

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Aboubekr Belkaid Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme
de Master en Génie Civil
Option : Infrastructure de base et géotechnique-Travaux Publics

Thème :

**ETUDE DE LA BRETELLE PRINCIPALE A DE L'ECHANGEUR DE
LA RN02 SUR 4 KM AVEC UN PONT CADRE**

Présenté le 00 septembre 2012 par :

LASRI Younes

HAMOUDI Ahmed

Devant le jury composé de :

Mr : ZADJAOUI A.

Président

Mr : CHERIF BENMOUSSA M Y.

Encadreur

Mr : BENAMAR A.

Examineur

Mme : BENACHENHOU K.

Examineur

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....01

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU PROJET.....02

1. la commune d'azazga
2. cadre de l'étude
3. les objectifs de notre étude
4. justification de l'échangeur
5. nécessité de l'échangeur

CHAPITRE 2 : CHOIX DE L'ECHANGEUR.....05

1. introduction
2. le dédoublement
3. l'évitement
4. Définition
5. rôle d'un échangeur
6. avantage de l'échangeur
7. inconvénients de l'échangeur
8. critère de base
9. condition à respecté
10. types d'échangeurs
11. caractéristiques géométriques des échangeurs
12. critères de choix de l'échangeur
13. études des solutions proposent
14. Conclusion
15. disposition d'implantation
16. choix de l'échangeur

CHAPITRE 3 : ETUDE DE TRAFIC.....15

1. introduction
2. définitions
3. les capacités des différents types de voies

4. capacité pratique des routes
5. la relation entre vitesse et débit
6. étude de trafic
7. mode de réalisation d'une étude de trafic routier
8. application au projet
9. conclusion

CHAPITRE 4 : ETUDE GEOMETRIQUE.....27

5. TRACE EN PLAN.....27

1. définition
2. règles à respecter dans le tracé en plan
3. les éléments géométriques du tracé en plan
4. éléments de la clothoïde
5. combinaisons des éléments de trace en plan
6. vitesse de référence
7. les bretelles
8. trace en plan
9. exemple de calcul d'axe manuel

6. PROFIL EN LONG.....41

10. définition du profil en long
11. trace de la ligne rouge
12. éléments constitutifs de la ligne rouge
13. coordination du tracé en plan et du profil en long
14. raccordement en profil en long
15. normes pratiques du profil en long
16. application au projet
17. calcul des éléments de profil en long
18. raccordement des devers
19. exemple d'un calcul manuel

7. PROFIL EN TRAVERS.....51

1. Définition
2. les éléments constitutifs du profil en travers
3. profil en travers sous l'ouvrage d'art
4. profil en travers sur l'ouvrage d'art
5. profil en travers des bretelles (diagonale ou boucle)

CHAPITRE 5 : CUBATURE.....54

1. Introduction

2. Définition
3. méthode de calcul des cubatures

CHAPITRE 6 : OUVRAGE D'ART58

1. introduction
2. présentation de l'ouvrage

CHAPITRE 7 : ETUDE GEOTECHNIQUE.....59

1. Introduction
2. utilité de l'étude géotechnique
3. les différents essais en laboratoires
4. Objectifs
5. les essais d'identification
6. les essais in situ
7. conditions d'utilisation des sols en remblais
8. les moyens de reconnaissance
9. données du projet
10. Conclusion

CHAPITRE 8 : DIMENSIONNEMENT DE CORPS CHAUSSEE.....66

1. Introduction
2. définition de la chaussée
3. rôle des différents types de chaussée souple
4. méthodes de dimensionnement des chaussées
5. caractéristiques du sol support
6. application au projet
7. conclusion

CHAPITRE 9 : ASSAINISSEMENT78

1. Introduction
2. objectif de l'assainissement
3. assainissement de la chaussée
4. choix des ouvrages d'évacuation
5. dimensionnement des ouvrages d'évacuations
6. les données pluviométriques
7. application au projet
8. dimensionnement du réseau de drainage
9. dimensionnement des fosses

- 10. recherche les dimensions des dalots
- 11. calcul des ouvrages d'évacuations
- 12. dimensionnement des traversées

CHAPITRE 10: L'ENVIRONNEMENT.....92

- 1. introduction
- 2. cadre juridique
- 3. objet de l'étude
- 4. protection de l'environnement
- 5. application au projet

CHAPITRE 11: PIQUETAGES DES AXES.....96

- 1. introduction
- 2. implantation de l'axe sur le terrain

CHAPITRE 12 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE.....98

A.SIGNALISATION.....98

- 1. introduction
- 2. objectifs de signalisation routière
- 3. types de signalisation
- 4. les critères de conception de la signalisation
- 5. application

B.ECLAIRAGE105

- 1. catégories d'éclairage
- 2. paramètres de l'implantation des luminaires
- 3. application au projet

CHAPITRE 13: DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....107

CONCLUSION GENERALE108

I-INTRODUCTION GENERALE

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

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de dédoublement.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire de l'étude de **Raccordement** entre la RN71 et l'évitement d'AZAZGA par un **ECHANGEUR**.

Et d'autre part l'étude d'un tronçon de **dédoublement** de RN71 dans la partie qui se relie entre la ville d'AZAZGA et la ville d'AZEFOUNE de wilaya de TIZI OUEZOU et plus étude d'un tronçon de l'évitement de la ville d'AZAZGA.

CHAPITRE 1

PRESENTATION DU PROJET

1. AVANT PROPOS :

L'objectif de ce projet de fin d'étude est d'étudier un projet réel qui permettra de :

- ✓ compléter les connaissances théoriques acquises durant le cycle de formation ;
- ✓ s'intégrer au monde du travail ;
- ✓ connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur en travaux publics.

Au cours de, et pour que les étudiants de Master respectent les différentes étapes de l'étude d'un projet, l'université lui offre l'occasion d'étudier un projet réel qui lui demande beaucoup d'efforts afin de présenter un meilleur travail.

Parmi les différents domaines de travaux publics; on a choisi un projet routier
« Etude de l'échangeur de la route nationale 2 RN02 »

2. PRESENTATION DU PROJET :

2.1 Partie route :

2.1.1 Cadre de l'étude :

Notre projet consiste à réaliser l'étude d'une bretelle principale A sur une longueur de 4 KM qui relie la ville de TLEMCEN avec L'AUTOROUTE EST-OUEST du PK 0.00 au PK 68-350 dans le cadre du projet de contournement de la ville de TLEMCEN.

2.1.2 Description de la bretelle principale A :

La bretelle principale se compose par les éléments suivants :

- ❖ Un carrefour giratoire, situé entre l'échangeur proprement dit et la gare de péage, donne accès à l'aire de services.
- ❖ Un carrefour giratoire à quatre branches est prévu au raccordement sur la RN 02.

Compte tenu de la rampe, la bretelle de liaison entre la RN02 et la gare de péage est prévue à trois voies : deux voies montantes et une voie descendante.

Profils en travers types du rétablissement :

- ✓ Chaussée : 2×3.5 m,
- ✓ Accotements : 2 x 1.30 m,
- ✓ RN2 : c'est une route bidirectionnelle qui relie la Daïra de BENSEKRANE à la ville d'AIN TEMOUCHENT.
- ✓ L'AUTOROUTE EST-OUEST : C'est une route de 2×3 voies qui existe déjà.

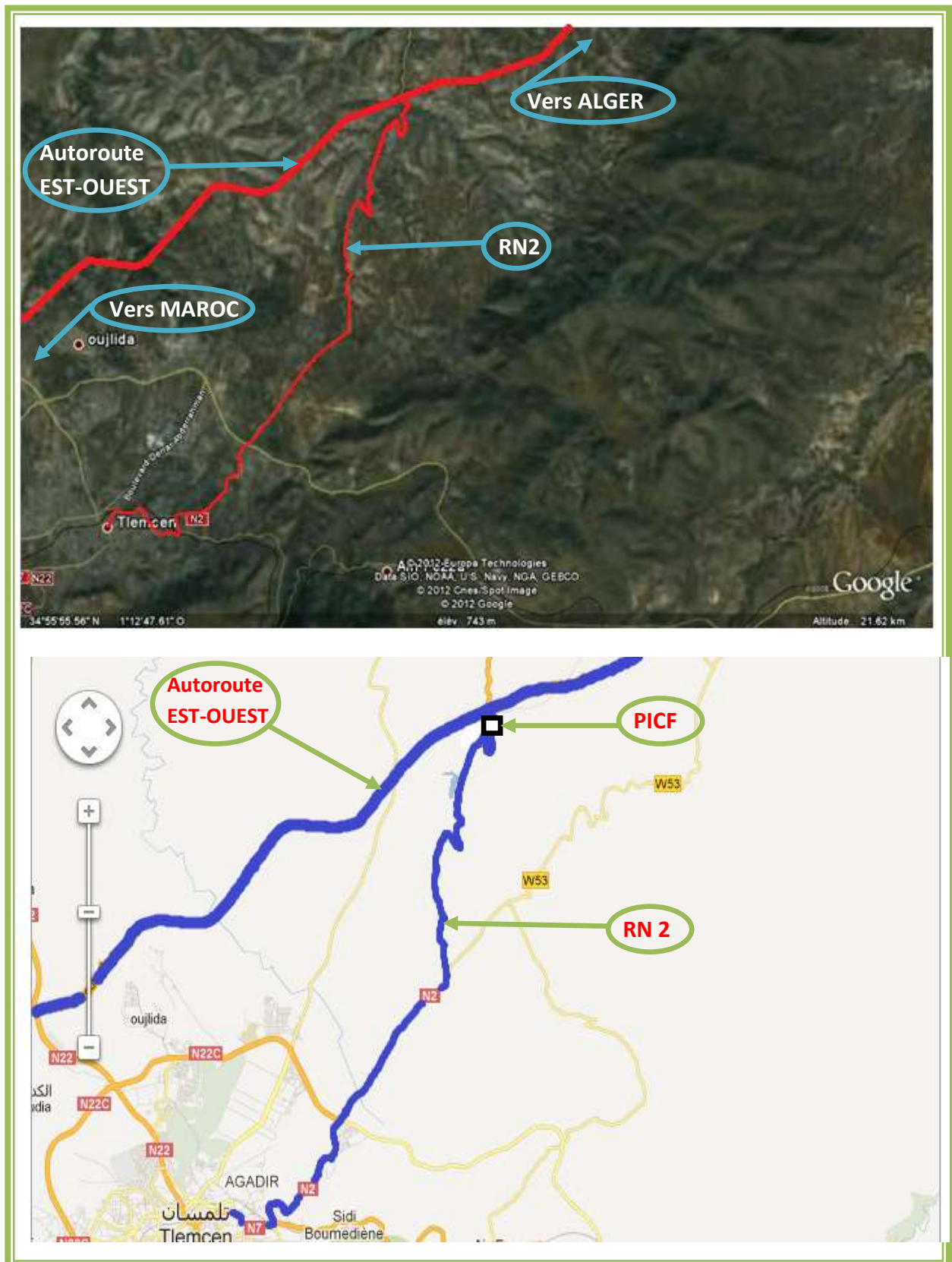


Figure 1.1 : la situation de la route.

2.2 Partie pont cadre :

2.2.1 Situation de l'ouvrage :

L'ouvrage qui a fait l'objet de notre étude consiste à concevoir et à calculer un pont routier.

Le projet se situe dans la wilaya de TLEMCCEN dans le cadre du projet de LAUTOROUTE EST-OUEST. Nous allons traiter les principes étapes de l'étude d'un pont.

Ces ouvrages particulier définis cadres spéciaux sont utilisée quand on a une interférence avec une voie routier comme le cas au PK 683.50 interférence avec l'autoroute est-ouest (passage inférieur).



Figure 1.2 : la situation du pont cadre.

3. OBJECTIF DU PROJET :

Le but essentiel de notre projet est de créer une liaison assurant le transfert d'une partie du trafic de la RN02 qui rallie la ville de TLEMCEN vers L'AUTOROUTE EST-OUEST en évitement l'agglomération de la ville de TLEMCEN, décongestionnant ainsi cette dernière.

Par ailleurs, cet évitement aura des retombées certaines sur un aspect économique et environnemental de la région. On citera à titre d'exemple les points suivants :

- ✓ **Gains sur les frais d'exploitation** : économie sur la consommation de carburant.
- ✓ **Gains du temps** : réduction du temps de parcours.
- ✓ **Sécurité et confort de l'utilisateur de la route** : ces facteurs sont assurés par la fluidité du trafic et la suppression des points noirs (réduction des accidents).
- ✓ **Environnement** : préservation de l'environnement par la réduction des gaz d'échappement des véhicules.

Le travail que nous allons vous présenter, est structuré en quatre parties :

- ✓ Justification du projet ;
- ✓ Proposition des variantes en fonction des perspectives d'aménagement et de réalisation ;
- ✓ Choix des variantes qui répond aux critères :
 - Environnemental
 - Economique
 - Sécuritaire
- ✓ Présentation de l'étude d'A.P.D de la variante retenue.

4. JUSTIFICATION DE L'ÉCHANGEUR :

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

Une bonne conception des carrefours réduit beaucoup de problèmes à l'utilisateur, accidents, pertes des temps, bruits et consommation du carburant.

Comme les échangeurs coutent très cher, il faut que leur utilisation comme solutions au problème des carrefours soit totalement justifiée.

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

- ✓ Carrefour où la topographie empêche un aménagement qui soit conforme aux normes de tout autre type d'échangeur
- ✓ Carrefour où le nombre d'accidents est très élevé. [1]

CHAPITRE 2

CHOIX DE L'ECHANGEUR

III. CHOIX DE L'ÉCHANGEUR

1. INTRODUCTION :

La conception d'un projet est l'étape la plus importante et la plus déterminante, car elle tient compte du coût du projet et sur sa durabilité et comme notre projet consiste d'étude d'un échangeur au niveau de la RN71 de l'intersection de l'évitement de la ville d'azazga avec la RN 71 et dédoublement un tronçon de la RN71 et plus étude d'un tronçon de l'évitement d'azazga sur 1,5 km.

2. LE DEDOUBLEMENT :

Elle consiste en la réalisation d'un tronçon de dédoublement de la RN71 entre la ville d'azefoune et azazga.

3. L'ÉVITEMENT est le transfert d'une partie du trafic de la RN12 transitant par la ville d'azazga.

4. DEFINITION :

Un échangeur autoroutier est un ensemble de bretelles routières permettant de s'engager sur une autoroute ou de la quitter soit pour prendre une autre autoroute soit pour emprunter le réseau routier ordinaire.

Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. Ils permettent d'éviter tout croisement à niveau et également tout ralentissement sur les chaussées principales de l'autoroute.

Un échangeur autoroutier compte au minimum un pont permettant à une Autoroute d'enjamber l'autre dans les cas les plus complexes, les chaussées peuvent s'étager sur quatre niveaux différents (échangeur dit "Four-stack").

Un échangeur peut être complet (bidirectionnel) ou partiel (donnant accès à une seule direction de l'autoroute).

5. ROLE D'UN ECHANGEUR :

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 provoquent des pertes de temps.

6. AVANTAGE DE L'ECHANGEUR :

Les avantages de l'échangeur sont :

- ✓ Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne condition de confort et de sécurité
- ✓ Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents
- ✓ Evite les points d'arrêt qui provoque des pertes de temps considérable
- ✓ Evite les contraintes d'arrêt et de reprise
- ✓ Assurer la continuité du réseau autoroutier

7. INCONVENIENTS DE L'ECHANGEUR :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pour quoi sont utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour justifiée

8. CRITERE DE BASE :

Le type d'échangeur à adopter est fonction de :

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

9. CONDITION A RESPECTER:

- ✓ 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

10. TYPES D'ECHANGEURS :

La conception d'échangeur est toujours influencé par plusieurs facteurs comme la Catégorie de l'autoroute caractères et composition du trafic, la vitesse à désigné et le degré de maîtrise d'accès.

Ces contrôles demandent plus d'exigences, économiques de terrains et de droit de passage doit requière d'une grande importance lors de la conception adapter a la Capacité du trafic, offrant sécurité.

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et détendue aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types donnaient des formes Plus complexes. Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle a considéré, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

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

10.1. Echangeurs majeurs :

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

- ✓ Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- ✓ Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

10.2. Type trèfle complet :

C'est l'un des tout premiers types d'échangeurs, apparu dans les années 30 aux États-Unis. Il est très utilisé également en Allemagne.

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

Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art, et la nécessité permettre les boucles et nécessairement Lente, et la nécessité d'y incorporé des voies collectives et distributrices pour permettre les entrée sans croisement le rend finalement très coûteux.

10.3. Type bifurcation « Y » :

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

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

N.A : pour le raccordement plus que quatre branches on a recours soit :

- ✓ Au giratoire qui comporte ou moins un ouvrage d'art.
- ✓ Au directionnel qui comporte beaucoup d'ouvrage d'art

10.4. Echangeur mineur :

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

- ✓ Losange.
- ✓ Demi-trèfle.

10.5. Type losange :

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

10.6. Type demi –trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour à niveau sur la Route secondaire, il est envisage de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

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

10.7. Trompette :

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

Alignement droit commun à toutes les bretelles.

- ✓ Une boucle « entrée ou sortie ».
- ✓ Une diagonale de sortie.

11. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS :

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

- ✓ Pont.
- ✓ Carrefour (s) plans (s).
- ✓ Bretelles.

