

SOMMAIRE

| | |
|-----------------------------|-----|
| Résume : | IV |
| Obstract. : | IV |
| ملخص : | V |
| Table des matières : | VI |
| Liste des figures: | X |
| Liste des tableaux: | XII |
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |

CHAPITRE I : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

| | |
|---|----|
| 1. PRESENTATION DU PROJET : | 2 |
| 1.1. Généralités : | 2 |
| 1.2. Cadre de l'étude : | 3 |
| 1.3. Objectifs principaux de l'étude : | 3 |
| 1.4. Caractéristiques géométriques : | 3 |
| 2. ETUDE DE TRAFIC:..... | 4 |
| 2.1. Introduction : | 4 |
| 2.2. Vocabulaire | 4 |
| 2.3. L'analyse de trafic existant : | 5 |
| 2.4. Différent type de trafic : | 7 |
| 2.5. CALCUL DE LA CAPACITÉ: | 7 |
| 2.6. Détermination du nombre de voies : | 12 |
| 2.7. APPLICATION AU PROJET | 13 |
| 2.8. Conclusion: | 15 |

CHAPITRE II : GEOMETRIE DE LA ROUTE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCTION : | 16 |
| 2. TRACÉ EN PLAN : | 16 |
| 2.1. Définition : | 16 |
| 2.2. Règles à respecter dans le tracé en plan : | 16 |

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| 2.3. Les élément du tracé en plan..... | 17 |
| 2.4. Courbe de raccordement (CR) :..... | 22 |
| 2.5. Combinaison des éléments du tracé en plan :..... | 25 |
| 2.6. Calcul d'axe:..... | 26 |
| 3. . PROFIL EN LONG :..... | 33 |
| 3.1. Définition :..... | 33 |
| 3.2. Trace de profil en long:..... | 33 |
| 3.3. Les éléments constituant le profil en long :..... | 34 |
| 3.4. Coordination du tracé en plan et profil en long..... | 35 |
| 3.5. Raccordements en profil en long :..... | 35 |
| 3.6. Détermination pratiques du profil en long :..... | 38 |
| 3.7. Exemple de calcul de profil en long..... | 42 |
| 4. Le profil en travers :..... | 46 |
| 4.1. Définition :..... | 46 |
| 4.3. Types de profil en travers :..... | 47 |
| 4.4. Application au projet..... | 48 |

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCTION :..... | 50 |
| 2. LA CHAUSSÉE :..... | 50 |
| 2.1. Définition :..... | 50 |
| 3. LES STRUCTURES DE CHAUSSEES :..... | 50 |
| 4. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :..... | 51 |
| 4.1. Chaussée souple :..... | 51 |
| 4.2. Chaussée semi – rigide :..... | 52 |
| 4.3. Chaussée rigide :..... | 53 |
| 5. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT:..... | 53 |
| 5.1. Trafic:..... | 53 |
| 5.2. Environnement :..... | 54 |
| 5.3. Le sol support :..... | 54 |
| 5.4. Les matériaux :..... | 54 |
| 6. LES principales méthodes de dimensionnement :..... | 54 |
| 6.1. Méthode du catalogue des structures «SETRA» :..... | 54 |

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| 6.2. Méthode C.B.R «California -Bearing - Ratio»: | 56 |
| 6.3. Méthode A.A.S.H.O «American Association of State Highway Officials»:... | 58 |
| 6.4. La Méthode L.C.P.C «Laboratoire Central des Ponts et Chaussées» : | 58 |
| 6.5. Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTPP » : | 59 |
| 7. APPLICATION AU PROJET : | 60 |
| 8. CONCLUSION : | 61 |

CHAPITRE IV : MANAEMENT D'UN PROJET ROUTIER

| | |
|--|----|
| 1. INTRODICTON : | 62 |
| 2.LE RESEAU ROUTIER EN ALGERIE : | 62 |
| 2.1.Le schéma directeur routier et autoroutier : | 63 |
| 3. CYCLE DE VIE D'UN PROJET ROUTIER : | 65 |
| 3.1.Phase1: « Études préalables » : | 66 |
| 3.2.Phase 2 : « Conception »: | 68 |
| 3.3.Phase 3 : « Construction » | 69 |
| 3.4.Phase 4 : « Clôture » | 70 |
| 4. LES ACTEURS DU PROJET ROUTIER : | 71 |
| 5. LA WBS D'UN PROJET ROUTIER: | 73 |
| 5.1. Définition : | 73 |
| 5.2. Les éléments de WBS: | 73 |
| 5.3. avenages d'une WBS : | 74 |
| 6. CONCLUSION : | 76 |

CHAPITRE V : MANAEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCTION : | 77 |
| 2. DEFINITUON DU RISQUE : | 77 |
| 3. Classification du risque dans un projet routier : | 80 |
| 4. LES RISQUES GEOTECHNIQUES : | 81 |
| 4.1. Généralité : | 81 |
| 4.2. Actions pour diminuer le risque : | 82 |
| 5. Management des risques dans un projet routier (ISO 31000) | 82 |
| 5.1. Principes de gestion des risques: | 83 |

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| 5.2. Cadre organisationnel:..... | 83 |
| 5.3. Processus de management du risque:..... | 83 |
| 6. ETUDE DE NOTRE CAS :..... | 88 |
| 6.1. Présentation du projet : | 88 |
| 6.2.Cycle de vie de notre projet : | 88 |
| 6.3. Les principaux acteurs du projet : | 89 |
| 6.4.type de contrat du projet : | 90 |
| 6.5. Classification des risques :..... | 90 |
| 7. CONCLUSION | 95 |
| CONCLUSION GENERALE | 96 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 98 |

LISTE DES FIGURE

CHAPITRE I :

| | |
|--|---|
| Figure1. 1: Situation géographique de la willaya. | 2 |
| Figure1. 2: Situation de la route..... | 3 |

CHAPITRE II :

| | |
|--|----|
| Figure 2. 1: les éléments de tracé en plan. | 17 |
| Figure 2. 2: Force centrifuge..... | 19 |
| Figure 2. 3: Les éléments de clothoïde. | 23 |
| Figure 2. 4: Courbe en S. | 25 |
| Figure 2. 5: Courbe à sommet..... | 25 |
| Figure 2. 6: Courbe en C..... | 26 |
| Figure 2. 7: Courbe en ove..... | 26 |
| Figure 2. 8: Schéma de la courbe du profil en long. | 39 |
| Figure 2. 9: Schéma d'un rayon convexes. | 42 |
| Figure 2. 10: Schema d'un rayon concave. | 44 |
| Figure 2. 11: Profil en travers général. | 46 |
| Figure 2. 12: Profil en travers type remblais | 48 |
| Figure 2. 13: Profil en travers type deblais. | 49 |
| Figure 2. 14: Profil en travers type mixte | 49 |

CHAPITRE III:

| | |
|---|----|
| Figure 3. 1: Constitution des structures de chaussée..... | 50 |
| Figure 3. 2: Structure type d'une chaussée souple..... | 52 |
| Figure 3. 3: Chaussée semi-rigide..... | 52 |
| Figure 3. 4: Structure type d'une chaussée rigide..... | 53 |
| Figure 3. 5: schéma montre la démarche du catalogue..... | 59 |
| Figure 3. 6: Récapitulatif des résultats de la méthode CBR..... | 61 |

CHAPITRE IV :

| | |
|--|----|
| Figure1. 1: Disposition de réseau routier algérienne selon MTP..... | 62 |
| Figure1. 2: Le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025. | 63 |
| Figure1. 3: Le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2015 | 64 |
| Figure1. 4: Le schéma directeur routier et autoroutier 2015/2025. | 64 |
| Figure1. 5 Cycle de vie d'un projet routier. | 65 |
| Figure1 6. Les acteurs du projet routier. | 71 |
| Figure1 7: Exemple d'un WBS de projet routier. | 75 |

LISTE DES FIGURE

CHAPITRE V :

| | |
|--|----|
| Figure 2. 1La classification des risque selon leur probabilité d'occurrences et leur gravité . | 79 |
| Figure 2. 2. Le traitement des risques. | 80 |
| Figure 2. 3Structure de la norme ISO 31000. | 82 |
| Figure 2. 4. Processus de gestion du risque (ISO 31000, 2009). | 84 |
| Figure 2. 5Traitements des risques. | 87 |
| Figure 2. 6: Cycle de vie de notre projet. | 88 |
| Figure 2. 7: Les acteurs de projet. | 89 |
| Figure 2. 8: système traditionnelle. | 90 |
| Figure 2. 9: La matrice des risques étudier. | 93 |

LISTE DES TBLEAUX

CHAPITRE I :

| | |
|--|----|
| Tableau1. 1: coefficient d'équivalence..... | 9 |
| Tableau1. 2: Type de topographie :..... | 10 |
| Tableau1. 3: Type d'environnement..... | 10 |
| Tableau1. 4: coefficient lié à l'environnement..... | 11 |
| Tableau1. 5: coefficient de réduction de capacité..... | 11 |
| Tableau1. 6: Les capacités théoriques..... | 12 |
| Tableau1. 7: Vitesse de référence en fonction de la Caté. et E en B40..... | 13 |
| Tableau1. 8: Résultats de trafic..... | 15 |

CHAPITRE II :

| | |
|---|----|
| Tableau2. 1: Rayons du tracé en plan..... | 21 |
| Tableau2. 2: Récapitulatif des résultats du calcul..... | 33 |
| Tableau2. 3valeurs de la déclivité maximale :..... | 34 |
| Tableau2. 4: Rayons verticaux pour un angle saillant..... | 37 |
| Tableau2. 5: Rayons verticaux pour un angle rentrant..... | 38 |

CHAPITRE III :

| | |
|--|----|
| Tableau 3. 1: La classe du trafic poids lourd..... | 55 |
| Tableau 3. 2: Classement de sole en fonction de l'indice de CBR. | 56 |
| Tableau 3. 3: Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau..... | 57 |
| Tableau 3. 4: Récapitulatif des résultats..... | 61 |

CHAPITRE V :

| | |
|--|----|
| Tableaux 4. 1: Exemples de risque naturels et risques anthropogéniques..... | 81 |
| Tableaux 4. 2les principaux intervenants du projet et leurs rôles :..... | 89 |
| Tableaux 4. 3Classification des risques dans notre projet..... | 91 |
| Tableaux 4. 4: Classification des risques principaux selon leur criticité..... | 92 |

INTRODUCTION :

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte un volume important de transport de marchandise et de voyageurs, c'est par conséquent, un élément essentiel et fondamental dans le processus de développement du pays.

En Algérie, l'évolution démographique et la forte urbanisation ont engendré plusieurs mutations, ainsi des recherches et des études des tracés linéaires des routes et d'autoroutes ont été menées à travers le pays afin d'améliorer les infrastructures de transport.

