travers courant

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

Le profil en travers type de notre projet est de 2x3 voies et constitué de:

- Chaussée de $2 \times (3 \times 3.50)$ 21.00m
- Une bande d'arrêt d'urgence de 2×2.25 4.50m
- Un terre-plein central (TPC) de 3.00m

Donc la largeur totale de la pénétrante est égale à 28.50m

V.3.3: Éléments composantes du profil en travers

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

V.3.3.1 : Chausséé

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules qui est définie par un nombre de voies déterminé après des études préalables prenant en compte des données de trafic, des objectifs de niveau de service et des éléments économiques et politiques.

V.3.3.2 : Largeur roulable

Elle comprend la chaussée, les sur-largeurs de chaussée et la bande d'arrêt.
Les sur-largeurs structurales de chaussée supportent le marquage de rive.

V.3.3.3 : Plate forme

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

V.3.3.4 : Accotements

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

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

V.3.3.5 : Terre-plein central (TPC)

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

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

V.3.3.6 : Fossé

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

V.3.3.7 : Assiette

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

V.3.3.8 : Emprise

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

V.4: Tracé en plan et le profil en long

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

La coordination du tracé en plan, du profil en long et de l'implantation des points d'échange est nécessaire, en particulier pour le respect des conditions de visibilité et de perception.

V.4.1: Tracé en plan

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer des bonnes conditions de sécurité et de confort aux usagers et cela se fait avec une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou pas par des raccordements progressifs tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site. En affinant les échelles au fur et à mesure des dossiers, depuis l'inscription jusqu'au projet détaillé qui se dégage cinq (05) aspects essentiels qui sont:

- ✓ L'Aspect Génie Civil : c'est l'art du Volume.
- ✓ L'Aspect Fonctionnel : c'est l'art de la Surface.
- ✓ L'Aspect Economique : c'est l'art du Compromis.
- ✓ L'Aspect Environnement : c'est l'art de l'Ouverture.
- ✓ L'Aspect Politique : c'est l'art du Réalisme.

Et dans la figure qui suit on trouve les éléments constitutifs de ce tracé:

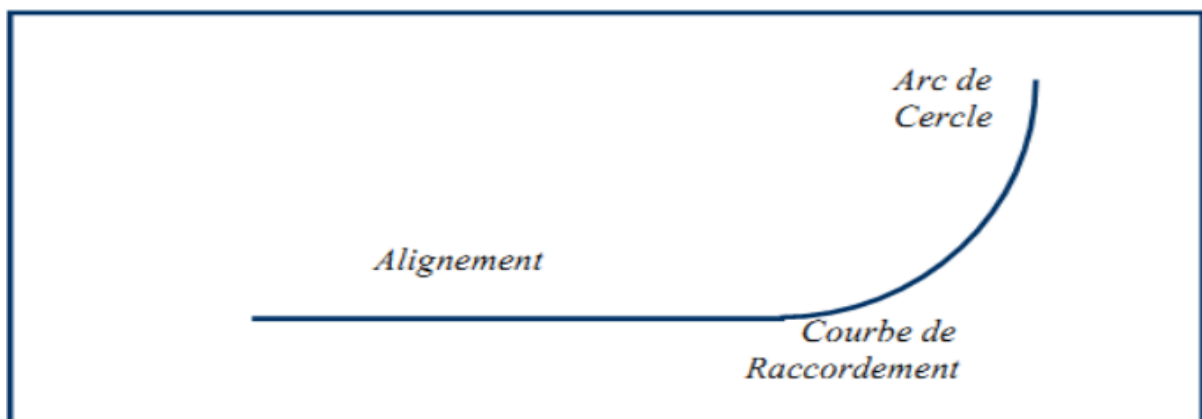


Figure V.2: Eléments du tracé en plan.

On tenant compte que notre tracé respecte quelques conditions qui sont :

- ✓ Eviter de passer sur les terrains agricoles si c'est possible.
- ✓ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- ✓ Adapter au maximum le terrain naturel.
- ✓ Appliquer les normes du «B40» si c'est possible.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Respecter la cote des plus hautes eaux.
- ✓ Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- ✓ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- ✓ Se raccorder sur les réseaux existants.
- ✓ S'inscrire dans le couloir choisi.

Et par suite on définit les différents éléments qu'on doit trouver dans ce tracé avec leurs dimensionnements selon la norme adoptée (B40):

V.4.1.1 : Alignements droits

Sont des éléments géométriques les plus simples et les plus courts chemins avec de bonnes conditions de visibilité avec dépassement aisé en absence de la force centrifuge, acoté de tout ses avantages y a toujours des inconvénients qui sont des accidents causés de l'excès de vitesse, la chose qui a permis de limiter ces droites avec des longueurs maximum et minimum.

➤ Longueur maximale ($L_{\max}$)

Pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant (01) minute à la vitesse V (m/s).

$$L_{\max} = \frac{60 \cdot V \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)}{3.6} = 60V \text{ (m/s)}$$

Application numérique:

$$L_{\max} = \frac{60 \times 100}{3.6} = 1666.67 \text{ m}$$

➤ Longueur minimale ($L_{\min}$)

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps $t=5s$ d'adaptation.

$$L_{\min} = \frac{5 \cdot V_r \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)}{3.6} = 5V \text{ (m/s)}$$

Application numérique:

$$L_{\max} = \frac{5 \times 100}{3.6} = 138.89 \text{ m}$$

V.4.1.2 : Arcs de cercle

Où la courbe est limitée par trois (03) éléments essentiels qui sont :

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

➤ Stabilité en courbe

En passant un virage, un véhicule subit l'effet de la force centrifuge, c'est la raison pour laquelle on incline la chaussée vers l'intérieur (pour éviter le phénomène de dérapage) d'une pente exprimée par sa tangente.

Dans la figure ci-après montre les forces agissant sur un véhicule dans un virage.

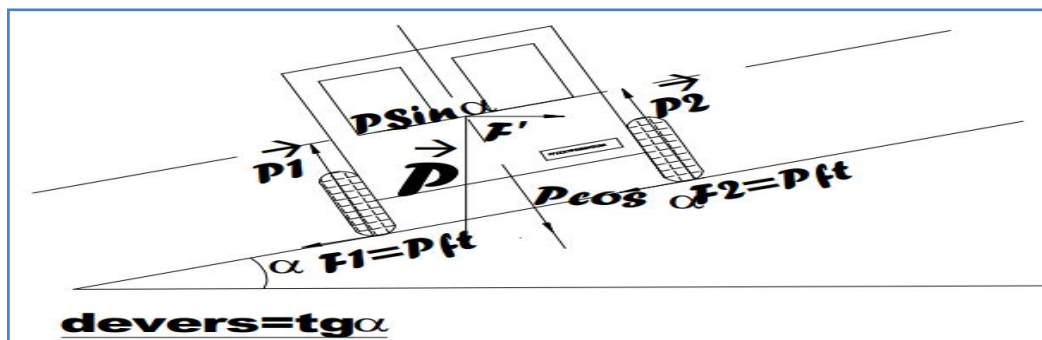


Figure V.3 : Forces agissant sur un véhicule dans un virage.

➤ Devers

Il ne doit pas être trop grand (risque de glissement par temps pluvieux ou par verglas), ni trop petit pour assurer un bon écoulement des eaux. Ceci nous conduit à la série de couples: Rayon, devers(R, d).

Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu avec:

- ✓ $d_{\max} = 7\%$ pour les catégories(1– 2) (cas de notre route).
- ✓ $d_{\max} = 8\%$ pour les catégories(3 – 4).
- ✓ $d_{\max} = 9\%$ pour la catégorie 5.

➤ Rayon horizontal minimal absolu (RHmin)

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de devers maximal.

$$RH_{\min} = \frac{v_r^2}{127(f_t + d_{\max})}$$

Avec:

- ✓ f_t c'est le coefficient de frottement transversal et ses valeurs donner par le tableau (B40, tableau05, page 1.13) suivant:

$V_r(\text{km/h})$ Catégories	40	60	80	100	120
1 - 2	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10
3 - 4 - 5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11

Tableau V.1 : Coefficient de frottement transversal.

Application numérique:

$$RH_{\min} = \frac{100^2}{127(0.11 + 0.07)} = 437.44 \text{ m}$$

➤ Rayon minimal normal (RHN)

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20 km/h de rouler en sécurité.

$$\mathbf{RHN} = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{\max})}$$

Application numérique:

$$\mathbf{RHN} = \frac{(100 + 20)^2}{127(0.11 + 0.07)} = \mathbf{629.92 \text{ m}}$$

➤ Rayon au dévers minimal (RHd)

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$.

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

Application numérique:

$$\mathbf{RHd} = \frac{100^2}{127 \times 2 \times 0.025} = \mathbf{1574.80 \text{ m}}$$

➤ Rayon minimal non déversé (RHnd)

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon minimal qui permet cette disposition est le rayon minimal non déversé.

$$\mathbf{RHnd} = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035}$$

Application numérique:

$$\mathbf{RHnd} = \frac{100^2}{127 \times 0.035} = \mathbf{2249.72 \text{ m}}$$

➤ Sur-largeur

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

$$S = L / 2R$$

Avec:

- ✓ L: Longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10\text{m}$).
- ✓ R: Rayon de l'axe de la route.

V.4.1.3 : Courbe de raccordement

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et ça pour assurer:

- ✓ La stabilité transversale du véhicule.
- ✓ La variation progressive des devers, et la courbure afin de respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique.
- ✓ Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

➤ Types de courbe de raccordement

Les chercheurs, en se basant sur une condition, celle de la variation continue de la courbure ont abouti à trois (03) courbes qui sont les suivantes:

✓ Parabole cubique

Est définie par l'équation : $y=c.x^3$, elle est peu utilisée et sa en raison de sa courbure vite atteinte (utilisée sur tout dans le tracé de chemin de fer).

✓ Lemniscate

Est défini par l'équation: $K.F = (1/R)$, sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur F.

✓ Clothoïde

C'est une spirale dont le rayon de courbure décroît dès l'origine jusqu'au point asymptotique ou il est nul.

On trouve que ce dernier type (clothoïde) c'est le plus utiliser en Algérie et dans ce qui suit le schéma et les éléments composants d'une clothoïde.

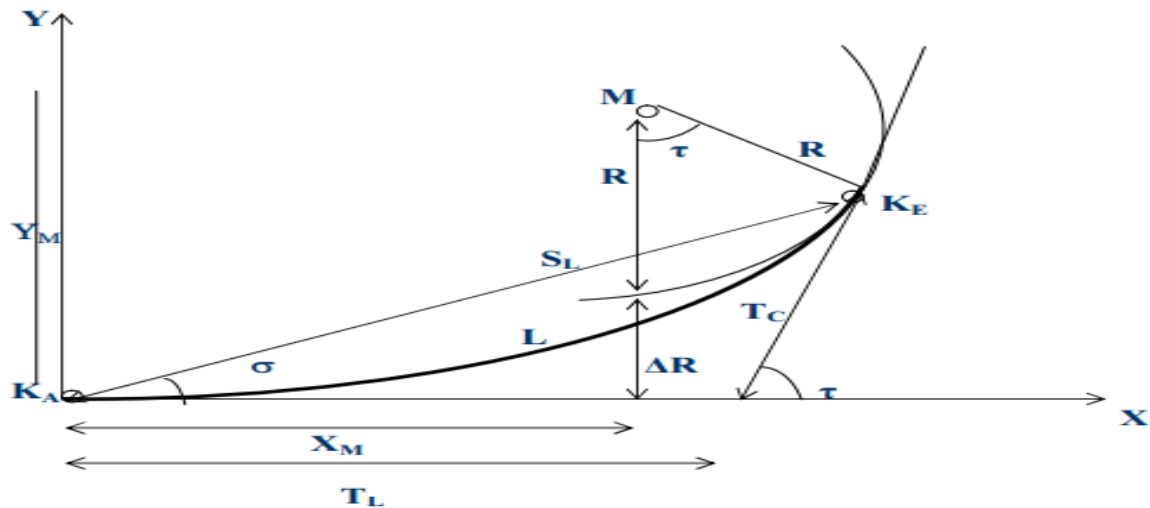


Figure V.4: *Elément de la clothoïde.*

Avec :

- ✓ **R:** Rayon du cercle.
- ✓ **L:** Longueur de la branche declouthoïde.
- ✓ **A:** Paramètre de la clothoïde.
- ✓ **K_A:** origine de la clothoïde.
- ✓ **K_E:** extrémité de la clothoïde.
- ✓ **DR:** ripage.
- ✓ **t:** Angle des tangentes.
- ✓ **T_C:** tangente courte.
- ✓ **T_L:** tangente longue.
- ✓ **s:** Angle polaire.
- ✓ **S_L:** corde KE –KA.
- ✓ **M:** centre du cercle d'abscisse X_M.
- ✓ **X_M:** abscisse du centre du cercle M à partir de KA.
- ✓ **Y_M:** ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

Choix de la clothoïde

Le choix de la clothoïde doit être certainement suivre de quelques règles et conditions à respecter tellesque:

- **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°.

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

et

$$R > A \geq R/3$$

- **Condition de confort dynamique**

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

D'où

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

Avec:

- ✓ **V_r**:vitesse de référence en (Km /h).
- ✓ **R** : rayon en (m).
- ✓ **Δd** : variation de dévers.

- **Condition de gauchissement**

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

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

Avec:

- ✓ **L**:Longueur de raccordement.
- ✓ **l**:Largeur de la chaussée.
- ✓ **Δd**:variation de dévers.

N.B:

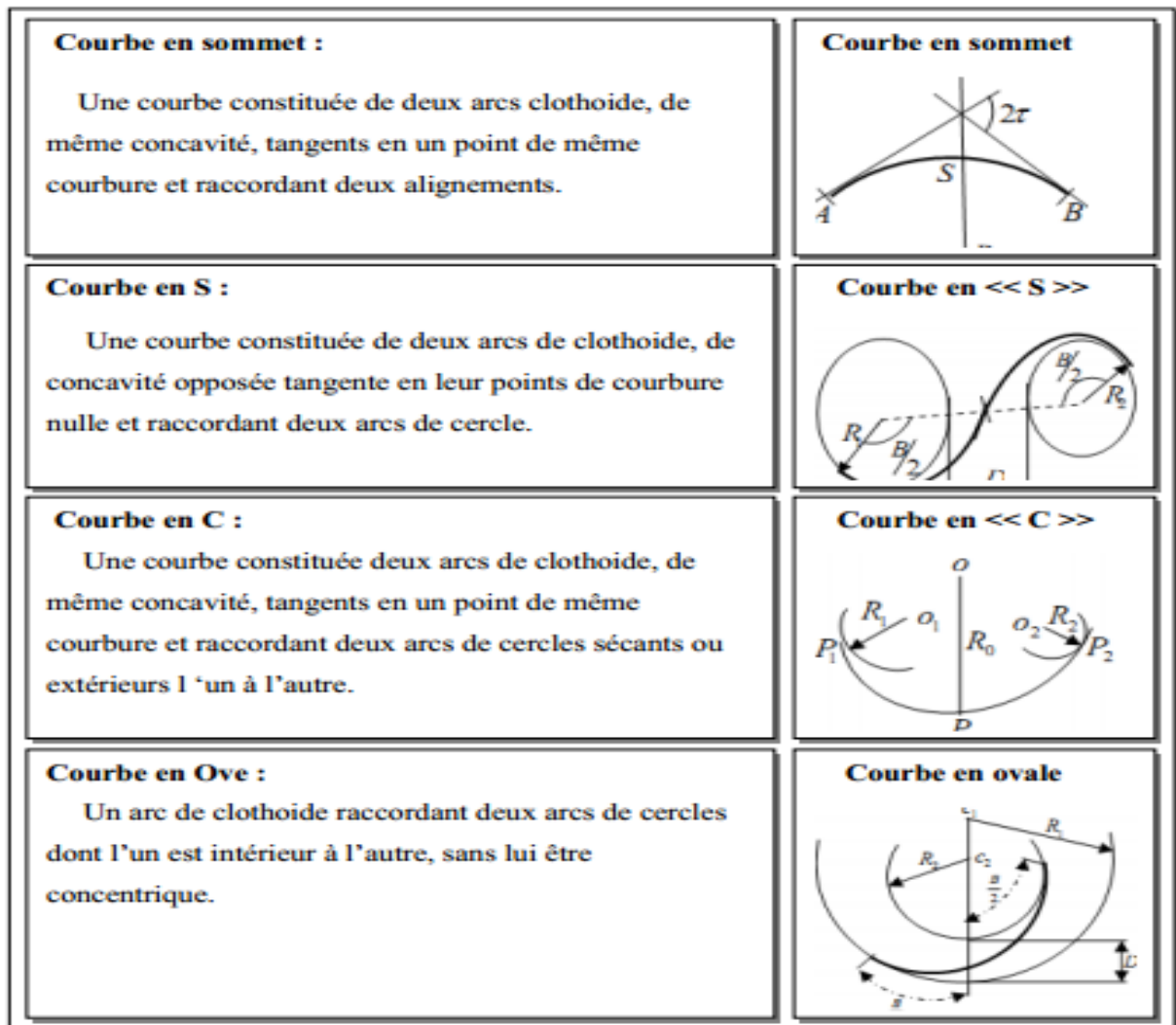
En peut vérifier la condition de gauchissement et de confort dynamique en appliquons la formule:

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

Cette variation est limitée à 2%.

V.4.1.4 : Combinaison des éléments du tracé en plan

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, et la figure qui suit les mentionne:



FigureV.5 :Types de courbes de raccordement.

V.4.2: Profil en long

V.4.2.1: Définition

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

Le passage d'une déclivité à une déclivité suivante est adouci par l'aménagement de raccordement circulaire dont on distingue:

- ✓ Rayon en angle saillant (ou convexe).
- ✓ Rayon en angle rentrant (ou concave).

Pour le calcul des deux (02) raccordements on tient compte du problème de visibilité pour le premier et le problème de confort pour le deuxième.

V.4.2.2: Tracé de la ligne rouge

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne du projet retenue n'est pas arbitraire, mais elle doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales.

V.4.2.3: Définition de la déclivité

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

a) Déclivité minimale

Dans les zones où 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.

b) Déclivité maximale

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au niveau de service.

Selon le B-40 on a : Pour une route de catégorie C1 et un environnement E2, on a $\Rightarrow P_{\max} = 6 \%$

V.4.2.4: Raccordement en profil en long

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort. On distingue donc deux (02) types de raccordement:

a) Raccordement convexe (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain.

Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes:

- ✓ De confort.
- ✓ De visibilité.
- ✓ D'esthétique.

➤ Condition de confort

Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers. La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale est représentée par la formule suivante :

Pour (cat. 1 et 2)

$$\frac{v^2}{R_v} \leq \frac{g}{40} \rightarrow R_v \geq \frac{40}{g} v^2$$

Pour (cat. 3, 4 et 5)

$$\frac{v^2}{R_v} \leq \frac{g}{30} \rightarrow R_v \geq \frac{30}{g} v^2$$

Avec:

- ✓ $V = V/3.6$
- ✓ g (accélérations de la pesanteur) = 10m/s
- ✓ R_v Étant le rayon de raccordement $\Rightarrow R_{v \min} \geq 0.4 V_r^2$ (cat. 1 et 2)

➤ Condition de visibilité

La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre ou s'arrêter. Le rayon devrait assurer la visibilité d'un obstacle éventuel à une distance de manœuvre de dépassement d_1 déterminée par la relation:

$$R = \frac{d_1^2}{2(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})}$$

Avec:

- ✓ h_0 : La hauteur de l'œil.
- ✓ h_1 : La hauteur de l'obstacle.

Application numérique:

$$R = \frac{100^2}{2(\sqrt{1.1} + \sqrt{0.15})} = 4472.13\text{m}$$

➤ Condition esthétique

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

b) Raccordement concave (angle rentrant)

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

V.4.3: Coordination du tracé en plan et du profil en long

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long afin:

- ✓ D'assurer de bonnes conditions générales de visibilité.
- ✓ D'assurer si c'est possible un certain confort visuel en évitant de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu, cela conduit en général à chercher à faire coïncider les courbes du tracé en plan et les courbes du profil en long et à prévoir des rayons

de profil en long importants relativement à ceux du tracé en plan pour les routes neuves.