11.1. Pont :

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

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

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

11.2. Carrefour plan :

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

11.3. Bretelles :

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

12. CRITERES DE CHOIX DE L'ECHANGEUR :

Un échangeur est un croisement étagé entre deux routes, avec raccordement de circulation entre les deux voies qui se croise.

Et avec la connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui présente.

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

Et pour atteindre ce but on est obligé de suivre les phases suivantes :

- 1- Détermination de tracer
- 2- Configuration de tracé à adopter
- 3- Analyse

12.1. Détermination de tracer :

La détermination de tracer fait à partir de :

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

12.2. Configuration de tracé à adopter :

L'échangeur à adopter doit assurer un haut niveau de sécurité et de service.

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

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

12.3. Analyse :

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

13. ETUDES DES SOLUTIONS PROPOSENT :

Notre conception est basée sur l'état du terrain ainsi que l'étude du trafic de

L'évitement et son intersection avec la RN71, sans oublier tout de même les contraintes qui s'opposent.

Le résultat de cette conception est :

13.1. Pour variante 01 :

- ✓ Un échangeur demi-trèfle avec deux giratoires.
- ✓ Un passage supérieur la RN71.

13.1.1. Les avantages :

- ✓ Faciliter l'insertion d'un grand nombre de branches.
- ✓ Modération de la vitesse.

13.1.2. Les inconvénients :

- ✓ Amélioration des nuisances.
- ✓ Coupe la route d'une chaussée séparée qui diminue la fluidité de circulation.

13.2. Pour variante 02 :

- ✓ Un échangeur demi-trèfle avec deux carrefours de type T.
- ✓ Un passage supérieur la RN71.

13.2.1. Les avantages :

- ✓ Coût de réalisation moins élevé.
- ✓ Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace.

13.2.2. Les inconvénients :

- ✓ amélioration des conflits entre les véhicules.
- ✓ Imposer à une partie de véhicules circulant sur un grand itinéraire des arrêts des attentes et des démarrages.
- ✓ Accidents impliquant un véhicule tournant à gauche heurté par un véhicule en mouvement direct venant en sens inverse.

13.3. Pour variante 03 :

- ✓ un échangeur trèfle complet avec deux giratoire.
- ✓ Un passage supérieur la RN71.

13.3.1. Les avantages :

- ✓ Faciliter d'insertion d'un grand nombre de branches.
- ✓ Modération de la vitesse.

13.3.2. Les inconvénients :

- ✓ Consommation d'emprise importante.
- ✓ Coupe la route d'une chaussée séparée qui diminué la fluidité de circulation.

13.4. Pour variante 04 :

- ✓ Un échangeur trèfle complet
- ✓ Un passage supérieur la RN71.

13.4.1. Les avantages :

- ✓ Assurer la continuité du réseau autoroutier.
- ✓ Tracé esthétique.
- ✓ Amélioration de la sécurité.
- ✓ Diminution des nuisances.
- ✓ Eviter tout les points de conflit.
- ✓

13.4.2. Les inconvénients :

- ✓ Consommation d'emprise importante.

14. CONCLUSION :

Notre choix est consisté sur les points suivants :

- ✓ La difficulté d'accédée au terrain.
- ✓ La position de l'ouvrage.
- ✓ La pente du terrain, le remblai et le déblai.

15. DISPOSITION D'IMPLANTATION :

La connaissance du site d'implantation est très importante pour la Conception de l'échangeur car elle permet de mieux apprécier les contraintes particulières et la topographie générale.

Le site d'implantation doit permettre les possibilités d'appliquer les normes en ce qui concerne le dimensionnement des accès, et les contraintes de visibilité et pour cela il faut éviter dans la mesure du possible le choix de sites:

- ✓ En courbe de faible rayon en tracé en plan. ($R \geq 40m$)
- ✓ En point haut en profile en long.
- ✓ Dans les zones de grands déblais.
- ✓ Dans les sections en forte déclivités (se qui impliqueraient un allongement des bretelles aval ou amont suivant que le franchissement est effectuée en passages supérieures ou inférieures).

16. CHOIX DE L'ÉCHANGEUR :

Notre échangeur va relier l'évitement a (2×2 voies) avec la RN71 a (2×2 voies), c'est deux routes sont très convoité c'est-à-dire qu'elles connaissent un grand trafic, pour l'évitement c'est de 8644 v/j et pour la RN71 c'est 6850v/j (selon le comptage de l'année 2009).

Pour relier ces deux axes routiers nous avons choisis un échangeur majeur de type trèfle complet pour les raisons suivantes :

- ✓ L'échangeur trèfle complet assurer une bonne sécurité aux usagers et offrant une bonne visibilité.
- ✓ Assurer une bonne fluidité du trafic.

Le gain de temps dont vont bénéficier les usagées de cette échangeur car il favorise toutes les directions existantes.

CHAPITRE 3

ETUDE DE TRAFIC

IV. ETUDE DE TRAFIC

1. INTRODUCTION :

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par insuffisance. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions, d'en quantifier précisément les composantes. C'est le champ des études de circulation.

Les problématiques liées au transport touchaient en particulier au domaine de l'économie mais il est difficile de se limiter à la seule rentabilité financière.

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale, au travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés.

Les déplacements représentent une dimension de l'organisation sociale et du rapport entre l'homme et ses espaces de vie.

Il est donc nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant à la connaissance des trafics.

Celle-ci commence par un recensement de l'état existant permettant :

- De hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure.
- De mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement des flux (avec leurs conséquences sur les activités humaines).

L'évolution des activités est, elle-même génératrice de trafic. Sa prévision et l'analyse de ses impacts sur les déplacements deviendront des paramètres sur l'organisation de l'urbanisme

Dans cette logique, l'étude de trafic est une donnée nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport. Elle impactera directement les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées.

Dans ce registre on peut citer des choix possibles :

- Nécessité ou non d'une déviation d'agglomération ;
- choix du tracé par rapport aux zones bâties ;
- Position des échangeurs ;
- Géométrie des carrefours ;
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids lourds cumulés.

2. DEFINITIONS :

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés :

- **Trafic de transit** : origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).
- **Trafic d'échange** : origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).
- **Trafic local** : trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- **Trafic moyen journalier annuel (T.J.M.A)** égal au trafic total de l'année divisé par 365.
- **Unité de véhicule particulier (U.V.P)** exprimé par jour ou par heure, on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux.
- **Les trafics aux heures de pointe**, avec les heures de pointe du matin (HPM), et les heures de pointe du soir (HPS).

3. LES CAPACITES DES DIFFERENTS TYPE DE VOIES :

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation. C'est le trafic horaire au delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

La capacité dépend :

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

- des caractéristiques géométriques de la route.

On considère que le débit correspondant au changement de pente correspond au débit de pointe normal, c'est-à-dire le débit maximum qui se reproduit périodiquement hors circonstances particulières (départ en vacances par exemple).

4. CAPACITE PRATIQUE DES ROUTES :

Les valeurs ci-dessous, exprimées en UVP / jour sont valables pour des sections en rase campagne, hors zones de carrefour et pour des régions relativement plates.

Type de voie	Seuil de gêne	Seuil de saturation
2 voies	8 500	15 000
3 voies	12 000	20 000
2 x 2 voies	25 000	45 000
2 x 3 voies	40 000	65 000

Si on raisonne sur les débits horaires, c'est-à-dire en UVP / H pour les 2 sens, les résultats sont les suivants pour une route à une seule chaussée et à deux voies de 3,50 m.

Seuil	Trafic en UVP / H pour les 2 sens
Seuil de gêne	750
Seuil de circulation dense	1 100
Seuil de risque de congestion	2 000

5. LA RELATION ENTRE VITESSE ET DEBIT :

Il n'est possible d'établir une relation entre vitesse et débit qu'en situation stable. Cet état n'existe que sur voie express ou sur autoroute.

Plusieurs études ont essayé de modéliser la relation entre ces deux données. Elles permettent de définir une fonction représentée par une ellipse. Si on place en abscisse le débit q et en ordonnée la vitesse praticable V , on constate ainsi qu'à un débit faible correspondent deux vitesses praticables très différentes : une élevée et l'autre faible. La concentration correspondante est alors inversement proportionnelle à la vitesse : plus la vitesse est élevée et plus la concentration est faible. La concentration au maximum de débit, proche de 2000 U.V.P. / heure est d'environ 30 véhicules par km et la vitesse moyenne de l'ordre de 60 km / h.

6. ETUDE DE TRAFIC :

Il est donc nécessaire 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).

L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des trafics :

- De transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération ;
- la nature des flux, pour déterminer les points d'échange ;
- Le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les investissements ;
- Les mouvements directionnels permettent de définir les caractéristiques des échanges ;
- Le niveau de trafic poids lourds détermine directement le dimensionnement de la structure de chaussée.

Une étude de trafic se mène en général en cinq étapes :

- La définition du réseau ;
- L'analyse des trafics existants ;
- La détermination des conditions de circulation ;
- L'évaluation de l'évolution des trafics ;
- L'affectation des trafics.

7. MODE DE REALISATION D'UNE ETUDE DE TRAFIC ROUTIER :

7.1. La définition du réseau :

Le réseau à étudier est constitué de l'ensemble des tronçons de route existants ou projetés pour lesquels l'une ou l'autre des solutions envisagées dans le cadre du projet est susceptible d'exercer une influence en termes de trafic.

On procède à l'inventaire des flux de trafic concernés, directement ou indirectement, et tout itinéraire susceptible d'être emprunté par l'un d'eux, fera partie du réseau.

7.2. Le découpage :

On procède au découpage géographique en zones. Ces zones correspondent à des flux de déplacement. Leur détermination permet l'établissement de la matrice origine/destination. Une zone géographique correspond à un ensemble générateur ou récepteur de trafic homogène.

Les zones, issues du découpage, sont choisies de telle sorte que les usagers se rendant d'une zone à une autre, ont et auront le choix entre les mêmes itinéraires. Plus on s'éloigne du projet, plus les zones seront étendues. Pour les zones extérieures à l'aire d'étude, on pourra, en général, les regrouper par entrées et sorties. Le découpage tiendra compte des spécificités des générateurs ponctuels de trafic (écoles, zones industrielles, centres commerciaux ...).

Les zones sont donc identifiées pour leur rôle principal (habitat, activités économiques, commerciales, centre-ville, hyper centre ...).

7.3. Les caractéristiques du réseau :

Tous les éléments composants le réseau et la zone d'étude sont relevés: – les caractéristiques des voies concernées – la visibilité sur chaque tronçon – les caractéristiques du profil en long le cas échéant – les limitations de vitesse – les carrefours avec leur régime de priorité – les points durs générateurs de ralentissement.

7.4. La mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

- comptages manuels
- Comptages automatiques

Ces deux types permettent de mesurer le trafic sur un tronçon, en ce qui concerne les compteurs automatiques, les dispositifs ont maintenant la capacité de discriminer véhicules légers et poids lourds.

- les enquêtes de type cordon. Elles permettent de distinguer les trafics de transit des trafics locaux, et les origines et destinations de chaque flux.
- Les enquêtes qualitatives. Elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport au réseau, les raisons de son déplacement
- les relevés de plaques minéralogiques.

A l'issue de ces comptages, le trafic est modélisé. Le réseau routier constitue alors un graphe mathématique composé d'arcs (tronçons de voirie) et de sommets (les carrefours et les échangeurs).

Après avoir identifié les itinéraires possibles, la phase la plus délicate est de déterminer l'itinéraire principal pour chaque échange entre zones. On estime pour ce faire, que l'utilisateur fait son choix de façon à minimiser le coût du trajet.

Chaque tronçon est évalué en terme de temps de parcours, qu'il s'agisse des zones internes au périmètre d'étude, ou entre les points d'entrée et de sortie de ce périmètre pour les trafics de transit.

7.5. L'analyse des trafics existants :

Une fois les trafics connus, on étudiera pour chaque tronçon les conséquences de l'augmentation de trafic sur les débits et sur les durées de parcours.

Sont évaluées ensuite les conséquences de solution d'aménagement, qu'il s'agisse de nouvelles infrastructures ou de développement de zones urbaines ou d'activités.

La difficulté réside dans la projection des trafics à l'échelle de 5, 10 15 ans ou plus. En effet, l'augmentation prévue est basée sur le modèle de développement actuel: prédominance des transports individuels pour les agglomérations de taille moyenne en milieu rural, prédominance du transport des marchandises par poids lourds.

De plus l'évolution locale du développement urbain est envisagée sur la base des hypothèses de réflexion prospective, traduites dans les documents d'urbanisme (SCOT, PLU). Cette évolution peut être bouleversée par des modifications du contexte économique liée à des créations ou, au contraire, à des fermetures d'activités économiques.

Il est donc important d'apprécier au stade de l'analyse des trafics existants, les facteurs d'influence et la marge de développement possible à l'intérieur de la zone étudiée. Il est aussi important de prendre en compte des facteurs externes pouvant affecter cette évolution (construction d'une autoroute, d'une ligne de chemin de fer à grande vitesse ...).

7.6. La détermination des conditions de circulation :

D'autres facteurs que les trafics sont à prendre en compte lors de l'étude de circulation, en particulier ce qui caractérise les conditions de circulation. En effet la répartition des trafics sur différents itinéraires dépend des conditions de circulation. Cet aspect se traduit pour l'utilisateur en terme de confort (fluidité de circulation, sécurité ...) et en terme économique (temps de parcours, consommation ...). Il se traduit aussi pour la collectivité en terme économique (coût des accidents, consommation, pollution, temps perdu ...).

L'utilisateur prend en compte, consciemment ou inconsciemment trois éléments: la durée du trajet, la liberté de circulation, la sécurité.

La durée du trajet est un élément essentiel pour l'utilisateur, ainsi elle doit être mesurée pour chaque circuit possible. La régularité de ces durées doit aussi être mesurée (elle a aussi une incidence sur le comportement de l'utilisateur).

La liberté de circulation s'apprécie par l'évaluation du temps passé en peloton (véhicules passés en file l'un derrière l'autre). On distingue alors plusieurs seuils:

- Le seuil de gêne notable (50 % du temps passé en peloton)
- Le seuil de circulation dense (65% du temps passé en peloton)
- Le seuil de risque de congestion (80 % du temps passé en peloton)
des risques de congestion apparaissent

Il est alors très important de mesurer pour chaque parcours les temps d'attente à chaque carrefour, les longueurs de files d'attente et d'évaluer pour chaque scénario possible l'incidence de l'augmentation du trafic.

7.7. L'affectation des trafics :

Affecter le trafic entre 2 points consiste à répartir les courants de circulation sur les itinéraires parallèles (et concurrents entre ces deux points). Dans le cas d'itinéraires existants entre 2 villes par exemple, l'affectation permet de reconstituer la situation actuelle et de caler le modèle d'affectation utilisé. Cette méthode est surtout efficace pour un tracé neuf doublant un ou plusieurs itinéraires existants. Elle offrira l'occasion d'évaluer l'intérêt de l'aménagement selon les variantes de tracé ainsi que les types et le nombre de raccordements avec le réseau routier existant.

En matière d'affectation, on se limite au seul mode de transport routier. La répartition entre les différents modes de transport fait l'objet d'autres règles et d'autres modèles. L'affectation prend en compte une dimension économique: chaque itinéraire est évalué en termes de coût pour l'utilisateur. Une règle définit le lien entre coût et trafic: $T1 / T2 = (C1 / C2)^{10}$

Ainsi, un faible écart sur les coûts de circulation se traduit par une forte répercussion sur les trafics. En fait, si l'écart de trafic est important, l'itinéraire le plus chargé risque de devenir le moins attractif au profit de l'itinéraire le moins chargé. Il y a lieu de suivre l'évolution des trafics de manière itérative. Le modèle s'équilibre à terme. Cette modélisation est utilisée pour les études économiques liées à la construction d'une infrastructure routière.

8. APPLICATION AU PROJET :

8.1. Données de trafics :

En se basant sur les données de trafic effectuées par la DTP de TIZI OUEZOU (année 2009) pour la région d'AZAZGA s'agissant du RN71 et de l'évitement, on a essayé de faire des estimations de trafic pour différentes directions du projet.

Avec :

La RN71 : TJMA(2009) = 6850 v/j.

L'évitement : TJMA(2009) = 8644 v/j.

Catégorie des routes : C1.

Environnement : E3.

Taux d'accroissement du trafic $\tau = 4 \%$.

Pourcentage de poids lourds $Z = 9.25\%$.

Le comptage à été fait à l'année 2009

La mise en service de la route 2011

La durée de vie de la route 20 ans.