La réalisation des projets routiers fait appel à un ensemble d'activités de plus en plus nombreuses et complexes qui demandent des efforts importants et soutenus en matière de gestion de projet, notamment au chapitre de la maîtrise du contenu, des délais, des coûts et de la qualité pour cela la conception et la construction routière touche l'examen des problèmes liés aux techniques de conception, d'aménagement des routes et de la gestion des risques avant, pendant et après les travaux.

Tout projet d'infrastructure implique différents acteurs, plusieurs phases du projet ainsi que leur environnement, ce sont tous des différentes sources qui peuvent nuire au déroulement de ces projets, donc la mise en place d'une stratégie pour la gestion des risques dans un projet routier nécessite de nombreuse méthode et outils.

Pour notre étude nous allons traiter un cas cas pratique d'un projet d'infrastructure routier. C'est un raccordement qui relie la route national 06 avec le village Ammar sur une distance de 1.350 Km dans la willaya de Naama.

La problématique de se projet est souvent lie a l'importance de l'étude technique et l'étude managériale.C'est-à-dire Comment réaliser un tracé avec de bonnes caractéristiques géométriques dans un relief accidenté ? Quelle sont les sources de dangers et de risques potentiels? Comment identifier, évaluer et mètre en œuvre un management des risques dans les projets routiers en prenant en compte le cout, le délai et la qualité ?

Le mémoire présenté comprend une introduction générale et deux parties : une partie technique qui comprend trois chapitres et la deuxième partie managériale qui comprend deux chapitres.

Notre travaille est structuré comme suit :

Chapitre I : Présentation du projet et étude de trafic.

Chapitre II : les caractéristique géométriques de la route (Tracé en plan, Profil en long et Profil en travers).

Chapitre III : Dimensionnement de corps de chaussée.

Chapitre IV : Management d'un projet routier.

Chapitre V : Management des risques d'un projet routier.

1. PRESENTATION DU PROJET :

1.1. Généralités :

1.1.1. Présentation géographique et administrative du projet [1]:

La wilaya de Naâma est située à l'ouest de l'Algérie, à la frontière marocaine, avec une superficie de 29.500 km² (Figure1.1). Elle est limitée :

Au Nord, par les wilayas de Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès,

Au Sud, par la wilaya de Béchar,

A l'Ouest, par la frontière marocaine,

A l'Est, par la wilaya d'El Bayadh.

Elle est composée juridiquement et administrativement de 07 daïras et 12 communes.



Figure1.1 : Situation géographique de la wilaya.[2]

1.1.2. Réseau routier [1] :

Le réseau économique de base de la wilaya est constitué essentiellement des axes suivants:

- La RN6, sur 273 Km, relie les wilayas du Nord aux wilayas du Sud du pays. Les plus importantes agglomérations sont situées sur cet axe, avec un trafic d'environ 3500 véhicules par jour.
- La RN22, sur 130 Km, relie les wilayas de Tlemcen et de Sidi-Bel-Abbès aux wilayas du sud.
- La RN47 relie les daïras d'Ain-Sefra et Asla à la wilaya d'El-Bayadh sur un linéaire de 57,500 Km.
- La RN13, et de 40Km, située à la limite Nord-Ouest de la wilaya, draine le flux de la wilaya de Sidi-Bel-Abbès vers la RN22 et relie également la frontière marocaine.

Rapport-gratuit.com

1.2. Cadre de l'étude :

Notre projet consiste à faire l'étude d'un raccordement routier sur une longueur de 1.350 KM qui relie la route national RN06 avec le village Ammar willaya de Naâma (Figure 1.2).

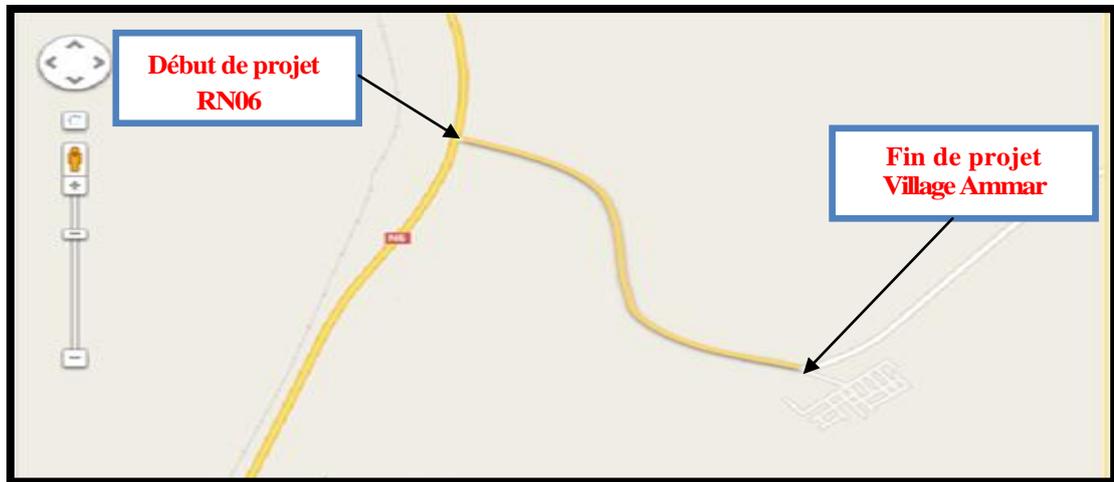


Figure 1.2 : Situation de la route[2].

1.3. Objectifs principaux de l'étude :

Le but essentiel de notre projet est de créer une liaison assurant le transfert d'une partie du trafic de la RN06 au village Ammar, autrement dit, de desservir ce village.

Pour atteindre l'objectif visé, il faut :

- Améliorer le niveau de service de la route.
- Améliorer les conditions de circulations.
- Améliorer le système de drainage.
- Assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser les voyageurs sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- Réduire le temps de parcours
- Améliorer la sécurité.

1.4. Caractéristiques géométriques :

La route du projet, constituant une liaison entre des chefs lieu de wilaya elle devrait être classée dans la catégorie O3

Sur la base des deux critères suivants : la sinuosité et la dénivelée cumulée, cette route appartient au type d'environnement **E1**.

2. ETUDE DE TRAFIC:

2.1. Introduction :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport.

Le trafic routier est l'ensemble des véhicules légers et lourds, qui passent pendant une unité de temps à travers une section de la route et qui influent notamment sur la structure de la chaussée.

Pour l'étude d'un projet routier il est nécessaire de déterminer la classe du trafic en se basant sur des recensements qui sont déterminés à partir du comptage : manuel, automatique, directionnel ou à partir des enquêtes.

Cette étude permettra de définir le type d'aménagement à réaliser (nombre de voies, type d'échange et aussi le dimensionnement de la chaussée).

2.2. Vocabulaire

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés:[4]

- ✓ **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.M.J.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** (les heures de pointe du matin HPM, et les heures de pointe du soir HPS).
- ✓ **Le trafic journalier** de fin de semaine.
- ✓ **Le trafic journalier moyen d'été:** important pour les régions estivales.

2.3. L'analyse de trafic existant :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriées.

Pour obtenir le trafic, on peut recourir aux deux méthodes qui sont :

- ❖ Le comptage sur route (manuel ou automatique).
- ❖ Une enquête de circulation.[5]

2.3.1. Les comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

a) Les comptages automatiques :

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires. En ce qui concerne les comptages permanents, ils sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés. [5]

Les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.[5]

b) Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques.

Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.M.J.A). [5]

2.3.2 La Connaissance des flux (les enquêtes):

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux. On peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier), on parle d'enquête cordon. [5]

Elle permet en particulier de distinguer les trafics de transit et d'échange. Il existe plusieurs types d'enquêtes [5]:

a) Enquêtes papillons ou distributions :

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties. Un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.[4]

b) Relevé des plaques minéralogiques :

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules. La comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.[4]

c) Interview des conducteurs :

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis.

On arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :

- ❖ Origine.
- ❖ Motif.
- ❖ Fréquence et durée.
- ❖ Trajet utilisé.

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule.[6]

d) Les enquêtes à domicile – Enquête ménage :

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'une interview à son domicile par une personne qualifiée. Le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements. En général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.[4]

2.4. Différent type de trafic :

On distingue quatre types de trafics :

a. Trafic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.[7]

b. Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination. La dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.[7]

c. Trafic induit :

Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.[7]

d. Trafic total :

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.[7]

2.5. CALCUL DE LA CAPACITÉ:

2.5.1. Définition de la capacité:

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

La capacité dépend :

- ❖ Des conditions de trafic.
- ❖ Des conditions météorologiques.
- ❖ Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- ❖ Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).
- ❖ Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).[3]

2.5.2 Projection future du trafic :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est [3]:

$$\mathbf{TMJA_h = TMJA_o(1+\tau)^n}$$

Avec:

TMJA_h: le trafic à l'année horizon.

TMJA_o : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

2.5.3 Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (**uvp**), en fonction du type de la route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les **PL** en (**uvp**) [3].

Le trafic effectif est donné par la relation suivante

$$\mathbf{T_{eff} = [(1-z) + p.z] TMJA_h}$$

Avec :

Teff : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds. Il dépend de la nature de la route et de l'environnement.

Le tableau (1.1) permet de déterminer le coefficient d'équivalence « **P** » pour le poids lourd en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Tableau1 .1 : coefficient d'équivalence[3]

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

2.5.4 Environnement de la Route :

Trois classes d'environnement (E1,E2, E3) ont été proposées dans le rapport B40. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont [3] :

- ✓ La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre :

$$\frac{H}{L} = \frac{\text{dénivelée cumulée totale}}{\text{longueur de l'itinéraire}}$$

- ✓ La sinuosité : La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire.

$$\sigma = \frac{L_s}{L} = \frac{\text{longueur sinueuse}}{\text{longueur total de l'itinéraire}}$$

Tableau 1.2 : Type de topographie [3]:

| N° | Classification du terrain | Dénivelée cumulée |
|----|---------------------------|------------------------|
| 1 | Plat | $h/l < 1.5\%$ |
| 2 | Terrain Vallonné | $1.5\% < h/l \leq 4\%$ |
| 3 | Terrain montagneux | $h/l > 4\%$ |

Tableau 1.3 : Type d'environnement [3]

| Sinuosité \ Relief | Faible | Moyenne | Forte |
|--------------------|--------|---------|-------|
| Plat | E1 | E2 | |
| Vallonné | E2 | E2 | E3 |
| Montagneux | | E3 | E3 |

2.5.5 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule[3] :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$$

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale à 0,12 (en général).

Q : est exprimé en UVP/h.