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

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

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

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

V.5: Visibilité

Un conducteur a besoin de temps pour anticiper les événements qui vont se produire sur sa route. Il lui faut les percevoir, les analyser, et modifier éventuellement son comportement pour s'y adapter. Compte tenu des vitesses relativement élevées pratiquées en rase campagne, ce temps nécessaire à l'anticipation se traduit par la nécessité de distances de visibilité parfois importantes.

La bonne conception d'un projet, dans les sens de la sécurité, suppose donc une vérification des conditions de visibilité.

V.5.1: Vitesses

La connaissance des distances de visibilité nécessaires en un point suppose la connaissance des vitesses.

Pour rendre compte des vitesses effectivement pratiquées par les usagers, on utilise, conventionnellement et conformément aux pratiques internationales, la vitesse V_{85} (parfois notée V_{15}) en dessous de laquelle roule 85 % des usagers, en conditions de circulation fluide (véhicules dits « libres ») qui est estimée généralement en fonction des principales caractéristiques géométriques du site.

V.5.2: Exigences de visibilité

La distance de visibilité nécessaire dépend généralement de la vitesse pratiquée et de la distance nécessaire à la manœuvre et pour une sécurité meilleure des usagers on doit assurer sur notre route ces conditions qui suivent :

- ✓ Visibilité sur un virage.
- ✓ Visibilité sur un obstacle situé sur la chaussée.
- ✓ Visibilité dans un carrefour plan ordinaire ou dans un accès.
- ✓ Visibilité pour le dépassement.

V.5.3: Éléments influant sur la visibilité à prendre en compte dans la conception

Ils agissent principalement des éléments suivants :

- ✓ Les masques latéraux.
- ✓ Les éléments convexes (rayon en angle saillant) du profil en long.
- ✓ Les masques mobiles en courbe à droite.

Conclusion

On conclue par un récapitulatif des résultats des paramètres fondamentaux calculés concernant notre projet d'une route de catégorie C2, dans un environnement E2, avec une

vitesse de base **VB = 100 km/h**. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme «B40»:

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	100
Hauteur de l'œil	h_o	1.1
Hauteur de l'obstacle	h_1	0.15
Longueur minimale (m)	L_{min}	138.89
Longueur maximale (m)	L_{max}	1666.67
Devers minimal (%)	d_{min}	2.5
Devers maximal (%)	d_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	t_1	1.8
Frottement longitudinal	f_L	0.36
Frottement transversal	f_t	0.11
Distance de freinage (m)	d_0	111
Distance d'arrêt (m)	d_1	161
Distance de visibilité de dépassement minimale(m)	d_m	425
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_N	625
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dMd	300
RHm (m) (d'associe %)	RHm	437.44
RHN (m) (d'associe %)	RHN	629.92
RHd (m) (d'associe %)	RHd	1574.80
RHnd (m) (d'associe %)	RHnd	2249.72

Tableau V.2 : Récapitulatif des résultats des paramètres fondamentaux calculés.

Introduction

La réalisation d'un projet routier nécessite certaines modifications du terrain naturel ou sol support pour atteindre le tracé désiré qui est la ligne rouge et cela se fait avec deux (02) étapes : remblais et déblais. Leur réalisation se fait avec l'aide des matériels du terrassement, engins et pelle.

VI.1 : Déblais

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

VI.2 : Remblais

C'est un ouvrage ou lever de matériaux rapporter, généralement destiné à assurer une continuité de niveaux pour le passage d'une route, voie ferrée.

VI.3 : Cubature

C'est un calcul géométrique à pour objectif la détermination des quantités de différents matériaux à mettre en œuvre. Il est réalisé par superposition :

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

Il permet de localiser et de quantifier les zones où il va falloir enlever des matériaux le cas de déblais et les zones où il va falloir rapporter le cas de remblais. Ces calculs permettent d'apprécier et d'ajuster un projet pour équilibrer au mieux remblais et déblais afin de pouvoir limiter au maximum le transport de matériaux.

Le calcul des cubatures permet également la quantification des matériaux de chaussée selon les coupes du projet de voirie et il permet encore d'anticiper l'évolution d'une exploitation (mine, carrière, ...)

VI.4 : Méthodes du calcul des cubatures

Ce calcul se fait soit par prismes ou bien par profils et cela peut s'effectuer avec plusieurs méthodes parmi eux et les plus connus on cite la formule de SARRAUS, la méthode de GULDEN et la méthode linéaire qui consistent à calculer les surfaces SD et SR de déblai et de

remblai pour chaque profil en travers qui est dessiné sur le terrain au droit des section transversales de la plate forme de la voie une fois tous les 20m et à chaque point de changement de déclivité de la ligne rouge.

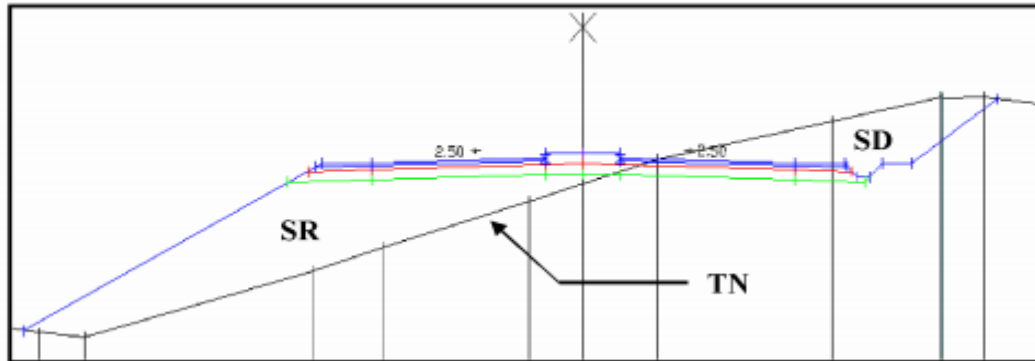


Figure VI.1 : Surfaces du profil en travers courant.

Avec :

- ✓ **TN** : terrain naturel
- ✓ **SD** : surface de déblais
- ✓ **SR** : surface de remblais

VI.4.1 : Formule de SARRAUS

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

$$V = \frac{h}{2}(s_1 + s_2 + s_{\text{moy}})$$

Où h , s_1 , s_2 et s_{moy} désignant respectivement :

- Hauteur entre deux profils.
- Hauteur des deux profils.
- Surface limitée à mi-distances des profils.

Adoptons la figure ci-dessous qui présente les profils en long d'un tracé donné.

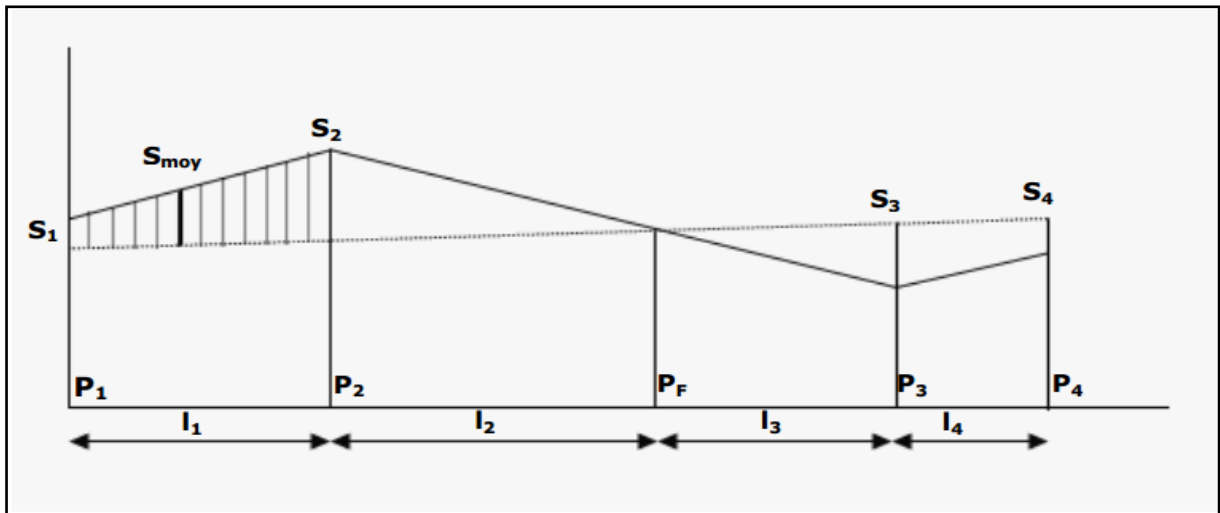


Figure VI.2 : Profil en long d'un tracé donné.

Avec :

- ✓ P_1 : Des défilement profils en travers
- ✓ P_f : Profil fictif; surface nulle
- ✓ S_i : Surfaces des profils en travers
- ✓ S_{moy} : Base intermédiaire entre deux surfaces successives
- ✓ L_i : Distance entre deux profils successifs

Le volume compris entre les deux (02) profils en travers successifs P_i et P_{i+1} de section S_i et S_{i+1} sera égale à :

$$V = \frac{l_i}{6} \times (S_i + S_{i+1} + 4S_{moy}) \quad \text{avec } S_{moy} = \frac{S_i + S_{i+1}}{2}$$

Et après simplification le volume final entre deux profils successifs est :

$$V = \frac{l_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront comme suit :

- Entre P_1 et P_2 : $V = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$
- Entre P_2 et P_f : $V = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$
- Entre P_f et P_3 : $V = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$
- Entre P_3 et P_4 : $V = \frac{l_4}{2} \times (S_3 + S_4)$

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

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1+l_2}{2} S_2 + \frac{l_2+l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3+l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

VI.4.2 : Méthode classique

Cette méthode est divisée en deux (2) sous méthodes de calcul (GULDEN et linéaire) dans la première, les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant compte la courbure au droit de profil. Et dans la deuxième méthode on trouve que les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe mais indépendamment de la courbure.

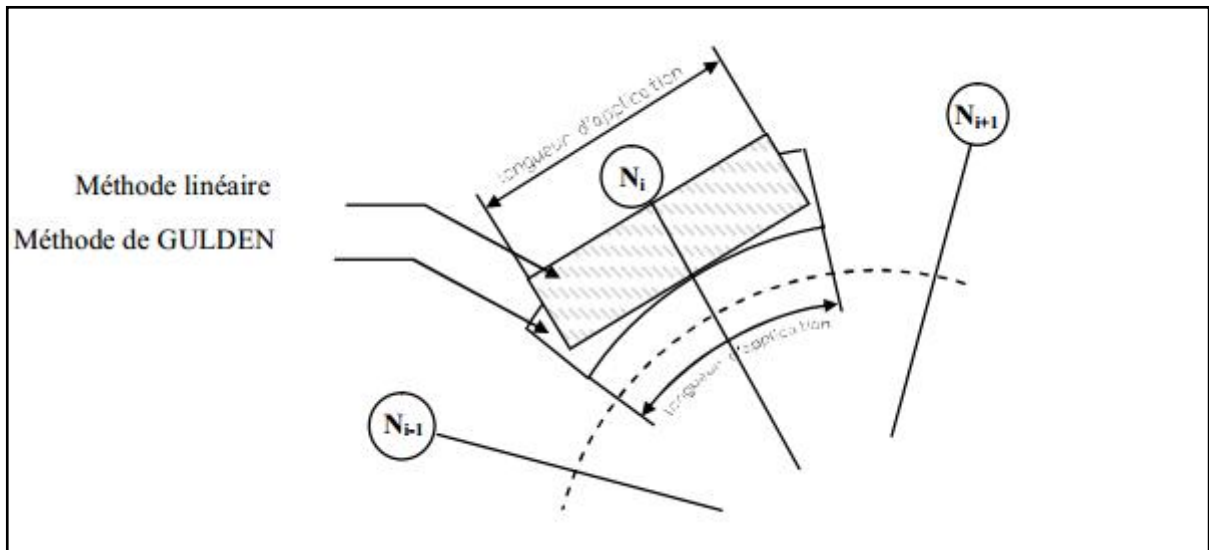


Figure VI.3 : Schéma illustratif de la méthode classique.

VI.5 : Application au projet

Dans notre projet on a adopté une des méthodes classiques en l'occurrence la méthode de GULDEN et les calculs sont faits à l'aide du logiciel **AutoCAD Civil3D** (voir chapitre VII).

VII.1 : Description du logiciel

AutoCAD Civil 3D est un outil complet pour la réalisation de projets d'infrastructures. Efficace dès l'étape du relevé de l'existant, il supporte les divers intervenants des projets jusqu'à la conclusion des travaux sur le chantier. Il permet aux arpenteurs, concepteurs, techniciens et constructeurs de travailler avec les mêmes méthodes, mais aussi avec les mêmes données. Le risque d'erreur est ainsi réduit considérablement puisque le modèle dynamique est partagé entre les équipes de travail, reflétant automatiquement chacun des changements qui y sont apportés.

La flexibilité du logiciel permet de réaliser tous types de projets d'infrastructures (routiers, municipaux, environnementaux, terrassement) en facilitant grandement les étapes d'intégration de données de l'environnement existant, de conception du modèle et de production des plans et devis.

VII.2 : Justification du choix du logiciel

Parmi nos motivations pour ce choix on peut citer :

- a) **Gain de temps** : Prise en charge du projet du début jusqu'à la fin sans avoir besoin de basculer d'un logiciel à un autre.
- b) **Un espace de travail riche** : En plus des outils de dessin AutoCAD, Civil 3D contient des palettes spécifiques au projet routier « axe, profil en long, profil en travers, bassins versants, talus, conduites...etc.).
- c) **Métrie du projet** : Des normes de conception programmables. Ces dernières inspectent et signalent chaque erreur de conception, permettant ainsi l'obtention d'un projet avec toutes les commodités en terme de distance de visibilité, de rayon et de vers associé ...etc.
- d) **Possibilité de correction** : A tout moment et à n'importe quel niveau l'ingénieur, concepteur peut agir et corriger les erreurs, les changements seront pris en considération dans l'ensemble du projet.
- e) **Esthétique** : Possibilité de personnalisation de chaque élément du dossier technique.
- f) **Vue 3D** : Une simulation de conduite réaliste permettant de se renseigner sur l'allure du projet en terme de courbure, de déclivité et de visibilité.

- g) **Possibilité d'inscrire le projet dans son environnement** : Avec une extension Google-earth intégrée dans Autocad civil 3D, le concepteur peut se renseigner fidèlement sur le projet en l'exportant vers Googleearth.

VII.3 : Etapes de réalisation d'un projet routier sur AutoCAD civil 3D

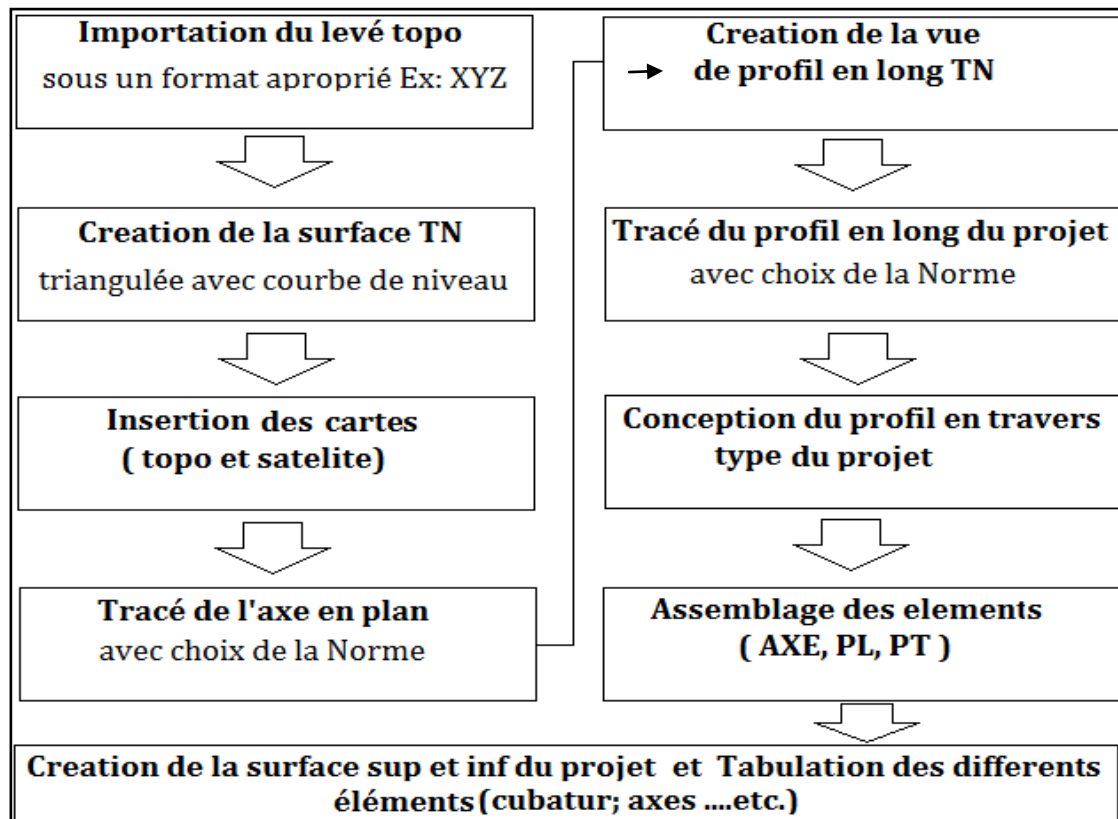


Figure VII.1 : Organigramme Etapes de réalisation d'un projet routier.

VII.3.1 : Création de la surface de travail terrain naturel (TN)

C'est la première et la plus importante des étapes dans la conception d'infrastructures, toute la conception est basée sur des surfaces et elle se fait comme suit :

- importer des points (levé)

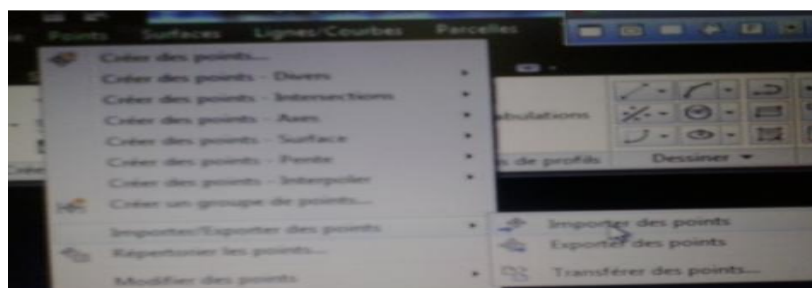


Figure VII.2 : Fenêtre d'importation des points.

- Choisissez dans le menu surfaces « Créer la surface ».



Figure VII.3: Fenêtre de création d'une surface.

- Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre, le nom, le calque, le style et le matériau appliqué à cette nouvelle surface sont automatiquement remplis. Validez.

Les paramètres de tous ces éléments peuvent être personnalisés pour chaque type de projet.

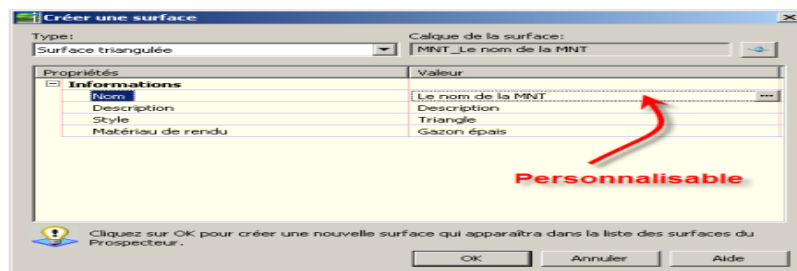


Figure VII.4 : Fenêtre de création d'une surface.

VII.3.2 : Tracé de l'axe en plan

On dessine les différentes composantes de l'axe avec les commandes : ligne, arc et clothoïde puis on les assemble pour créer un seul axe.



Figure VII.5 : Commande de création de l'axe à partir de la polyligne.

Et la figure qui suit représente l'axe en plan de notre projet qui est un axe autoroutier de trois (03) kilomètre sur la pénétrante de PK 0+000 au PK 3+000.