8.2. Application sur l'évitement :

➤ Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_n = (1+\tau)^n \times TJMA_{2009}$$

$$TJMA_{2011} = (1+0.04)^2 \times 8644$$

$$TJMA_{2011} = 9350 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2031} = (1+0.04)^{20} \times 9350$$

$$TJMA_{2031} = 20487 \text{ v/j}$$

➤ Calcul des trafics effectifs :

$P = 10$ (route de bonnes caractéristiques, E₃)

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.0925) + (10 \times 0.0925)] \times 20487$$

$$T_{\text{eff}} = 37543 \text{ uvp/j.}$$

➤ Débit de pointe horaire normal :

$$Q = (1/n) T_{\text{eff}} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$$

$$Q = 0.12 \times 37543$$

$$Q = 4506 \text{ uvp/h}$$

- Debit admissible (debit horaire):

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

Catégorie C₁ } K₁=0.95
 Environnement E₃ } K₂=0.91

C_{th} (capacité théorique)= 1800 uvp/h (route a chaussée séparé)

$$Q_{adm} = 0.95 \times 0.91 \times 1800$$

$$Q_{adm} = 1557 \text{ uvp/h}$$

- Détermination du nombre de voies :

$$n = \frac{2}{3} \times \frac{Q}{Q_{adm}}$$

$$n = 1.92$$

Donc : n = 2 voies par sens

8.3. Application sur RN71 :

- Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_n = (1 + \tau)^n \times TJMA_{2009}$$

$$TJMA_{2011} = (1 + 0.04)^2 \times 6850$$

$$TJMA_{2011} = 7409 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2031} = (1 + 0.04)^{20} \times 7409$$

$$TJMA_{2031} = 16235 \text{ v/j}$$

- Calcul des trafics effectifs :

P = 10 (route de bonnes caractéristiques, E₃)

$$T_{eff} = [(1 - 0.0925) + 10 \times 0.0925] \times 16235$$

$$T_{eff} = 29751 \text{ uvp/j.}$$

- Débit de pointe horaire normal :

$$Q = (1/n) T_{eff} = 0.12 \times T_{eff}$$

$$Q = 0.12 \times 29751$$

$$Q = 3571 \text{ uvp/h}$$

- Debit admissible (debit horaire):

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{Catégorie } C_1 \\ \text{Environnement } E_3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} K_1=0.95 \\ K_2=0.91 \end{array}$$

C_{th} (capacité théorique)= 1800 uvp/h (route a chaussée séparé)

$$Q_{adm} = 0.95 \times 0.91 \times 1800$$

$$Q_{adm} = 1557 \text{ uvp/h}$$

- Détermination du nombre de voies :

$$n = \frac{2}{3} \times \frac{Q}{Q_{adm}} = 1.52$$

Donc : $n = 2$ voies par sens

Le profil de la RN71 est (2×2 voies).

8.4. Application sur les bretelles (les boucles et les diagonales) :

- Calcul du trafic à l'année horizon :

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

On estime le trafic sur les bretelles à 67% du TJMA de l'évitement, (c'est le trafic le plus important), donc $TJMA_{2009} = 5792 \text{ v/j}$

- Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_n = (1 + \tau)^n \times TJMA_{2009}$$

$$TJMA_{2011} = (1 + 0.04)^2 \times 5792$$

$$TJMA_{2011} = 6265 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2031} = (1 + 0.04)^{20} \times 6265$$

$$TJMA_{2031} = 13728 \text{ v/j}$$

- Calcul des trafics effectifs :

$P = 10$ (route de bonnes caractéristiques, E_3)

$$T_{eff} = [(1 - 0.0925) + 10 \times 0.0925] \times 13728$$

$$T_{\text{eff}} = 25157 \text{ uvp/j.}$$

➤ Débit de pointe horaire normal :

$$Q = (1/n) T_{\text{eff}} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$$

$$Q = 0.12 \times 25157$$

$$Q = 3019 \text{ uvp/h}$$

➤ Debit admissible (debit horaire):

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{Catégorie } C_1 \\ \text{Environnement } E_3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} K_1 = 0.95 \\ K_2 = 0.91 \end{array}$$

C_{th} (capacité théorique) = 2000 uvp/h (route a 2 voies)

$$Q_{\text{adm}} = 0.95 \times 0.91 \times 2000$$

$$Q_{\text{adm}} = 1729 \text{ uvp/h}$$

➤ Détermination du nombre de voies :

$$n = \frac{2}{3} \times \frac{Q}{Q_{\text{adm}}} = 1.16$$

Donc : on prend $n = 1$ voie.

Le profil des bretelles est 1 voie.

Pour les autres bretelles on a le même profil en travers (1 voie).

9. CONCLUSION :

D'après les calculs précédents on conclut que la conception imposée par le maitre d'ouvrage répond aux exigences du B40 :

- Le profil de l'évitement à 2×2 voies de 3.5 m de chaque voie.
- Le profil de la RN71 à 2×2 voies de 3.5 m de chaque voie.
- Le profil des bretelles à une voie de 4m et B.A.D de 3m et bande dérasée 1m.

CHAPITRE 4
ETUDE GEOMETRIQUE

V. TRACE EN PLAN

1. DEFINITION :

Le tracé en plan représente une reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal, ce plan horizontal est en générale une carte topographique ou un plan de situation.

Il est constitué en générale par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles reliés entre eux par des courbes de raccordements progressifs, il est caractérisé par la vitesse de référence qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :

L'approche d'étude de dédoublement est différente des études en site vierge et différente également des études de renforcement et réhabilitation pour cela l'approche suivante a été adoptée :

- ❖ L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à R_{Hnd} est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.
- ❖ Elargir autant que possible d'un seul côté ; Cette démarche permet de réduire les coûts de projet, sauvegarder et préserver

La chaussée existante, aussi pour l'assainissement, elle permet d'exécuter les travaux sans porter de gêne aux usagers (maintien de la circulation).

Néanmoins à ces avantages des inconvénients sont à prendre en charge, notamment en ce qui concerne, comment coller au maximum la chaussée nouvelle à l'ancienne en tout en respectant la largeur minimale de T.P.C.

Comment adopter l'axe nouveau à l'ancien sachant que ce dernier peut ne pas être conforme aux normes techniques (rayons au dessous du minimum)

En fin pour les sections bordées d'habitation nous avons préconisé de :

- ❖ utiliser au maximum la plate forme existante en se collant sur l'existant.
- ❖ élargir des deux côtés si ces mesures s'avèreraient insuffisantes.

Pour obtenir un bon tracé dans les normes, on essaye dans la mesure du possible d'éviter :

- ❖ De passer sur les terrains agricoles.
- ❖ Le passage de très près des zones urbaines.
- ❖ Le passage sur les oueds pour éviter la construction d'ouvrages.
- ❖ Les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

Et aussi :

- ❖ Respecter l'environnement.
- ❖ Adapter le tracé afin d'éviter les terrassements importants.

3. LES ELEMENTS GEOMETRIQUES DU TRACE EN PLAN :

Les éléments du tracé en plan sont :

3.1. Droites : la droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont très déconseillés.

La longueur maximale d'un alignement ne dépasse pas la longueur parcourue par la vitesse de base durant une minute.

$$L_{\max} = 60 V \text{ (m/S)} ; \quad V = V_b / 3.6 \text{ (km/h)}$$

Quant à la longueur minimale elle ne doit pas être inférieure à la distance parcourue avec la vitesse de base durant un temps d'adaptation qui est égale à 5 secondes.

$$L_{\min} = 5 V \text{ (m/S)}$$

3.2. Arc de cercle :

Il est bien de rappeler que pour une route de catégorie donnée, il n'y a aucun rayon inférieur à R_{Hm} (rayon minimum absolue), on utilise alors au tant que possible des valeurs supérieures ou égales à R_{Hm} .

3.3. Courbes de raccordements :

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.

3.4. Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues, on cite les 3 courbes suivantes :

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

3.4.2. Parabole cubique : est définie par l'équation : $y = c.x^3$.elle est peu utilisé et sa en raison de sa courbure vite atteint (utilisé sur tout dans le tracé de chemin de fer).

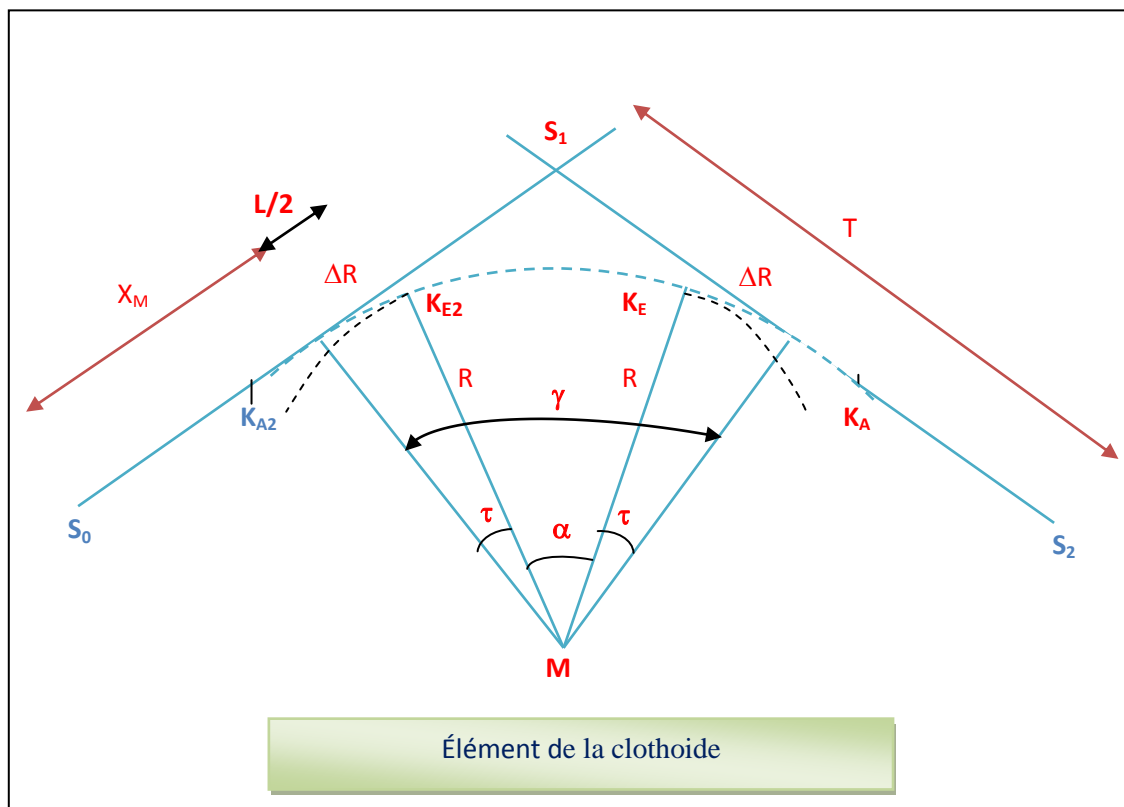
3.4.3. Clothoïde : c'est une spirale dont le rayon de courbure décroît dès l'origine jusqu'au point asymptotique ou il est nul.

3.5. Choix de la courbe de raccordement :

Entre les trois courbes citées au paravent la courbe de raccordement qu'on a choisis pour notre tracé est la clothoïde, car théoriquement c'est l'idéal et la plus utilisé, et aussi parce qu'elle présente 3 propriétés remarquables qui sont :

- ❖ Variation constante de la courbure qui correspond au conducteur à une rotation constante.
- ❖ Elle maintient constante la variation de l'accélération, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.
- ❖ Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne.

4. ELEMENTS DE LA CLOTHOIDE :



- ✦ γ : Angle entre alignement
- ✦ S_L : La corde à la clothoïde
- ✦ T : Grande tangente
- ✦ σ : L'angle polaire
- ✦ ΔR : Ripage
- ✦ L : longueur de clothoïde
- ✦ X_M : Abscisse du centre de cercle
- ✦ K_A : début de clothoïde
- ✦ R : Rayon de virage
- ✦ K_E : Fin de clothoïde
- ✦ τ : Angle de tangente

L'expression de la clothoïde est : $A^2 = L.R$

Tel que :

- A : paramètre de clothoïde.
- L : longueur de clothoïde.
- R : rayon.

Le choix du paramètre A de la clothoïde doit respecter les trois conditions, qui nous permettent de fixer la longueur minimale de raccordement qui sont :

1. **Condition de confort optique** : elle permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3°.

$$A_{\min} = R/3 \quad R/3 < A < R$$

2. **condition de confort dynamique** : cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposée à une variation limitée.

D'où :

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right)$$

V_r : vitesse de référence (Km/h).

R : le rayon (m).

Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{final} - d_{init}$) (%)

3. **Condition de gauchissement** : elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

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

I : largeur de la chaussée.

L : longueur de la chaussée.

Δd : variation des dévers.

Remarque : on peut vérifier la condition de gauchissement et de confort dynamique en appliquant la formule :

$$L \geq 5/36(\Delta d \cdot V_r)$$

5. COMBINAISONS DES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN :

5.1. COURBE A INFLEXION (OU EN S) :

C'est une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leurs points de courbure.

5.2. COURBE A SOMMET :

Elle Définit le raccordement entre deux éléments droits de directions différentes. Elle se compose de deux branches de clothoïde qui ont à leurs points de raccordement le même rayon de courbure et la même tangente.

5.3. COURBE EN ANSE DE PANIER :

Est une suite de segments de clothoïde à même sens de courbure mais de paramètres différents

6. VITESSE DE REFERENCE :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle permet de définir les caractéristiques géométriques fondamentales intervenants dans l'élaboration du tracé, son choix dépend de :

- ✦ Type de route.
- ✦ Importance et genre de trafic.
- ✦ Conditions économiques.

Application au projet

Pour notre projet la vitesse de référence est comme suit :

- ✦ La RN 71 → $V_r = 60 \text{ Km/h.}$
- ✦ L'évitement → $V_r = 80 \text{ Km/h.}$
- ✦ Les rampes → $V_r = 40 \text{ Km/h.}$

Les normes (B40) sont résumées dans le tableau suivant :

Rayon (<i>Catégorie 1-2</i>)	symbole	Environnement E ₃		
Vitesse de référence	V_r	80	60	40
Rayon mini absolu	RHM (7%)	250	125	50
Rayon mini normal	RHN (5%)	450	250	125
Rayon au dévers minimal	RHd (2.56%)	1000	550	250
Rayon non déversé	RHnd (2.5%)	1400	800	350

7. LES BRETELLES :

Définition :

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

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

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

Types de bretelles :

On distingue trois types de bretelles, leur emploi est conditionné par le volume du débit à écouler.

Type de bretelles	Boucle	Diagonale	Anse
Débit de point (UVP/h)	<500	500-1000	1000-2000
Rayon en plan (m)	40-75	100-175	>120

8. TRACE EN PLAN :

❖ Tracé en plan de la RN71 :

C'est une route à 2×2voies de 3.5 m chacune avec TPC de 2m ; qui nécessite le dédoublement du coté droite ou cote gauche sur le levé topographique.

❖ Tracé en plan de L'évitement:

C'est une route à 2×2 voies de 3.5m chacune plus une bande d'arrêt d'urgence de 3m avec TPC de 3m.

❖ Tracé en plan des bretelles:

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

❖ DISTANCE D'INSERTION (D'ACCELERATION) : (I.C.T.A.A.L) :

Sa longueur est déterminée par la vitesse d'approche à vide de la route principale.

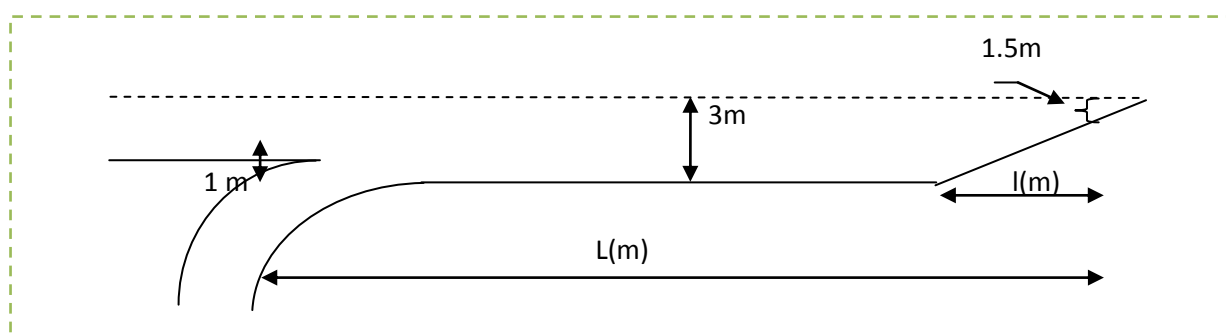
Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	140	180	240	320
l (m)	40	50	70	80

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

Les voies d'insertion ont pour largeur :

3m pour $V_a < 100 \text{ Km/h}$

3.5m pour $V_a \geq 100 \text{ Km/h}$



Pour notre cas :

La longueur de la voie d'insertion :

Pour la RN71 ($V_r=60\text{km/h}$):

-la longueur de la voie d'insertion $L=140\text{m}$.

-la longueur du sifflet d'insertion $l=40\text{m}$.

Pour l'évitement ($V_r=80\text{km/h}$):

-la longueur de la voie d'insertion $L=180\text{m}$.

-la longueur du sifflet d'insertion $l=50\text{m}$.

❖ VOIE DE DECELERATION :

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

➤ Voies de décélération de type parallèle :

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

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

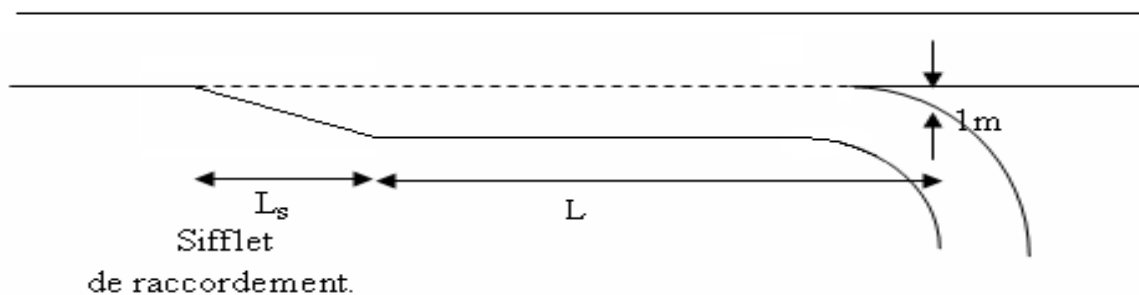


Fig. voie de décélération

Le tableau ci-dessous (B40) donne la longueur de la voie de décélération (L) et la longueur de sifflet de raccordement (L_s) en fonction de la vitesse d'approche.