2.5.6 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule[3]:

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}^{2.5}$$

K1 : coefficient lié à l’environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

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

✓ **Valeur de K₁ :**

Tableau 1.3 : coefficient lié à l’environnement[3]

| Environnement | E1 | E2 | E3 |
|---------------|------|------|-------------|
| K1 | 0.75 | 0.85 | 0.90 à 0.95 |

✓ **Valeurs de K₂ :**

Tableau 1.4 : coefficient de réduction de capacité [3].

| | | Catégorie de la route | | | | |
|----------------|--|-----------------------|------|------|------|------|
| Environnement | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| E ₁ | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| E ₂ | | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 |
| E ₃ | | 0.91 | 0.95 | 0.97 | 0.96 | 0.96 |

✓ Valeurs de C_{th} :

Tableau 1.5: Les capacités théoriques[3].

| Nombre des voies de la route | Capacité théorique |
|------------------------------|--------------------|
| Route à 2 voies de 3,5 m | 1500 à 2000 uvp/h |
| Route à 3 voies de 3,5 m | 2400 à 3200 uvp/h |
| Route à chaussées séparées | 1500-800 uvp/h |

2.6. Détermination du nombre de voies [3]:

✓ Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

$$Q_{adm} \geq Q$$

✓ Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

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

Avec :

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

2.7. APPLICATION AU PROJET

2.7.1. LES DONNEES DE TRAFIC

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par la DTP qui sont les suivants:

- ❖ Le trafic à l'année 2010 $TJMA_{2010}=1200$ v/j
- ❖ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau=4\%$
- ❖ Le pourcentage de poids lourds $Z=40\%$
- ❖ L'année de mise en service sera en 2015
- ❖ La durée de vie estimée de 20 ans
- ❖ Catégorie C3
- ❖ L'environnement E1

D'après le tableau de B40 on peut déterminer la vitesse de référence sur le tracé.

Tableau 1.6 : Vitesse de référence en fonction de la Caté. et E en B40.

| Catégorie Environnement | Caté.1 | Caté.2 | Caté.3 | Caté.4 | Caté.5 |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------|
| E1 | 120/100 80 | 120/100 80 | 120/100 80 | 100/80 60 | 80/60/40 |
| E2 | 100/80 60 | 100/80 60 | 100/80 60 | 80/60 | 60/40 |
| E3 | 80/60 40 | 80/60 40 | 80/60 40 | 60/40 | 40 |

2.7.2. Projection future de trafic :

$$T_{JMA2015} = (1 + \tau)^5 \cdot T_{JMA2010} = 1460 \text{ V/j.}$$

$$T_{JMA2035} = (1 + \tau)^{20} \cdot T_{JMA2015} = 3199 \text{ V/j.}$$

2.7.3. Calcul du trafic effectif:

$$T_{\text{effe}2015} = [(1 - 0.40) + 3 \times 0.40] \times 1460 = 2628 \text{ uvp/j.}$$

$$\mathbf{T_{\text{effe}2015} = 2628 \text{ uvp/j.}}$$

$$T_{\text{effe}2035} = [(1 - 0.40) + 3 \times 0.40] \times 3199 = 5759 \text{ uvp/j.}$$

$$\mathbf{T_{\text{effe}2035} = 5759 \text{ uvp/j}}$$

2.7.4. Débit de pointe horaire normale :

$$Q_{2015} = 0.12 \cdot T_{\text{effe}} = 0.12 \times 2628 = 316 \text{ uvp/h}$$

$$\mathbf{Q_{2015} = 316 \text{ uvp/h}}$$

$$Q_{2035} = 0.12 \cdot T_{\text{effe}} = 0.12 \times 5759 = 691 \text{ uvp/h.}$$

$$\mathbf{Q_{2035} = 691 \text{ vp/h.}}$$

2.7.5. Débit admissible :

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 2000 = 1500 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 1500 \text{ uvp/h}$$

2.7.6. Le nombre des voies :

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

$$\text{Avec: } S = 2/3$$

$$N = (2/3) \times (691/1500) = 0.31.$$

$$N = 0.31$$

Donc

$$N = 1 \text{ voie /sens.}$$

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 1.7: Résultats de trafic

| TJMA ₂₀₁₅ | TJMA ₂₀₃₅ | T _{effe2035} | Q ₂₀₃₅ | N |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---|
| 1460 | 3199 | 5759 | 691 | 1 |

2.8. Conclusion:

Le profil en travers retenu pour notre projet est défini comme suit : chaussée bidirectionnelle 2x1 voies de 3.5 m de largeur et des accotements de 2 m.

1. INTRODUCTION :

Lors de l'élaboration de tout projet routier il est nécessaire de commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain.

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- ❖ Tracé de son axe en situation ou en plan.
- ❖ Tracé cet axe en élévation ou profil en long.
- ❖ Profil en travers.

2. TRACÉ EN PLAN :

2.1. Définition :

Le tracé en plan représente la reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal. Il est constitué en général par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliées entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Le tracé se caractérise par une vitesse de référence ou vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer ou définir toutes caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan doit être étudié en fonction des données économiques qu'on peut recueillir [3].

2.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception et la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes. [3]

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

2.3. Les éléments du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée aussi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits se fait à l'aide de clothoïde qui assure un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan est constitué de trois éléments (Figure 2.1) [3] :

- ❖ Des droites (alignements).
- ❖ Des arcs de cercle.
- ❖ Des courbes de raccordement progressives.

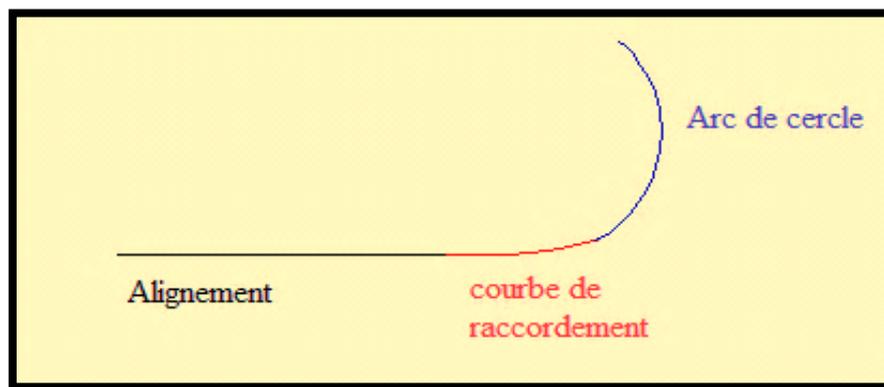


Figure 2.1 : les éléments de tracé en plan.

2.3.1. Les alignements :

Une longueur minimale d'alignement L_{\min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes sont raccordées par une courbe une C ou Ove.

La longueur des alignements dépend de [3] :

- ❖ La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- ❖ Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- ❖ Du rayon de courbure de ces sinuosités.

a. Longueur minimale

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps T d'adaptation[3].

$$L_{\min} = T \times V_B$$

Avec V_B : vitesse de base en (m/s) et $T = 5$ s.

Donc :

$$L_{\min} = 5 \times V_B$$

A.N. $L_{\min} = 5 \times 80 / 3.6 \Rightarrow L_{\min} = 111.11$ m

b. Longueur maximale :

Pour réduire les effets de la monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale L_{\max} d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes à la vitesse V (m/s) [3].

$$L_{\max} = T \times V_B$$

Avec V_B vitesse de base en (m/s) et $T = 60$ s.

Donc

$$L_{\max} = 60 \times V_B$$

A.N. $L_{\min} = 60 \times 80 / 3.6 \Rightarrow L_{\min} = 1333.33$ m

2.3.2. Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures [3]:

- ❖ Stabilité des véhicules en courbe.
- ❖ Visibilité en courbe.
- ❖ Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

a. Stabilité en courbe :

Dans un virage de rayon R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du véhicule. À fin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers), implique un rayon minimal.

Les rayons en plan dépendent des facteurs suivants (figure 2.2) :

- ❖ Force centrifuge F_c .
- ❖ Poids de véhicule P .
- ❖ Accélération de la pesanteur G .
- ❖ Dévers d .

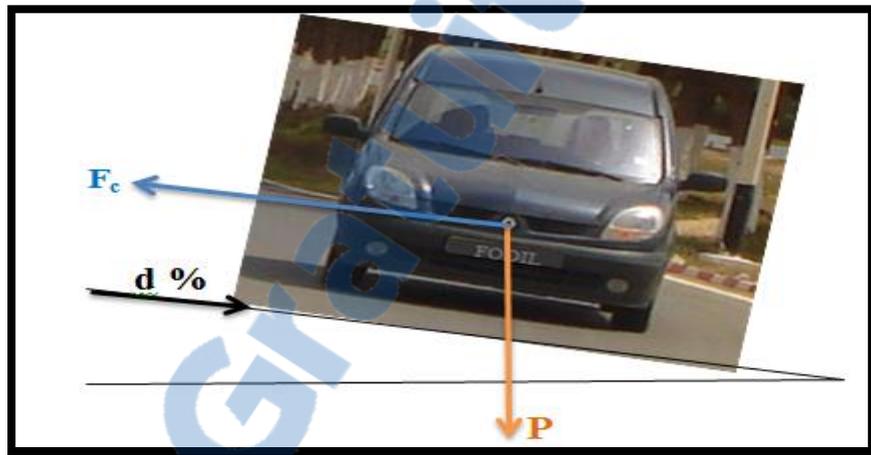


Figure 2.2 : Force centrifuge [9].

✓ **Rayon horizontal minimal absolu (R_{Hmin}) :**

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal [3]:

$$R_{Hmin} = \frac{V_r^2}{127 (f_t + d_{max})}$$

Avec :

f_t : coefficient de frottement transversal.

✓ **Rayon minimal normal (RHn) :**

Le rayon minimal normal (R_{Hn}) doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20Km/h de roulés en sécurité [3].

$$R_{Hn} = \frac{(V_r + 20)^2}{127 (f + d_{\max})}$$

✓ **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit[3].

Dévers associé $d_{\min} = 3\%$ en catégorie 3

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

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

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon minimum qui permet cette disposition est le rayon non déversé (R_{Hnd}) [3] .

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times (f' - d_{\min})}$$

Avec

$f' = 0.07$ cat 3.

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Pour notre projet qui est situé dans un environnement (E1), classé en catégorie (C3) avec une vitesse de référence 80 km/h et à partir du règlement Algérien B40 on peut déterminer le tableau suivant :

Tableau2. 1: Rayons du tracé en plan [3].

| Paramètre | symboles | Valeurs |
|----------------------------------|------------------|---------|
| Vitesse de référence (Km/h) | V_r | 80 |
| Divers maximal (%) | D_{max} | 8 |
| Rayon horizontal minimal (m) | RH_m (8%) | 220 |
| Rayon horizontal normal (m) | RH_n (5%) | 375 |
| Rayon horizontal déversé (m) | RH_d (3%) | 800 |
| Rayon horizontal non déversé (m) | RH_{nd} (- 3%) | 1200 |

b. Surlargeur :

Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement [3].

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

Avec :

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

R : rayon de l'axe de la route.