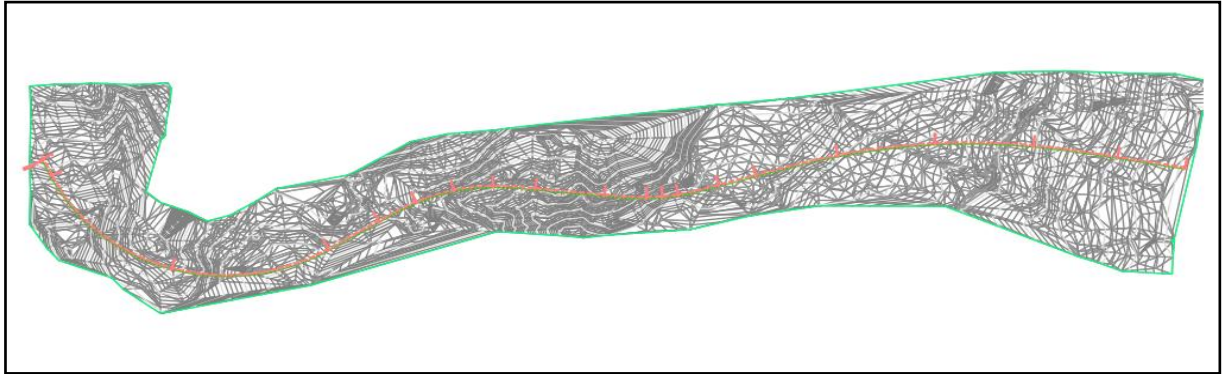


Figure VII.6 : Axe en plan de notre projet.

VII.3.3 : Création de la vue de profil en long

- Dans le menu « Profil », sélectionner « Créer un profil à partir d'une surface ».

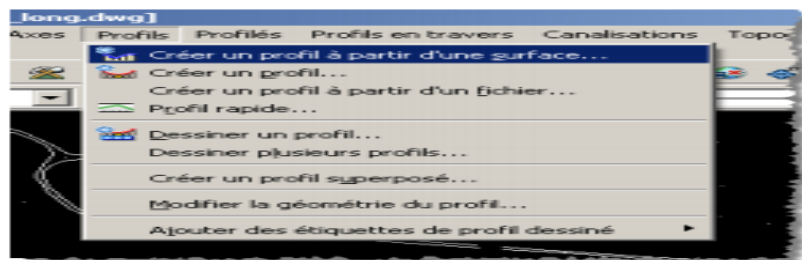


Figure VII.7 : Paramètre de l'option et résultat de la tabulation.

- Dans la fenêtre suivante, sélectionner la surface TN, puis cliquez ajouter.

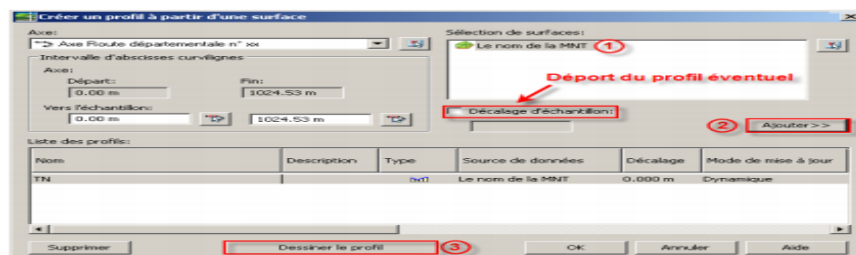


Figure VII.8 : Sélection du profil TN.

- Dans la fenêtre suivante, sélectionner l'axe qui sera, donner un nom au profil en long et cliquer « Dessiner un profil en long » puis une invite de commande vous indique de cliquer un point sur l'écran pour dessiner le profil en long.

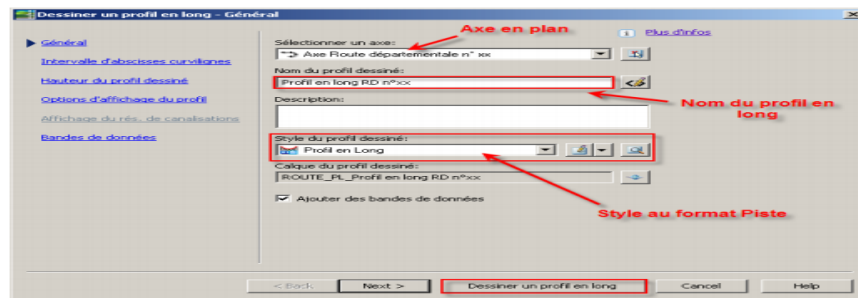


Figure VII.9 : Choix de l'axe en plan.

- Après avoir cliqué « Dessiner un profil en long », cliquer un point sur l'écran pour dessiner le profil en long du TN.

VII.3.4 : Création du profil en long du projet

- On clique sur « Profil » dans le menu puis sélectionné « Créer un profil » puis sélectionner l'axe.

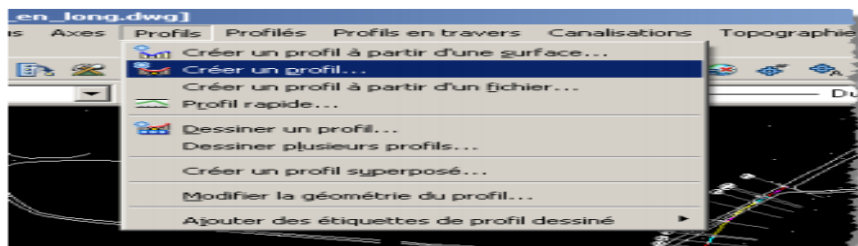


Figure VII.10 : Commande de création d'un profil en long.

- Dans la fenêtre suivante, donner un nom à votre profil en long, et sélectionner les styles qui vous correspondent le mieux, puis OK.

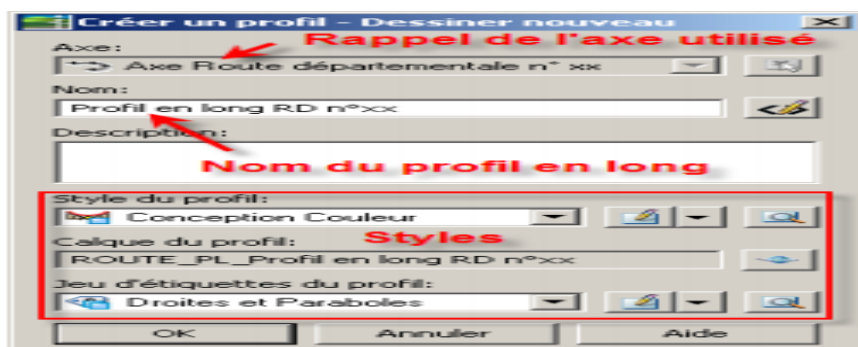


Figure VII.11 : Modification des Styles du profil en long.

Et la figure qui suit représente le profil en long de notre projet.

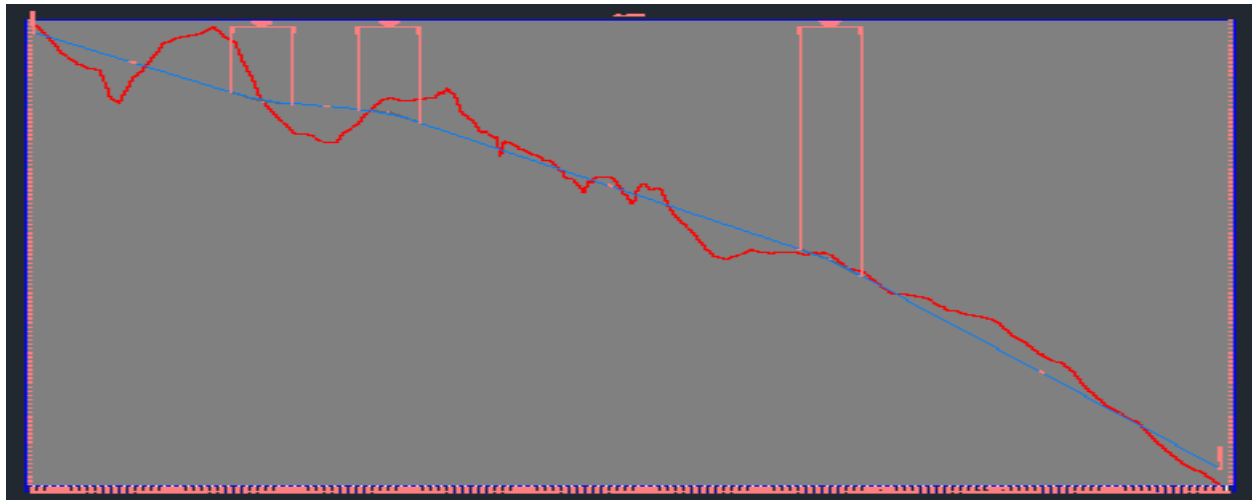


Figure VII.12 : *Tracé en long de notre projet.*

VII.3.5 : Création de profil en travers

AutoCAD Civil 3D fournit un outil efficace pour les projets linéaires: l'assemblage. Celui-ci permet de concevoir les profils en travers types en combinant des « sousassemblages ».

Les assemblages sont des objets paramétriques, ce qui signifie que les différents paramètres peuvent être modifiés pour rendre les modifications dynamiques.

Tous les sousassemblages sont disponibles dans le catalogue AutoCAD Civil 3D en utilisant la palette d'outil toujours via le menu général « Fenêtre des palettes d'outils ».

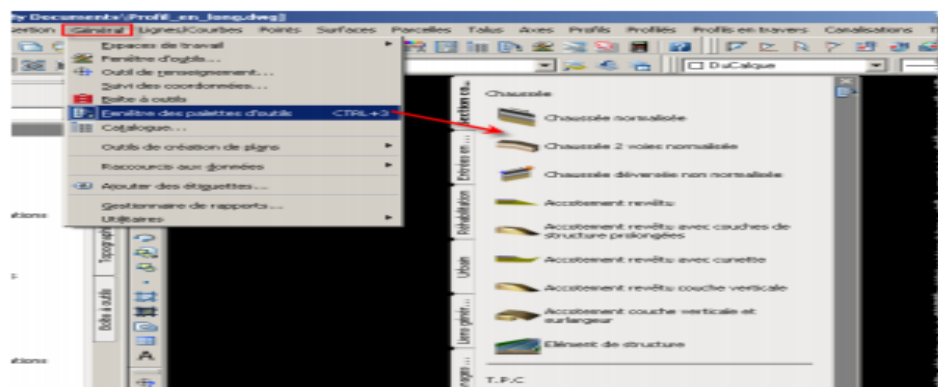


Figure VII.13 : *Vue de la palette d'outils.*

Et la figure qui suit représente le profil en travers de notre projet.

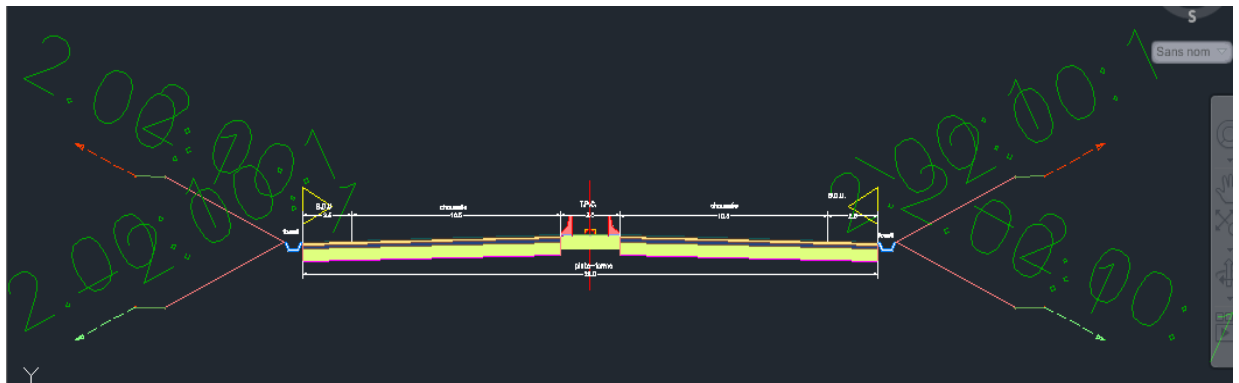


Figure VII.14: Profil en travers de notre projet.

VII.3.6 : Assemblage des éléments

- Clic sur projet civil 3D puis sélectionner les éléments a assemblé (axe, profil en long et le profil en travers).

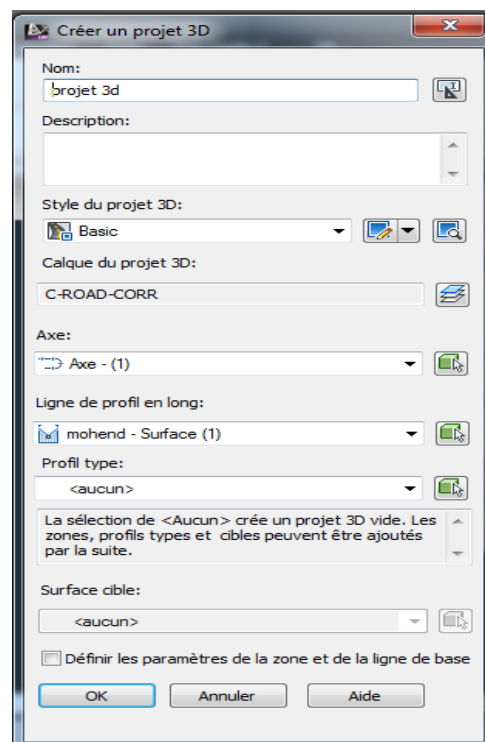


Figure VII.15 : Menu des paramètres a assemblé.

Et la figure qui suit représente notre projet en 3D avec l'assemblage des profils (axe, profil en long et profil en travers) sur la carte d'état majeur de la région.

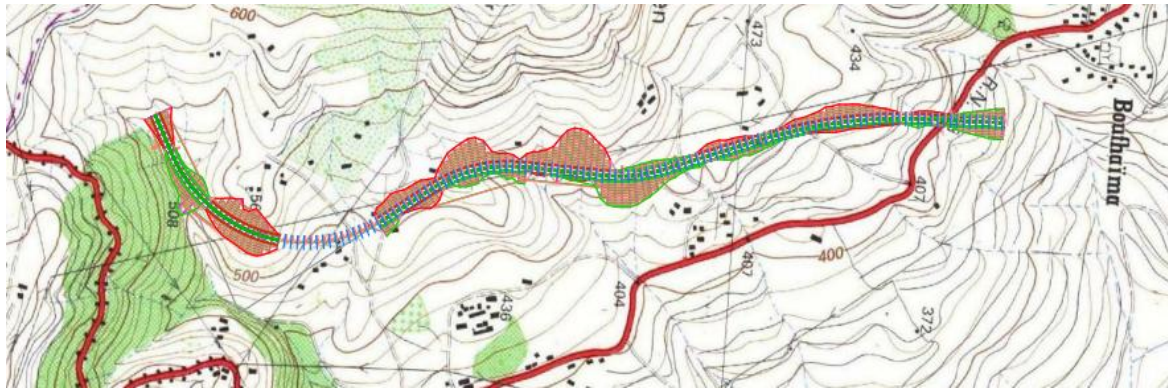


Figure VII.16: Représentation du projet sur la carte d'état majeur.

VII.3.7 : Calcul des cubatures

Le calcul des cubatures est réalisé par différence de surfaces et utilisation des liens « formes ». C'est pour cette raison que nous avons extrait les surfaces du profilé.

- Dans le menu « profils en travers », sélectionnez « Calcul des matériaux ».

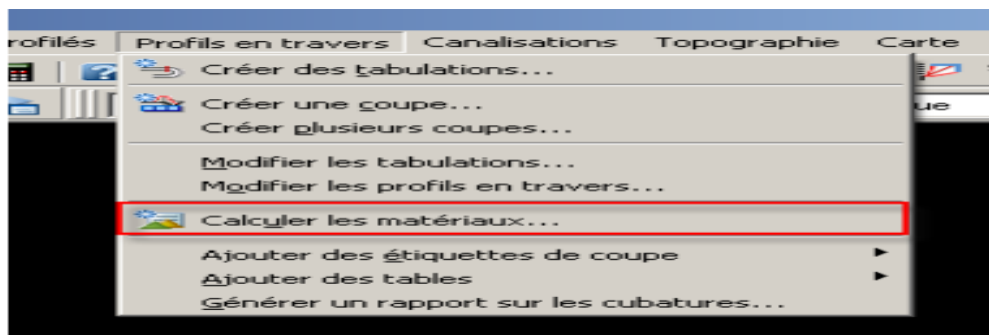


Figure VII.17 : Menu cubatures.

- Sélectionner l'axe et la tabulation associée.

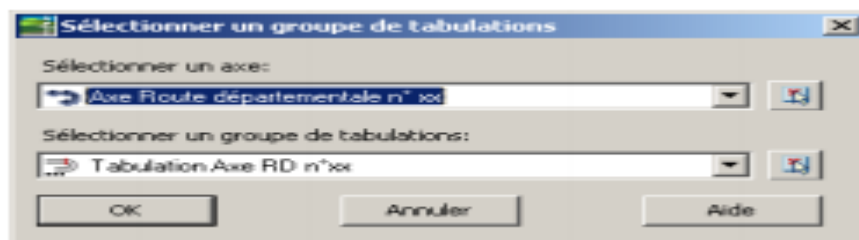


Figure VII.18 : Choix du groupe de tabulation.

- La fenêtre de calcul des matériaux apparaît, utiliser « Faire correspondre les objets de nom identique » pour choisir les matériaux à calculer.

Dans notre cas, les surfaces nous permettront de calculer les volumes de terrassement hors structures.

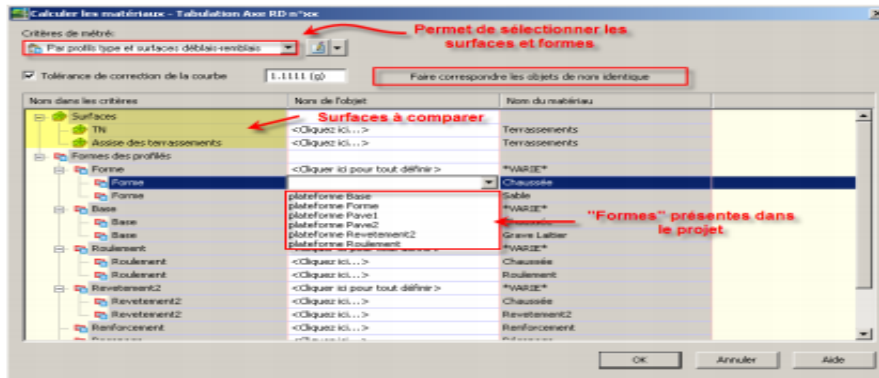


Figure VII.19 : Calcul des matériaux.

Un message vous informe que certaines couches n'ont aucune correspondance étant donnée que les sousassemblages que nous avons choisi ne comporte pas tous les codes, cliquer sur OK pour valider et calculer les volumes de cubatures.

Nous rappelons que la méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN et les résultats sont joints en annexes.

Les principaux résultats à retenir sont :

- **Volume des déblais : $V_d = 440591.79 \text{ m}^3$**
- **Volume des remblais : $V_r = 187885.22 \text{ m}^3$**
- **Volume de la chaussée**
 - ✓ **Couche de surface (BB) : $V_{BB} = 5508.00 \text{ m}^3$**
 - ✓ **Couche de base (GB) : $V_{GB} = 9639.00 \text{ m}^3$**
 - ✓ **Couche de fondation (GB) : $V_{GB} = 10327.50 \text{ m}^3$**
 - ✓ **Couche de forme (Tuf) : $V_{Tuf} = 47668.50 \text{ m}^3$**

Introduction

L'homme par sa nature a toujours cherché à se simplifier la vie ou à rechercher des solutions auxquels il fait face. Dans le domaine routier, domaine s'occupant du transport et de l'évacuation des personnes et marchandises de tous ordres, l'homme a toujours inventé des moyens pour résoudre les soucis qu'il rencontre compte tenu de son évolution galopante. Donc, pour faciliter la circulation, éviter les collisions et congestions aux carrefours situés dans le même plan, il a été créé les échangeurs autoroutiers.

VIII.1: Définition et rôle d'un échangeur

VIII.1.1 : Définition

Un échangeur fait partie d'un réseau routier et c'est la solution appropriée pour résoudre un problème à un carrefour plan. Il assure, au moyen d'un ou plusieurs étages, les mouvements de circulation entre les routes. L'échangeur permet également un écoulement libre et en sécurité de grands débits de circulation, en plus de raccorder toutes les routes qui se croisent. La conception de chaque échangeur doit se faire de façon conjointe avec tous les autres ouvrages adjacents. La construction à proximité d'un quartier résidentiel peut occasionner un impact sur une partie ou même sur le quartier au complet. Sa localisation et son aménagement doivent servir la circulation de la meilleure façon possible et réduire les impacts (bruits, poussière,...etc.) pour les résidents des quartiers résidentiels avoisinants.