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

Pour notre cas :

La RN71. Va = 60 Km/h, on a :

- ✓ Longueur de décélération : $L=70m$.
- ✓ Longueur de sifflet de raccordement: $L_s=40m$.

L'évitement. Va = 80 Km/h, on a :

- ✓ Longueur de décélération : $L=115m$.
- ✓ Longueur de sifflet de raccordement: $L_s=50m$.

❖ LONGUEUR D'ENTRECROISEMENT :

On doit déterminer la largeur d'entrecroisement et qui est en fonction de la vitesse pratiquée sur la route principale (voir tableau ci-après).

V _r (Km/h)	60	80	>80
L _e (m)	200	300	500

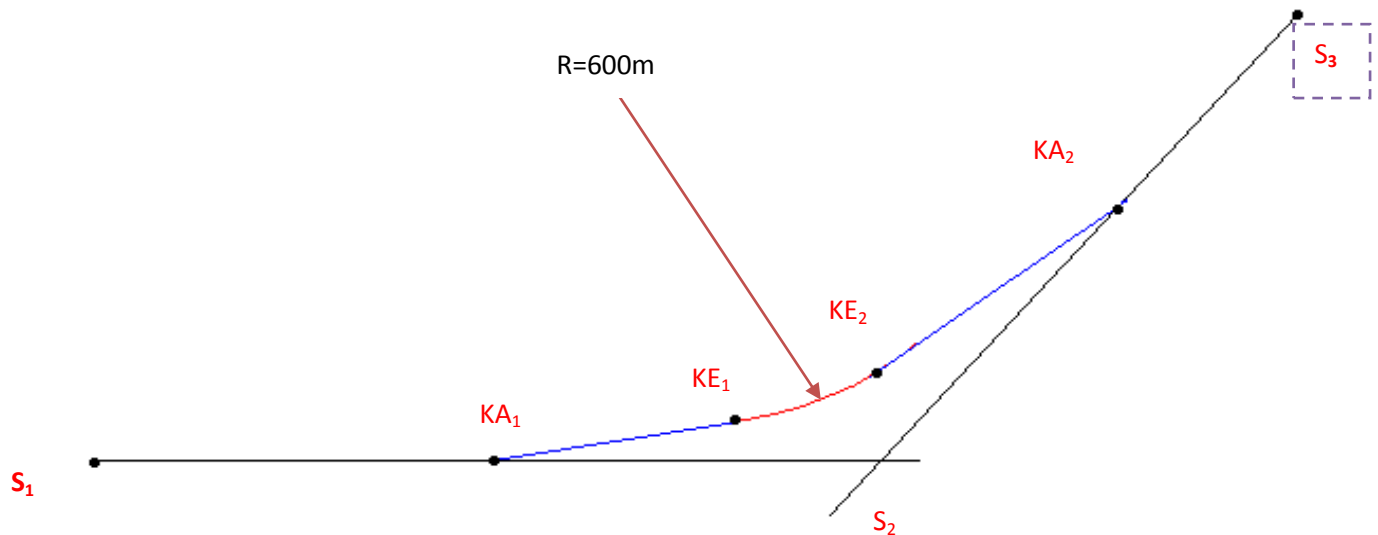
Pour notre étude nous avons :

- ✓ Sur la voie la RN71 : ou $V_r=60m/h$, $L_e= 200m$.
- ✓ Sur l'évitement : ou $V_r=80m/h$, $L_e= 300m$.

Nous avons réduit c'est longueurs d'entrecroisement pour réduire au maximum l'emprise du terrain tout en gardant les normes requises, nous avons utilisées les normes françaises (S.E.T.R.A).

8. EXEMPLE DE CALCUL D'AXE MANUEL :

➤ Calcul d'axe de l'évitement (de PK0+476 à PK1+253):



Courbe de clothoïde symétrique

Rayon $R = 600 \text{ m}$ $V_r = 80 \text{ km/h}$

$S_1 (648815.0034, 385559.4943)$

$S_2 (649371.6153, 385290.6323)$

$S_3 (649938.0062, 385674.7851)$

$L = ?$

1. Condition optique:

$$R \leq 1500 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \Delta R = 1 \text{ m}$$

$$AN : L \geq \sqrt{24 \times 600 \times 1} = 120 \text{ m.}$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

1.1. Condition de confort dynamique :

$$RHN \leq R \leq RHd$$

$$\Delta d = d - (-2.5) d = ?$$

$$d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}} \quad d = 3.86\%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 3.86 - (-2.5) = 6.36 \%$$

$$L \geq \frac{V_B^2}{18} \left(\frac{V_B^2}{127.R} - \Delta d \right) \Rightarrow L \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.600} - 0.0636 \right) = 7.25m$$

2. Condition de gauchissement :

$$L \geq (5/36) \times \Delta d \times V_B.$$

$$L \geq (5/36) \times 80 \times 6.36 \Rightarrow L \geq 70.66m.$$

$$L \geq \text{Sup} (120, 70.66, 7.25)$$

On prenant $L = 120$ m

$$A = \sqrt{600 \times 120} = 268.32, \text{ on prend } A = 300 \text{ et recalculé } L$$

Donc $L = 150$

$$R/3 < A < R \text{ est vérifié}$$

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = 1.56m$$

3. formules et méthodes de calculs :

3.1. Calcul des gisements :

$$\begin{cases} |\Delta X_{12}| = |X_{S2} - X_{S1}| = 556.61m \\ |\Delta Y_{12}| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 268.86m \\ |\Delta X_{23}| = |X_{S3} - X_{S2}| = 566.39m \\ |\Delta Y_{23}| = |Y_{S3} - Y_{S2}| = 384.15m \end{cases}$$

$$\overline{s1 s2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 618.14\text{m}$$

$$\overline{s2 s3} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 684.37\text{ m}$$

$$G_{S1}^{S2} = 100 + \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) = 128.64\text{ grade}$$

$$G_{S2}^{S3} = 100 - \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) = 62.06\text{ grade}$$

3.2. Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}| = 66.58\text{ grade}$$

3.3. Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{150}{2.600} \times \frac{200}{\pi} = 7.96\text{ grade}$$

3.4. Vérification de non chevauchement :

$$2.\tau = 15.92\text{gr.}$$

$$\gamma = 66.58\text{gr} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{2.\tau \leq \gamma} \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

3.5. Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = 75\text{m.}$$

3.6. Abscisse de KE :

$$x = L \left(1 - \frac{L^2}{40.R^2}\right) = 149.76\text{m.}$$

3.7. Origine de KE :

$$y = \frac{L^2}{6.R} = 6.25\text{m.}$$

3.8. Calcul de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \text{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 421.76\text{m.}$$

3.9. Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{149.76^2 + 6.25^2} = 149.89\text{m.}$$

3.10. Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg\left(\frac{y}{x}\right) = \arctg\left(\frac{6.25}{149.76}\right) = 2.65\text{gr.}$$

3.11. Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 66.58 - 15.92 = 50.66\text{gr.}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{600 \times \pi \times 50.66}{200} = 477.46\text{m.}$$

3.12. Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - (\overline{s1 s2} - T)\cos(300 - G_{S1}^{S2}) = 648991.8438\text{m.} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} - (\overline{s1 s2} - T)\sin(300 - G_{S1}^{S2}) = 385474.0977\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} - T \cos(300 - G_{S2}^{S3}) = 649720.6681\text{m.} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} - T \sin(300 - G_{S2}^{S3}) = 385527.3677\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - SL \cos(300 + \sigma - G_{S1}^{S2}) = 649129.4154\text{m.} \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - SL \sin(300 + \sigma - G_{S1}^{S2}) = 385414.5908\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + SL \sin(G_{S2}^{S3} + \sigma - 200) = 649593.224\text{m.} \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL \cos(G_{S2}^{S3} + \sigma - 200) = 385448.469\text{m.} \end{cases}$$

VI. PROFIL EN LONG

1. DEFINITION DU PROFIL EN LONG :

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

2. TRACE DE LA LIGNE ROUGE :

Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes :

- ❖ Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais ;
- ❖ Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- ❖ Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance ;
- ❖ Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais ;
- ❖ Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques ;
- ❖ Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long ;
- ❖ Opter pour une déclivité minimale de 1% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

3. ELEMENTS CONSTITUANTS DE LA LIGNE ROUGE :

Sur le profil en long terrain naturel qui est constitué par des fichiers de commande du logiciel Piste 5.06 en utilisant la coordonnée z comme étant la cote projet de la route, on a conçu la ligne rouge de notre dédoublement qui est lui-même constituée de :

- Les alignements : sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

- ❖ Déclivité :

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

- Déclivité minimale :

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

- Déclivité maximale :

Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tout les véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd doit .et selon (B40) elle doit être inférieur à une valeur maximale associée a la vitesse de base.

4. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG:

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incite à :

- ✓ Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- ✓ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

$$V_{\text{vertical}} > 6 H_{\text{horizontal}} \text{ pour éviter un défaut d'inflexion.}$$

✓ Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

5. RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG :

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

Il y a deux types de raccords :

5.1. Raccordement convexe (saillants) :

La conception des raccords convexes doit satisfaire les conditions suivantes :

5.1.1. Condition de confort :

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

5.1.2. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccords des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition confort.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_V \geq \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})} \approx 0.27 d^2$$

d : distance d'arrêt (m)

h_0 : hauteur de l'œil (m)

h_1 : hauteur de l'obstacle (m)

➤ dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » :

$$h_0 = 1.1 \text{ m}, h_1 = 0.15 \text{ m}$$

On trouve :
$$R_V = 0.24 (d_1)^2$$

5.2. Raccordement concave (rentrant) :

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

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

à condition esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'utilisateur 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 déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ (spécial échangeur).

$$R_{v\min} = \frac{50}{\Delta d \%}$$

Avec :

Δd : Changement de dévers (%)

$R_{v\min}$: rayon vertical minimum (m)

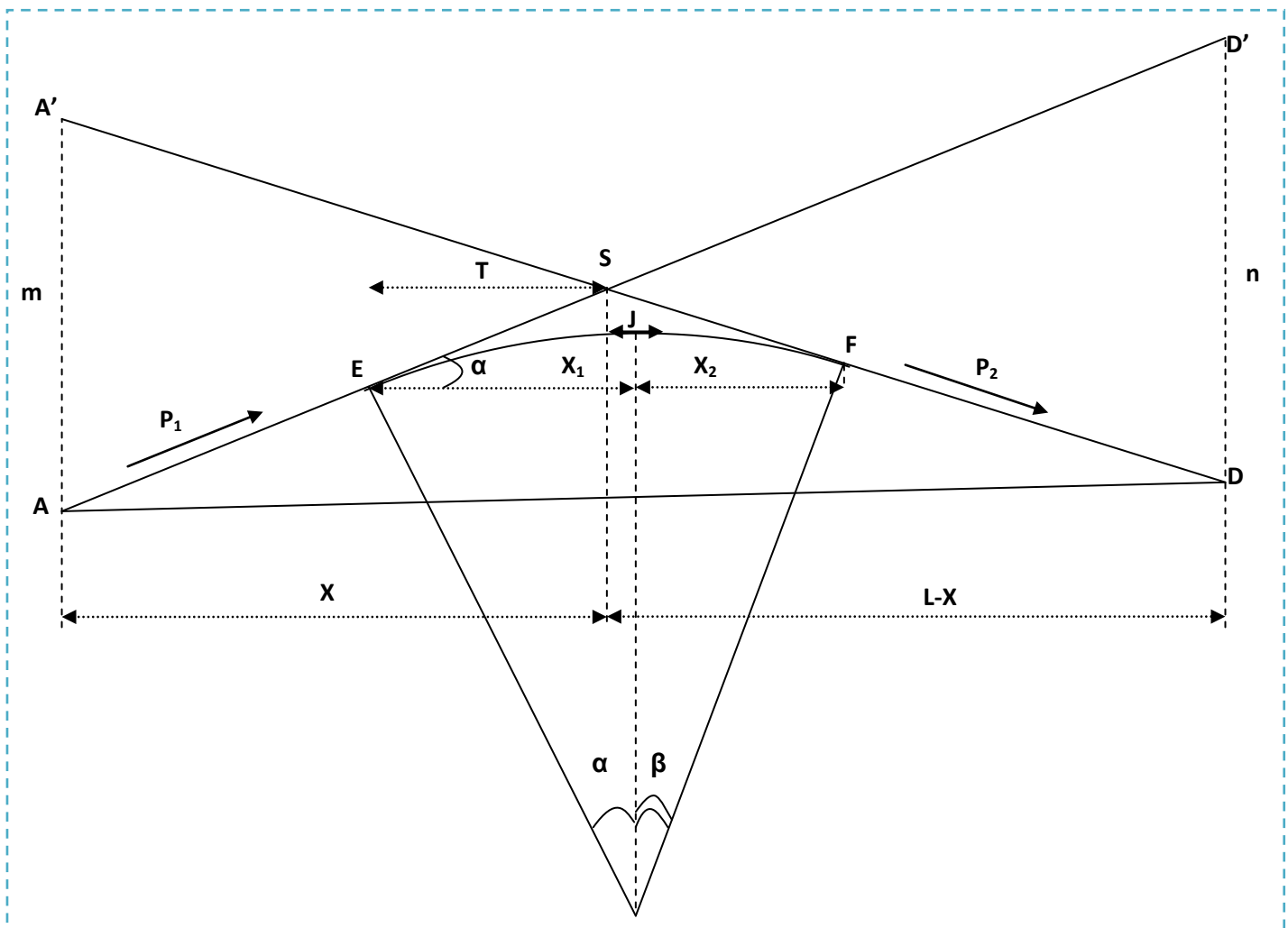
6. NORMES PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

Pour le cas de la liaison RN71-l'évitement et les bretelles et les boucles de l'échangeur, on a respecté les paramètres suivants : (selon les normes de B40) :

Vitesse de référence (km/h)		bretelles	RN71	L'évitement
V_r		40	60	80
Rayon en angle saillant (R_{v1})	Minimal absolu R_{vm1}	300	1000	2500
	Minimal normal R_{vn1}	1000	2500	6000
Rayon en angle rentrant ($R'v$)	Minimal absolu $R'vm$	500	1200	2400
	Minimal normal $R'vn$	1200	2400	3000
Déclivité maximale i_{\max} (%)		7	6	6

Tableau – paramètres du profil en long

7. CALCUL DES ELEMENTES DE PROFIL EN LONG :



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

On a:

$$Z_{D'} = Z_A + L.P_2 \quad , \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{A'} = Z_D + L.P_1 \quad , \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$$

$$S \left\{ \begin{array}{l} X_S = x + X_A \\ Z_S = P_1 \cdot x + Z_A \end{array} \right.$$

8.2. Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T.P_1 \end{array} \right. \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = X_S + T \\ Z_F = Z_S + T.P_2 \end{array} \right.$$

8.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

8.4. Calcul de la flèche :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

8.5. Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_x = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + X.P_1 - \frac{X^2}{2R} \end{array} \right.$$

8.6. Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

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

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \cdot P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

Avec : $X_1 = R \cdot P_1$

$$X_2 = R \cdot P_2$$

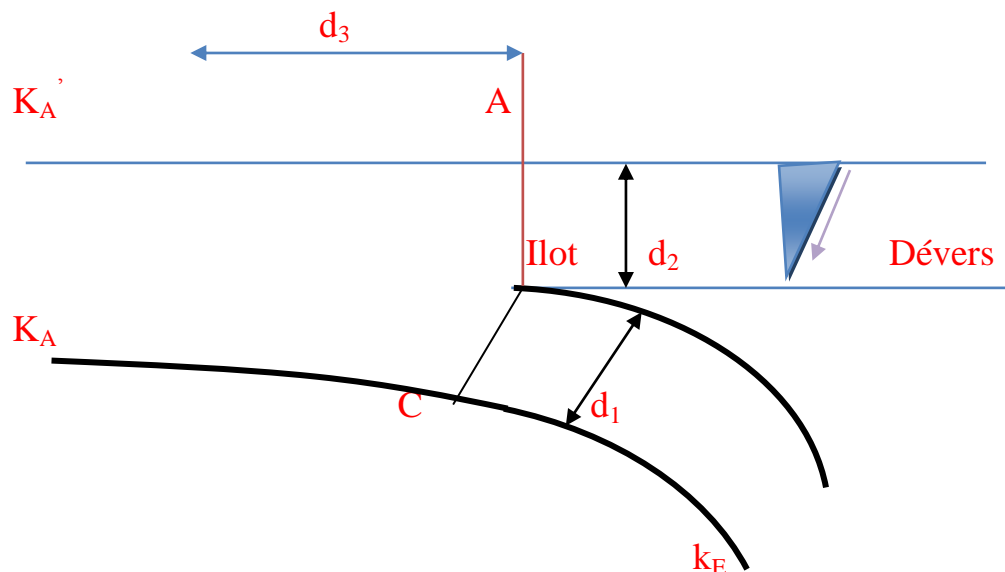
Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement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

9. RACCORDEMENT DES DEVERS :

Le raccordement des dévers dans une rampe d'échangeur se fera de la manière suivante :

- ✓ Dans la partie droite de la rampe le dévers est égal à 2.5%.
- ✓ Dans la partie circulaire le dévers est constant et prend la valeur de 6%.
- ✓ Entre l'alignement droit et la courbe circulaire (sur la clothoïde), le dévers est variable.