2.4. Courbe de raccordement (CR) :

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle ; et entre eux des tronçons de raccordement de courbure progressive[8].

2.4.1. Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi du CR se justifie par les quatre conditions suivantes [8]:

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

2.4.2. Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désiré d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes [8].

a. Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

b. Lemniscate :

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute », sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

c. Clothoïde :

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc ; parcourue à vitesse constante.

La clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers (figure 2.3).

✓ Expression mathématique de la clothoïde :

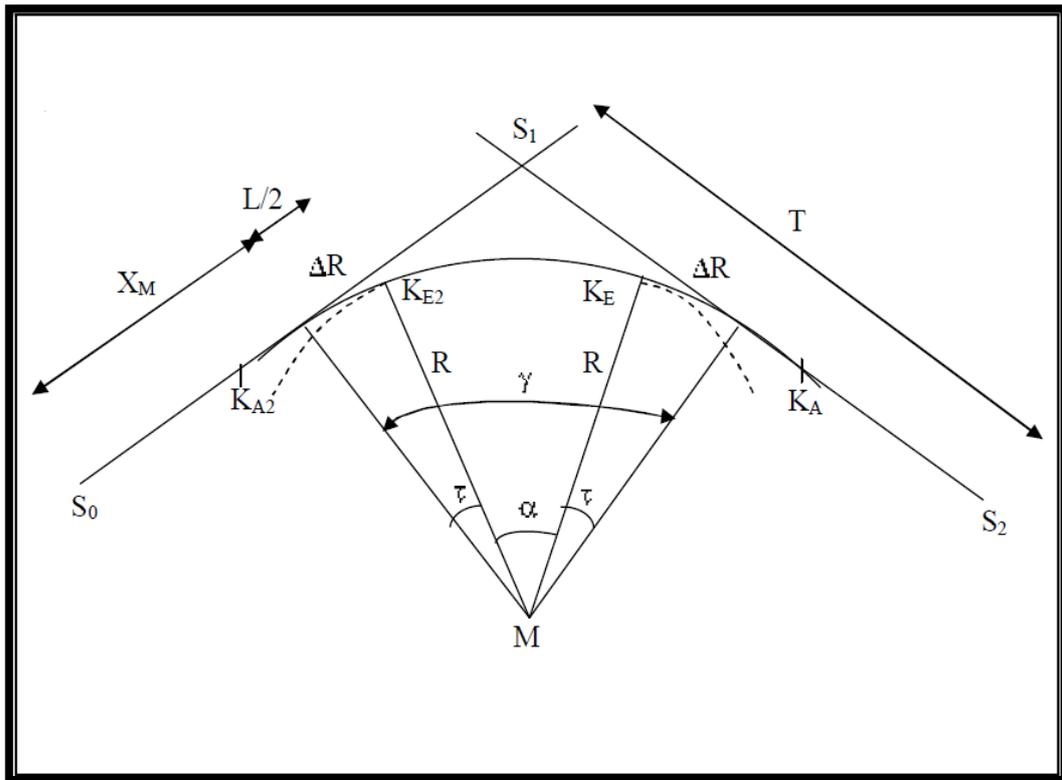


Figure 2.3 : Les éléments de clothoïde .

- ❖ γ : Angle entre alignement
- ❖ T : Grande tangente
- ❖ ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- ❖ X_M : Abscisse du centre de cercle
- ❖ R : Rayon de virage
- ❖ τ : Angle des tangentes
- ❖ SL : La corde à la clothoïde
- ❖ σ : Angle polaire
- ❖ L : longueur de clothoïde
- ❖ K_A : Origine de la clothoïde
- ❖ K_E : Extrémité de la clothoïde

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Le choix d'une clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

✓ Condition optique :

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route en amorçant le virage, la rotation de la tangente doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil [3].

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

D'après les règles générales de (B40):

$$R \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m} \quad (\text{éventuellement } 0.5\text{m}) \quad L = \sqrt{24R\Delta R}$$

$$1500 < R \leq 5000\text{m} \quad L \geq R/9$$

$$R > 5000\text{m} \quad \Delta R = 2.5\text{m} \quad L = 7.75 \sqrt{R}$$

✓ Condition de confort dynamique :

Cette condition Consiste à limite pendant le temps de parcourir Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale[3].

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

Avec :

V_r : vitesse de référence en (Km /h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

✓ Condition de gauchissement :

Cette condition à pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique dans le rapport à son axe.

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

Avec :

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

2.5. Combinaison des éléments du tracé en plan :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite.

2.5.1. Courbe en (s) :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle (figure 2.4) [3].

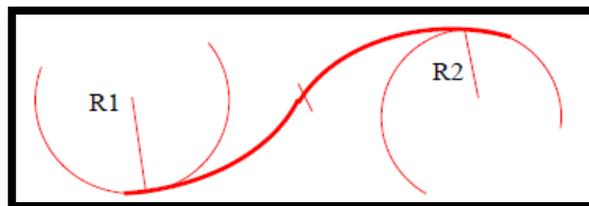


Figure 2.4 : Courbe en S

2.5.2. Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements (figure 2.5) [3].

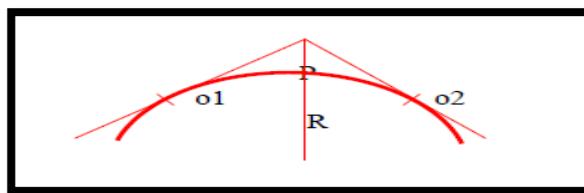


Figure 2.5 : Courbe à sommet

2.5.3. Courbe en C :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre (figure 2.6) [3].

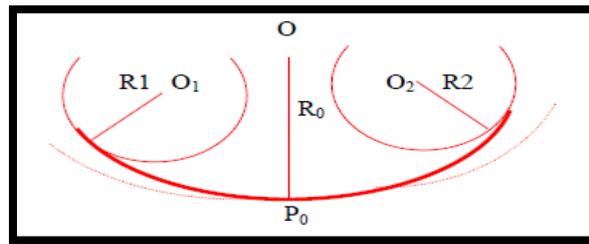


Figure 2.6 : Courbe en C

2.5.4. Courbe en Ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique (Figure 2.7) [3].

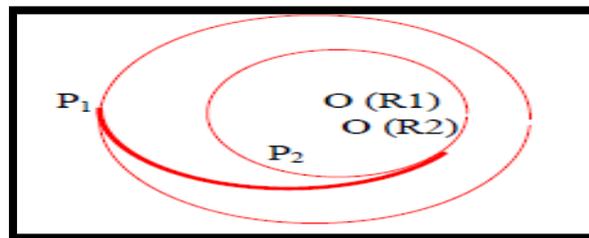


Figure 2.7 : Courbe en ove.

2.6. Calcul d'axe:

Le calcul d'axe est l'opération de base par laquelle toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste au calcul d'axe point par point du début du tronçon à sa fin.

On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

Le calcul d'axe se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées; et il doit suivre les étapes suivantes :

- ❖ Détermination de la longueur de clothoïde L.
- ❖ calcul du paramètre A.
- ❖ Calcul des gisements.
- ❖ Calcul de l'angle de comprime entre les alignements.
- ❖ Calcul de la tangente T.
- ❖ Vérification de non- chevauchement.
- ❖ Calcul de l'arc en cercle.
- ❖ Calcul des coordonnées de points particuliers.

2.6.1. Exemple de calcul de trace en plan :

Nous avons calculé l'axe de la section AK1.
Rayon $R = 320 < R_{hnd}$ (Raccordement avec Clothoïde).

$$S0 \begin{cases} X0=3696.2514 \\ Y0=8515.9360 \end{cases}$$

$$S1 \begin{cases} X1=3863.5294 \\ Y1=8429.7011 \end{cases}$$

$$S2 \begin{cases} X2=3869.4637 \\ Y2=8241.5970 \end{cases}$$

a. Détermination de A :

On sait que : $A^2 = L \times R$

Selon le règlement B40 on a :

$$R < R_{hnd}$$

$$R = 320\text{m} < 1200\text{m} \implies R/3 < A < R$$

$$\implies 320/3 < A < 320$$

$$\implies 106.66 < A < 320$$

b. Détermination de la valeur minimale de L (longueur de la clothoïde) :

❖ Condition optique :

$$R \leq 1500\text{m}$$

$$\Delta R = 1\text{m} \text{ (éventuellement } 0.5\text{m)}$$

$$L = \sqrt{24R\Delta R}$$

$$L = \sqrt{24 \times 320 \times 1}$$

$$L = 87.64 \text{ m} \dots\dots\dots(1)$$

❖ Condition de confort dynamique :

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

$$\Delta d = d + 2.5\%$$

$$\Delta d = 8 + 3 = 11\%$$

$$L = (80^2 / 18) \times [(80^2 / 127 \times 320) - 0.11]$$

$$L = 16.88 \text{ m} \dots \dots \dots (2).$$

❖ Condition de gauchissement :

$$L \geq l \times \Delta d \times VR / 50$$

$$L \geq 7 \times 11 \times 80 / 50$$

$$L \geq 123.2 \text{ m} \dots \dots \dots (3).$$

De (1), (2) et (3) on aura: $L = 123.2 \text{ m}$.

Donc le paramètre A :

$$A = \sqrt{L \times R} \implies A = 198.55$$

On prend: $A = 199 \text{ m}$.

c. Calcul de l'angle des tangentes τ :

$$\tau = (L^2 / 2R^2) \times (200/\pi)$$

$$\tau = ((123.2)^2 / 2 \times 320^2) \times (200/\pi)$$

$$\tau = 4.72 \text{ grad}$$

f. Calcul des gisements :