VIII.1.2 : Rôle d'un échangeur

L'échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans des 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. Malgré tout ce rôle et avantages pour l'échangeur il a toujours quelque inconvénients qui s'influence beaucoup plus sur l'environnement (faune et flore) à cause de sa nécessité pour une grande surface pour son exécution et aussi l'exécution très coûteuse parce qu'on prend toujours en compte sa partie esthétique.

VIII.2: Différents types d'échangeurs

Pour choisir l'échangeur qui convient le mieux, il faut tenir compte de plusieurs facteurs tel que : la catégorie de l'autoroute, caractères et composition du trafic et la vitesse d'accès.

On distingue deux classes d'échangeurs :

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

VIII.2.1: Echangeur majeur

L'échangeur majeur est un moyen de raccordement au niveau d'un croisement de deux (02) autoroutes sans qu'il y ait cisaillement dans ce point, voici quelques types:

VIII.2.1.1: Echangeur en trèfle complet

C'est l'un des tout premiers types d'échangeurs, apparu dans les années 1930 aux États-Unis. C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important. Le modèle ci-contre comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.



Figure VIII.1 : *Echangeur autoroutier en trèfle complet.*

VIII.2.1.2: Echangeur «en turbine»

Ce type d'échangeur occupe la même superficie qu'un échangeur en trèfle mais en corrige l'un des inconvénient: les bretelles en boucles du trèfle ont un rayon assez serré pour éviter de trop s'étendre, induisant l'obligation de réduire fortement sa vitesse (parfois jusqu'à 30 km/h), donc une capacité limitée et un risque accru de sortie de route, alors que la turbine met en œuvre des courbes à plus grand rayon.

VIII.2.1.3: Echangeur à niveaux

Sont des échangeurs à plusieurs niveaux (4 ou 5 niveaux) et sont les types les plus massifs existants. Ils sont destinés à des circulations très importantes et atteignent des hauteurs supérieures à 25 mètres.

VIII.2.2: Echangeur mineur

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernés par le raccordement, voici quelques types:

VIII.2.2.1: Losange

Il est composé de quatre (04) diagonales unidirectionnelles est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre (04) diagonales sont symétriques entre elles par rapport à l'axe de l'autoroute et il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

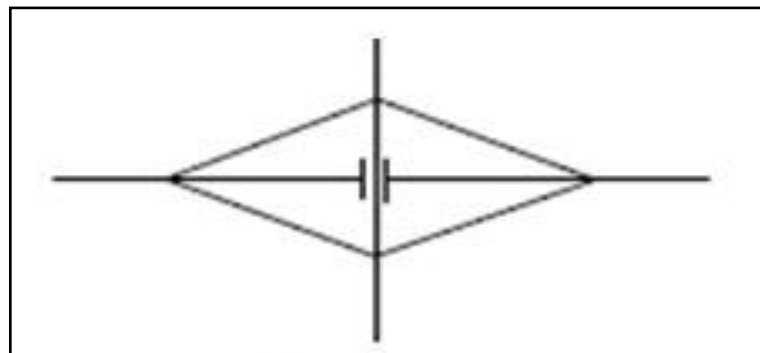


Figure VIII.2 : *Echangeur autoroutier losange.*

VIII.2.2.2: Demi-trèfle

Comporte deux (02) boucles et deux (02) diagonales et un (01) 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 (02) types de demi-trèfle:

- ✓ Demi-trèfle symétrique.
- ✓ Demi trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

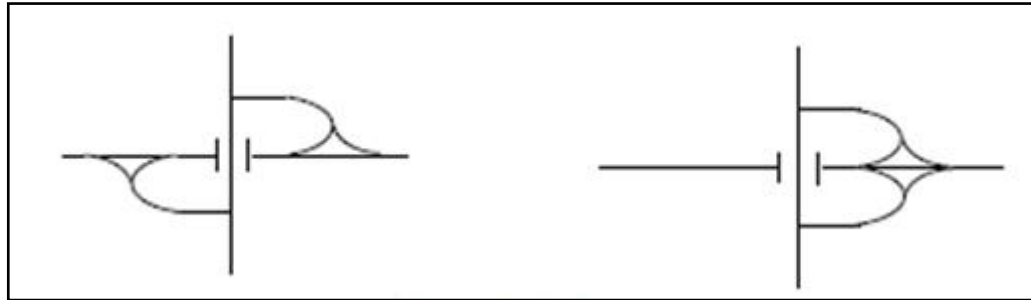


Figure VIII.3 : *Echangeur autoroutier en demi-trèfle.*

VIII.3: Caractéristiques géométriques des échangeurs

Tout échangeur quelque soit son importance, sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois (03) éléments qui sont :

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

VIII.3.1: Pont

Qui assure un passage supérieur ou inférieur. La détermination de nombre d'ouvrages d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- ✓ Le type d'échangeur choisi.
- ✓ Les instructions et réglementation de conception.
- ✓ La condition de coordination profil en long- tracé en plan.
- ✓ Les contraintes du terrain d'implantation.

VIII.3.2: Carrefour plan

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

VIII.3.3: Bretelles

Une bretelle d'échangeur est une chaussée de raccordement à sens unique qui relie deux (02) routes. Elle est composée d'un raccordement de sortie, de la bretelle et du raccordement d'entrée. Les bretelles assurent l'écoulement de la circulation soit en direction, soit en provenance d'une autoroute avec un accès limité. Sa configuration est déterminée lors du choix du type d'échangeur et les caractéristiques géométriques des différents tracés (en plan, du profil en long et du profil en travers) selon:

- Débit et composition de la circulation.
- Caractéristiques géométriques et d'exploitation des routes adjacentes.
- Relief.
- Dispositifs de régulation de la circulation.
- Attentes des usagers.

VIII.4: Conditions d'implantation d'un échangeur

L'implantation d'un échangeur doit permettre de respecter les conditions suivantes:

- ✓ Eviter les sites en courbe de faibles rayons.
- ✓ Eviter les sites en point haut profil en long.
- ✓ Eviter de passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- ✓ Eviter les sections à fortes déclivités.
- ✓ Les terrassements importants.
- ✓ Passage au terrain agricole.

VIII.5: Choix de l'échangeur

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « Avantages, inconvénient... », et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée ou cas qui présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Et pour ce but on suit le chemin suivant :

Étape 1: Détermination du tracé

La détermination de tracé se fait à partir de:

- ✓ Présentation du site d'implantation.

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

Étape 2 : Configuration de tracé à adopter

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

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

Étape 3 : Analyse

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

VIII.6: Application au projet

Etape 1 : Détermination du tracé

Le croisement entre la pénétrante est la RN 68 au niveau de PK 2+720 (Boufhima) nécessite un aménagement d'un échangeur. Ce dernier a pour le but d'assurer la continuité et la fluidité de la circulation à ce niveau et de permettre d'effectuer les différentes échanges dans cette région de Draa El Mizane.

a- Etude du trafic

a-1 Pour la pénétrante

L'estimation du trafic pour la pénétrante à l'horizon de 2017 (année de mise en service) est égale à 15 656 v/j /sens (voir chapitre III Etude du trafic).

a-2 Pour la RN68

C'est une route nationale bidirectionnelle de 1×2 voie de 3.5 m chacune avec une vitesse de référence de 60Km/h.

a-3 Pour les bretelles et les boucles

On estime un TJMA de 20 % de celui de la pénétrante, donc il est de 3131,2v/j.

$$TJMA_{2017} = 0.20 \times 15\,656$$

$$TJMA_{2017} = 3131,2v/j.$$

$$TJMA_{2037} = (3131,2) \times (1+0,04)^{20} = 6860,84 TJMA_{2037}.$$

$$T_{eff}(2037) = [(1-0,35) + 6 \times 0,35] \times 6860,84$$

$$T_{eff}(2037) = 14408,41 uvp/j.$$

$$Q_{2037} = 0,12 \times 14408,41$$

$$Q_{2037} = 1729 uvp/h.$$

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 2000 = 1683 uvp/h.$$

$$n = (2/3) \times (1729/1683) \Rightarrow n = 0,68 \approx 1$$

Donc : $n = 1$ voie

Nota : Pour toutes bretelles et boucles on aura le même profil en travers c'est-à-dire « une (01)voie».

b- Vitesse de base dans les bretelles

La vitesse de base des bretelles doit s'approcher de la vitesse de base des routes qu'elles relient. Mais souvent à cause des facteurs, comme les contraintes du site et certaines configurations de bretelles et des facteurs économiques, il faut se tenir à des vitesses de base inférieures. Le tableau ci-contre inspiré du «B40» nous donne la vitesse dans les bretelles à partir de celles des routes qu'elles relient.

Vitesse de base de la route (Km/h)		60 RN68	80	100 RN25	120	140
Vitesse de base de la bretelle (Km/h)	souhaitable	50	70	80	100	110
	minimal	40	40	50	60	70

Tableau VIII.1 : Vitesse de base dans les bretelles.

La vitesse de base dans les bretelles de notre échangeur est 50Km/h.

Etape 2 : Configuration de tracé à adopter

a- Tracé en plan

a-1 Longueur de référence pour les voies de sortie et entrée des bretelles

Il existe deux façons d'aménager les voies de changement de vitesse (biseau ou parallèle). L'aménagement en biseau suppose une entrée ou une sortie directe avec un angle peu prononcé. Et l'aménagement en parallèle comprend une voie supplémentaire pour le changement de vitesse

❖ Voies d'entrée (d'accélération)

Vitesse d'approche à vide V_a (Km/h)	60	80	100	120
Longueur de la voie d'insertion L (m)	140	180	240	320
Longueur biseau l (m)	40	50	70	80

Tableau VIII.2 : Longueur de référence pour les voies d'entrée des bretelles.

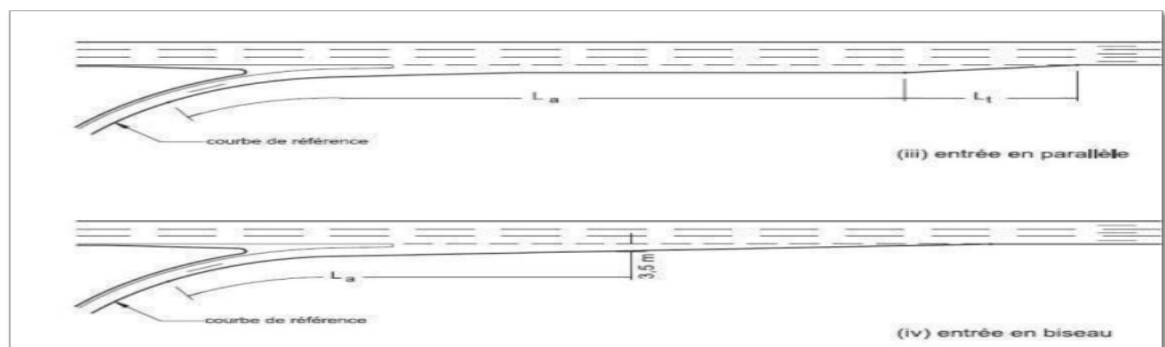


Figure VIII.4 : Représentation des voies d'entrées dans les bretelles.

❖ Voies de sortie (d'insertion)

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

Tableau VIII.3 : Longueur de référence pour les voies de sorties des bretelles.

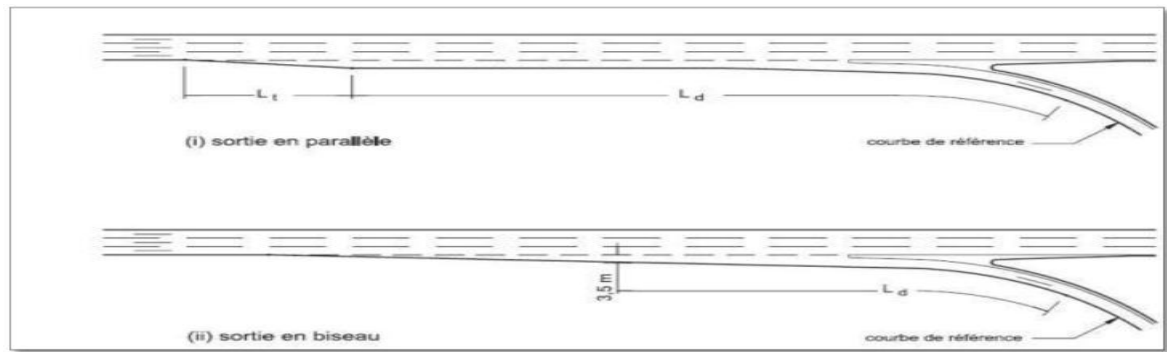


Figure VIII.5 : Représentation des voies d'entrées dans les bretelles.

a-2 Valeurs limites des rayons du tracé en plan

Rayon (Catégorie 1-2)	Symbole	Environnement E ₂
Vitesse de référence	V _r (Km/h)	50
Rayon minimal absolu	RHM (7%)	109.4
Rayon mini normal	RHN (7%)	217.4
Rayon au dévers minimal	RHd (2.5%)	393.7
Rayon non déversé	RHnd (-2.5%)	562.4

Tableau VIII.4 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan.

b- Profil en long

b-1 Rayons saillants

Ils sont déterminés par la distance d'arrêt sur un obstacle pour les vitesses pratiquées dans les bretelles. Il est calculé par la formule suivante :

$$RVm_1 = a \times d_1^2 \times (V_r) \text{ Avec : } a = 0.24 \text{ pour catégorie (1 et 2)}$$

b-2 Rayons rentrants

Sont déterminés principalement par la condition de confort. Il est calculé par la formule suivante :

$$R'Vm = \frac{d_1^2 \times V_r}{1.5 + 0.35 d_1 \times (V_r)}$$

b-3 Déclivités

Sur tout le tracé des bretelles on ne doit pas avoir de déclivité supérieure à :

- **Entrée** 5% (rampe), 8% (pente).
- **Sortie** 7% (rampe), 6% (pente).

b-4 Dévers

Il doit être le même pour la partie commune des chaussées on évitant les dévers supérieurs à 5% en particulier dans les petits rayons.

- Et dans le tableau qui suit les valeurs limites des rayons qui doivent être appliqués sur l'échangeur :

Vitesse de référence (km/h)		50
Rayon en angle saillant (Rv1)	Rayon minimal admissible (RV _{m1})	3090.72
Rayon en angle rentrant (R'v2)	Rayon minimal admissible (R'VM ₂)	7334.45

Tableau VIII.5 : Valeurs limites des rayons du profil en long.

c- Profil en travers

Bretelles unidirectionnelles

- Berme : au moins 1m, de préférence 1,5m.
- BAU : de préférence 2m
- BDG : 0,5 à 1m
- BDD : 0.5 à 1m
- La Surlargeur $S(R) = 50/R$. $50/109.4 = 0.5$
- Chaussée : Bretelle à 1 voie : $l = 4m + S(R)$ avec BAU
 $\Rightarrow 4 + 1 + 1 + 0.5 = 6.50 \text{ m}$

Etape 3 : Analyse

Après l'analyse qui est faite sur le choix de l'échangeur qui raccordera la pénétrante Nord-Sud à l'autoroute Est-Ouest en (2x3) voies avec la RN68, on a conclu qu'il sera constitué de quatre (04) branches et comme le trafic de ces derniers est très important on a trouvé que l'échangeur le plus avantageux est celui de type trèfle complet.

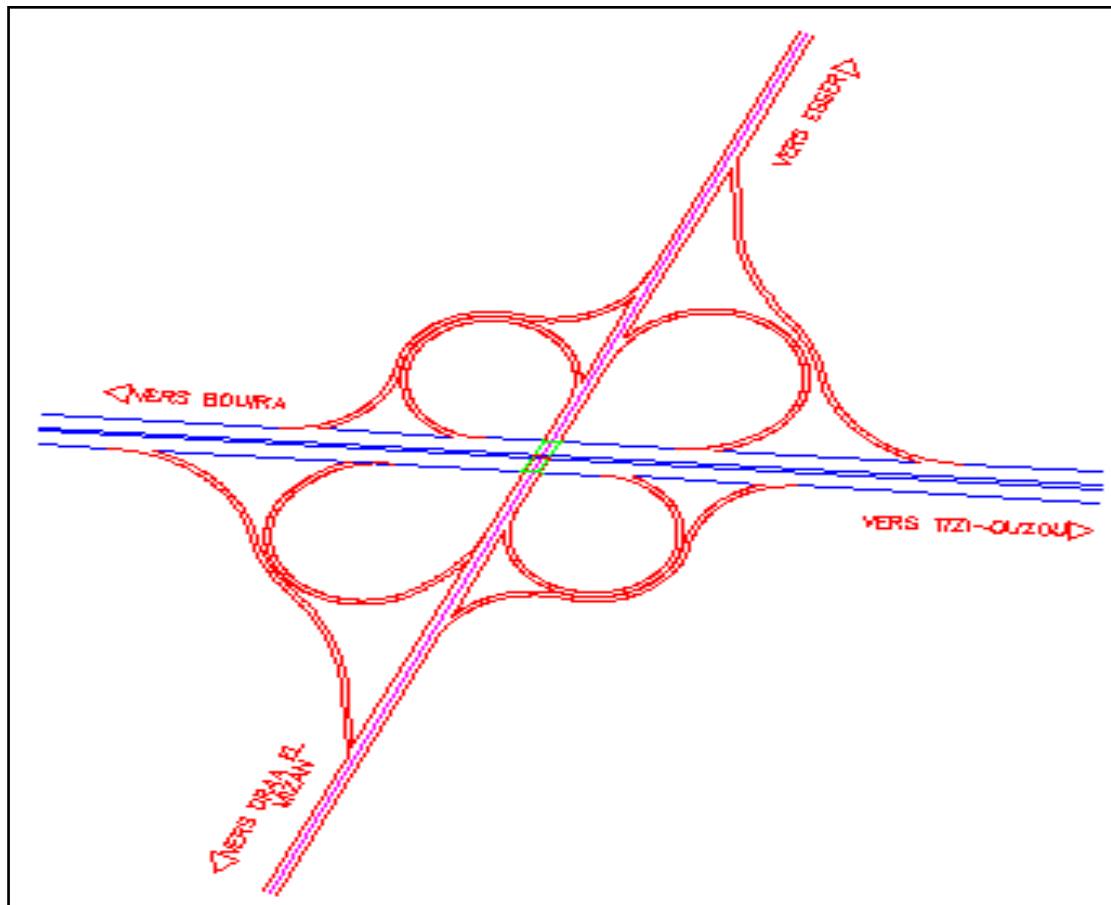


Figure VIII.6 :Schéma type de l'échangeur.

Introduction

Un ouvrage d'art est une construction de grande importance permettant de franchir un obstacle sur une voie de communication routière, ferroviaire ou fluviale (ponts, tunnels) mais également un dispositif de protection contre l'action de la terre ou de l'eau (murs, tranchée couverte, digue) et enfin un dispositif de transition entre plusieurs modes de transport (quais et autres ouvrages portuaires).

Dans le cadre de notre projet, ça nécessite deux (02) ouvrages d'arts (ponts), le premier a pour but de franchir une vallée de PK 0+560 au PK 0+885, et le deuxième permet de franchir l'autoroute (pénétrante) et assure la continuité de la route nationale 68 (RN68).

IX.1 : Définition d'un pont

Un pont est une construction qui permet de franchir une dépression ou un obstacle (cours d'eau, voie de communication...) en passant par dessus.

Toutefois, le mot viaduc est employé pour un ouvrage franchissant une vallée ayant un cours d'eau de faible largeur par rapport à la longueur de l'ouvrage, et « pont » dans le cas contraire.

IX.2 : Présentation du premier ouvrage

IX.2.1 : Données naturelles

Les données naturelles relatives à l'environnement du pont, influent considérablement sur sa conception. Elles se constituent par :

- La reconnaissance du site permet de déterminer le type d'obstacle et pour notre cas, il s'agit de franchir une vallée de 21m de hauteur sur une longueur de 325m

Enfin il est à noter que le projet se situe dans une zone rurale.

- La reconnaissance géotechnique faite à partir d'une carte géologique et des sondages carottés ainsi pour connaître le sol de fondation, il faut faire des sondages aux emplacements des appuis.