9.1. Calcul des devers au niveau des clothoïdes :



- Avec une projection du point de l'îlot sur l'axe de la route on obtient le PK de l'îlot sur la route
- Et avec une projection du point de l'îlot sur l'axe de la rampe on obtient le PK de l'îlot sur la rampe

$$\text{PK de A} = \text{PK de } K_A' + d_3$$

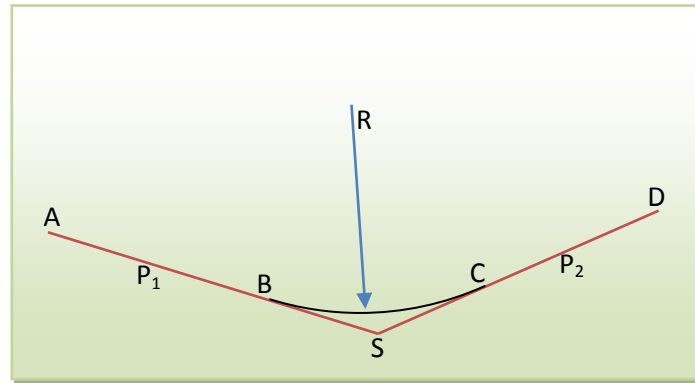
- Sur le profil en long de la route, on reporte le PK du point A et on calcul l'altitude de la ligne rouge (altitude du point A).
- Connaissant l'altitude de A, le dévers et la distance (d_2) on calcul l'altitude du point d'îlot. .

$$Z_{\text{ILOT}} = Z_A + (\text{dévers}/100) \times d_2$$

- On calcul la distance $K_A C$, puis sur le profil en long de la rampe on calcul l'altitude du point C d'où le dévers au niveau du nez d'îlot.

10. EXEMPLE D'UN CALCUL MANUEL (LA RN71) :

$$R = 2500\text{m}$$



$$\begin{array}{l}
 A \left\{ \begin{array}{l} PK_A = 298.15 \text{ m} \\ Z_A = 356.87\text{m} \end{array} \right. \quad
 S \left\{ \begin{array}{l} PK_S = 485.59\text{m} \\ Z_S = 369.23\text{m} \end{array} \right. \quad
 D \left\{ \begin{array}{l} PK_D = 648.07\text{m} \\ Z_D = 378.95\text{m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

✓ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta PK_1} \times 100 = 6.59 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100 = 5.98\%$$

✓ calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2| = 7.625 \text{ m}$$

✓ Calcul des flèches :

$$H = \frac{T^2}{2R} = 0.01 \text{ m}$$

✓ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$C \left\{ \begin{array}{l} PK_C = PK_S + T = 493.21\text{m} \\ Z_C = Z_S + T \times P_2 = 369.68\text{m} \end{array} \right.$$

$$B \left\{ \begin{array}{l} PK_B = PK_S - T = 477.96\text{m} \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 368.72\text{m} \end{array} \right.$$

Les résultats de calcul des axes sont joints en annexe

VII. PROFIL EN TRAVERS

1. DEFINITION :

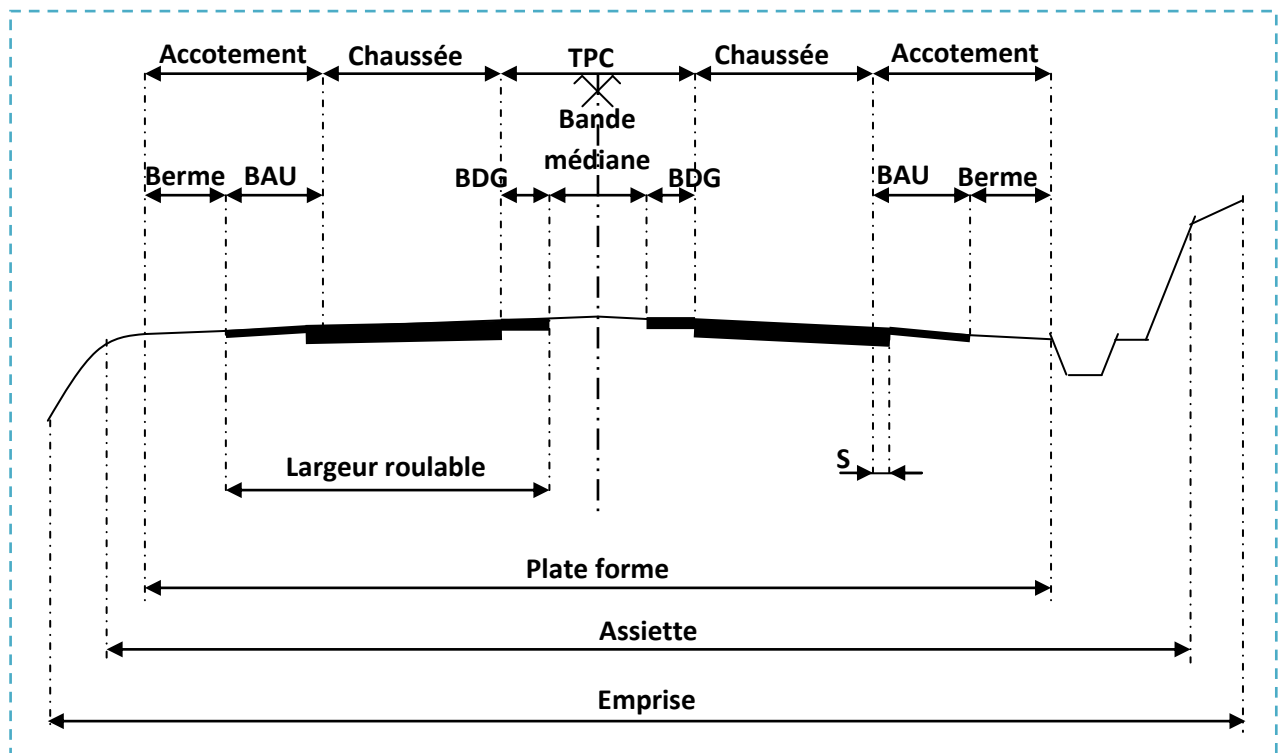
Le profil en travers d'une route est la coupe dans le sens transversal menée selon Un plan perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Définissant toutes les Parties constituant la route.

La largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, Pour Eviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil Unique appelé « profil en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des Surfaces et talus, dimensions des couches de la Superstructure, etc....).

2. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS :



- ✓ **Emprise** : c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- ✓ **Assiette** : c'est la surface de la route délimité par les terrassements.
- ✓ **Plate forme** : elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein central et bande d'arrêt.
- ✓ **Chaussée** : c'est la partie de la route affecté à la circulation des véhicules.
- ✓ **Terre- plein central (T.P.C)** : Il assure la séparation matérielles des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
 - ❖ **bande dérasée de gauche (B.D.G)** : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.
 - ❖ **bande médiane** : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.
- ✓ **Accotement** : Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.
 - ❖ **bande d'arrêt d'urgence** : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
 - ❖ **la berme** : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- ✓ **Le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

3. PROFIL EN TRAVERS SOUS L'OUVRAGE D'ART :

La route qui passe sous l'ouvrage d'art a des bandes d'arrêts en section courante, elles sont en générale maintenues sous l'ouvrage sans réduction de largeur.

D'après l'ICTAAL, la distance de parement intérieur d'un appui latéral au bord de la chaussée la plus proche est fixé à 2m, quelque soit la vitesse de référence.

4. PROFIL EN TRAVERS SUR L'OUVRAGE D'ART:

D'après les normes ICTARN, la route doit comporter un dispositif de sécurité (glissière de sécurité) dès que la hauteur du remblai dépasse les 4 mètres.

Pour l'ouvrage d'art, il est conseillé de prévoir une sur largeur des deux cotés de la route, cette sur largeur est donnée par le tableau ci-dessous en fonction de la vitesse de référence sur l'itinéraire considéré.

Vr (km/h)	120	100	80	60	40
Surlargeur (m)	0.75	0.75	0.5	0.5	0.5

5. Le tableau suivant présente la composition de profil en travers la RN71 et l'évitement :

	Nombre des voies	Larguer de la voie	T.P.C	B.A.U	accotement
RN71	02	3.5m	2m	/	1.8m
L'évitement	02	3.5m	3m	3m	0.5

6. PROFIL EN TRAVERS DU BRETelles (DIAGONALE OU BOUCLE) :

Il est mentionné dans L'étude du trafic qu'il est nécessaire d'avoir une voie Pour Assurer les bonnes conditions aux mouvements des véhicules entre les Différents Itinéraires, le profil en travers des rampes d'une chaussée de largeur de 8m (4m pour largeur d'une voie et 3m de B.A.U et bande dérasée de 1m.

CHAPITRE 5

CUBATURE

VIII. CUBATURE

1. INTRODUCTION:

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

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

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

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

2. DEFINITION :

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

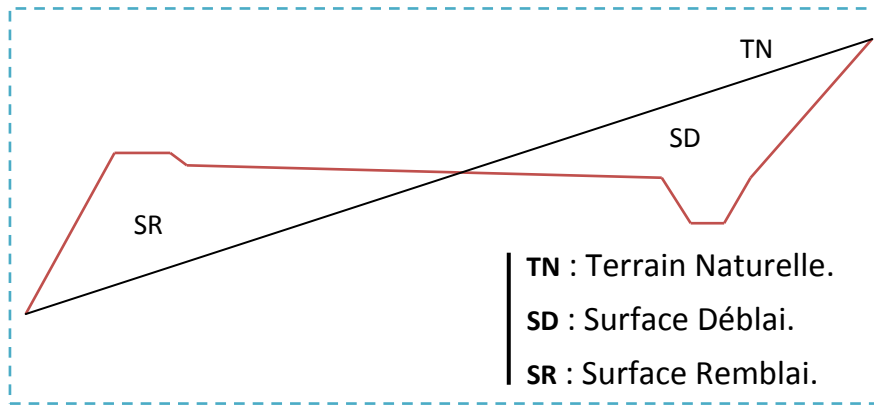
Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

3. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

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

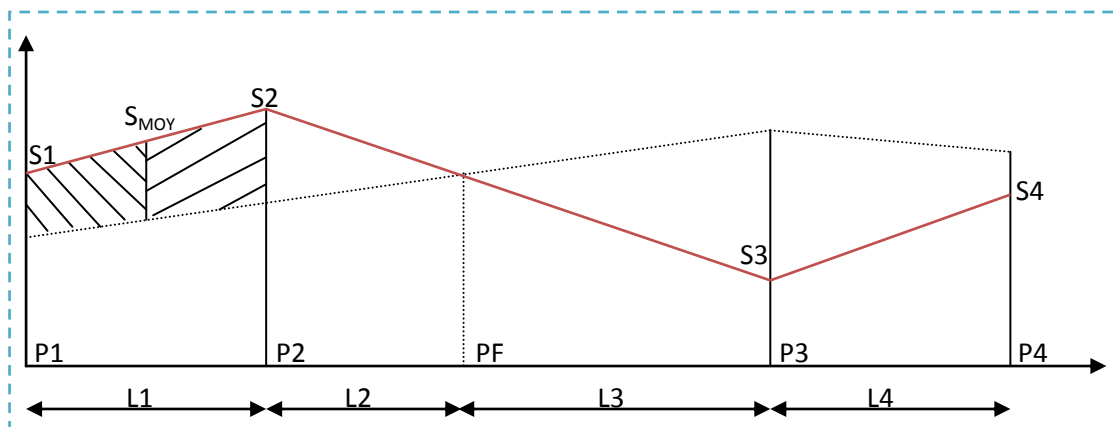
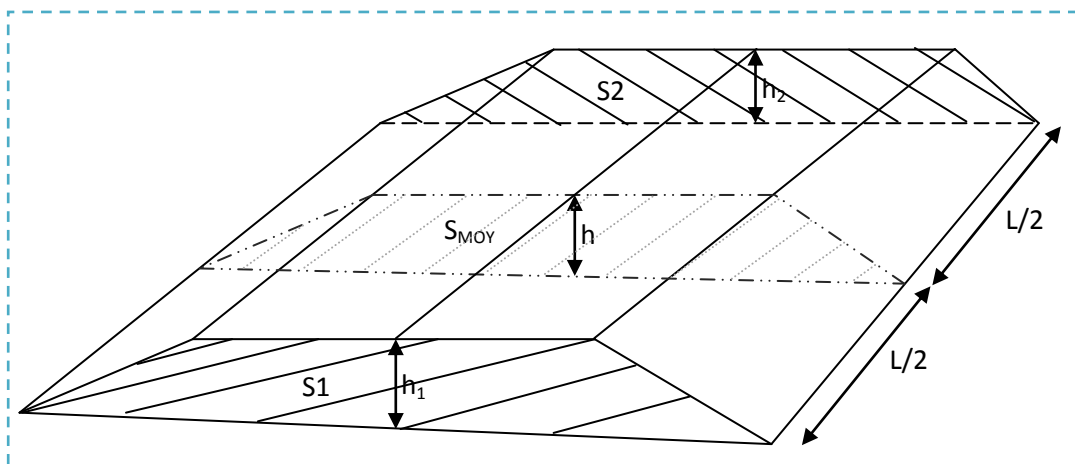


On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs

3.1. Formule de Mr SARRAUS :

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

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$



- PF: profil fictive, surface nulle
- Si: surface de profil en travers Pi
- Li : distance entre ces deux profils
- S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et $\frac{(S_1+S_2)}{2}$.

Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) \quad \text{Entre P1 et P2}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad \text{Entre P2 et PF}$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \quad \text{Entre PF et P3}$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \quad \text{Entre P3 et P4}$$

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

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

3.2. Méthode de gulden :

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

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

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

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

3.3. Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

Remarque : la méthode de calcul la cubature à été utilisé c'est la méthode de gulden.

Les résultats de calcul des terrassements sont joints en annexe

CHAPITRE 6
OUVRAGE D'ART

IX. OUVRAGE D'ART

1. INTRODUCTION :

Le pont en tant qu'élément principal de l'échangeur doit être prédimensionnée de telle façon à assurer l'écoulement de la circulation dans tout les sens avec le maximum de rapidité et de sécurité.

2. PRESENTATION DE L'OUVRAGE :

Notre ouvrage d'art est constitué par un pont de la RN71 passage supérieur.

❖ Profil en long :

Le pont est constitué par une deux travée de longueur de 12.5 m, Ce dernière reposant sur deux culées, Il est incliné.

❖ Description de l'ouvrage :

L'ouvrage en question est un pont situé dans la RN 71, il comporte les caractéristiques suivantes :

- Hauteur de gabarit: 5.25m.
- Largeur roulable : $L_r = 9\text{m}$.
- Nombre de voies : 2×2 voies.
- Trottoirs : 0.75m
- Largeur total de pont entre garde corps est : 20 m.
- Longueur total : 25m.

CHAPITRE 7
ETUDE GEOTECHNIQUE

X. ETUDE GEOTECHNIQUE

1. INTRODUCTION:

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

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région. Une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

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

2. UTILITE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

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

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

3. LES DIFFERENTES ESSAIS EN LABORATOIRES:

Les essais réalisés au laboratoire sont :

- ✓ Analyse granulométrique.
- ✓ Equivalent de sable.
- ✓ Limites d'Atterberg.
- ✓ Essai PROCTOR.
- ✓ Essai CBR.
- ✓ Essai Los Angeles.
- ✓ Essai Micro Deval.

L'indice CBR, issu de l'essai CBR permettra de calculer l'épaisseur de la chaussée par la méthode dite CBR.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

4. OBJECTIFS :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

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

5. LES ESSAIS D'IDENTIFICATION:

5.1. Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 mm)

qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines) ; C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

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

5.2. Equivalent de sable :

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

5.3. Limites d'Atterberg :

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

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

5.4. Essai PROCTOR :

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

5. 5. Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

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

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

Il ne concerne que les sols cohérents.

5. 6. Essai Los Angeles :

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

✓ plus le *LA* est élevé, moins le granulat est dur.

5.7. Essai Micro Deval :

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

6. LES ESSAIS IN SITU:

6. 1. Les essais de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie Z , le déplacement, la pression q_0 le rayon de charge a et les caractéristiques du massif E_2, ν_2 . Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : $E = 5\text{CBR}$.

6. 2. Les essais pressiométriques :

Pénétrömètre statique ou dynamique.

7. CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- ✓ Pierre de dimension > 80 mm.
- ✓ Matériaux plastiques $I_p > 20\%$ ou organiques.
- ✓ Matériaux gélifs.
- ✓ On évite les sols à forte teneur en argile.

NB : Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. 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.

8. LES MOYENS DE RECONNAISSANCE:

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

- ✓ l'étude des archives et documents existants.
- ✓ Les visites de site et les essais *in-situ*.
- ✓ Les essais de laboratoire.