La relation suivante permet de calculer le gisement :

$$\text{gis} = \text{arctg} (\Delta X / \Delta Y)$$

Sauf des cas exceptionnels qui sont comme suite :

| | | |
|---|---|--|
| $(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y > 0)$ |  | GIS = gis |
| $(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y < 0)$ |  | GIS = 200 + gis (avec gis < 0) |
| $(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y < 0)$ |  | GIS = 200 + gis (avec gis > 0) |
| $(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y > 0)$ |  | GIS = 400 + gis (avec gis < 0). |

$$\begin{cases} \Delta X_1 = X_1 - X_0 = 167.28 \text{ m} \\ \Delta Y_1 = Y_1 - Y_0 = -86.24 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_2 = X_2 - X_1 = 5.93 \text{ m} \\ \Delta Y_2 = Y_2 - Y_1 = -188.10 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{gis 1} = \text{arctg} (167.28 / -86.24) \\ \text{gis 1} = -69.69 \\ \text{Avec:} \\ \text{GIS 1} = 200 + \text{gis 1} \\ \text{GIS 1} = 200 - 69.69 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{gis 2} = \text{arctg} (5.93 / -188.10) \\ \text{gis 2} = -2.00 \\ \text{Avec:} \\ \text{GIS 2} = 200 + \text{gis 2} \\ \text{GIS 2} = 200 - 2.00 \end{cases}$$

$$\text{GIS 1} = 130.31 \text{ grade}$$

$$\text{GIS 2} = 198 \text{ grade}$$

g. Calcul des distances :

$$\overline{S0S1} = \sqrt{(\Delta X1)^2 + (\Delta Y1)^2} = \sqrt{(167.28)^2 + (86.24)^2}$$

$$\overline{S1S0} = 188.2 \text{ m}$$

$$\overline{S2S1} = \sqrt{(\Delta X2)^2 + (\Delta Y2)^2} = \sqrt{(5.93)^2 + (188.10)^2}$$

$$\overline{S2S0} = 188.19 \text{ m}$$

h. Calcul de l'angle γ

$$\gamma = |\text{GIS 1} - \text{GIS 2}|$$

$$\gamma = |130.31 - 198|$$

$$\gamma = 67.69 \text{ grade}$$

i. Verification de non chevauchement:

$$\tau = 4.72 \text{ grade.}$$

$$\gamma/2 = 67.69/2 = 33.84 \text{ grade}$$

$$\gamma/2 > \tau \quad \Longrightarrow \quad 33.84 > 4.72 \quad \Longrightarrow \quad \text{pas de chevauchement.}$$

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

$$X_m = A^2 / 2 \times R = L / 2$$

$$X_m = 61.88 \text{ m}$$

k. Abscisse de KE :

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

$$X = 123.2 \times \left(1 - \frac{(123.2)^2}{40 \times 320^2}\right)$$

$$X = 122.74 \text{ m}$$

l. Origine de KE :

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

$$Y = \frac{123.2^2}{6 \times 320}$$

$$Y = 7.91 \text{ m}$$

m. Calcul de la tangente :

$$T = (R) \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$T = (320) \operatorname{tg}\left(\frac{67.69}{2}\right)$$

$$T = 188.197 \text{ m}$$

a. Calcul des Coordonnées SL :

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

$$SL = \sqrt{(122.74)^2 + (7.91)^2}$$

$$SL = 122.99 \text{ m}$$

b. Calcul de σ :

$$\sigma = \operatorname{arctg}\left(\frac{Y}{X}\right)$$

$$\sigma = \operatorname{arctg}\left(\frac{7.91}{122.74}\right)$$

$$\sigma = 4.09 \text{ grade}$$

c. Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau$$

$$\alpha = 67.69 - 2 \times 4.72$$

$$\alpha = 58.25 \text{ grade}$$

$$\widehat{KE_1KE_2} = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200}$$

$$\widehat{KE_1KE_2} = \frac{320 \times 3.14 \times 58.25}{200}$$

$$\widehat{KE_1KE_2} = 292.648 \text{ m}$$

d. Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S2} - T \cos (300 - GIS2) \\ X_{KA1} = 3869.4637 - 188.197 \cos(300-198) \end{cases}$$

$$X_{KA1} = 3875.375 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KA1} = Y_{S2} - T \sin (300 - GIS2) \\ Y_{KA1} = 8241.5970 - 188.197 \sin (300-198) \end{cases}$$

$$Y_{KA1} = 8053.50 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S0} - (\overline{S1S0} - T) \cos (300 - GIS1) \\ X_{KA2} = 3696.2514 - (188.2 - 188.197) \cos (300-130.31) \end{cases}$$

$$X_{KA2} = 3669.254 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KA2} = Y_{S0} - (\overline{S1S0} - T) \sin (300 - GIS1) \\ Y_{KA2} = 8515.9360 - (188.2 - 188.197) \sin (300-130.31) \end{cases}$$

$$Y_{KA2} = 8515.934 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - SL \cos (300 + \sigma - GIS1) \\ X_{KE1} = 3875.375 - 122.99 \cos (300 + 4.09 - 130.31) \end{cases}$$

$$X_{KE1} = 3988.08 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KE1} = Y_{KA1} - SL \sin (300 + \sigma - GIS1) \\ Y_{KE1} = 8053.50 - 122.99 \sin (300 + 4.09 - 130.31) \end{cases}$$

$$Y_{KE1} = 8004.26 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + SL \sin (GIS2 + \sigma - 200) \\ X_{KE2} = 3669.254m + 122.99 \sin (198 + 4.09 - 200) \end{cases}$$
$$X_{KE2} = 3673.29m.$$

$$\begin{cases} Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL \cos (GIS2 + \sigma - 200) \\ Y_{KE2} = 8515.934 + 122.99 \cos (198 + 4.09 - 200) \end{cases}$$
$$Y_{KE2} = 8638.85 m.$$

Tableau2. 2: Récapitulatif des résultats du calcul.

| Coordonnées (m) | K _{A1} | K _{A2} | K _{E1} | K _{E2} |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| X | 3875.375 | 3669.254 | 3988.08 | 3673.29 |
| Y | 8053.50 | 8515.934 | 8004.26 | 8638.85 |

3. PROFIL EN LONG :

3.1. Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan avec une échelle. C'est en général une succession d'alignements droits (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires ou parabolique.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- ❖ L'altitude du terrain naturel
- ❖ L'altitude du projet
- ❖ La déclivité du projet. etc....

3.2. Trace de profil en long:

Le tracé de profil en long qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes [3].:

- ❖ 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 0.5 % de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

3.3. Les éléments constituant le profil en long :

3.3.1 Les alignements [3].:

Sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

3.3.2. La Déclivité :

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

a. Déclivité minimale :

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

b. Déclivité maximale :

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

Tableau2. 3valeurs de la déclivité maximale :

| | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| Vr (Km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| I _{max} (%) | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 |

3.4. Coordination du tracé en plan et 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 [3]. :

- ❖ De distinguer la chaussée et les obstacles qu'il pourrait trouver sur chemin suffisamment à l'avance (condition de visibilité).
- ❖ De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (échangeurs, carrefours, aires de services...etc.)
- ❖ De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- ❖ D'apprécier l'adaptation au terrain, sans être abusé par des trompe-l'œil, ou gênés par des coudes, des brisures, des discontinuités désagréables.

Pour éviter les défauts de résultats d'une mauvaise coordination du tracé en plan profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- ❖ Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- ❖ Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- ❖ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition : $R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}}$ pour éviter un défaut d'inflexion.

3.5. Raccordements en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long ; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilités et de confort, on distingue deux types de raccordements[3].

3.5.1. Raccordement convexe (saillants) :

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

Les conceptions de profil en long doivent satisfaire aux deux conditions suivantes [3].:

- ❖ Condition de confort.
- ❖ Condition de visibilité.

a. Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale qui est représentée par la formule suivante :

$$(V_r^2/R_v) \leq (g/40) \implies R_v \geq (40/g) \times V_r^2 \quad \text{pour (cat. 1-2).}$$

$$(V_r^2/R_v) \leq (g/30) \implies R_v \geq (30/g) \times V_r^2 \quad \text{pour (cat. 3-4-5).}$$

Avec : $g = 10 \text{ m/s}^2$ (accélération de la pesanteur) et

$$R_v \text{ min} = \begin{cases} 0.3 V_r^2 \text{ pour cat. 1-2} \\ 0.23 V_r^2 \text{ pour cat. 3-4-5} \end{cases}$$

Avec :

R_v : rayon vertical (m)

V_r : vitesse de référence (Km/h).

Donc :

$$R_{v \text{ min}} \geq 0.23 V_r^2 \text{ pour cat. 3-4-5}$$

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de référence

($V_r = 80$)

$$R_{v \text{ min}} \geq 0.23 V_r^2$$

$$R_{v \text{ min}} \geq 0.23 \times (80)^2 \iff R_{v \text{ min}} \geq 1472 \text{ m.}$$

b. Condition de visibilité :

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

$$R_v = \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Avec :

d : distance d'arrêt (m).

h0 : hauteur de l'œil (m).

h1 : hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes en fonction de la vitesse de base, la catégorie de la route et l'environnement. Pour une route bidirectionnelle, une vitesse de base $V_r = 80 \text{ Km/h}$, une catégorie **C3** et un environnement **E1** on a :

Tableau2. 4: Rayons verticaux pour un angle saillant. [3].

| Catégorie | | C3 |
|-----------------------------------|----------|--------|
| Environnement | | E1 |
| Vitesses de base (Km/h) | | 80 |
| Déclivité maximale I_{\max} (%) | | 6% |
| Rayon | Symbole | Valeur |
| Min-absolu | R_{vm} | 3500 |
| Min- normal | R_{vn} | 8000 |
| Dépassement | R_{vd} | 9000 |

3.5.2. 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 [3]. :

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

Pour une vitesse $V_r = 80 \text{ km/h}$, une catégorie **C3** et environnement **E1** on a le tableau suivant :

Tableau2. 5: Rayons verticaux pour un angle rentrant [3].

| Catégorie | | C3 |
|-----------------------------------|----------|--------|
| Environnement | | E1 |
| Vitesses de base (Km/h) | | 80 |
| Déclivité maximale I_{\max} (%) | | 6% |
| Rayon | Symbole | Valeur |
| Min-absolu | R_{vm} | 1600 |
| Min- normal | R_{vn} | 2400 |
| Dépassement | R_{vd} | 9000 |

3.6. Détermination pratiques du profil en long :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0.$$

$$\text{à l'équation du parabole } X^2 - 2 R Y = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante (figure 2.8) :

- ❖ Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- ❖ Donnée La pente P_1 de la droite (A_S).
- ❖ Donnée la pente P_2 de la droite (D_S).
- ❖ Donnée le rayon R.