IX.2.2 : Données fonctionnelles

Pour assurer la continuité de l'autoroute en franchissant cette vallée l'ouvrage projeté sur cet axe doit présenter les caractéristiques géométriques du tracé, suivantes :

➤ Tracé en plan

Le tracé en plan est la ligne définissant la géométrie de l'axe de la voie portée. En plan, nous pourrions distinguer que c'est un ouvrage droit exempt de toutes courbures.

➤ Profil en long

Longitudinalement, le tracé de la voie portée qui est la continuité de la pénétrante sur un porté de 325 m, avec une présence d'une pente de 2%.

➤ Profil en travers

Le profil en travers de la pénétrante (28.5 m) est important et pour des raisons de stabilité et de facilité de construction de l'ouvrage, il est mieux de le construire en 02 portées séparées de sens opposé.

Le profil en travers d'une seule portée est défini comme suit :

- ✓ Nombre de voies de circulations : 3 voies de 3.5 m.
- ✓ Une (01) bande d'arrêt d'urgence : de 2.25 m
- ✓ Profil en toit de 2,5%, et -2,5%.

Donc on obtient pour une seule portée, un tablier de largeur = 12.75 m.

IX.3 : Choix et type d'ouvrage

On choisit le type de pont selon les avantages qu'il présente par rapport à l'endroit où il doit être construit avec une satisfaction des conditions imposées mieux possible en plus économique. Plusieurs facteurs influencent sur ce choix on site :

- ✓ La distance sur laquelle il doit s'étendre ainsi que celle qu'il doit y avoir en dessous du pont.
- ✓ La nature du sol d'implantation.
- ✓ Les matériaux nécessaires et la main d'œuvre disponible.
- ✓ Le type de circulation qu'il va y avoir sur ce pont.
- ✓ Les coûts liés à sa construction.
- ✓ L'apparence du pont en relation avec son environnement.

- ✓ Paramètres fondamentaux de fonctionnement mécanique des structures (flexion, compression et traction)

Pour une portée d'ordre de 325 m avec une largeur de 12.75 m plusieurs types de pont peuvent être envisagés qui sont :

- Ponts à poutres.
- Ponts voûtés.
- Pont en arc.
- Ponts suspendus.
- Ponts haubanés (à haubans).

IX.4 : Inconvénients et les avantages pour chaque type de pont

IX.4.1 : Ponts à poutres

Ponts composés d'un tablier très rigide qui transmet les charges sur les culées et les piles si la portée est trop importante pour être tenue par une simple poutre.

Les ponts à poutres désignent tous les ponts dont l'organe porteur est une ou plusieurs poutres. Les efforts engendrés dans la structure sont principalement des efforts de flexion.

Un cas particulier de ce type de pont : les ponts à voussoirs. Des tronçons de tablier sont préfabriqués puis assemblés à la structure porteuse, la pile, au fur et à mesure de l'avancement du chantier, de manière alternée, afin d'équilibrer les charges de part et d'autre de la pile. Ce procédé permet de franchir de grandes portées, allant jusqu'à 300 mètres en utilisant le béton armé, sans besoin d'étalement.

On trouve donc des ponts à poutre : en béton armé, en béton précontraint, mixtes (acier/béton), métalliques et en bois.

➤ Avantages

- ✓ La structure est légère, très solide.
- ✓ Relativement simple à construire.
- ✓ Large choix dans les matériaux.

➤ Inconvénients

- ✓ Le pont peut s'allonger ou rétrécir suivant la saison (froide ou chaude).
- ✓ La portée est limitée par la résistance des poutres.
- ✓ Obligation d'avoir régulièrement des points d'appui stables (piles).

IX.4.2 : Ponts voûtés

Sont des ponts appartenant à la classe des ponts en arc utilisant plusieurs arcs pour ramener les efforts en appui en suivant des lignes de compression pure. Ces ponts sont capables de transformer les charges verticales du tablier en forces obliques qui vont suivre la forme de l'arc, puis de les transférer vers le sol à l'aide de la pile. Généralement les ponts à voûtes sont en pierre, mais on en trouve en acier et en béton.

➤ **Avantage**

- ✓ Il permet une bonne utilisation des performances (en compression) de la pierre.

➤ **Inconvénients**

- ✓ La pierre résiste mal à la traction.
- ✓ Sa construction limite la distance entre les piles (environ 50 mètres).
- ✓ Coût de construction important, car nécessite beaucoup de temps et de main d'œuvre par rapport aux nouvelles techniques.
- ✓ La construction en maçonnerie nécessite la réalisation de coffrage.

IX.4.3 : Pont en arc

Ponts utilisant un arc pour ramener les efforts en appui en suivant des lignes de compression pure. Généralement les ponts en arc sont en acier et en béton.

➤ **Avantages**

- ✓ L'utilisation de l'acier dans la structure la rend plus légère.
- ✓ La longueur du pont peut être très importante, car les arcs peuvent se suivre en continu.

➤ **Inconvénients**

- ✓ L'obligation d'avoir des appuis solides de part et d'autre pour s'opposer aux forces exercées par le pont.
- ✓ La construction en maçonnerie nécessite la réalisation de coffrage.

IX.4.4 : Ponts suspendus

Ponts en acier et en béton dont le tablier est suspendu à des câbles porteurs par des câbles verticaux, l'ensemble est supporté par des pylônes. Et ces derniers sont hauts et moins les efforts horizontaux sont importants. Le contraire est aussi vrai.

Le poids du tablier, les charges dues à la circulation et toutes les autres charges sont transférées à travers les câbles jusqu'à la partie supérieure des pylônes. Les pylônes vont ensuite ramener les efforts verticaux vers le sol.

➤ **Avantage**

- ✓ Il enjambe des distances beaucoup plus grandes que tout autre type de pont.

➤ **Inconvénients**

- ✓ La présence de massifs d'ancrage est indispensable pour tenir les forces.
- ✓ L'entretien et le remplacement des câbles nécessitent beaucoup de temps et la fermeture du pont pendant les travaux.

IX.4.5 : Ponts haubanés (à haubans)

Pont en acier et en béton dont tous les tronçons de tablier sont ancrés par des câbles différents directement au pylône.

Un hauban est un câble qui relie une partie du tablier avec les pylônes. Le principe des ponts haubanés est basé sur un équilibre simple : des haubans portent deux (02) parties symétriques du tablier du pont de chaque côté d'un pylône.

➤ **Avantages**

- ✓ Il enjambe des distances importantes comme le pont suspendu.
- ✓ La répartition des forces au niveau des piliers rend inutile la réalisation de massifs d'ancrage dans les berges.
- ✓ C'est le moins cher à construire.
- ✓ Il peut être construit sur pratiquement n'importe quel type de terrain.

➤ **Inconvénients**

- ✓ Les haubans sont plus fragiles et plus sensibles au vent et aux vibrations provoquées par la circulation.
- ✓ Portée moins importante que les ponts suspendus.

Conclusion

Après avoir examiné tous les types d'ouvrages possibles, on a opté pour le premier ouvrage un pont (viaduc) en encorbellement type voussoirs en béton précontraint et cela pour les avantages qu'ils possèdent notamment la facilité de leur construction et le choix des matériaux.

IX.5 : Présentation du pont de l'échangeur

Le lieu de croisement de la pénétrante avec la route nationale 68 au niveau du PK 2+720, un échangeur doit être aménagé, et pour assurer le passage supérieur de RN68 sur la pénétrante une construction d'un pont est obligatoire.

IX.5.1 : Données naturelles

Les données naturelles relatives à l'environnement du pont, influent considérablement sur sa conception. Elles se constituent par :

- la reconnaissance du site nous aide à déterminer le type d'obstacle à rencontrer dans la réalisation, et pour notre cas, il s'agit d'un passage supérieur afin de franchir une pénétrante autoroutière ce qui nous donne une ouverture de 36 m et un gabarit de 5.25 m. et qu'il se situe dans une zone rurale.
- la reconnaissance géotechnique faite à partir d'une carte géologique et des sondages carottés ainsi pour connaître le sol de fondation, il faut faire des sondages aux emplacements des appuis.

IX.5.2 : Données fonctionnelles

D'après le rôle de ce pont qui assure la continuité et la fluidité de trafic sur la RN68 en passant sur la pénétrante certaines caractéristiques géométriques doivent être respectées tel que :

➤ Trace en plan

Le tracé en plan est la ligne définissant la géométrie de l'axe de la voie portée. En plan, nous pourrions distinguer que c'est un ouvrage droit exempt de toutes courbures.

➤ Profil en long

Longitudinalement, le tracé de la voie portée qui est une route bidirectionnelle.

➤ Profil en travers

Le profil en travers de la voie portée doit être soigneusement étudié car il serait très difficile de le modifier (par exemple, de l'élargir).

Le profil en travers de l'ouvrage est défini comme suit :

- ✓ Largeur roulable : $L_r = 8$ m.
- ✓ Deux accotements : (2×1) m.
- ✓ Nombre de voies de circulations : $N = 2$ Voies.
- ✓ Profil en toit de 2,5%, et -2,5%.

Donc on obtient un tablier de largeur = 10 m.

IX.6 : Choix et type d'ouvrage

Le type d'ouvrage choisis de tel sort qu'il soit le plus économique possible et de satisfaire toutes les conditions imposées, et le choix se fait en respectant les paramètres suivant :

- ✓ Les paramètres géométriques de la chaussée (profil en long, en travers, en plan) tel que :
 - La largeur totale $l_t = 10$ m.
 - La longueur totale $L_t = 36$ m.
- ✓ L'ouvrage doit être à une seule travée avec deux culées sans l'implantation des piles à cause de la petite portée de terre plant centrale (TPC=3m).
- ✓ Opter pour un type d'ouvrage réalisable en Algérie avec des techniques maîtrisées sur le terrain national.
- ✓ L'intégration de l'ouvrage dans son environnement avec la nécessaire de dégager la meilleure visibilité pour les usagers de l'autoroute.

Avec les paramètres ci-dessus deux (02) types de pont peuvent être envisagés :

- Variante N°1 : Pont à poutres en béton précontraint par post-tension.
- Variante N°2 : Pont mixte (acier/ béton).

IX.7 : Inconvénients et les avantages pour chaque type de variante

IX.7.1 : Première variante : Pont à poutres en béton précontraint

➤ Avantages

- ✓ Le mode de réalisation des poutres tel que le béton coulé en atelier ou sur chantier à poste fixé est en général de meilleure qualité.
- ✓ La facilité du contrôle de réalisation ainsi que la rapidité d'exécution des travaux.
- ✓ La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage, puisqu'il est possible de rendre indépendant la fabrication des poutres du reste de chantier.
- ✓ Les coffrages des poutres peuvent être utilisés un grand nombre de fois.

- ✓ La préfabrication des poutres permet d'éviter l'encombrement des échafaudages gênant souvent le fonctionnement du chantier.
- ✓ Les ponts à poutres préfabriquées en béton précontraint sont souvent très économiques (les portées allant jusqu'à 30 m en précontrainte par pré tension, et pour les portées qui sont comprise entre 30 et 50 m en précontrainte en post tension.

➤ **Inconvénients**

- ✓ La nécessité de fabriquer du béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- ✓ La nécessité de qualification de la main d'œuvre pour l'exécution de la précontrainte au même temps de la vérification de la pose des gaines et câbles et pour la mise en tension des câbles.
- ✓ L'obligation d'attendre que la mise en tension soit faite pour pouvoir décoffrer.

X.7.2 : Deuxième variante : Pont mixte (acier/ béton)

➤ **Avantages**

- ✓ La possibilité de franchir de grandes portées.
- ✓ La légèreté, donc la diminution du nombre des poutres.
- ✓ La rapidité d'exécution globale.
- ✓ La précision dimensionnelle des structures.

➤ **Inconvénients**

- ✓ Le problème majeur des ponts mixtes est l'entretien contre la corrosion et le phénomène de la fatigue dans les assemblages.
- ✓ La résistance et la stabilité de la structure en place doivent être vérifiées à tous les stades importants du montage, ainsi qu'un contrôle strict sur le chantier.
- ✓ Demande des mains d'œuvre qualifiées (surtout les soudeurs).
- ✓ Les poutres en I sont sensibles au déversement pour les ensembles des pièces de pont.
- ✓ Stabilité des membrures de poutres qui ont tendance à flamber latéralement lorsqu'elles sont comprimées.
- ✓ L'exigence de la surveillance avec des visites périodiques.

X.8 : Comparaison des deux variantes

Pour cette analyse nous résumerons notre étude des deux(02) variantes en quatre points importants comme le montre le tableau ci-dessous :

	Pont à poutres en béton précontraint	Pont mixte (acier/ béton)
Economie	+	-
Entretien	+	-
Esthétique	+	-
Exécution	+	+

Tableau IX. : Comparaison des deux variantes.

Conclusion

Après analyse des différents points des deux variantes et en tenant compte des données naturelles et économiques de ce projet, le choix s'est porté sur le pont à poutre en béton précontraint.

Introduction

L'eau est le premier ennemi de la route, car il influe sur la viabilité de la chaussée d'une part, et d'autre c'est le problème de longévité de l'ouvrage, d'où la nécessité d'une protection contre la nocivité des eaux. La présente étude hydraulique, nécessite la connaissance des données hydrauliques pour la détermination des débits de différente fréquence (décennal, cinquante ; centennales) aux diverses travées de la route par écoulement naturel. Pour cela on réalise des caniveaux ou des conduites de drainage et de collecter les eaux avec des réseaux d'assainissements locaux.

X.1 : Drainage de la route

Si l'on veut qu'un corps de chaussée répond à sa fonction, il faut veiller avec soin à l'évacuation de l'eau qui ruisselle en surface ainsi que celle qui peut s'infiltrer dans les couches inférieures de la chaussée. Pour que l'eau ne stagne pas sur ou voisinage de la route il faut :

- ✓ Eviter les pentes nulles.
- ✓ Essayer de réduire au maximum les distances ou le dévers avoisinant zéro.
- ✓ Réaliser les fossés où il faudrait.
- ✓ Réaliser les ouvrages d'évacuation.

Donc l'eau est une des facteurs influente sur la conception d'un projet d'assainissement, pour savoir le degré de son influence, on doit avoir au préalable les données naturelles suivantes :

- ✓ La pluviométrie de la région.
- ✓ La topographie de la région.
- ✓ L'hydrogéologie de la région.

X.2 : But de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- ✓ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosions.

- ✓ La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

X.3 : Hydrologie

X.3.1 : Caractéristiques des averses

Une averse est définie par trois facteurs :

- Durée.
- Intensité.
- Fréquence.

On appelle intensité moyenne d'une averse, le rapport entre la quantité d'eau tombée par unité de surface et la durée de la chute, cette intensité est exprimée en « mm/h ».

Pour la fréquence, on dira par exemple que l'averse est de fréquence 10 ans.

X.3.2 : Précipitation

En supposant la répartition de GALTON des précipitations maximales journalières « P_j », la pluie journalière de fréquence voulue « $P_j(\%)$ » est déterminée par la formule suivante:

$$P_j (\%) = \frac{\bar{P}_j}{\sqrt{Cv^2 + 1}} \exp \left[u \sqrt{\ln(Cv^2 + 1)} \right]$$

Avec :

- ✓ $\bar{P}_j$: Pluie journalière maximale moyenne.
- ✓ Cv : Coefficient de variation de la région considérée.
- ✓ b : Exposant climatique de la région.
- ✓ $P_j (\%)$: Pluie journalière maximale pour une fréquence donnée.
- ✓ $\ln$: Logarithme népérien.

N.B :

Les fossés et les buses seront dimensionnés pour une période de retour **10 ans**, donc la variable de Gauss **U=1.28**.

Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour **50 ans**, donc la variable de Gauss **U=2.057**.

Soit le tableau suivant qui donne les valeurs du gaussien en fonction de la fréquence.

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0.00	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau X.1 : Valeurs du gaussien en fonction de la fréquence.

a) Fréquence de l'averse « P_t (%)»

Pour une durée de temps spécifique, la fréquence d'averse est donnée par la formule suivante:

$$P_t (\%) = P_J (\%) \times (t_c/24)^b$$

Avec :

- ✓ **PJ (%)** : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).
- ✓ **b** : Exposant climatique.
- ✓ **Pt(%)** : pluie journalière maximale annuelle.
- ✓ **tc** : Temps de concentration (heure).

b) Temps de concentration « t_c »

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, Giandotti, comme suit:

- La formule de VENTURA ($A < 5 \text{ km}^2$): $t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$

- La formule de PASSINI ($5 \text{ km}^2 \leq A \leq 25 \text{ km}^2$): $t_c = 0,108 \cdot \sqrt[3]{\frac{A \cdot L}{P}}$

- La formule de GIADOTHI ($25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$): $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$

Avec:

- ✓ **tc** : Temps de concentration (heure).
- ✓ **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 côte moyenne et la côte minimale (m).

X.4 : Evacuation des quantités d'eau recueillies

Pour le dimensionnement du réseau de drainage, nous appliquerons la méthode dite « rationnelle ».

X.5 : Principe de la méthode

Cette méthode est appropriée en ce qui concerne les bassins versants urbains et permet de calculer rapidement les débits de ruissellement maximaux pour des pluies uniformes tombant sur des bassins versants de faible superficie.

On démontre ainsi que pour une averse homogène dans le temps et dans l'espace, d'intensité « i », le dédit maximum « Q » est atteint si la durée de l'averse est au moins égale au temps de concentration « T_c » du bassin. Prenant compte aussi une période de retour qui est intervalle de temps moyen séparant deux occurrences d'un événement caractérisé. Noté « T » à déterminer par exemple la probabilité pour qu'une intensité « I » ne soit pas atteinte ou dépassée, généralement on le prend dix (10) ans.

X.6 : Débit d'apport

Le débit d'un bassin étant la quantité d'eau qui s'écoule dans l'intervalle d'un temps donné, sa gestion dans le milieu urbain a aussi pour but d'éviter des dommages aux propriétés.

La formule qui traduit la relation entre le débit maximal arrivant au point considéré, la surface drainée et l'intensité est :

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec :

- ✓ Q_a : Débit d'apport en « m³/s ».
- ✓ K : Coefficient de conversion des unités.
- ✓ C : Coefficient de ruissellement (dépend des caractéristiques de la surface à drainer).
- ✓ I_t : Intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration exprimée en « mm/h ».
- ✓ A : superficie de la surface drainée en « km² ».

a) Coefficient de ruissellement «C»

Le coefficient de ruissellement d'une surface donnée est le rapport du volume d'eau tombé sur le volume d'eau écoulé sur la surface.

Ce coefficient dépend essentiellement :

- De la nature des revêtements sur les ruisselles d'eau.
- Des pentes des surfaces drainées.
- De la température de l'air, du sol, de l'eau, degré hygrométrique de l'air, saison.
- Ce coefficient varie au cours d'une averse avant de se stabiliser.

La valeur du coefficient « C » est fixée à partir du tableau ci-dessus :

Type de surface	Coefficient Ruissellement 'C'	Valeur prise
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.4	0.40
Talus, sol perméable	0.1 à 0.3	0.3
Terrain naturel	0.05 à 0.2	0.2

Tableau X.2 : Coefficient de ruissellement.

Si la surface à drainer est constituée de plusieurs surfaces $S_1, S_2, \dots, S_n$ de natures différentes, le coefficient de ruissellement à prendre en compte sera la moyenne pondérée des coefficients $C_1, C_2, \dots, C_n$.

$$C = \left(\sum C_i \times A_i \right) / \sum A_i$$

b) Intensité de l'averse « I_t »

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

$$I_t = I \times (t_c/24)^{b-1}$$

Avec : $I(\%) = P_j(\%)/24$

X.7 :Débit de saturation

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par la formule de MAMING STICKLER.

$$Q_s = K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$$

Avec :

Q_s : Débit de saturation.

J : Pente de l'ouvrage d'évacuation.

S_m : Section mouillée.

R_H : Rayon hydraulique, avec : R_h = section de profil mouillé / périmètre du profil mouillé.

K_{st} : Coefficient de rugosité (MAMING STICKLER).