9. DONNEES DU PROJET :

La présente étude géotechnique préliminaire du terrain destiné au notre projet de la ville d'azazga dans la wilaya de tizi ousou, fait suite a la demande de l'ETRHB, en attendant la convention qui sera conclue entre le groupe ETRHB et laboratoire d'habitat et de construction centre(LHCC).

Le LHCC (unité de tizi ousou) à procédé a un programme d'investigation de long du notre projet

9.1. Contexte géographique et topographique :

Il s'agit d'une étude d'un projet (échangeur et tronçon de dédoublement de la RN71, en plus étude d'un tronçon autoroutier de l'évitement d'azazga) qu'il existant des terrains montagneuse.

9.2. Contexte géologique :

Les données égologiques sont basées sur des informations recueillies a partir de la carte géologique au 1/50000^e consultée (azazga-port gueydon) ainsi que la consultation de l'étude géotechnique faite par la LCTP en 1987.

La géologie de la région d'azazga est caractérisée par la présence de deux unités géologiques bien distinctes :

-l'unité de flysch d'azazga est composée de deux termes argilo marneux à petits bancs de grés.

-l'unité numidienne constitué d'argiles (oligocène) à la base et de grés (aquitaniens) au sommet.

9.3. Compagne d'investigation sur le site :

L'étude à été menée essentiellement sur la base de la réalisation des sondages carottés de différentes profondeurs, des puits de reconnaissance et en fin des essais de laboratoire selon un programme donné par le client.

9.3.1. Sondages carottés :

Les 10 sondages carottés confirment bien les données géologiques qui donnent les résultats qui rejoignent de l'annexe.

9.3.2. Les puits de reconnaissance géologique: les 17 puits confirment bien les reconnaissances géologiques et obtenus les résultats qui rejoignent de l'annexe.

Les données géotechniques à prendre en compte concernant le massif du sol (marne + remblai).

9.3. Données hydrologiques :

L'examen lithologique des carottes de sondages, montre que mis à part le remblai, même couche à été traversée par les sondages carottés, à savoir la marne du plais ancien.

Le niveau d'eau relevé des piézomètres placés dans les sondages carottés est à partir de 3.5m de profondeur. Le tableau suivant résume les niveaux mesurés :

N°sondage	Profondeur de la nappe phréatique(m)
Sc 13'	1.3
Sc 13	2.9
Sc 09	5.8

9.4. Résultats des essais de laboratoire :

Ces essais ont été effectués sur des échantillons à différentes profondeurs.

- Les analyses granulométriques montrent que plus de 50% des éléments passant au tamis 80 μ m , ce sont des sols fins.
- Ces sols présentent des densités sèches γ_d faibles à moyennes de l'ordre de 1.65t/m³, et des teneurs en eau naturelles ω_n moyennes de 15% à 22%.
- Ces tranches de sols sont saturées à proche de la saturation.
- L'indice de plasticité I_p est compris entre 20.62% et 33.92%, donc ces sols sont plastiques.
- Les limites d'Atterberg permettent de classer ces sols parmi les argiles très plastiques.
- Les essais oedometriques ont donné des coefficients de compressibilité suivants :

$$0.186 < Cc < 0.320 \quad \Rightarrow \quad \text{sols moyennement à assez compressibles.}$$

$$0.0497 < C_g < 0.0972 \Rightarrow \text{Sols peu gonflants}$$

$$1.84 \text{ bares} < P_c < 3.54 \text{ bares}$$

Les courbes de consolidation donnée des valeurs de coefficient de consolidation C_v comprises entre 9.04×10^{-4} et $1.08 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$.

➔ Les essais de cisaillement ont donné les valeurs de :

$$0.04 \text{ bars} < C_{uu} < 1.57 \text{ bares}$$

$$8.05^\circ < \varphi_{uu} < 29.51^\circ$$

10. CONCLUSION :

Au terme des investigations préliminaires menées sur le terrain de notre projet de la ville d'azazga dans la wilaya de tizi ousou nous tirons les enseignements suivants :

- ❖ de point de vu lithologique le tracé traversa les formations constituées Généralement d'argile limoneuse en surface, surmontant les marnes argileuses, Celles-ci sont alternées par endroit de petits lits de grés. le tout repose sur des marnes grises compactes.
- ❖ Le niveau piézométrique est à environ de 3.5m de profondeur mais il peut connaitre des fluctuations selon les saisons et le pluviomètre.

CHAPITRE 8

DIMENSIONNEMENT DE CORPS CHAUSSEE

XI. DIMENSIONNEMENT DE CORPS CHAUSSEE

1. INTRODUCTION :

De tous temps, l'objectif essentiel des structures des routes été la réalisation des chaussées résistantes, que la répétition des passages des véhicules ne puisse l'endommager trop rapidement.

C'est pourquoi l'évolution de la chaussée a toujours était étroitement lié avec celle du moyen de transport routier.

La qualité de la construction des chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisés conformément aux exigences arrêtées.

2. DEFINITION DE LA CHAUSSEE :

Au sens géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

Au sens structurel : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

Le rôle principal de la chaussée est de résistée aux effets nocifs qu'ils soient agents atmosphériques, déformation du sol support et ceux liées à la circulation. A cette fin deux types de chaussées de caractéristiques distinctes sont utilisés sur l'ensemble du réseau mondial :

2.1 Chaussées rigides :

Une chaussée rigide se compose d'une dalle de ciment portland fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée.

L'avantage que procure cette chaussée est de répartir les charges sur une grande surface de la fondation du fait de la rigidité de son revêtement.

Par conséquent, son revêtement ne requiert pas de fondation épaisse, dans ce cas, son rôle se limite à empêcher les remontées de sol entre les dalles.

2.2. Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

3. ROLE DES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE SOUPLE :

3.1. Couche de surface :

C'est la dernière couche de la chaussée et qui est en contact direct avec les pneumatiques, elle a pour rôle :

- ✓ de résister aux efforts des charges dynamiques et de transmettre les charges verticales à la base.
- ✓ D'imperméabiliser la surface de chaussée.

Elle comporte deux parties : une couche de roulement et une couche de liaison.

3.2. Couche de base :

Elle a pour rôle d'augmenter la stabilité et la rigidité de la fondation tout en lui transmettant les contraintes verticales.

Pour cela, que les granulats sélectionnés et la qualité du liant (bitume) utilisées doivent être suffisamment durs pour résister à l'écrasement pour donner une couche de base rigide stable et uniforme.

3.3. Couche de fondation :

Elle a le même rôle que la couche de base (les couches de fondation et de base constituent le corps de chaussée)

3.4. Couche de forme : elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme qui sont pour :

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

Un Sol peu porteur : (argileux à teneur en eau élevée), elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

4. METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES :

Pour la détermination de l'épaisseur du corps de chaussée, il faut commencer par l'étude du sol. La méthode utilisée par les bureaux d'études qui sont empirique est basée sur la détermination de l'indice porteur de sol.

- ✓ Appréciation de trafic composite.
- ✓ Utilisation des abaques ou des formules pour déterminer l'épaisseur de la chaussée.

On distingue deux méthodes approches:

Les méthodes empiriques et semi empirique, ces méthodes s'appuient sur trois paramètres:

- ✓ Le trafic: charge par voie, pression de gonflage et répétition des charges
- ✓ La force portante: obtenue par les différents essais géotechniques.

Les méthodes appartenant à la famille sont essentiellement :

- ✓ Méthode C.B.R.
- ✓ Méthode de L'ASPHALTE IN-SITUE.
- ✓ Méthode du CATALOGUE DES STRUCTURES.
- ✓ Méthode L.C.P.C.
- ✓ Méthode A.A.S.H.O.

4.1. Méthode A.A.S.H.O :

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales. Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- ✓ L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- ✓ L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- ✓ L'équivalence entre les différents types de charge par essai.

4.2. Méthode CBR : (californien- bearing- ratio) :

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

L'épaisseur de la chaussée, obtenue par la formule CBR améliorée, correspond à un matériau bien défini (grave propre bien gradué). Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égal à 1. et pour les qualités différentes, il faudra utiliser le coefficient (e_i), tel que : $e = \sum a_i \times e_i$

a_i : coefficient d'équivalence de chacun des matériaux à utiliser.

Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau son mentionner dans le tableau :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70
Tuf	0.60

4.3. Méthode L.C.P.C (laboratoire de contrôle des ponts et chaussées) :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression :

$$T_{eq} = \frac{[TJMA \times a((1 + z)^n - 1) \times 0.75 \times P \times 365]}{[(1 + z) - 1]}$$

T_{eq} = trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente e (en fonction de T_{eq} , I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

4.4. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur routier, un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu, caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques : (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux)

Matériaux : traités au bitume (GB, BB), non traités.

Trafic : classé selon le nombre de PL/j/sens à l'année de mise en service.

Portance du sol support (Si) : selon l'indice CBR (voir tableau)

Climat : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi aride, aride)

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

4.5. Méthode asphalte in situ :

Elle se base sur les résultats obtenus des essais A.A.S.H.O, elle prend en considération le trafic composite par échelle de facteurs d'équivalence et utilise un indice de structure qui est déterminé a partir de l'abaque de l'asphalte in situ.

5. CARACTERISTIQUES DU SOL SUPPORT :

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de $CBR=9$, donc la portance de sol support est de S_3 . On doit prévoir une couche de forme en matériau non traité de 40 cm (en deux couches), pour améliorer la portance de sol support.

Amélioration de la portance du sol support :

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

Les résultats de ces recherches sont résumés dans tableau suivant :

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF E_{cf}	Portance
$<S_4$	Non traité	50cm (2couches)	S_3
S_4	Non traité	35cm	S_3
S_4	Non traité	60cm (2couches)	S_2
S_3	Non traité	40cm (2couches)	S_2
S_3	Non traité	70cm (2couches)	S_1

N B : Nous avons choisit le matériau non traité pour des conditions économiques.

Pour notre cas on a un $CBR=9$; S_3 (tableau au dessus); nous proposons $E_{cf} = 40cm$ de T.V.O pour obtenir un CBR compris entre 10 et 25 ; S_2 (tableau au dessus). □ □ □ □

6. APPLICATION AU PROJET :

6.1. CHOIX DE LA METHODE DE DIMENSIONNEMENT :

Les cinq méthodes de dimensionnement qui sont citées ci après ont comme point commun leurs prises en considération (d'une façon différente) le trafic circulant sur la voie à construire et du sol sur lequel cette même voie va être utilisé.

Ceci représente les points nécessaires et suffisants pour tout dimensionnement d'une chaussée routière cependant, bien que ces paramètres aient fait l'unanimité des experts, on note qu'il n'existe pas actuellement une méthode universellement acceptée pour le calcul

Des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode à appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- De la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plate forme dans les zones basiques.
- De la qualité des matériaux mise en place.
- Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

Peu importe la méthode choisie, c'est la maîtrise qui nous intéresse le plus, c'est pour cela on a choisis les deux méthodes qui sont C.B.R et catalogue des dimensionnement des chaussées neuves (CTTP), car c'est les méthodes les plus répondues en Algérie.

6.2. Méthode C.B.R :

Avant le dimensionnement il faut faire le surclassement de notre sol pour améliorer sa portance.

On a $I_{CBR} = 9$ ce sol appartient dans S_3

Pour passer au sol d'une bonne portance (S_2) on ajoute une couche de forme de 40cm du T.V.O.

Alors on suppose que la nouvelle portance est de $I_{CBR} = 10$

Application sur l'évitement :

$$TJMA_{2030} = 20487 \text{ v/j.}$$

$$PL = 9.25\%.$$

$$N(PL) = 0.0925 \times 20487 = 1896 \text{ PL/j/sens.}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5(75 + 50 \log \frac{1896}{10})}}{5 + 10} = 39 \text{ cm}$$

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

On à :

Nom du couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur de la couche
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1,2	10
Fondation	GNT	1	15

$$e_3 = 39 - (2 \times 6 + 1,2 \times 10) = 15 \text{ cm}$$

➤ Application sur RN71 :

$$TJMA_{2030} = 16235 \text{ v/j.}$$

$$PL = 9.25\%.$$

$$N(PL) = 0.0925 \times 16235 = PL/j/sens.$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5}(75 + 50 \log \frac{1502}{10})}{5 + 9} = 38\text{cm}$$

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Nom du couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur du couche
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1,2	10
Fondation	GNT	1	15

$$e_3 = 38 - (2 \times 6 + 1,2 \times 10) = 14\text{cm}$$

➤ Application sur les bretelles :

Pour la détermination du corps de chaussées des bretelles, on prend le trafic de la bretelle la plus défavorable (qui a le plus grand trafic) et sa pour des conditions de réalisation (il y a un grand écart entre les épaisseurs des couches composant la chaussée).

$$TJMA_{2030} = 13728 \text{ v/j.}$$

$$PL = 9.25\%$$

$$N(PL) = 0.0925 \times 13728 = 1270 \text{ PL/j/sens.}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5}(75 + 50 \log \frac{1270}{10})}{5 + 9} = 37\text{cm}$$

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Nom du couche	Matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur du couche
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1,2	10
Fondation	GNT	1	15

$$e_3 = 37 - (2 \times 6 + 1,2 \times 10) = 13\text{cm}$$

6.3. La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

- Tous les axes étudiés ont un TJMA > 1500 v/j réseau principal RP1.
- On a choisi le grave non traités en couche de base (GNT).
- Le projet est à AZAZGA (zone climatique1 : pluviométrie >600mm/an).
- Durée de vie 20 ans.

Application sur l'évitement :

✓ Classe du trafic :

- TJMA₂₀₁₁=9350v/j.
- $\tau = 4 \%$.
- Z=9.25%.

$$TPL=865 \text{ PL/ j/sens} \Rightarrow TPL5$$

D'après la fiche structure, on choisit:

6BB+20GB+30GNT avec couche de forme (40 cm en T.V.O).

Application sur RN71 :

✓ Classe du trafic :

- TJMA₂₀₁₁=7409v/j.
- $\tau = 4 \%$.
- Z=9.25%.

$$TPL=686 \text{ PL/ j/sens} \Rightarrow TPL5$$

D'après la fiche structure, on choisit:

6 BB+20 GB+30GNT avec couche de forme (40 cm en T.V.O).

Application sur les bretelles :

- ✓ Classe du trafic :
 - TJMA2011=6265v/j.
 - $\tau = 4 \%$.
 - $Z = 9.25\%$.

$$TPL = 580 \text{ PL/j/sens} \Rightarrow TPL4$$

D'après la fiche structure, on choisit:

6 BB+15 GB+35GNT avec une couche de forme (40 cm en T.V.O).

Résumé : L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

	C.B.R	Catalogue des structures
L'évitement	6BB + 10GB + 15GNT	6BB + 20GB + 30GNT
La RN71	6BB + 10GB + 15GNT	6BB + 20GB + 30GNT
Les bretelles	6BB + 10GB + 15GNT	6BB + 15GB + 35GNT

7. CONCLUSION:

D'après le tableau, on remarque bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

CHAPITRE 9

ASSAINISSEMENT

XII. ASSAINISSEMENT

1. INTRODUCTION :

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau provoque plusieurs inconvénients tel que les problèmes d'inondation ; glissement des terrains, ainsi que les problèmes d'érosion, stabilité des talus, et la dégradation des chaussées par défaut de portance du sol.

Donc une solution à ses problèmes fut adaptée, c'est de prévoir des dispositions adéquates pour évacuer l'eau loin de la route, l'ensemble de ses travaux porte le nom Assainissement.

2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Éviter les problèmes d'érosions.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

3. ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSÉE :

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

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

A- Fossé de pied du talus de déblai :

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

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

B- Fossé de crête de déblai :

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

C- Fossé de pied de talus de remblai :

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

D- Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

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

E- Descentes d'eau :

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

4. CHOIX DES OUVRAGES D'EVACUATION :

Le choix des ouvrages d'évacuation des eaux superficielles doit s'appuyer sur les deux principes de base suivante :

- ✓ L'utilisation d'ouvrage superficiel dont les coûts d'investissement et d'entretiens est plus faible que ceux des ouvrages enterrés.
- ✓ Rejeter les eaux hors de la plate forme chaque fois que cela est possible, afin de diminuer les déblais de transit.

5. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'EVACUATIONS :

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

$$Q_a = Q_s$$

Q_a : Débit d'apport en provenance du bassin (m^3/s).

Q_s : Débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s).

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

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

Avec :

K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s).

I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m²).

5.1. Détermination de l'intensité :

5.1.1. Calcul de la précipitation :

D'après GALTON, le calcul de la pluie journalier maximal annuel de fréquence donnée s'effectue par la formule suivante :

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

Avec :

P_j : Pluie moyenne journalier

C_v : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

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

5.1.2. Calcul de la fréquence d'averse :

On la détermine par la formule :

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

P_t : hauteur de pluie de durée t (mm)

P_J : pluie journalière maximale annuelle.

b : l'exposant climatique de la région.

T : temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu' à son exutoire ou le point de calcul).

5.1.3. Intensité de l'averse :

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

Avec : $I = \frac{P_J(\%)}{t}$

5.2. Coefficient de ruissellement :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

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

5.3. Calcul de débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de GRACCKELER-MANNING et STRICKLER :

$$Q_s = S \times K \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$$

Tel que :

- ✓ S : section mouillée.
- ✓ K : coefficient de STRECKLER qui dépend de la nature des parois de l'ouvrage pris, égale à :
 - Paroi en terre : K=30.
 - Paroi en béton : K=60.
- ✓ R : rayon hydraulique (m).
- ✓ J : la pente moyenne de l'ouvrage.

6. LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul, que nous avons obtenu auprès de l'A.N.R.H à rejoindre de tableau au dessous.

L'application de ce modèle a cette station à donner les résultats suivants :

avec b : 0,48

Valeurs des intensités obtenues en mm/h

I(t, T)	T : 2 ans	T : 5 ans	T : 10ans	T : 20ans	T : 50ans	T :100ans
1h	15.4	20.2	23.3	26.4	30.3	33.3
2h	11	14.5	16.7	18.9	21.7	23.8
3h	9.1	11.9	13.8	15.6	17.9	19.6
6h	6.5	8.5	9.9	11.2	12.8	14.1
12h	4.7	6.1	7.1	8	9.2	10.1
24h	3.3	4.4	5.1	5.7	6.6	7.2

7. APPLICATION AU PROJET :

8. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DRAINAGE :

✓ calcul l'intensité :

$$23.3 = I\left(\frac{1}{24}\right)^{1-0.48} \Rightarrow I = 4.46 \text{ mm/h} \quad \text{Pendant 10 ans}$$

$$I = 5.80 \text{ mm/h} \quad \text{Pendant 50 ans}$$

✓ calcul l'intensité d'averse pour 15 minutes :

$$I_t = 47.88 \text{ mm/h} \quad \text{Pendant 10 ans}$$

$$I_t = 62.26 \text{ mm/h} \quad \text{pendant 50 ans}$$

✓ Calcul du débit d'apport:

$$\text{On a : } Q_a = 2.78 \times 10^{-7} \times C \times I \times A$$

Avec :

- A : aire de bassin versant.
- I : intensité de l'averse.
- C : Coefficient de ruissellement.

Les résultats de calcul de chaque axe sont donnés dans les tableaux suivants :

➔ **La RN71:**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	5670	0,95	47.88/62.26	0.07/0.09	Q ₀ 0.155/0.2
Accotement	1458	0,4	47.88/62.26	0.005/0.007	
Talus	20250	0,3	47.88/62.26	0.08/0.1	

➔ **L'évitement:**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	12306	0,95	47.88/62.26	0.155/0.202	Q ₁ 0.305/0.415
B.A.U	5274	0,95	47.88/62.26	0.06/0.086	
Talus	24612	0,3	47.88/62.26	0.09/0.127	

➔ **Bretelle 01 :**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	4245.2	0,95	47.88	0.05	Q ₂ 0.061
Accotement	265.325	0,4	47.88	0.0014	
Talus	2653.25	0,3	47.88	0.01	

➔ **Bretelle 02 :**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	4814	0,95	47.88	0.06	Q ₃ 0.073
Accotement	300.875	0,4	47.88	0.0016	
Talus	3008.75	0,3	47.88	0.012	

➔ **Bretelle 03:**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	4383.36	0,95	47.88	0.055	Q ₄ 0.066
Accotement	273.96	0,4	47.88	0.0014	
Talus	2739.6	0,3	47.88	0.01	

➔ **Bretelle 04:**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	4727.6	0,95	47.88	0.059	Q ₅ 0.071
Accotement	295.475	0,4	47.88	0.0015	
Talus	2954.75	0,3	47.88	0.011	

➔ **Boucle 01 :**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	2378.08	0,95	47.88	0.03	Q ₆ 0.035
Accotement	148.63	0,4	47.88	0.0008	
Talus	1189.04	0,3	47.88	0.0047	

➔ **Boucle 02 :**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	2376.48	0,95	47.88	0.03	Q ₇ 0.035
Accotement	148.53	0,4	47.88	0.0008	
Talus	1188.24	0,3	47.88	0.0047	

➔ **Boucle 03 :**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	2345.44	0,95	47.88	0.029	Q ₈ 0.034
Accotement	146.59	0,4	47.88	0.00078	
Talus	1172.72	0,3	47.88	0.0046	

➔ **Boucle 04 :**

Surface D'apport	Surface (m ²)	Coefficient de ruissellement C	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _a	Debit total
Chaussée	2340.64	0,95	47.88	0.029	Q ₉ 0.034
Accotement	146.29	0,4	47.88	0.00077	
Talus	1170.32	0,3	47.88	0.0046	

9. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :

Pour dimensionner les fossés, on considère le débit d'apport maximum qui est au niveau de la RN71 et l'évitement d'azazga, et on adopte les dimensions des fossés obtenus pour cette dernière pour les autres sections.

- La hauteur des talus est supérieure à 4m, alors on prévoit des fossés de forme trapézoïdale à parois en béton.

Les dimensions du fossé sont obtenues d'après la formule ci-dessous :

$$Q_{amax}=Q_s = K \times S_m \times J^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}}$$

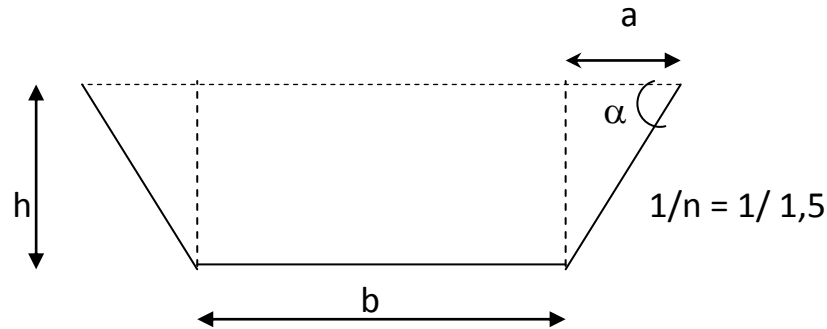
- K (coefficient de rugosité) pour notre cas: K= 60 ouvrage en béton.
- J: pente longitudinale du fossé.

$$R = \frac{S_m}{P_m}$$

P_m: périmètre mouillé.

$$P_m = b + 2.c \text{ d'après Pythagore } c = h \times \sqrt{n^2 + 1}$$

$$S_m = (n \cdot h + b) \cdot h$$



$$h_i = Q_a / \left[(b + nh_{i-1}) \times k \times j^{\frac{1}{2}} \left[\frac{h_{i-1}(b + nh_{i-1})}{b + 2h_{i-1} \times \sqrt{1 + n^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \right]$$

$$Q_a = 0.305 \text{ m}^3/\text{s}, J = 3.5\%$$

On prend $b=0,5\text{m}$ et on calcul la hauteur par itération on trouve :

$h = 0.32\text{m}$ et lorsque le terrain est montagneuse on prend $h=0.5$

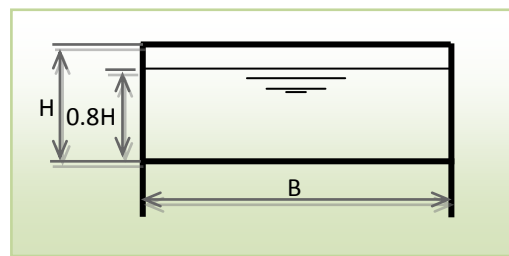
10. RECHERCHE LES DIMENSIONS DES DALOTS:

La surface mouillée :

$$S_m = 0.8H \times B$$

Le périmètre mouillé :

$$P_m = 1.6H + B$$



Le rayon hydraulique :

$$RH = \frac{0.8H \times B}{1.6H + B}$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot S \cdot RH^{2/3}$$

$$J = 4\% , k = 70 \quad H = \frac{1}{0.8B} \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot J^{1/2}} \right)^{3/5} (1.6H + B)^{2/5}$$

11. CALCUL DES OUVRAGES D'EVACUATIONS :

Les sections à donner aux ouvrages d'évacuation sont basées sur le principe de l'écoulement libre, la formule de BAZIN, nous permet de déterminer la vitesse de l'écoulement ainsi que le taux de remplissage des conduites.

La formule de base est : $Q = V.S$

Q : Débit $5m^3/s$.

S : Section transversale.

V : vitesse d'écoulement en m/s.

Les dimensions de la canalisation sont obtenues d'après la formule si dessous :

$$Q = K \times \left(\frac{1}{n}\right) R_H^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \times S$$

$$R_H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi D^2}{4} / \pi D = \frac{D}{4}$$

S_m : surface mouillée.

P_m : périmètre mouillé.

Q : Débit max. (m^3/s)

n : Coefficient de rugosité de la canalisation.

J : Pente moyenne de la canalisation.

S : Section transversale de l'écoulement (m^2).

R_H : rayon hydraulique

K : Coefficient de rugosité

$K=70$ (condition de qualité normale)

Nous avons utilisé des conduites circulaires de qualité normale et par conséquent nous avons pris $n=1.5$, pour des raisons d'exécution on a prévu le même diamètre pour tout le passage souterrain.

Alors :

on a la pente moyenne de la conduite $I = 4.5\%$, donc :

$$Q = 70 \times \left(\frac{1}{1.5}\right) \times \left(\frac{R}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0.045)^{\frac{1}{2}} \times (\pi R^2)$$

$$Q = 19.58 R^{\frac{8}{3}} \Rightarrow R = \left(\frac{Q}{19.58}\right)^{\frac{3}{8}} = 0.201\text{m} \approx 0.25\text{m pour l'évitement}$$

$$R = 0.162\text{m Pour la RN71}$$

Le débit est assuré pour un diamètre

$$\phi = 2R = 500\text{mm Pour l'évitement et } \phi = 400\text{mm pour la RN71}$$

Désignation	PK de la RN71	PK de l'évitement	Dimensions (B×H) m ² ou ϕ
DALOT EXISTANT	0+18	/	2 × 2
BUSE EXISTANT	0+320	/	ϕ 400
BUSE	/	1+620	ϕ 500
BUSE	/	1+100	ϕ 500

12. DIMENSIONNEMENT DES TRAVERSEES :

En ce qui concerne l'assainissement des rampes de l'échangeur des bordures hautes qui protègent les remblais des eaux de ruissellement sont prévus le long de ces rampes.

Les eaux de ruissellement sont à cheminées à l'aide des descentes maçonnées à (canettes).

Les canalisations se font à l'aide de semi buses en directions du fossé principal.

Le diamètre de la canalisation est fonction du débit maximum à évacuer, ce dernier est donné par la formule de MANING-STRIKLER.

$$Q_s = K_{st} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times S$$

Q_s : débit maximum

K_{st} : coefficient de rugosité de canalisation.

I : pente de canalisation. (m/m).

S : section transversale de l'écoulement.

R_H : Rayon hydraulique ($R_H = \frac{S_m}{Pm}$).

$$\left. \begin{aligned} S_m &= \frac{\pi R^2}{2} \\ Pm &= \pi R \end{aligned} \right\}$$

$K = 70$ (condition de qualité normale).

Pour une pente moyenne de terrain naturel (3.5%).

$$\text{On a: } Q_s = 70 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0.035)^{\frac{1}{2}} \times \frac{\pi R^2}{2} = 0.155 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow R = 100 \text{ mm}$$

On prend des semi buses de $\phi = 400 \text{ mm}$.

CHAPITRE 10

L'ENVIRONNEMENT

XIII. L'ENVIRONNEMENT

1. INTRODUCTION :

L'implantation d'un réseau routier est capitale au développement économique et social d'un pays, elle répond à des impératifs socio économiques politiques, de rapidité et sécurité d'une circulation routière qui constituent des avantages recherchés. Le réseau routier doit tenir compte également de sa densité optimale et de son impact sur l'environnement. Au delà d'un certain seuil des dangers prendront le pas sur les avantages acquis et l'investissement consenti pourra être remis en cause.

2. CADRE JURIDIQUE :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1935, 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 ; projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

3. OBJET DE L'ETUDE:

L'étude d'impact est indispensable pour avaler les avantages et les inconvénients résultant de chacun des traces possibles d'un aménagement routier surtout lorsque ces inconvénients sont difficilement quantifiables monétairement.

Dans l'étude d'impact apporte des élément de comparaison supplémentaire pour le choix entre les différentes variantes du tracé envisagé au niveau de

l'étude préliminaire et a pour objectif d'analyser des dégradations traversé par le nouvel aménagement et de déterminer ses impact afin de prendre les mesures de nature a remédier contre ces aspect négatifs sur l'homme, l'environnement, la richesse naturelle et agricole et leur incidence socio-économique.

4. PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT :

La protection de l'environnement s'organise en général autour de 3 grands axes: protection de la faune et de la flore, protection de l'eau.

- **La faune et la flore:**

La faune et la flore sont variées, mais, l'accélération du développement socio-économique a engendré la précarisation des milieux et habitats naturels.

En vue de protéger les différentes espèces. L'étude du tracé doit prend ainsi en compte cet état des lieux de façon à limiter son impact. des nombreux aménagements devront être réaliser tout le long de l'autoroute pour faciliter l'insertion de l'ouvrage dans les milieux traversés et perturber le moins possible la vie des animaux.

- **La protection de l'eau :**

Elle s'articule autour de 2 actions : l'écoulement de l'eau et sa protection.

L'autoroute ne doit pas perturber l'écoulement des ruisseaux tout en permettant d'épancher des crues potentielles. Ainsi, pour chaque cours d'eau, grands ou petits, un Ouvrage de franchissement est construit.

- **Protection contre le bruit :**

Plusieurs options sont possibles pour respecter les niveaux sonores (60 décibels la journée et 55 la nuit). Premièrement, l'étude du tracé lui-même prend en compte la distance des habitations. Si le tracé est malheureusement proche de zones sensibles, une protection acoustique s'impose. La série de dispositif commence par la mise en place de merlons de terre en remblai puis de murs acoustiques si cette première protection n'est pas suffisante. Il faut envisager une

isolation acoustique du bâtiment lui-même. Dans les cas extrêmes, c'est l'indemnisation des propriétaires.

5. APPLICATION AU PROJET :

La protection de l'environnement est l'une des préoccupations majeures des responsables de la commune d'AZAZGA.

Dans cette perspective, elle accorde un grand intérêt à la nature ; des projets industriels qui seront réalisés dans le cadre de l'investissement.

1. Données d'Ordre générales :

- Circonscription administrative : AZAZGA.
- Commune d'AZAZGA.
- Limites administratives et naturels de la commune : montagne+routes.
- Superficie de la commune : 7705 ha
- Nombre de la population : 35683 habitant
- Vocation de la commune : Agricole lorsque la surface agricole utile 1711ha.
- Nombre d'agglomération urbaine : 01.
- Zone éparse.
- Position de l'agglomération par rapport au rivage (30 km)

2. Bilan Écologique :

- Dimensions de la côte : 3 km.
- Nature de côte : argileuse.
- Les fleuves : fleuve de sébaou et fleuve d'aboud.
- Site d'intérêt écologique : forêt de Yakouren.
- Les montagnes de Djurjura.

3. Pressions :

- Les activités agricoles : la zone soi poinçon agricole.
- Nombres et noms des Oueds : 02
 - Azazga est situé en amont de Sebaou (le Fleuve Sébaou), entre Tizi Ouzou et Ifigha.

-le fleuve d'aboud.

-Plus toutes les rivières qui rejoignent les fleuves en direction de la mer.

4. Les solutions proposées :

4.1. Traitement paysage :

Pour lutter contre la pollution de l'aire on doit : Engazonner les talus des bretelles.

4.2. La sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

-Pour les sorties d'engins des chantiers, des carriers et des usines, des panneaux de signalisation seront implantés.

On peut minimiser les gênes de la circulation et limiter les dépenses si on respect les critères suivants :

1. La programmation :

C'est de bien organiser les phases de travaux pour éviter au maximum les temps perdus et improvisation.

2. La rapidité :

La longue durée de réalisation d'un projet en site ou la circulation est importante comme le cas de notre projet. d'ou la nécessité de la réduction du temps de congestion supplémentaire provoquée par les travaux.

3. Minimiser l'emprise :

Cela afin d'éviter la gêne de la circulation au cours de la réalisation.

CHAPITRE 11

PIQUETAGES DES AXES

CHAPITRE 12

SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

XV. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

A.SIGNALISATION :

1. INTRODUCTION:

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

2. OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour rôles :

- ✓ De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- ✓ De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- ✓ De donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

3. TYPES DE SIGNALISATION:

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation verticale
- ✓ Signalisation horizontale

3.1. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- ✓ Signalisation avancée.
- ✓ Signalisation de position.
- ✓ Signalisation de direction.

3.2. Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, la signalisation horizontale se divise en trois types :

3.2.1. Marque longitudinale :

- ✓ Lignes continues.
- ✓ Lignes discontinues (ligne d'avertissement, ligne de rive).

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)	Rapport plein vide
T ₁	3.00	10.00	Environ 1/3
T' ₁	1.50	5.00	
T ₂	3.00	3.50	Environ 1
T' ₂	0.50	0.50	
T ₃	3.00	1.33	Environ 3
T' ₃	20.00	6.00	

3.2.2. Marques transversales :

- ✓ Ligne STOP :
- ✓ Les flèches (rabattement, de sélection).
- ✓ 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 autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines

U = 5 cm sur les autres routes.

4. LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière

5. APPLICATION :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

5.1. Signalisation verticale :

- ✓ Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A
- ✓ Panneau de signalisation priorité : type B
- ✓ Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C
- ✓ Panneau de signalisation d'obligation : type D
- ✓ Panneau de signalisation de pré signalisation : type E
- ✓ Panneau de signalisation de direction : type E /B
- ✓ Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : type E
- ✓ Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

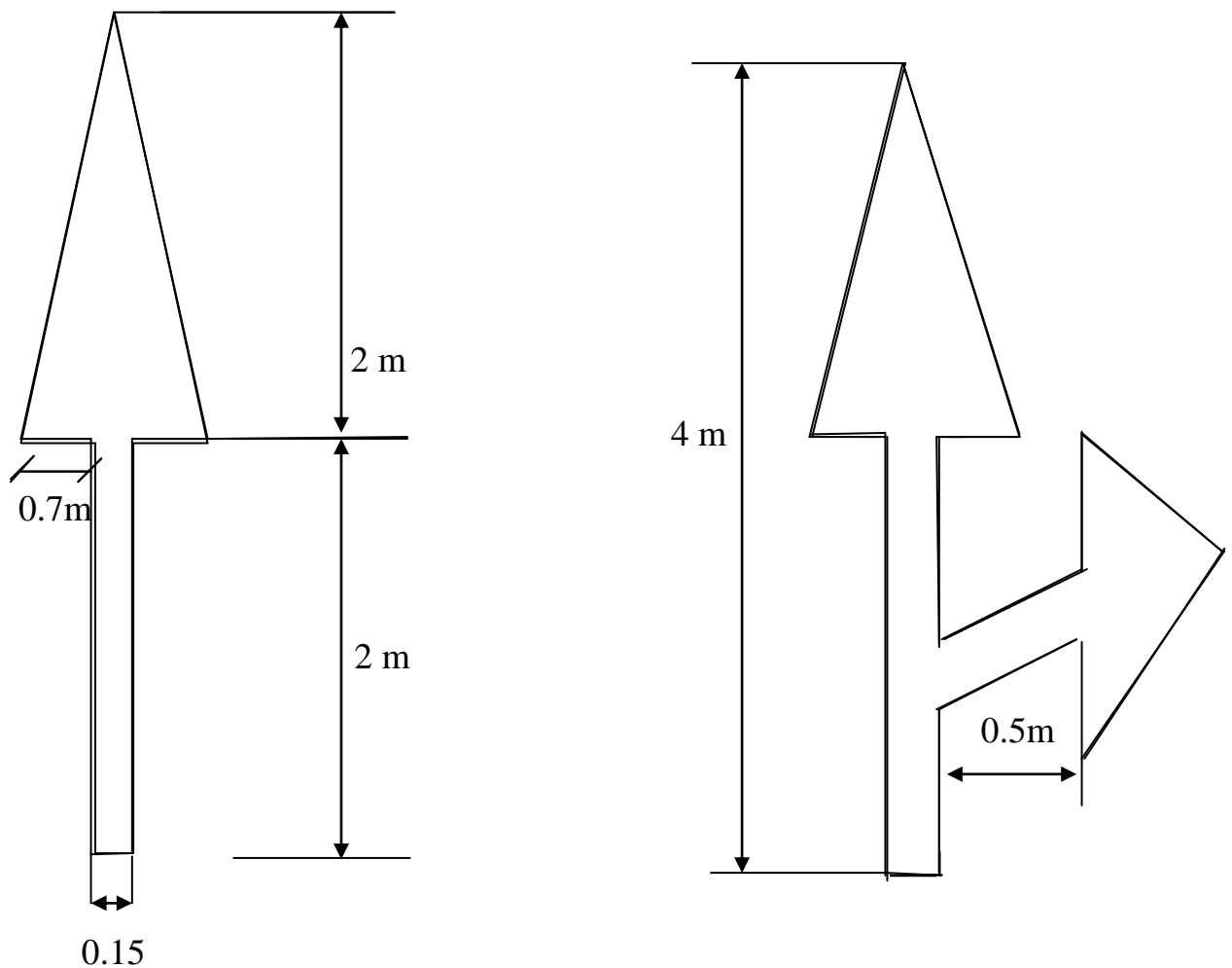
5.2. Signalisation horizontale :

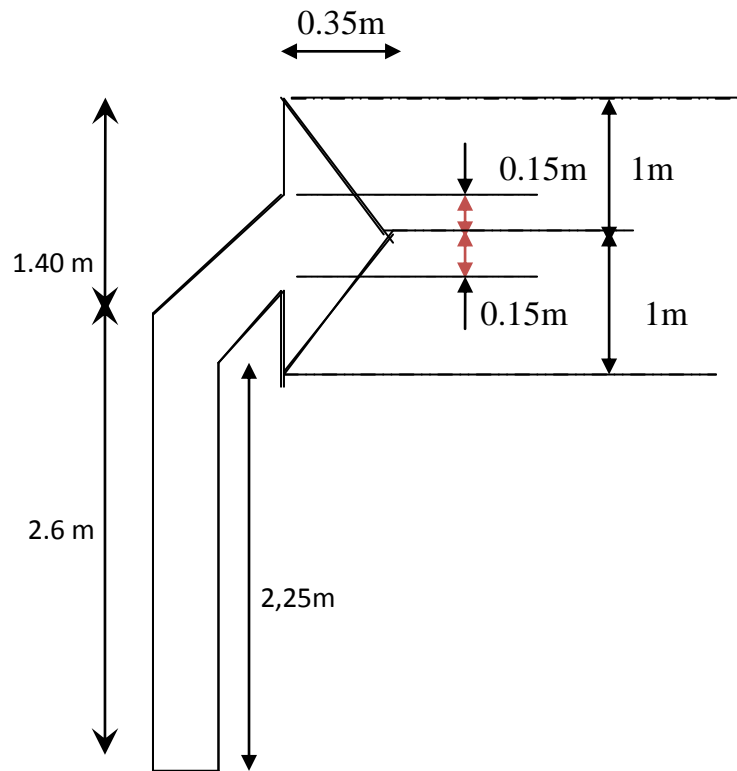
- ✓ largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

Pour :

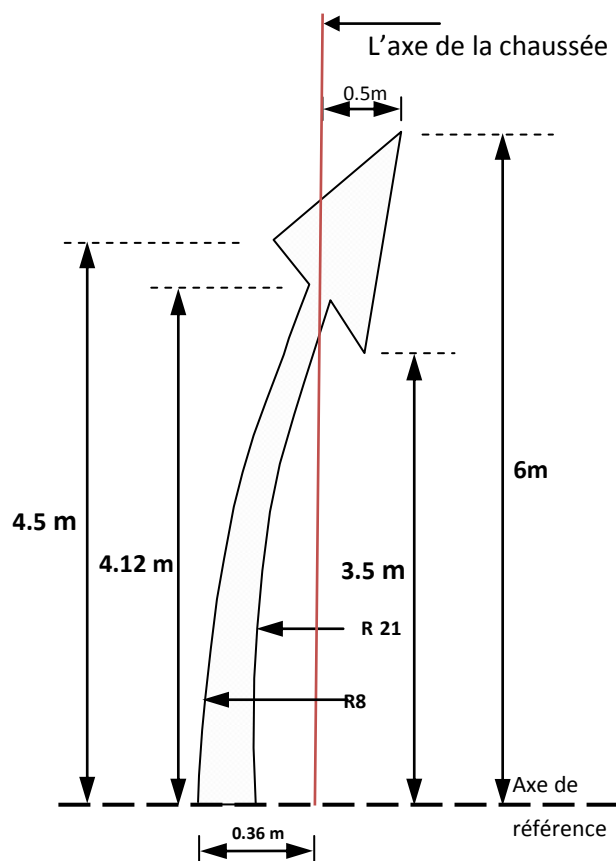
- ✓ La route et l'évitement : $U = 7.5 \text{ cm}$.
- ✓ Les bretelles et les voies d'accès : $U = 5 \text{ cm}$.

FLECHE DE SELECTION



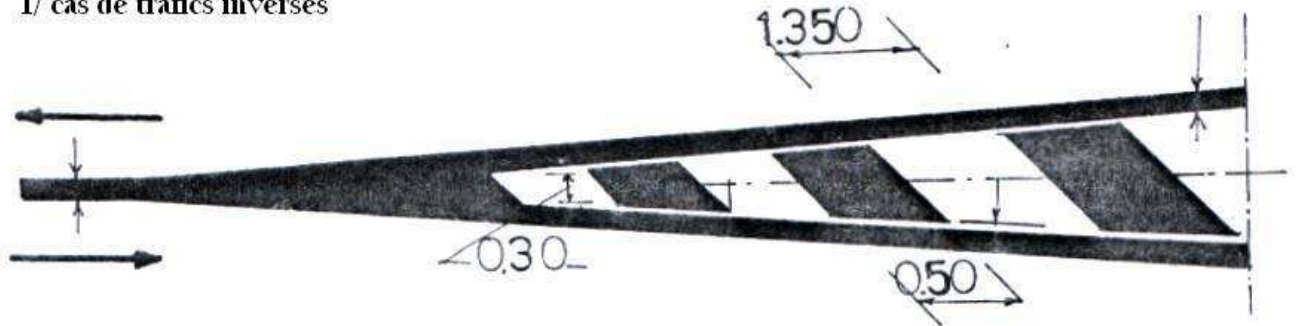


FLECHE DE RABATTEMENT

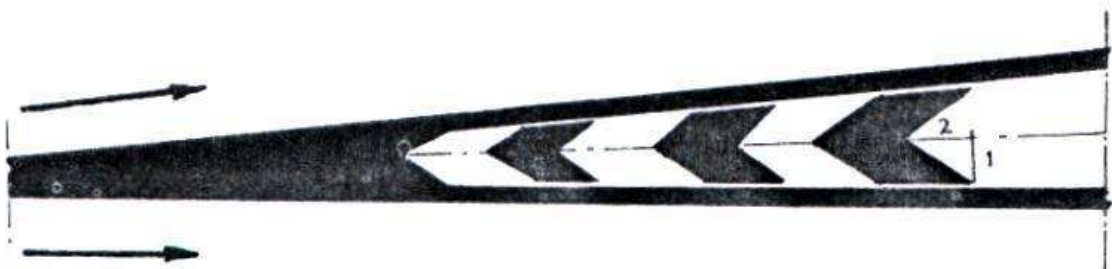


shémas de marquage par hachures

1/ cas de trafics inverses

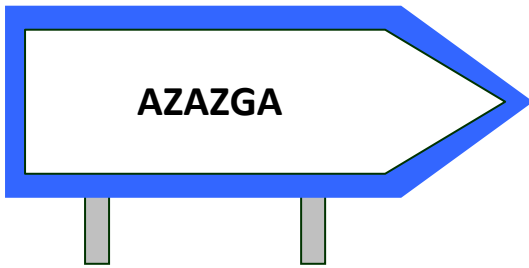


2/ cas de trafics divergents



3/ cas de trafics convergents

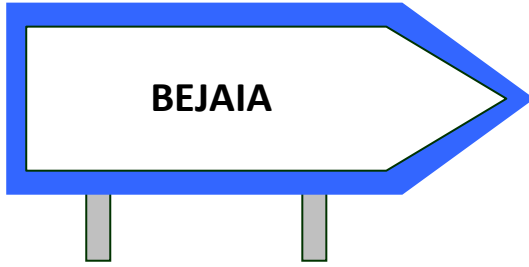




SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)

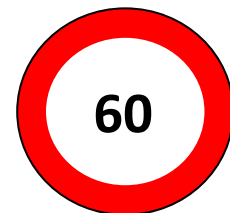
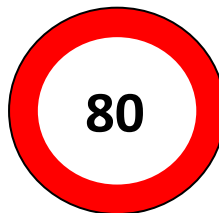


SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)

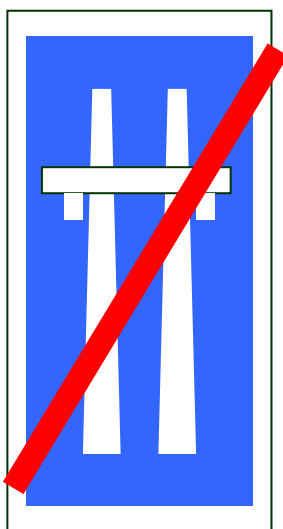
Signaux d'interdiction ou de restriction



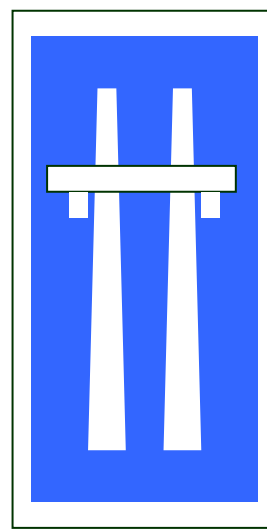
C5-HAUTEUR LIMITE GABARIE



VITESSES LIMITEES C11-a



SORTIE DE L'AUTOROUTE (E15)



ENTREE DE L'AUTOROUTE (E14)

B.ECLAIRAGE :**1. INTRODUCTION :**

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

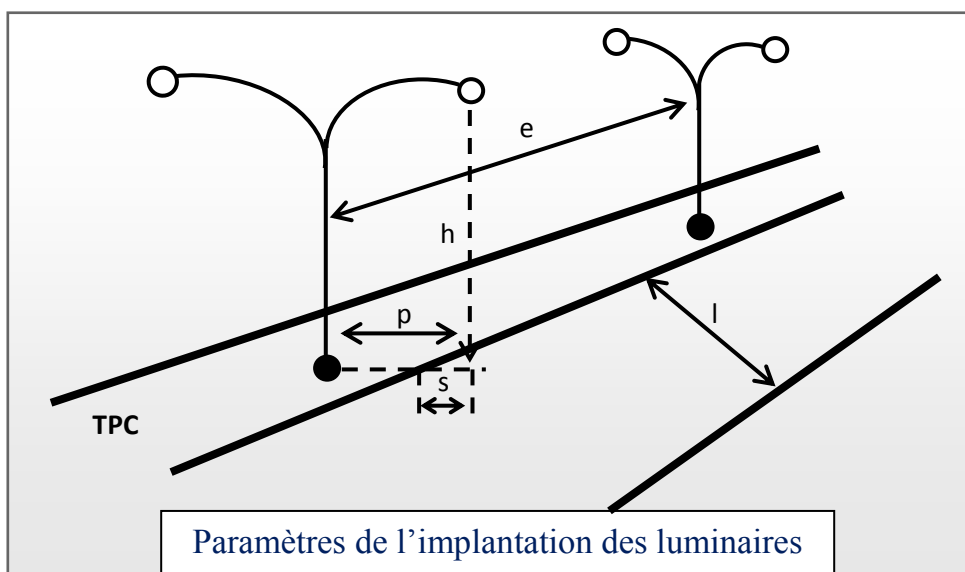
2. CATEGORIES D'ECLAIRAGE :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- ✓ Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- ✓ Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- ✓ Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- ✓ Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

3. PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

- ✓ L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- ✓ La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 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.



4. APPLICATION AU PROJET :

Eclairage de la voie (le long de la route) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route (la voie express)

NOTA :

Deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

CHAPITRE 13
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XVI. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1-Acquisition des terrains	M ²	144 581,00	2000	289 162 000,00
2-Abattage des arbres	U	240,00	5500	1 320 000,00
3- Terrassements				
Décapage de terre végétale (20cm)	M ²	55 356,00	295	16 330 020,00
scarification de la chaussée existant	M ²	7 937,00	6000	47 622 000,00
Déblais en terrain meuble mis en dépôt	M ³	792 434,00	250	198 108 500,00
Remblais En Provenance D'emprunt	M ³	510 763,00	400	204 305 200,00
TOTAL				466 365 720,00
4- Chaussée				
Couche de Forme (40cm T.V.O)	M ³	50 370,00	900	45 333 000,00
Fondation en GC	M ³	24 674,00	920	22 700 080,00
Base en (GB) (gama=2,2)	T	12 976,00	3800	49 308 800,00
Revêtement en (BB) (gama=2,4)	T	4 423,00	4200	18 576 600,00
couche d'imprégnation	M ²	125 926,03	75	9 444 452,25
couche d'accrochage	M ²	125 926,03	60	7 555 561,80
TOTAL				152 918 494,05
5-Bordure (15/25 types 2)	ML	2 500,00	750	1 875 000,00
6-Grèsière de sécurité	ML	50,00	100	5 000,00
7-Ouvrage d'art	M ²	500,00	35000	17 500 000,00
8-DALOT	U	1	555 590	555 590,00
9-BUSE	U	3	200000	600 000
TOTAL				20 535 590
11-travaux supplémentaires				
assainissement	F	4%		37 212 072,16
Signalisation	F	5%		46 515 090,20
control de Réalisation	F	4%		37 212 072,16
impact sur l'environnement	F	1%		9 303 018,04
installation de chantier	F	4%		37 212 072,16
TOTAL				167454324.7
TOTAL GENERAL			1 097 756 129 DA	

XVII. CONCLUSION GENERALE

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

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

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

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

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

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

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- ✓ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- ✓ S.E.T.R.A (Carrefours dénivelés).
- ✓ Signalisation routière.
- ✓ Assainissement (Recommandation).
- ✓ I.C.T.A.A.L (Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaisons 22 octobre 1985)
- ✓ I.C.T.A.R.N (Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement des Routes nationales avril 1970).
- ✓ A.R.P (Aménagement des routes principales).
- ✓ E.N.S.T.P anciennes mémoires de Fin d'Etude.
- ✓ Cours de routes de 4^{ème} année ENTP.
- ✓ Cours de routes de 5^{ème} année ENTP.