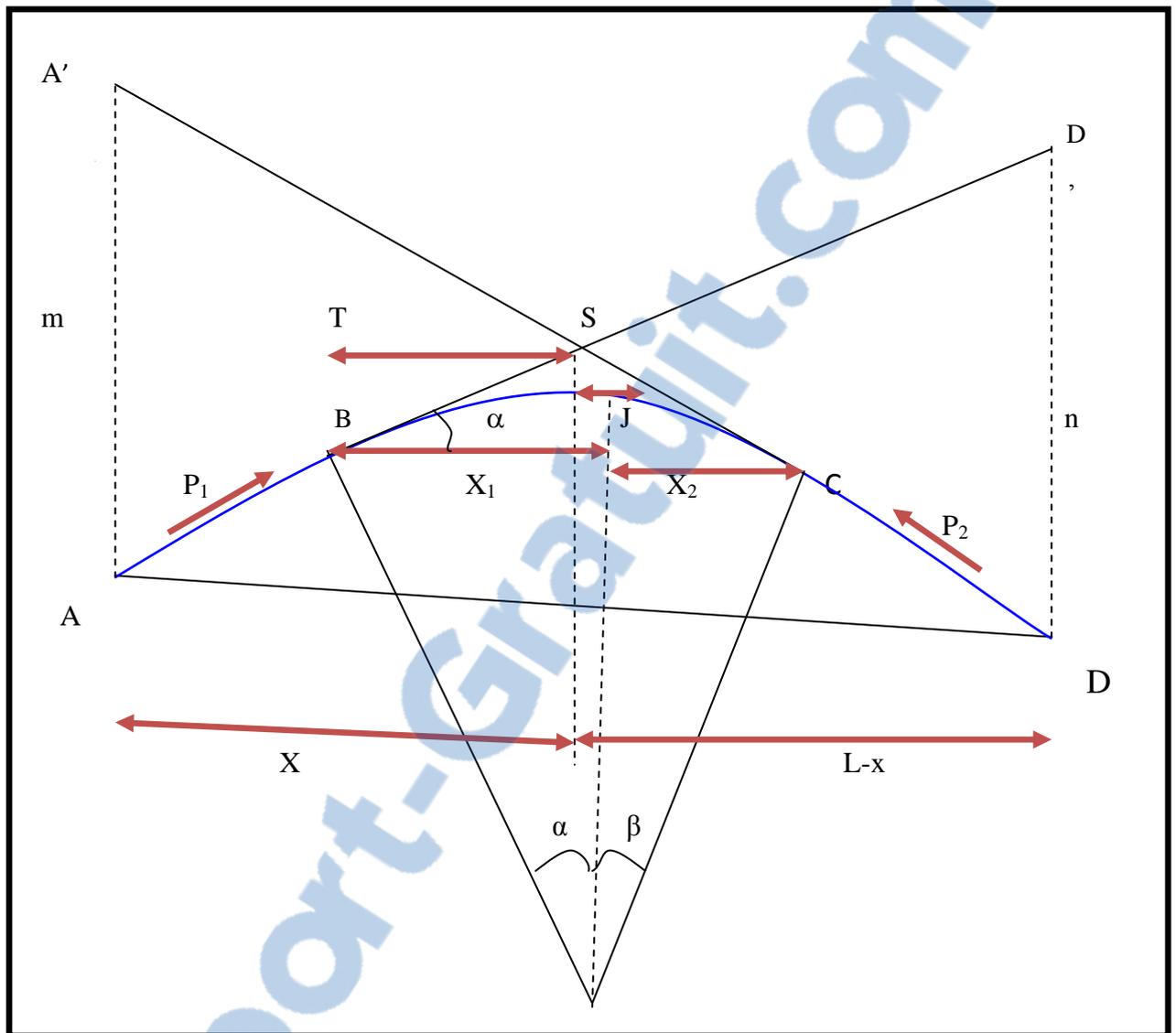


Figure 2.8. Schéma de la courbe du profil en long [3].

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

$$\begin{cases} Z_A = Z_{D'} + Lp_2 \\ Z_D = Z_{A'} + Lp_1 \end{cases}, \begin{cases} m = Z_{A'} - Z_A \\ n = Z_D - Z_{D'} \end{cases}$$

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc :

$$m/n = x/(L-x) \Rightarrow x = m \cdot L / (n + m)$$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P_1 X + Z_A \end{cases}$$

3.6.2. Calcul de la tangente :

$$T = R/2 (p_1 + p_2)$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C[3].

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T p_1 \end{cases} \quad C \begin{cases} X_C = X_S + T \\ Z_C = Z_S + T p_2 \end{cases}$$

3.6.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement [3].:

$$LR = 2T$$

3.6.4. Calcul de la flèche [3].:

$$H = T^2 / 2R$$

3.6.5 Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe [3].:

$$M \begin{cases} H_X = x^2/2R \\ Z_M = Z_B + X p_1 - X^2/2R \end{cases}$$

3.6.6 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :

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

$$X_1 = R p_1.$$

$$X_2 = R p_2.$$

$$J \begin{cases} X_J = X_B - R \cdot p_1. \\ Z_J = Z_B + X_1 \cdot p_1 - X_1^2/2R. \end{cases}$$

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 (A) et J (D).

3.7. Exemple de calcul de profil en long :

3.7.1. Cas d'un rayon convexes :

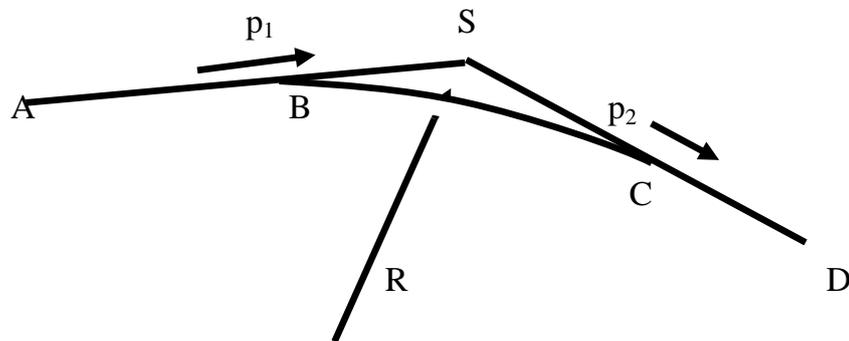


Figure 2.9.: Schéma d'un rayon convexe

R= 6000m

$$\begin{array}{ccc}
 A \left\{ \begin{array}{l} X= 49.55\text{m.} \\ Z= 988.26\text{m.} \end{array} \right. & S \left\{ \begin{array}{l} X= 87.95\text{m.} \\ Z= 987.27\text{m.} \end{array} \right. & D \left\{ \begin{array}{l} X = 126.34\text{m.} \\ Z=985.80\text{m.} \end{array} \right.
 \end{array}$$

a. calcul des pentes :

$$|P_1| = \Delta Z_1 / \Delta S_1 = (987.27 - 987.88) / (87.95 - 65.96) = -2.57\%$$

$$|P_2| = \Delta Z_2 / \Delta S_2 = (986.58 - 987.27) / (109.93 - 87.95) = -3.83\%$$

b. calcul des tangentes

$$T = R/2 (|p_2| - |p_1|) = 6000/2 (-0.0257 + 0.0383) = 37.8\text{m.}$$

c. calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = (37.8)^2 / 2 \cdot 6000 = 0.119 \text{ m.}$$

d. Calcul des coordonnées des points de tangente :

$$\text{B} \left\{ \begin{array}{l} X_B = X_S - T = 87.95 - 37.8 = 50.15 \text{ m.} \\ Z_B = Z_S - T \cdot P_1 = 987.27 - 37.8 \times 0.0257 = 986.31 \text{ m.} \end{array} \right.$$

$$\text{C} \left\{ \begin{array}{l} X_C = X_S + T = 87.95 + 37.8 = 125.75 \text{ m.} \\ Z_C = Z_S - T \cdot P_2 = 987.27 - 37.8 \times 0.0383 = 985.85 \text{ m.} \end{array} \right.$$

e. Calcul de la longueur de raccordement :

$$L = 2 \times T = 2 \times 37.8 = 75.6 \text{ m}$$

3.7.2. Cas d'un rayon concave :

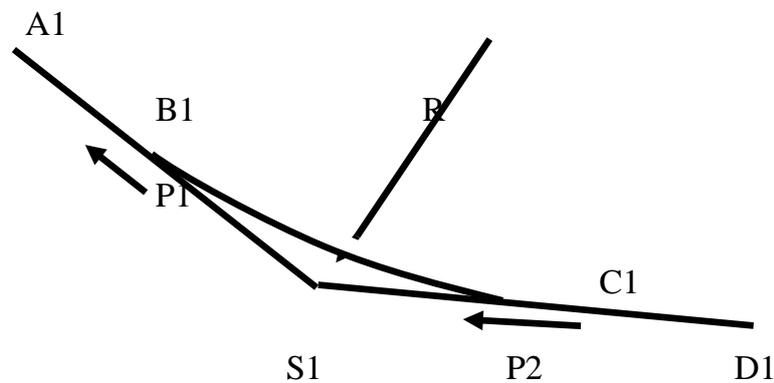


Figure2.10: Schema d'un rayon concave

R= 6000m

$$A1 \left\{ \begin{array}{l} X=228.22 \text{ m.} \\ Z= 982\text{m.} \end{array} \right.$$

$$S1 \left\{ \begin{array}{l} X= 325.3\text{m.} \\ Z= 979.6\text{m.} \end{array} \right.$$

$$D1 \left\{ \begin{array}{l} X = 422.7\text{m.} \\ Z=980.30\text{m.} \end{array} \right.$$

a. calcul des pentes :

$$|P_1| = \Delta Z_1 / \Delta S_1 = (979.6 - 982) / (325.3 - 228.22) = -2.43 \%$$

$$|P_2| = \Delta Z_2 / \Delta S_2 = (980.30 - 979.6) / (422.7 - 325.3) = 0.718 \%$$

b. calcul des tangentes :

$$T = R/2 (|p_2| - |p_1|) = (6000/2) \times (0.00718 + 0.0243) = 94.46 \text{ m.}$$

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

c. calcul des flèches :

$$H = T^2/2R = (94.46)^2 / (2 \times 6000) = 0.744 \text{ m.}$$

d. Calcul des coordonnées des points de tangente :

$$\text{B1} \left\{ \begin{array}{l} X_B = X_S - T = 325.3 - 94.46 = 230.84 \text{ m.} \\ Z_B = Z_S + T \cdot P_1 = 979.6 + 94.46 \times 0.00243 = 981.3 \text{ m.} \end{array} \right.$$

$$\text{C1} \left\{ \begin{array}{l} X_C = X_S + T = 325.3 + 94.46 = 419.76 \text{ m.} \\ Z_C = Z_S - T \cdot P_2 = 979.6 - (94.46 \times 0.0078) = 978.92 \text{ m.} \end{array} \right.$$

e. Calcul de la longueur de raccordement :

$$L = 2 \times T = 2 \times 94.46 = 188.92 \text{ m.}$$

4. Le profil en travers :

4.1. Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan verticale, la largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler, elle comprend aussi plusieurs voies, dont le choix est déterminé.

Il contient toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...) [10].