- Parois en terre : $K_{ST} = 30$
- En buses métalliques : $K_{ST} = 40$
- Maçonneries : $K_{ST} = 50$
- Béton : $K_{ST} = 70$
- Buses préfabriquées : $K_{ST} = 80$

X.8 :Définitions des ouvrages d'évacuations

- ✓ **Fossés** :sont des ouvrages longitudinaux destinés à collecter les eaux superficielles qui ruissellent sur la chaussée, sur les accotements, les talus et sur les terrains avoisinants.
- ✓ **Buses** : sont des ouvrages hydrauliques en béton utilisés pour le rétablissement des écoulements naturels.
- ✓ **Dalot** :sont des ouvrages transversaux comme les buses mais de section rectangulaire ou carrée et exécutés exclusivement en béton armé.

X.9 : Dimensionnement des ouvrages d'évacuation

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, puis à vérifier sa compacité à évacuer le débit d'apport.

Ce dimensionnement doit être compatible avec les conditions d'une bonne exécution et un entretien facile.

Les dimensions retenues pour l'ouvrage sont celles qui répondent aux conditions :

Q_a : Débit d'apport (m^3/s).

$Q_a < Q_s$

Q_s : Débit capable (saturation) de l'ouvrage (m^3/s).

X.10 : Application a notre projet

X.10.1 : Données pluviométriques

La région de **Tizi-Ouzou** est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

Les données nécessaires aux calculs concernent:

- ✓ Les précipitations moyennes de 24h : **$P_{24} = P_{j_{moy}} = 60.35mm$** .
- ✓ Le coefficient de variation de la région considérée : **$C_v = 0.38$** .
- ✓ L'exposant climatique de la région : **$b = 0.37$** .
- ✓ Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%).

X.10.2 : Bassins versants et leurs caractéristique

Surface	périmètre	p	PK	L_{tlw}	Surface	Surface
---------	-----------	---	----	-----------	---------	---------

	BVn (Km ²)	(Km)	(m/m)	(km)	(Km)	chaussée (km ²)	talus (km ²)
BV 1	0.274	2.26	0.18	0+240	0.811	0.007	0.005
BV 2	0.185	1.98	0.20	0+840	0.806	0.004	0.003
BV 3	0.300	2.39	0.21	1+010	0.908	0.003	0.002
BV 4	0.112	1.68	0.28	1+430	0.754	0.004	0.003
BV 5	0.256	2.38	0.25	1+860	1.021	0.006	0.005
BV 6	0.375	2.64	10.24	2+190	1.225	0.005	0.004

Tableau X.3 : Caractéristiques des bassins versants.

N.B : Exemple de calcul sur le bassin versant N°1 et pour une période de retour de 10 ans.

X.10.3 : Calcul de précipitation

$$Pj(10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \times e^{(1.282\sqrt{\ln(0.38^2 + 1)})}$$

Pj(10%)=90.34 mm.

X.10.4 : Temps de concentration

- Bassin V : $t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.274}{0.18}} = \mathbf{0.16.}$ (surface < 5km²)
- Chaussée : **0.067.**
- Talus : **0.011.**

X.10.5 : Fréquence de l'averse

$P_t(10\%) = 90.34 \times (0.16/24)^{0.37} = \mathbf{14.15 \text{ mm.}}$

X.10.6 : Intensité de l'averse

- Pour BV : $\begin{cases} I = \frac{90.34(10\%)}{24} = 3.76 \\ B = 0.37 - 1 = -0.63 \Rightarrow I_t = 3.76 \left(\frac{0.16}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{88.33mm} \\ t_c = 0.16h \end{cases}$
- Pour chaussée : **I_t = 152.86mm**
- Pour talus : **I_t = 477.14mm**

X.10.7 : Débit d'apport provenant du bassin versant en (m³/s)

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

	A(km ²)	C	P(m/m)	t _c (h)	It(mm/h)	K	Q(m ³ /s)
Bassin V	0.274	0.2	0.18	0.16	88.33	0.2778	1.34
Chaussée	0.007	0.95	0.025	0.067	152.86	0.2778	0.282
Talus	0.005	0.3	0.66	0.011	477.14	0.2778	0.199
Total	-	-	-	-	-	-	1.821

Tableau X.4 : Débit d'apport provenant du bassin versant N°1 en (m³/s).

Le tableau suivant représente les résultats de calcul sur tout les bassins :

	T (ans)	Q _{BV}	Q _C	Q _T	Q _a
BV1	10	1.34	0.282	0.199	1.82
	20	1.54	0.32	0.23	2.09
	50	1.79	0.38	0.26	2.43
BV2	10	1.10	0.19	0.14	1.43
	20	1.23	0.22	0.15	1.60
	50	1.43	0.25	0.18	1.86
BV3	10	1.52	0.08	0.09	1.69
	20	1.74	0.09	0.10	1.93
	50	2.02	0.11	0.12	2.25
BV4	10	0.85	0.19	0.14	1.18
	20	0.97	0.22	0.16	1.35
	50	1.13	0.25	0.18	1.56
BV5	10	1.44	0.25	0.20	1.89
	20	1.65	0.29	0.23	2.17
	50	1.91	0.34	0.26	2.51
BV6	10	02.76	0.22	0.17	3.16
	20	3.15	0.26	0.19	3.60
	50	3.67	030	0.22	4.19

Tableau X.5 : Débits d'apports provenant des bassins versants en (m³/s).

X.10.8 : Dimensionnement des ouvrages d'évacuations

X.10.8.1 : Calcul des dimensions des fossés

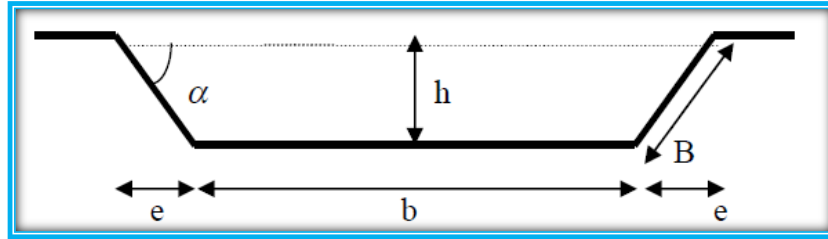


Figure X.1 : Représentation d'un fossé.

Pour le dimensionnement on a pris le bassin versant N°1 avec un Q_a

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

$$\text{On a: } Q_s = K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$$

$$\Rightarrow Q_a = Q_s = K_{ST} \times \left[\frac{h(nh+b)}{b+2h\sqrt{1+n^2}} \right]^2 \times j^{1/2} \times h(nh+b)$$

Avec :

- ✓ S_m : surface mouillée : $S_m = h \times (b + n.h)$
- ✓ P_m : périmètre mouillé : $P_m = b + 2h\sqrt{1+n^2}$
- ✓ R_h : rayon hydraulique : $R_h = S_m / P_m$
- ✓ P : pente du talus : $P = \tan \alpha = h/e = 1/n$

$$\text{Données : } \begin{cases} Q_a = 1.82 \text{ m}^3/\text{s} \\ K_{ST} = 70 \\ j = 0.01 \end{cases} \quad (\text{béton}) \text{ on fixe : } \begin{cases} \alpha = 30^\circ \\ n = 1.73 \text{ et on calcule : } h = ? \\ b = 0.4 \text{ m} \end{cases}$$

$$1.82 = 70 \times \left[\frac{h(nh + 0.35)}{0.35 + 2h\sqrt{1 + 1.73^2}} \right]^2 \times 0.01^{1/2} \times h(1.73h + 0.35)$$

Par un calcul itératif, on trouve $\begin{cases} b = 0.35 \text{ m} \\ h = 0.55 \text{ m} \end{cases}$

Vérification :

$$Q_s = 70 \times \left[\frac{0.55(1.73 \times 0.55 + 0.35)}{0.35 + 2 \times 0.55\sqrt{1 + 1.73^2}} \right]^2 \times 0.01^{1/2} \times 0.55(1.73 \times 0.55 + 0.35) = 2.15 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$Q_s = 2.15 \text{ m}^3/\text{s} > Q_a = 1.82 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow \text{c'est vérifié.}$

X.10.8.2 : Calcul les dimensions des ouvrages transversaux

a) Buse

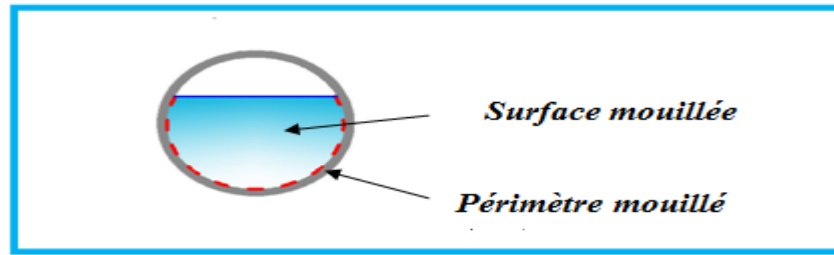


Figure X.2 : Représentation d'une buse.

Pour le dimensionnement on a pris le bassin versant N°1.

$$\text{On a: } Q_s = K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$$

$$\Rightarrow Q_a = Q_s = K_{ST} \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times J^{1/2} \times \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2$$

D'où :

$$R^{8/3} = \frac{2^{2/3} \times Q_a}{K_{ST} \times J^{1/2} \times \frac{1}{2} \times \pi}$$

Avec :

- ✓ **Sm** : surface mouillée = $1/2 \cdot \pi \cdot R^2$
- ✓ **Pm** : périmètre mouillé = $\pi \cdot R$
- ✓ **R_h**: rayon hydraulique = $S_m / P_m = R/2$
- ✓ **K_{st}** = 80 (buses préfabriquées).
- ✓ **J** : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4 m/s. Pour notre cas, on a **J = 2.5%**.

On calcule R :

$$R^{8/3} = \frac{2^{2/3} \times 1.82}{80 \times 0.025^{1/2} \times \frac{1}{2} \times 3.14}$$

$$R^{8/3} = 0.15 \Rightarrow R = 0.49 \text{ m} \rightarrow \text{alors on aura : } D = 2R = 0.98 \approx 1 \text{ m}$$

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normaliser, commercialiser tel que :

Φ 400, Φ500, Φ 800, Φ1000, Φ1200, Φ 1500...etc.

Donc le diamètre de la buse est :

Φ 1000 mm

b) Dalot

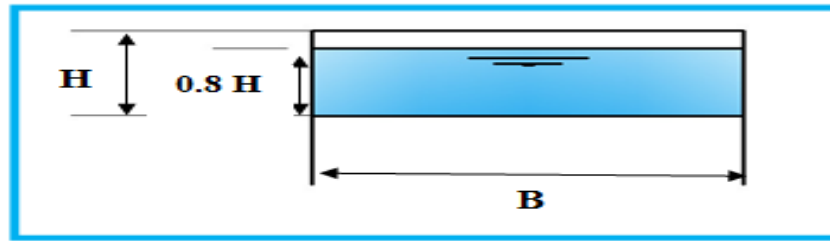


Figure X.3 :Représentation d'un dalot.

Pour le dimensionnement on a pris le bassin versant N°6 (cas du plus grand débit d'apport).

On a: $Q_s = K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$

$$\Rightarrow Q_a = Q_s = K_{st} \times \left(\frac{0.8 H \times B}{1.6H + B} \right)^{2/3} \times j^{1/2} \times 0.8H \times B$$

Avec :

- ✓ **Sm**: surface mouillée : **Sm = 0.8 H x B**
- ✓ **Pm** : périmètre mouillé : **Pm = 1.6H + B**
- ✓ **R_h** : rayon hydraulique : **R_h = Sm /Pm**
- ✓ **K_{st} = 70** (béton).
- ✓ **J = 2.5%**
- ✓ **Q_a = 4.19 m³/s**

On fixe : **B=1.10m** et on calcul : **H = ?**

$$4.19 = 70 \times \left(\frac{0.8 H \times 1.1}{1.6H + 1.1} \right)^{2/3} \times 0.025^{1/2} \times 0.8H \times 1.1$$

Par un calcul itératif, on trouve $\begin{cases} B = 1.10 \text{ m} \\ H = 1.00 \text{ m} \end{cases}$

Vérification :

$$Q_s = 70 \times \left(\frac{0.8 \times 1 \times 1.1}{1.6 \times 1 + 1.1} \right)^{2/3} \times 0.025^{1/2} \times 0.8 \times 1 \times 1.1 = 4.61 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_s = 4.61 \text{ m}^3/\text{s} > Q_a = 4.19 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

Remarque :

Comme les dimensions du dalot calculées sont très petites, un ouvrage constitué de buses ça sera plus pratique.

Le débit d'apport qu'on va prendre est celui de la période de retour de 10 ans, et égale à $3.16 \text{ m}^3/\text{s}$.

On calcule R :

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{2^{\frac{2}{3}} \times 3.16}{80 \times 0.025^{\frac{1}{2}} \times \frac{1}{2} \times 3.14}$$

$$R^{\frac{8}{3}} = 0.252 \Rightarrow R = 0.596 \text{ m} \rightarrow \text{alors on aura : } D=2R = 1.192 \approx \mathbf{1.20 \text{ m}}$$

Donc le diamètre de la buse est :

Φ 1200 mm

Conclusion

On conclue avec un tableau récapitulatif des ouvrages d'évacuation des eaux et leur dimensionnement sur tout le tronçon de notre projet.

Bassin versant	Localisation	Type d'ouvrage	Dimensions
BV1	0+240	Buse	1 × Ø=1.00m
BV2	0+840	Ouvrage d'art	-
BV3	1+010	Buse	1 × Ø=1.00m
BV4	1+430	Buse	1 × Ø=1.00m
BV5	1+860	Buse	1 × Ø=1.10m
BV6	2+190	Buse	1 × Ø=1.20m

Tableau X.6 : Tableau récapitulatif de tous les ouvrages utilisés.

Introduction

Après avoir fini la partie conception d'un projet routier (étude géotechnique, géométrique et le dimensionnement du corps de chaussée), maintenant c'est le tour de rendre le parcours de tout en long de la route plus sécurisé et cela avec l'aide des équipements, la signalisation et l'éclairage de la route.

XI.1 : Sécurité

La route une fois réalisée certains équipements doit être présenter pour améliorer la sécurité, et de guider l'automobiliste, tel que :

XI.1.1: Barrières de sécurité

On prévoit des séparateurs en béton de type GBA (glissière en béton adhérent) sur les TPC (voir figure X.1) et des glissières de sécurité métalliques à droite de la chaussée pour chaque bretelle (voir figure X.2).

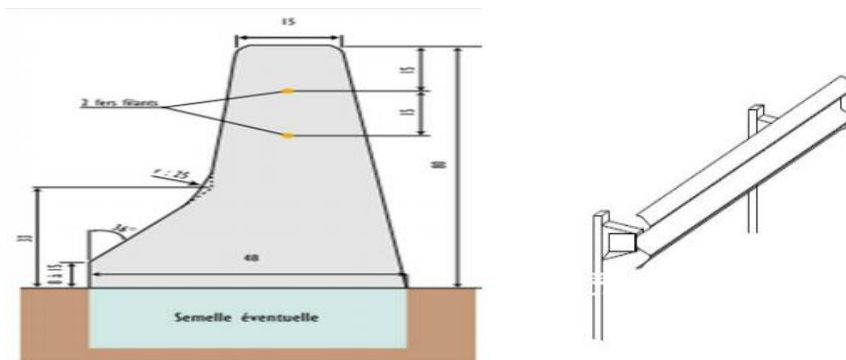


Figure XI.1 : Séparateur en béton de type GBA. **Figure XI.2 :** Glissières métalliques.

XI.1.2 : Passerelle pour le passage des piétons

Compte tenu du fait que le tracé de notre projet coupe une zone d'habitation, il est nécessaire de permettre aux piétons de traverser l'autoroute. C'est pourquoi une passerelle doit être envisagée.

XI.2 :Signalisation

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. Elle assure toujours une bonne visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constituent les grands principes de la signalisation. Ils sont intangibles pour que l'utilisateur puisse toujours la comprendre, s'y fier et la respecter.

XI.2.1: Différents types de signalisations

On peut distinguer deux (02) types de signalisations qui sont verticales et horizontales.

XI.2.1.1: Signalisation verticale

Elle se fait par des panneaux de signalisation, avec les quelles le conducteur peut évaluer d'avance leur message. La normalisation des couleurs et des symboles des panneaux aide aussi le conducteur à reconnaître leur signification. Et ce qui suit ne donne qu'un échantillon représentatif sur ce type :

- ✓ Signalisation de danger.
- ✓ Signalisation d'intersection et de priorité.
- ✓ Signalisation d'interdiction.
- ✓ Signalisation de fin d'interdiction.
- ✓ Signalisation d'obligation.
- ✓ signalisation de fin d'obligation.
- ✓ signalisation de stationnement.
- ✓ signalisation direction.
- ✓ signalisation indication.
- ✓ signalisation lumineuse.

XI.1.1.2: Signalisation horizontale

Elle est constituée de marques sur la chaussée qui peut être utilisée à différentes fins, dont :

- ✓ La définition des voies.

- ✓ La séparation des flux de circulation inverse.
- ✓ La séparation de la circulation dans le même sens.
- ✓ Les zones de dépassement.
- ✓ L'utilisation et la désignation des voies.
- ✓ Les passages pour piétons.
- ✓ Les lignes d'arrêt.
- ✓ Les espaces de stationnement.
- ✓ Les messages textuels ou symboliques.

Dans certains cas, elle est utilisée pour appuyer des feux ou autres signaux de circulation qui se fait avec des lignes colorées ou des symboles.

Les lignes blanches discontinues indiquent que le changement de voie est permis. Par contre les lignes continues indiquent que le changement de voie n'est pas permis.

Les lignes jaunes sont faites généralement pour délimiter la bande d'arrêt d'urgence.

Des flèches qui indiquent les manœuvres de véhicules qui sont permises dans une voie donnée.

- **Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :**

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)
T ₁ T' ₁	3.00 1.50	10.00 5.00
T ₂ T' ₂	3.00 0.50	3.50 0.50
T ₃ T' ₃	3.00 20.00	1.33 6.00

Tableau XI.1 :Modulations des lignes discontinues.

Avec :

- ✓ T1 ou T'1 : Ligne axiale ou délimitation de voie.
- ✓ T2 ou T'1 : Ligne de rive.
- ✓ T3 ou T'1 : Ligne de délimitation des voies de décélération ou d'accélération.
- **Largeur des lignes**

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

- ✓ **U= 7.5cm** sur les autoroutes et voies rapides urbaines. (Cas dans notre projet)
- ✓ **U= 6 cm** sur les routes et voies urbaines.
- ✓ **U= 5 cm** pour les autres routes.