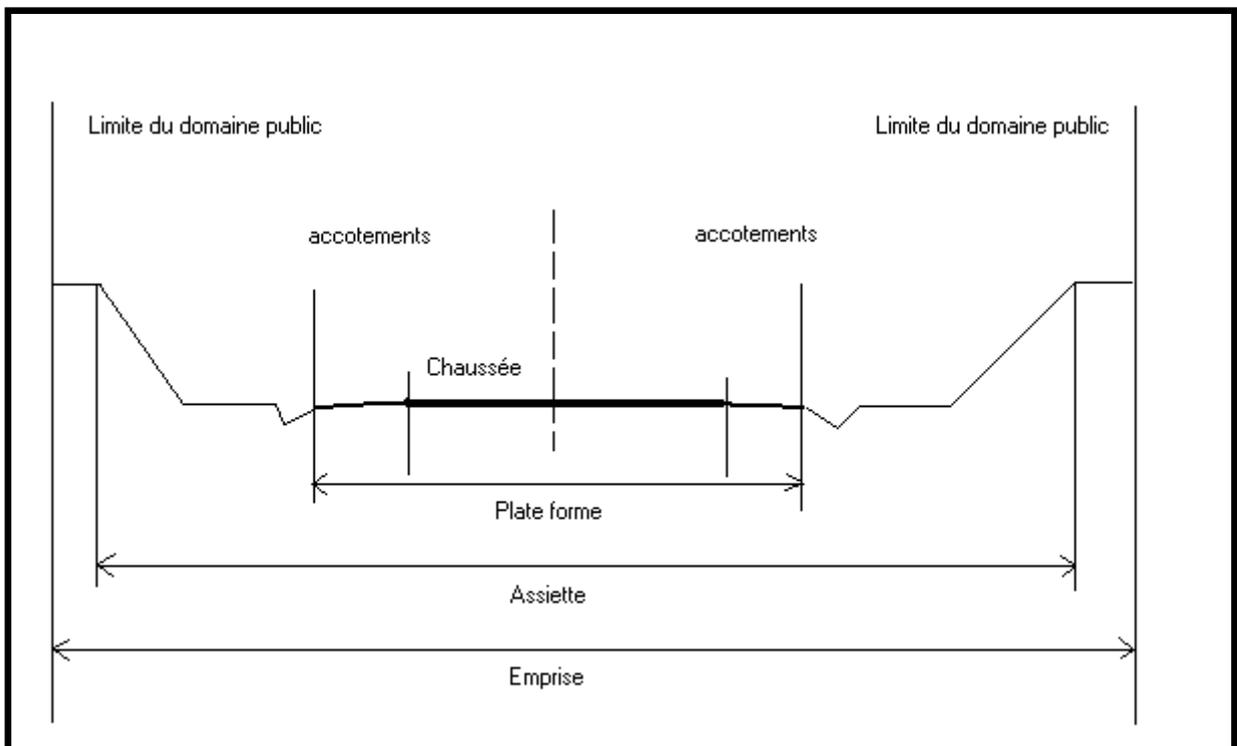


Figure 2.11- : Profil en travers général.

4.2. Principaux éléments de la route :

✓ **L'emprise:** C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route ou ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.[7]

✓ **L'assiette:** Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai. En zone urbaine, elle est limitée par le parement des habitations ou leurs clôtures.

✓ **La plate-forme:** C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts. [7]

✓ **La chaussée:** Au sens géométrique du terme : c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

Au sens structurel : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

Ses caractéristiques géométriques sont « une largeur, une surlargeur, une pente transversale, un dévers dans les virages ».

✓ **Les accotements :** Zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Les accotements sont « dérasés » s'ils sont au même niveau que la chaussée. Ils sont « surélevés » dans le cas contraire. [7]

4.3. Types de profil en travers :

4.3.1. Le profil en travers type :

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

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

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements [11].

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

4.3.2. Le profil en travers courant :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat) [11].

4.4. Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ❖ Une chaussées de deux voies de 3,5m chacune : $(2 \times 3.5) = 7.00$ m.
- ❖ Un accotement de 2m à chaque côté droit de la chaussée : $(2 \times 2) = 4.00$ m.

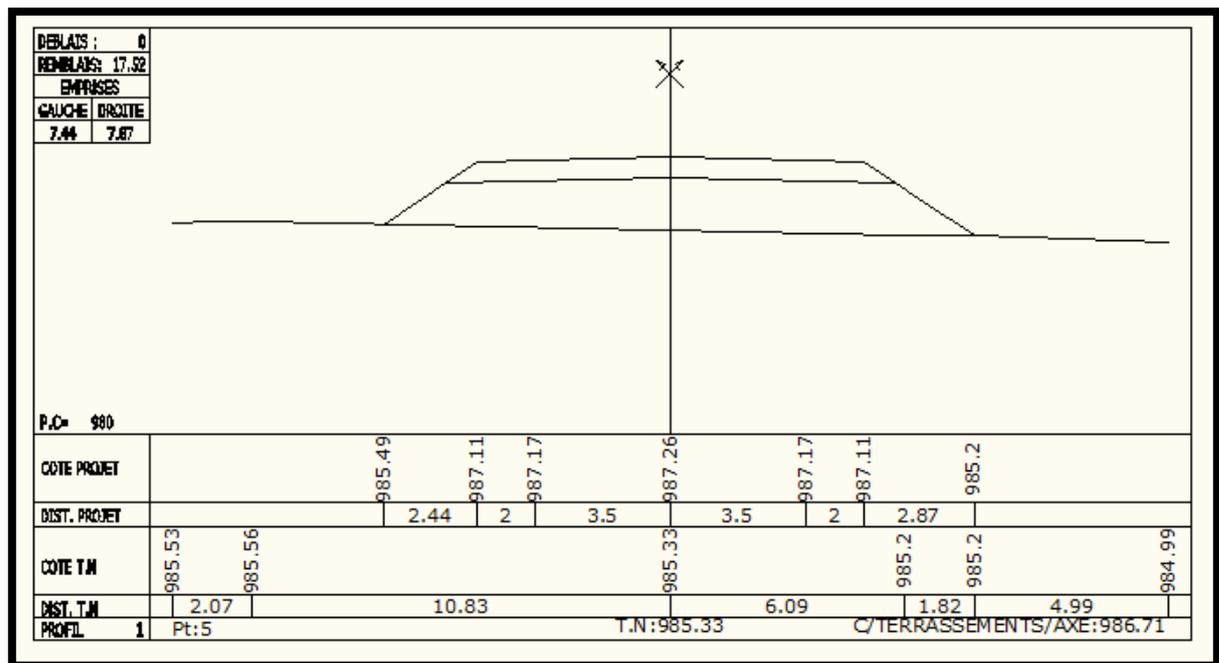


Figure 2.12 : Profil en travers type en remblai.

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

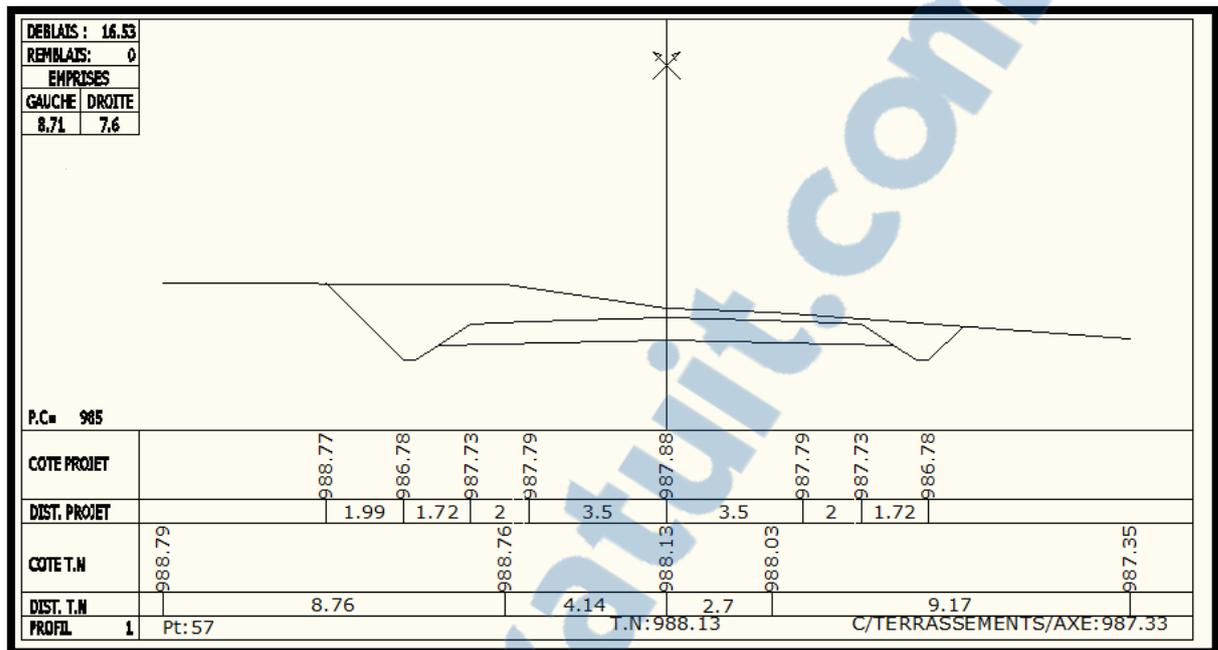


Figure 2.13 : Profil en travers type en déblai

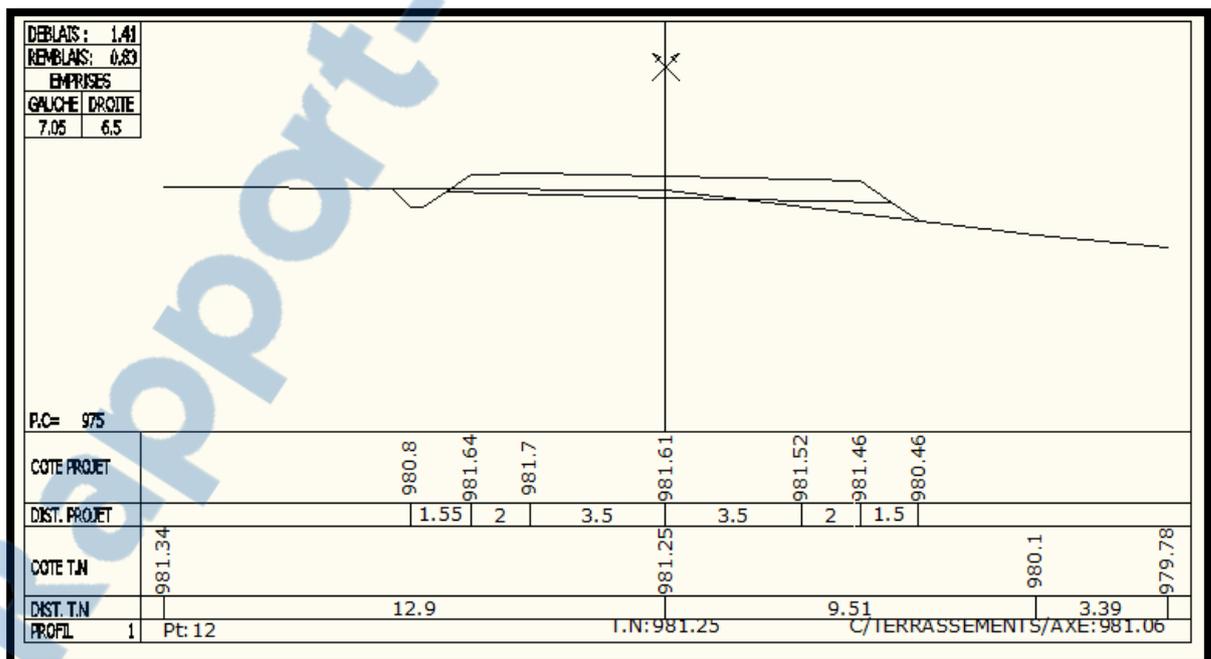


Figure 2.14 : Profil en travers type mixte.