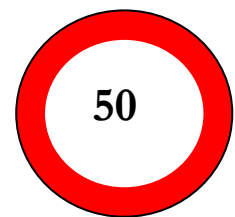
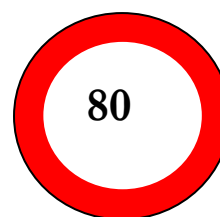
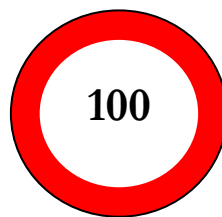
XI.2.2 : Application au projet

X.2.2.1 : Signalisation verticale

a- Signalisation d'interdiction ou de restriction

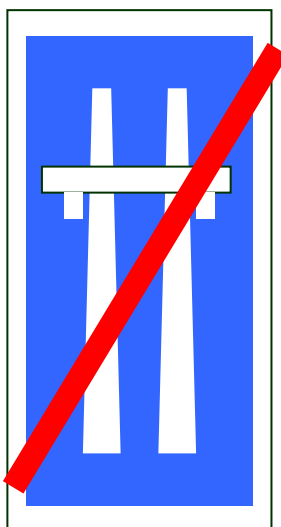


HAUTEUR LIMITE GABARIE

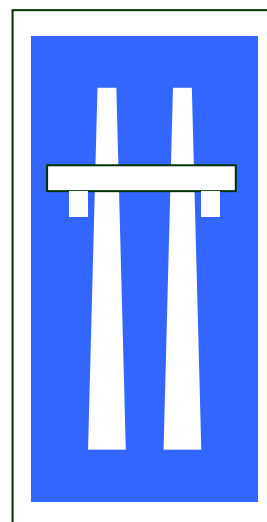


VITESSES LIMITEES

b- Signalisation d'indication

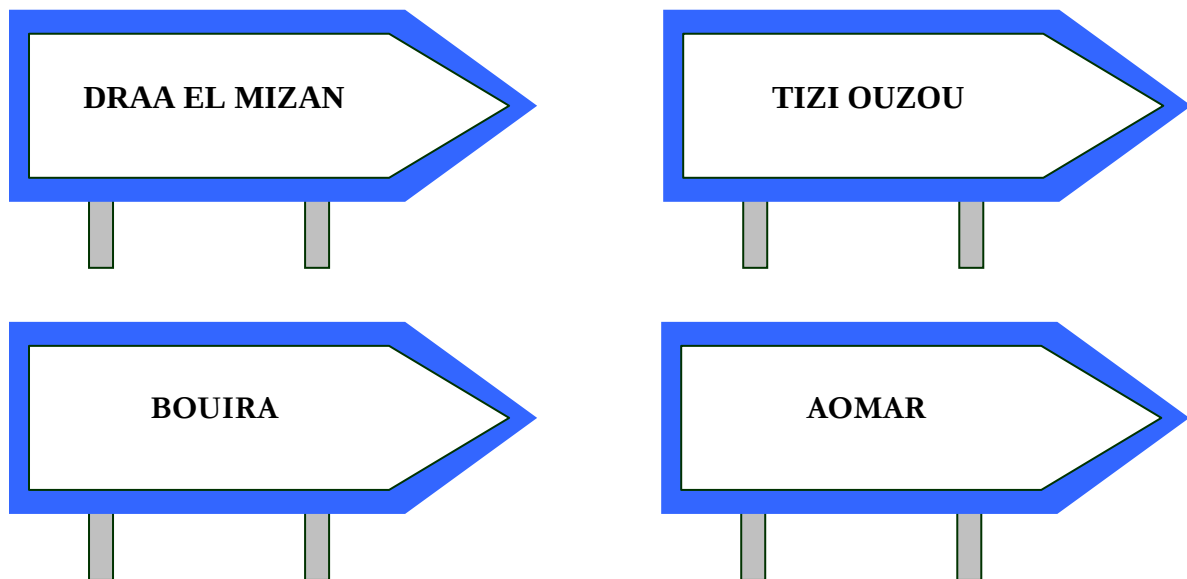


SORTIE DE
L'AUTOROUTE



ENTREE DE
L'AUTOROUTE

c- Signalisation de direction



XI.2.2.2 : Signalisation horizontale

La largeur des lignes de signalisation horizontale elle est pour :

- ✓ La pénétrante : $U = 7.5$ cm.
- ✓ Les bretelles et les voies d'accès : $U = 5$ cm.

- Les lignes blanche discontinue pour délimiter les voies de la chaque chaussée



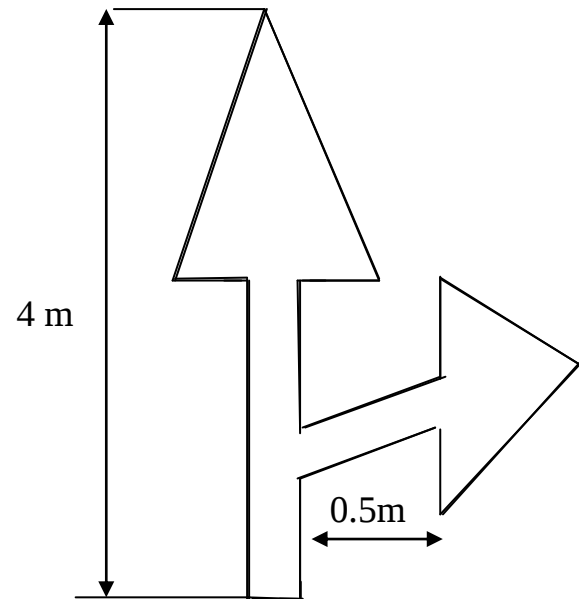
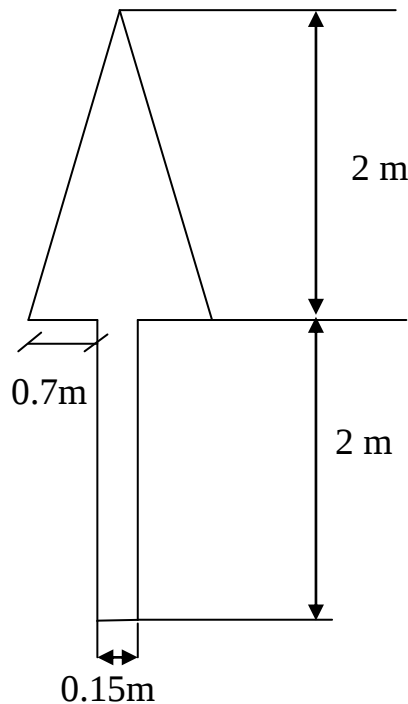
- Les lignes blanches continues pour délimiter la chaussée.



- Les lignes jaunes discontinues pour délimiter la bande d'arrêt d'urgence



- Des flèches qui indiquent les manœuvres de véhicules qui sont permises dans une voie donnée.



XI.3 : Eclairage

Les désagréments liés à la visibilité accroissent fortement les risques d'accidents routiers, de nuit par exemple, chaque point obscurci présente un danger potentiel pour l'utilisateur, afin d'assurer un axe autoroutier, on doit éclairer tout son parcours.

XI.3.1 : Catégories d'éclairage

On distingue quatre (04) catégories d'éclairages publics :

- ✓ Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A. (Cas dans notre projet)
- ✓ Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- ✓ Eclairage des voies de dessertes, catégorie C.
- ✓ Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

XI.3.2 : Paramètres d'implantation des luminaires

- ✓ L'espace (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- ✓ La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- ✓ La largeur (l) de la chaussée.
- ✓ Le 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.

XI.3.3 : Application au projet

XI.3.3.1 : Eclairage de la voie (le long de la RN 25)

La voie est assurée par un éclairage de catégorie A, avec des lampadaires qui sont implantés dans le terre-plein central avec deux (02) foyers portés par le même support éclairant chacun une demi-chaussée. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux (02) sens de notre pénétrante.

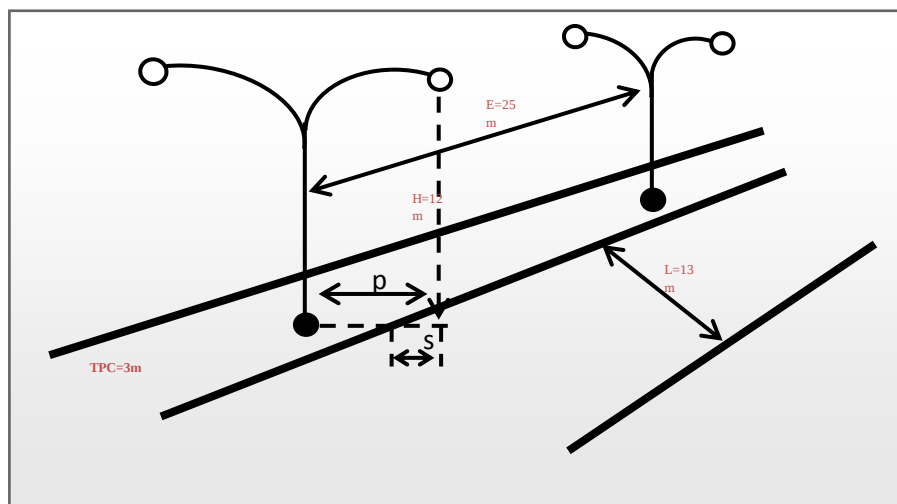


Figure XI.1 : Paramètres de l'implantation des luminaires.

XI.3.3.2 : Eclairage sur l'échangeur

En ce qui concerne l'échangeur on mettra des lampadaires à un seul foyer, avec une hauteur de 8 m et un espacement de 20 m à droite de chaque chaussée au niveau des bretelles.

Introduction

L'analyse des effets du projet sur l'environnement est la phase centrale de toute étude d'impact. Cette analyse est faite par superposition des actions du projet sur les milieux affectés et projection des effets possibles sur les caractéristiques de ces milieux. Etc. cela se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1978, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- ✓ Une analyse détaillée du projet.
- ✓ Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- ✓ Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.
- ✓ Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.
- ✓ Les mesures envisagées pour supprimer, réduire, et, si possible, compenser les conséquences dommageables.

XII.1 : Impacts de notre projet

La réalisation de la nouvelle autoroute entre la wilaya Bouira et de Tizi-Ouzou, engendrera des effets sur l'environnement aussi bien positifs que négatifs.

XII.1.1 : Impacts positifs du projet

La réalisation de la nouvelle autoroute emmènera à la wilaya de Tizi-Ouzou un développement sur le plan sécuritaire, économique, et touristique. Les retombées de cette voie :

- ✓ Elle permet de désengorger l'actuelle RN25 qui connaît une saturation constatée aux heures de pointes.
- ✓ Une continuité du réseau routier Bouira vers Tizi-Ouzou.
- ✓ Le développement du réseau autoroutier de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- ✓ Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement.
- ✓ Une contribution au développement touristique de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- ✓ Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.

XII.1.2 : Impacts négatifs du projet

XII.1.2.1 : Impacts sur le milieu physique

- ✓ Pollution atmosphérique.
- ✓ Déboisement qui peut déclencher des glissements de terrain.
- ✓ Diminution de la surface agricole et notamment le décroissement du potentiel agricole surtout au niveau de la commune de Draa El Mizan.
- ✓ Pollution créée par les véhicules diminuera le rendement agricole.
- ✓ Déversement du mazout conduira à la stérilisation des terrains agricoles.

XII.1.2.2 : Impacts sur l'hydrologie et l'hydrogéologie

La qualité de l'eau de surface et souterraine sera touchée pendant la phase de réalisation et d'exploitation de la route, puisque l'érosion génère des matières en suspensions dans l'eau de surface, et le déversement accidentel d'hydrocarbures ou des matières dangereuses contamine l'eau souterraine. Les principaux impacts sont :

- ✓ Le déversement des eaux de chaussée dans les oueds est susceptible de les affecter.
- ✓ Construction des ponts et viaducs au niveau des oueds nécessite la construction des batardeaux qui modifiera le profil hydraulique des lits d'oueds.
- ✓ Travaux de terrassements nécessitent le rabattement du niveau de la nappe.
- ✓ Diminution du coefficient d'infiltration dû au passage de la machinerie et les véhicules lourds pendant la phase de chantier.

XII.1.2.3 : Impacts sur le cadre humain

- ✓ Perturbation temporaire des habitudes de vie des résidents à proximité du tracé.
- ✓ Pour la santé publique et la sécurité, on a un risque d'accidents routiers engendrés par la circulation de la machinerie pendant la phase de construction, et par les véhicules pendant la phase d'exploitation.
- ✓ Pour le niveau sonore, les propriétés qui se trouvent aux bords de 100 m de la route sont touchées par le bruit qui dépend du trafic.
- ✓ Modification des réseaux de drainage, de distribution d'eau potable, des eaux usées, de distribution d'électricité et de gaz, de service téléphonique.

- ✓ Perturbation momentanée de l'environnement par les poussières, bruit, ainsi qu'une dégradation de la chaussée du réseau existant dû à la circulation de la machinerie.

XII.1.2.4 : Impact sur le paysage

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 où 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.
- ✓ Les rapports importants entre la hauteur et la longueur des ouvrages font que les viaducs seront fortement perceptibles dans certaines zones.

XII.2 : Mesures prises pour minimiser les impacts négatifs

Il est important de définir de manière détaillée et opérationnelle les mesures qui seront prises pour prévenir, atténuer ou réparer les conséquences dommageables du projet sur l'environnement. Les mesures que ces impacts sont susceptibles d'entraîner sont résumées dans le tableau suivant :

Impacts	Mesures
Eaux superficielles	1. Etanchéité des fossés. 2. Etanchéité de la plate forme. 3. Construction de bassins de traitement des eaux de chaussée.
Eaux souterraines	1. Etanchéité de la plate forme. 2. Construction de bassin de traitement des eaux de chaussée.
Sécurité	1. Rétablissement des cheminements. 2. Installation des clôtures. 3. Construction des chemins.
Bruit	Butte antibruit.
Patrimoine naturel	1. Installation de clôture de limitation de chantier. 2. Rétablissement des cheminements de la faune.
Patrimoine archéologique	Périmètre de protection.
Forêt	Reboisements.
Agriculture	Rétablissement des réseaux d'irrigation ou de drainage.
Paysage	1. Plantation des abords et aménagements esthétiques. 2. Traitement architectural des ouvrages d'art.

Tableau XII : Mesures prises pour minimiser les impacts négatifs.

Conclusion générale

Ce projet de la pénétrante représente un double objectif.

D'une part pour la wilaya de Tizi-Ouzou car il représente un accès à l'autoroute Est-Ouest dans une demi heure aux maximum et il permettra de dynamiser l'activité économique régionale en facilitant les échanges commerciaux entre Tizi-Ouzou et les autres wilayas et en fin soulager la RN12.

D'autre part, ce projet de fin d'étude nous a permis d'évaluer nos connaissances acquises durant tout notre cursus universitaire ; règlements algérien, normes routières et les étapes de conception d'une route. Ces dernières sont comme suit :

Une étude de trafic avec laquelle on a obtenu un TMJA de 31 3105 uv/j/2sens ce qui nous a donner le profil en travers suivant :

- Un accotement(BDU) : $2.25 \times 2m = 4.5m$
- Un terre-plein central 3m
- Deux chaussées de trois voies de 3,5m chacune $(3 \times 3,5) \times 2 = 21m$.

Ce qui fait que la largeur de la plate-forme est égale à 28.5m.

Une étude de dimensionnement du corps de chaussée qui a permis de calculer les épaisseurs des différentes couches avec une vérification sur le logiciel Alizé et les résultats sont comme suit :

- Couche de roulement 08 cm en BB.
- Couche de base 14cm en GB.
- Couche de fondation 15cm en GB.
- Couche de forme 60cm en Tuf.

Et une étude géométrique qui nous a permis d'acquérir beaucoup d'information en utilisant des logiciels comme : AutoCAD Civil 3D, piste, AutoCAD, Alizé et une bonne maitrise de Word et Excel.

Ce projet nous a donné une occasion d'avoir une petite expérience dans la vie professionnelle en assemblant les théories acquises à l'université avec les techniques de chantier et de se mettre face aux problèmes qu'on peut trouver dans le domaine des travaux publics.

Bibliographie

- Le rapport géotechnique donné par la DTP de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Le rapport de calcul de trafic sur les routes de la wilaya de Tizi-Ouzou (Volume 3 : Analyse du trafic et propositions d'aménagements).
- Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves(**CTTP**).
- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- **I.C.T.A.A.L** : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison (circulaire du 12 décembre 2000).
- Les guides techniques du SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes), publié en France.
- Site Internet « **www.Autodesk.com** ». (recherches sur le logiciel AutoCAD Civil 3D 2013).
- Le levé topographique donné par la S.A.E.T.I (Société Algérienne d'études d'infrastructure) de Tizi-Ouzou.
- La carte d'état-major.
- La carte géologique de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Cours de routes de 1^{ère} année Master VOA animé par M^r GABI Smail.
- Cours de ponts de 1^{ère} année Master VOA.
- Manuel de cours de routes : conception des tracés routiers –normes- de l'auteur Kalli Fatima Zohra édition : 2.03.5282, office des publications universitaires : 3-2012.
- Thèses de fin d'études de l'UMMTO 2013 et 2014 et l'ENTP 2008.

1. Environnement de la route

Trois classes d'environnement (E1, E2 et E3) ont été proposées dans le rapport B 20 sur les coûts d'aménagement et d'entretien. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- ✓ La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre : $\frac{h}{L}$
- ✓ La sinuosité

1.1 : Dénivelée cumulée moyenne

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

$\frac{h}{L} \leq 1.5 \%$	: Terrain plat
$1.5 < \frac{h}{L} \leq 4 \%$	: Terrain vallonné
$4 \% < \frac{h}{L}$	: Terrain montagneux

Les valeurs seuils ci-dessus, déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie et en Tunisie, permettent de caractériser trois types de topographie au sein desquels les coûts d'aménagements d'itinéraires aux caractéristiques comparables sont relativement stables.

Le cas des zones inondables en terrain plat sera assimilé au cas du terrain vallonné. En ce qui concerne les gorges, c'est-à-dire un terrain naturel à variation brutale en profil en travers, l'application de normes spécifiques devra être envisagée.

1.2 : Sinuosité

La sinuosité « δ » d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse « ls » sur la longueur totale de l'itinéraire.

La longueur sinueuse « ls » est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égal à 200 m (ce qui correspond au rayon minimum normal pour une vitesse d'environ 60 km/h).

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

$b \leq 0.1$	: Sinuosité faible
$0.1 < b \leq 0.3$	: Sinuosité moyenne
$0.3 < b$	: Sinuosité forte

Ces seuils correspondent à une variation angulaire le long des rayons inférieurs à 200 m, rapportée au kilomètre d'itinéraire égale respectivement à 30^0 - 35^0 /km et 100^0 - 110^0 /km

Les trois types d'environnement Ek distingués dans B 20 résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le ci-dessous :

Relief \ Sinuosité	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E3	E3

Figure 01 : Représentation les trois types d'environnement.

2. Etude de trafic

Hypothèses: Haute

Unité : véhicules/jour

Routes	Sections	TJMA 2007	Hypothèse haute		
			2010	2015	2020
RN 12	Tadmait - Tizi Ouzou	27 600	34 226	45 263	55 069
RN 12	Azazga - Tizi Ouzou	14 030	17 418	23 056	28 051
RN73	RN12 - Freha	10 890	13 510	17 880	21 754
RN73	Freha - Aghrib	9 600	11 990	15 951	19 407
RN68	D.E.Mizan - T.Gheniff	8 720	10 865	14 424	17 549
RN25	D.E.Mizan - Aomar	7 760	9 628	12 744	15 504
RN 15	RN12 - L.N.Iraten	7 260	9 036	11 982	14 578
RN30	D.E.Mizan - Boghni	4 880	6 057	8 021	9 758
RN30 A	RN 12 - Takhoukht	4 590	5 679	7 504	9 130
RN25	D.E.Mizan - D.B.Khedda	4 030	4 968	6 540	7 957
RN24	Tigzirt - RN 73	3 850	4 805	6 391	7 775
RN 72	Makouda - Tizi Ouzou	3 120	3 866	5 115	6 224
RN72	Tigzirt - Makouda	2 960	3 683	4 893	5 953
RN24	Azzefoun - RN 73	2 770	3 441	4 565	5 554
RN30 A	Takhoukht - Beni Yenni	2 740	3 392	4 490	5 463
RN71	RN 72 (Makouda) - Dellys	2 310	2 864	3 795	4 617
RN71	Aghrib - RN 72 (Makouda)	1 840	2 291	3 039	3 698
RN24	Tigzirt - Dellys	1 770	2 209	2 944	3 581
CW 128	D.E.Mizan - Tizi Ouzou	5 970	7 440	9 875	12 014
CW 100	Benidouala - Tizi Ouzou	5 800	7 197	9 524	11 587

Tableau 01 : Prévisions de trafic.

3.Caractéristique géométrique de l'axe

N°	type	A	Longueur	Absc.curv de dépa.	Absc.curv de fin	Rayon min	Long. De la corde	Long. De cloth min
1	Ligne		116.623m	0+000m	0+116m			
2	Courbe		785.419m	0+116m	0+902m	435.000m	693.117	
3	Ligne		128.161m	0+902m	1+030m			
4.1	Cloth- courbe- cloth	208.573m	100.000m	1+030m	1+130m			48.000m
4.2	Cloth- courbe- cloth		186.066m	1+130m	1+316m	435.000m	184.651m	
4.3	Cloth- courbe- cloth	208.573m	100.00m	1+316m	1+416m			48.000m
5	ligne		163.490m	1+416m	1+579m			
6.1	Cloth- courbe- cloth	212.132m	100.00m	1+579m	1+679m			48.000m
6.2	Cloth- courbe- cloth		74.915m	1+679m	1+754m	435.000m	74.829m	
6.3	Cloth- courbe- cloth	212.132m	100.000m	1+754m	1+854m			74.000m
7	ligne		186.828m	1+854m	2+041m			
8.1	Cloth- courbe- cloth	536.103m	200.00m	2+041m	2+241m			27.000m
8.2	Cloth- courbe- cloth		278.132m	2+241m	2+519m	435.000m	277.698m	
8.3	Cloth- courbe- cloth	536.103m	200.000m	2+519m	2+719m			27.000m
9	ligne		165.057m	2+719m	2+884m			

04.Ligne de profil en long

N°	Abscisse du piv	Altitude du piv	Pente d'entrée	Pente de sortie	Type de courbe la ligne de P.E.L	Longueur de la courbe de la ligne de P.E.L	Rayon de la courbe
1	0+000m	558.000m		-5.84%			
2	0+586m	523.732m	-5.84%	-1.92%	Point bas	150.000m	3826.700m
3	0+925m	517.237m	-1.92%	-7.00%	Point haut	149.982m	2949.846m
4	2+201m	427.821m	-7.00%	-9.91%	Point haut	150.000m	5158.525m
5	2+884m	352.020	-9.91%				

5. Rapport sur les volumes des terrassements

Abscisse curviligne de départ: 0+020.000

Abscisse curviligne de fin: 2+880.000

Abscisse	Surface de déblai (m ²)	Volume de déblai (m ³)	Surface de remblai (m ²)	Volume de remblai (m ³)	Vol. déblai Cum. (m ³)	Vol. remblai Cum. (m ³)
0+020.000	361.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+040.000	249.68	6108.02	0.00	0.00	6108.02	0.00
0+060.000	174.85	4245.36	0.00	0.00	10353.37	0.00
0+080.000	102.43	2772.81	0.00	0.00	13126.18	0.00
0+100.000	29.31	1317.35	0.00	0.00	14443.53	0.00
0+120.000	0.00	293.07	30.61	306.07	14736.59	306.07
0+140.000	0.00	0.00	93.34	1250.35	14736.60	1556.41
0+160.000	0.00	0.00	109.50	2052.60	14736.60	3609.02
0+180.000	0.00	0.00	129.60	2418.17	14736.60	6027.19
0+200.000	0.00	0.00	283.14	4150.28	14736.60	10177.47
0+220.000	0.00	0.00	437.05	7226.71	14736.60	17404.18
0+240.000	0.00	0.00	565.87	10051.94	14736.60	27456.12
0+260.000	0.00	0.00	589.91	11588.41	14736.60	39044.53
0+280.000	0.00	0.00	322.66	9157.79	14736.60	48202.32
0+300.000	0.00	0.00	80.77	4054.18	14736.60	52256.51
0+320.000	123.62	1228.80	0.00	816.81	15965.39	53073.32
0+340.000	396.21	5175.58	0.00	0.00	21140.97	53073.32
0+360.000	693.16	10860.63	0.00	0.00	32001.60	53073.32
0+380.000	872.49	15618.22	0.00	0.00	47619.82	53073.32
0+400.000	1010.19	18789.04	0.00	0.00	66408.86	53073.32
0+420.000	1078.96	20864.11	0.00	0.00	87272.97	53073.32
0+440.000	1106.64	21840.76	0.00	0.00	109113.73	53073.32
0+460.000	1056.32	21636.86	0.00	0.00	130750.59	53073.32
0+480.000	879.78	19394.23	0.00	0.00	150144.82	53073.32
0+500.000	750.60	16344.56	0.00	0.00	166489.38	53073.32
0+520.000	592.65	13477.13	0.00	0.00	179966.51	53073.32
0+540.000	385.53	9839.99	0.00	0.00	189806.50	53073.32
0+560.000	119.90	5106.41	0.00	0.00	194912.91	53073.32

Abscisse	Surface de déblai (m²)	Volume de déblai (m³)	Surface de remblai (m²)	Volume de remblai (m³)	Vol. déblai Cum. (m³)	Vol. remblai Cum. (m³)
0+900.000	72.65	710.16	32.23	332.89	710.16	332.89
0+920.000	79.98	1526.27	19.60	518.25	2236.43	851.14
0+940.000	105.83	1858.10	12.22	318.13	4094.53	1169.27
0+960.000	163.20	2690.30	0.00	122.17	6784.83	1291.44
0+980.000	250.60	4137.97	0.00	0.00	10922.80	1291.44
1+000.000	365.68	6162.79	0.00	0.00	17085.59	1291.44
1+020.000	451.80	8174.79	0.00	0.00	25260.38	1291.44
1+040.000	538.80	9906.01	0.00	0.00	35166.39	1291.44
1+060.000	415.80	9546.02	0.00	0.00	44712.41	1291.44
1+080.000	230.72	6467.16	0.00	0.00	51179.56	1291.44
1+100.000	100.50	3317.02	0.00	0.00	54496.58	1291.44
1+120.000	75.12	1772.39	1.15	11.19	56268.97	1302.62
1+140.000	87.33	1662.31	14.14	147.93	57931.28	1450.56
1+160.000	108.57	2008.82	22.31	351.55	59940.10	1802.10
1+180.000	139.56	2542.37	18.60	393.90	62482.47	2196.00
1+200.000	186.62	3341.15	13.56	309.54	65823.62	2505.55
1+220.000	155.21	3498.35	12.29	248.70	69321.96	2754.24
1+240.000	138.53	3004.28	7.73	192.55	72326.24	2946.80
1+260.000	113.35	2573.80	3.98	112.65	74900.04	3059.44
1+280.000	101.54	2193.84	1.95	57.03	77093.88	3116.48
1+300.000	86.18	1918.05	7.96	95.43	79011.93	3211.91
1+320.000	69.25	1591.47	33.16	397.41	80603.40	3609.32
1+340.000	43.10	1149.82	48.17	792.31	81753.22	4401.63
1+360.000	17.44	617.31	71.69	1176.94	82370.53	5578.57
1+380.000	72.78	912.15	21.86	922.97	83282.67	6501.54
1+400.000	212.46	2852.32	0.00	218.64	86135.00	6720.18
1+420.000	268.94	4813.98	0.00	0.00	90948.98	6720.18
1+440.000	245.37	5143.13	0.00	0.00	96092.11	6720.18
1+460.000	153.98	3993.51	0.00	0.05	100085.62	6720.23
1+480.000	109.27	2632.49	34.76	347.61	102718.12	7067.84
1+500.000	336.06	4453.30	0.00	347.57	107171.41	7415.41
1+520.000	524.38	8604.42	0.00	0.00	115775.84	7415.41
1+540.000	525.43	10498.15	0.00	0.00	126273.99	7415.41
1+560.000	344.00	8694.34	0.00	0.00	134968.33	7415.41
1+580.000	182.88	5268.83	0.00	0.00	140237.16	7415.41
1+600.000	116.09	2989.72	19.19	191.94	143226.87	7607.35
1+620.000	44.71	1608.02	77.04	962.32	144834.89	8569.67
1+640.000	12.58	564.47	150.70	2304.51	145399.36	10874.18
1+660.000	0.00	122.85	252.59	4085.18	145522.22	14959.36
1+680.000	0.00	0.00	369.29	6297.80	145522.22	21257.16
1+700.000	0.00	0.00	424.62	8030.77	145522.22	29287.93
1+720.000	0.00	0.00	449.58	8829.29	145522.22	38117.23
1+740.000	0.00	0.00	406.35	8627.78	145522.22	46745.01
1+760.000	0.00	0.00	351.99	7626.50	145522.22	54371.50

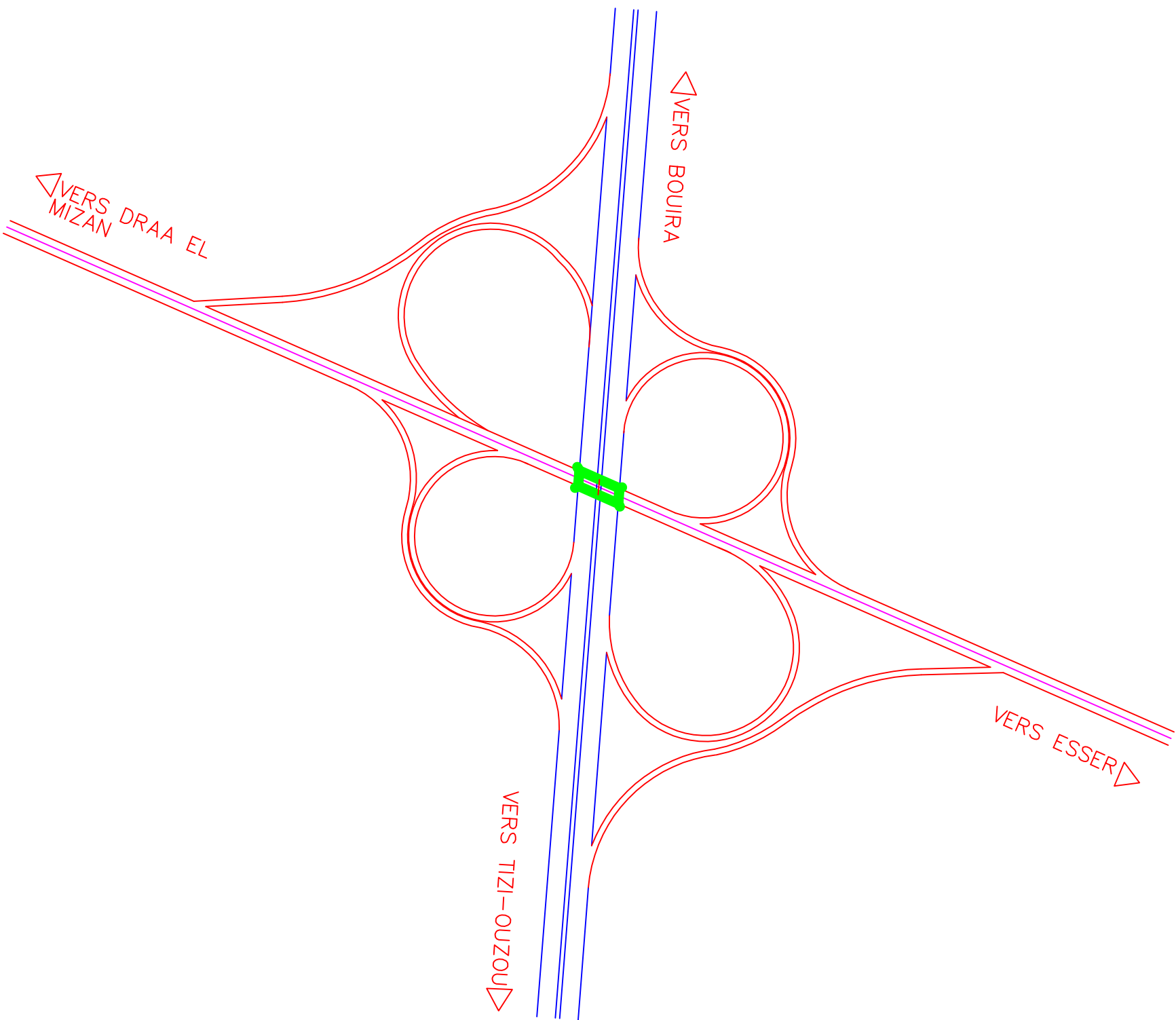
1+780.000	0.00	0.00	306.68	6604.24	145522.22	60975.75
1+800.000	0.00	0.00	271.50	5788.20	145522.22	66763.95
1+820.000	0.00	0.00	237.69	5096.73	145522.22	71860.68
1+840.000	0.00	0.00	174.61	4122.93	145522.22	75983.61
1+860.000	0.00	0.00	112.82	2874.25	145522.22	78857.86
1+880.000	0.00	0.00	57.74	1705.63	145522.22	80563.49
1+900.000	0.00	0.00	33.10	908.42	145522.22	81471.92
1+920.000	28.34	283.41	7.46	405.62	145805.63	81877.53
1+940.000	100.66	1290.00	0.68	81.39	147095.63	81958.92
1+960.000	168.00	2686.62	0.00	6.75	149782.25	81965.67
1+980.000	151.91	3199.09	0.74	7.45	152981.34	81973.12
2+000.000	96.42	2483.25	11.30	120.46	155464.59	82093.57
2+020.000	55.50	1519.21	15.16	264.56	156983.80	82358.13
2+040.000	79.53	1350.30	11.75	269.06	158334.10	82627.19
2+060.000	61.69	1412.18	12.06	238.12	159746.28	82865.31
2+080.000	35.33	970.17	36.36	484.21	160716.45	83349.52
2+100.000	8.42	437.50	60.20	965.56	161153.95	84315.08
2+120.000	2.79	112.11	80.92	1411.17	161266.06	85726.25
2+140.000	0.36	31.42	67.81	1487.31	161297.48	87213.56
2+160.000	2.05	24.06	37.53	1053.41	161321.54	88266.96
2+180.000	13.60	156.52	11.47	490.05	161478.06	88757.01
2+200.000	47.66	612.60	0.88	123.54	162090.66	88880.56
2+220.000	54.69	1023.52	1.01	18.90	163114.18	88899.46
2+240.000	85.25	1399.43	2.24	32.46	164513.61	88931.92
2+260.000	109.83	1950.78	0.04	22.75	166464.39	88954.67
2+280.000	146.98	2568.05	0.00	0.38	169032.44	88955.05
2+300.000	192.65	3396.26	0.00	0.00	172428.70	88955.05
2+320.000	244.63	4372.80	0.00	0.00	176801.50	88955.05
2+340.000	301.41	5460.39	0.00	0.00	182261.89	88955.05
2+360.000	359.69	6611.03	0.00	0.00	188872.92	88955.05
2+380.000	377.15	7368.46	0.00	0.00	196241.38	88955.05
2+400.000	317.82	6949.70	0.00	0.00	203191.07	88955.05
2+420.000	267.46	5852.79	0.00	0.00	209043.87	88955.05
2+440.000	255.13	5225.92	0.00	0.00	214269.79	88955.05
2+460.000	255.74	5108.69	0.00	0.00	219378.48	88955.05
2+480.000	255.76	5115.02	0.00	0.00	224493.50	88955.05
2+500.000	231.91	4876.75	0.00	0.00	229370.25	88955.05
2+520.000	154.64	3865.54	0.00	0.00	233235.79	88955.05
2+540.000	116.88	2715.26	0.00	0.00	235951.05	88955.05
2+560.000	66.02	1829.06	0.00	0.00	237780.12	88955.05
2+580.000	23.62	896.48	0.49	4.93	238676.60	88959.98
2+600.000	2.98	266.07	49.64	501.33	238942.66	89461.31
2+620.000	23.05	260.28	44.69	943.31	239202.94	90404.63
2+640.000	65.94	889.82	2.89	475.81	240092.76	90880.43
2+660.000	90.83	1567.64	0.02	29.12	241660.40	90909.56
2+680.000	88.69	1795.16	0.00	0.23	243455.56	90909.79
2+700.000	52.46	1411.52	0.02	0.17	244867.08	90909.96
2+720.000	14.36	668.22	3.81	38.29	245535.30	90948.25

2+740.000	0.00	143.58	54.49	583.07	245678.88	91531.32
2+760.000	0.00	0.00	157.34	2118.30	245678.88	93649.62
2+780.000	0.00	0.00	219.24	3765.76	245678.88	97415.37
2+800.000	0.00	0.00	312.05	5312.90	245678.88	102728.27
2+820.000	0.00	0.00	373.62	6856.64	245678.88	109584.91
2+840.000	0.00	0.00	408.94	7825.53	245678.88	117410.44
2+860.000	0.00	0.00	439.58	8485.20	245678.88	125895.64
2+880.000	0.00	0.00	452.04	8916.26	245678.88	134811.90

06. Rapport sur le volume de la chaussée

Station	Couche de surface (BB)			Couche de base (GB)		
	Area (m ²)	Volume (m ³)	Cumulative Volume (m ³)	Area (m ²)	Volume (m ³)	Cumulative Volume (m ³)
0+100.00	2.04	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00
0+200.00	2.04	204.00	204.00	3.57	357.00	357.00
0+300.00	2.04	204.00	408.00	3.57	357.00	714.00
0+400.00	2.04	204.00	612.00	3.57	357.00	1071.00
0+500.00	2.04	204.00	816.00	3.57	357.00	1428.00
0+600.00	2.04	204.00	1020.00	3.57	357.00	1785.00
0+700.00	2.04	204.00	1224.00	3.57	357.00	2142.00
0+B00.00	2.04	204.00	1428.00	3.57	357.00	2499.00
0+900.00	2.04	204.00	1632.00	3.57	357.00	2856.00
1+000.00	2.04	204.00	1836.00	3.57	357.00	3213.00
1+100.00	2.04	204.00	2040.00	3.57	357.00	3570.00
1+200.00	2.04	204.00	2244.00	3.57	357.00	3927.00
1+300.00	2.04	204.00	2448.00	3.57	357.00	4284.00
1+400.00	2.04	204.00	2652.00	3.57	357.00	4641.00
1+500.00	2.04	204.00	2856.00	3.57	357.00	4998.00
1+600.00	2.04	204.00	3060.00	3.57	357.00	5355.00
1+700.00	2.04	204.00	3264.00	3.57	357.00	5712.00
1+800.00	2.04	204.00	3468.00	3.57	357.00	6069.00
1+900.00	2.04	204.00	3672.00	3.57	357.00	6426.00
2+000.00	2.04	204.00	3876.00	3.57	357.00	6783.00
2+100.00	2.04	204.00	4080.00	3.57	357.00	7140.00
2+200.00	2.04	204.00	4284.00	3.57	357.00	7497.00
2+300.00	2.04	204.00	4488.00	3.57	357.00	7854.00
2+400.00	2.04	204.00	4692.00	3.57	357.00	8211.00
2+500.00	2.04	204.00	4896.00	3.57	357.00	8568.00
2+600.00	2.04	204.00	5100.00	3.57	357.00	8925.00
2+700.00	2.04	204.00	5304.00	3.57	357.00	9282.00
2+800.00	2.04	204.00	5508.00	3.57	357.00	9639.00

Station	Couche de fondation (GB)			Couche de forme (Tuf)		
	Area (m ²)	Volume (m ³)	Cumulative Volume (m ³)	Area (m ²)	Volume (m ³)	Cumulative Volume (m ³)
0+100.00	3.83	0.00	0.00	17.65	0.00	0.00
0+200.00	3.82	382.50	382.50	17.65	1765.50	1765.50
0+300.00	3.83	382.50	765.00	17.65	1765.50	3531.00
0+400.00	3.83	382.50	1147.50	17.65	1765.50	5296.50
0+500.00	3.83	382.50	1530.00	17.65	1765.50	7062.00
0+600.00	3.83	382.50	1912.50	17.65	1765.50	8827.50
0+700.00	3.83	382.50	2295.00	17.65	1765.50	10593.00
0+800.00	3.83	382.50	2677.50	17.65	1765.50	12358.50
0+900.00	3.83	382.50	3060.00	17.66	1765.50	14124.00
1+000.00	3.83	382.50	3442.50	17.65	1765.50	15889.50
1+100.00	3.82	382.50	3825.00	17.65	1765.50	17655.00
1+200.00	3.82	382.50	4207.50	17.66	1765.50	19420.50
1+300.00	3.82	382.50	4590.00	17.66	1765.50	21186.00
1+400.00	3.83	382.50	4972.50	17.65	1765.50	22951.50
1+500.00	3.82	382.50	5355.00	17.66	1765.50	24717.00
1+600.00	3.83	382.50	5737.50	17.65	1765.50	26482.50
1+700.00	3.82	382.50	6120.00	17.66	1765.50	28248.00
1+800.00	3.82	382.50	6502.50	17.65	1765.50	30013.50
1+900.00	3.82	382.50	6885.00	17.66	1765.50	31779.00
2+000.00	3.83	382.50	7267.50	17.65	1765.50	33544.50
2+100.00	3.82	382.50	7650.00	17.65	1765.50	35310.00
2+200.00	3.82	382.50	8032.50	17.66	1765.50	37075.50
2+300.00	3.83	382.50	8415.00	17.65	1765.50	38841.00
2+400.00	3.82	382.50	8797.50	17.65	1765.50	40606.50
2+500.00	3.83	382.50	9180.00	17.65	1765.50	42372.00
2+600.00	3.82	382.50	9562.50	17.65	1765.50	44137.50
2+700.00	3.83	382.50	9945.00	17.65	1765.50	45903.00
2+800.00	3.83	382.50	10327.50	17.65	1765.50	47668.50



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUID MAMMERI DE

TIZI-OUZOU

ETUDE EN APM DE LA RENTRANCE DE TIZI-OUZOU VERS

L'AUTOROUTE TIZI-OUZOU

TRADUCTION SUR 1:2500 Km

AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEUR

AVANT PROJET DETAILLE (APD)

N° PLAN 03

ECHELLE

DATE: JANVIER 2013

ECHANGEUR

ELABORE PAR :
ZEKRIE BOUMAHED
MAROUANE YACINE

UMMTO