1. INTRODUCTION :

Le corps de chaussée est dimensionné pour supporter la circulation du trafic dans de bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers dans une durée bien déterminée. Il est défini comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mis en place pour constituer le corps de chaussée.

On doit non seulement penser au trafic existant mais aussi au trafic futur, ce qui nous amène à définir le taux d'accroissement de la circulation et le type de véhicules empruntant cette route.

Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivantes :

- ❖ Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds).
- ❖ La portance du sol support désignée par son indice C. B. R.
- ❖ la durée de service.

2. LA CHAUSSEE :

2.1. Définition :

- ❖ **Au sens géométrique:** c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. [8]
- ❖ **Au sens structurel:** c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.[8].

3. LES STRUCTURES DE CHAUSSEES :

En général, quelque soit le trafic supporté, une route se présente sous la forme d'une structure multicouche où chaque couche possède sa fonction particulière. On peut distinguer cette structure en trois niveaux distincts (couche de surface, couche d'assise, plate forme support chaussée) (fig3.1) [9].

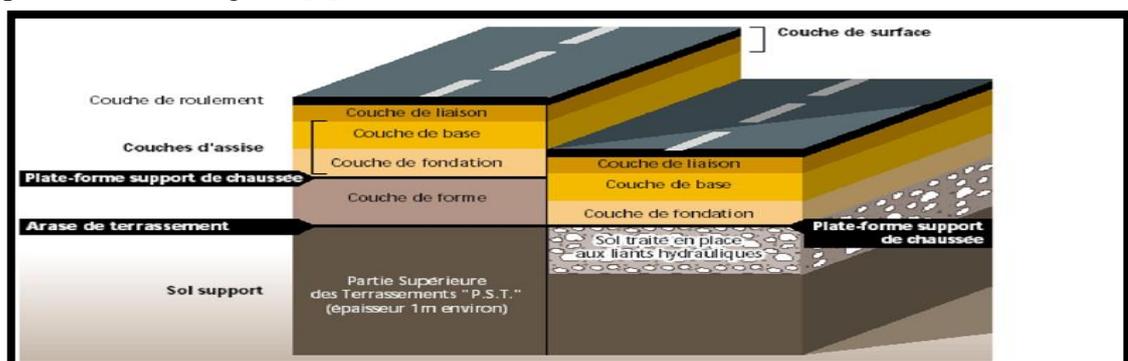


Figure 3.1 : Constitution des structures de chaussée [9].

4. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :

4.1. Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs [9] :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes [9] :

4.1.1. Couche de surface :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat, elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation.

Elle est en général composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- ✓ D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- ✓ D'assurer la sécurité (par l'adhérence).
- ✓ D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

En général, l'épaisseur de la couche de roulement est une couverture bitumineuse relativement mince (inférieure à 15 cm).

L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm. [9]

4.1.2. Couche d'assise :

a. Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm. [9]

b. Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

L'épaisseur de la couche de fondation est éventuellement 20 à 50 cm. [9]

❖ Couche de forme :

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

Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm [9].

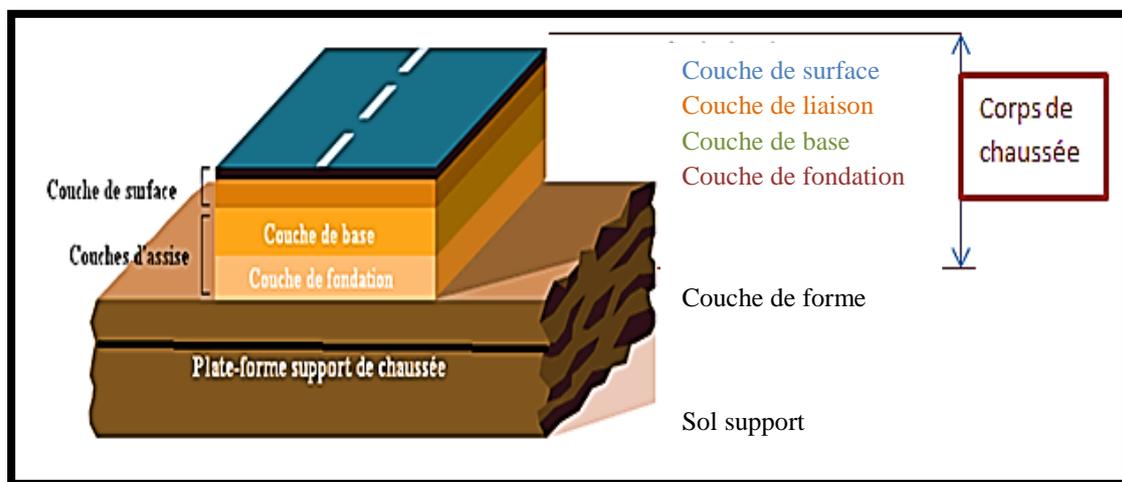


Figure 3.2 : Structure type d'une chaussée souple [9].

4.2. Chaussée semi – rigide :

Une chaussée semi rigide est une chaussée avec une couche de surface en béton bitumineux reposant sur une couche de base en matériaux stabilisés aux liants hydrauliques et d'une couche de fondation granulaire [9].

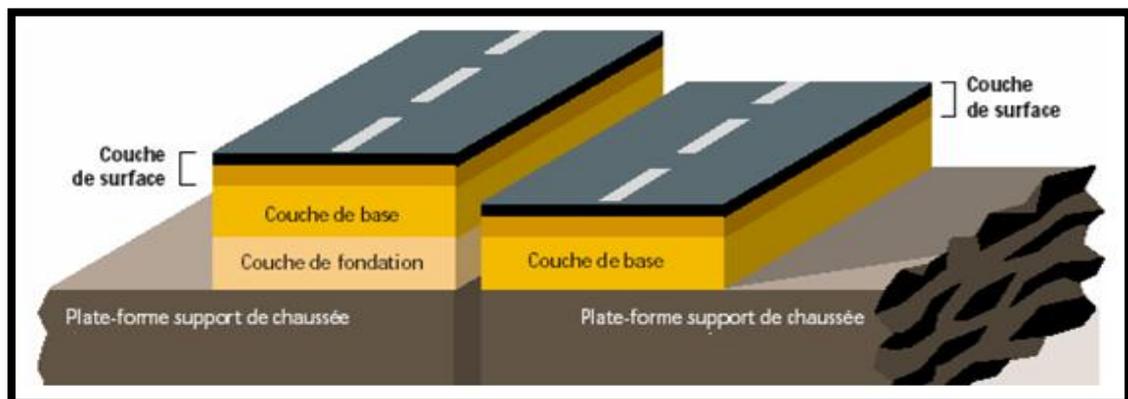


Figure 3.3 : Chaussée semi-rigide [9].

4.3. Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton en ciment portland reposant directement sur la couche de fondation ou sur la plate-forme. La dalle de béton joue un double rôle: elle est à la fois la surface de roulement et la couche de base. Elle répartit les efforts de surface dus aux charges de cisaillement sur une large surface afin d'éviter une déformation sur la couche de fondation ou sur l'infrastructure [10].

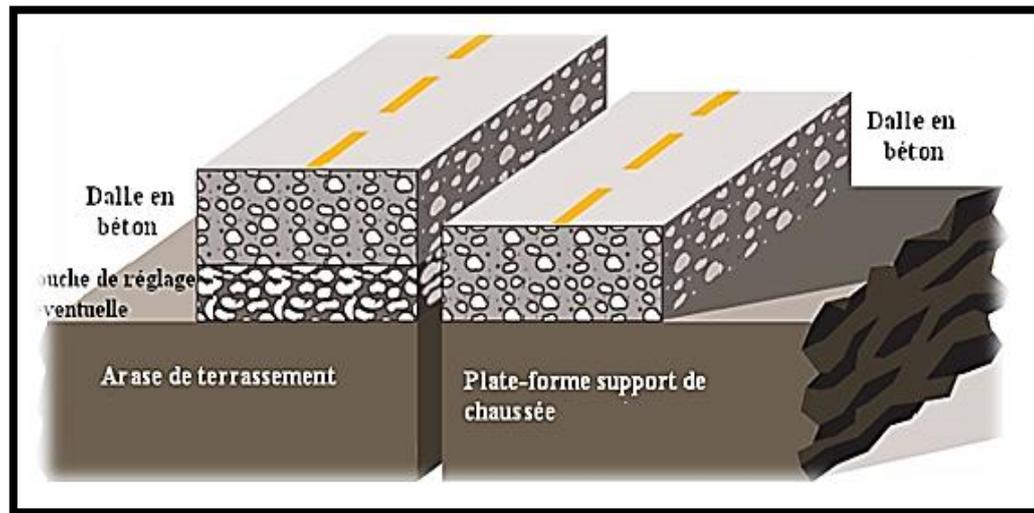


Figure 3.4: Structure type d'une chaussée rigide [8].

5. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT:

5.1. Trafic:

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres [11]:

- ❖ Le TMJA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- ❖ Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

Trafic «poids lourd» comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes.

5.2. Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques [12].

5.3. Le sol support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme [12].

Les plates-formes sont définies à partir [12]:

- ❖ De la nature et de l'état du sol.
- ❖ De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

5.4. Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic [12].

6. LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

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 est empirique et basée sur :

- ❖ La détermination de l'indice portant du sol.
- ❖ Appréciation du trafic composite.
- ❖ Utilisation d'abaque ou formule pour déterminer l'épaisseur de chaussée.

On distingue deux méthodes :

Les méthodes empiriques et semi-empiriques.

Ces méthodes s'appuient sur deux paramètres :

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

6.1. Méthode du catalogue des structures «SETRA» :

C'est le catalogue des structures types neuves et établi par «SETRA». Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés.

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens [13].

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données[13] :

- ❖ Trafic cumulé de poids lourds à la 15ème année T_j .
- ❖ Les caractéristiques de sol (S_j).

a. Détermination de la classe de trafic:

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Tableau 3.1 : La classe du trafic poids lourd [14].

| Classe de trafic | Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans |
|------------------|---------------------------------------|
| T_0 | $<3.5 \cdot 10^5$ |
| T_1 | $3.5 \cdot 10^5 < T < 7.3 \cdot 10^5$ |
| T_2 | $7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$ |
| T_3 | $2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$ |
| T_4 | $7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$ |
| T_5 | $T > 4 \cdot 10^7$ |

Le trafic cumulé est donné par la formule:

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

Avec :

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

n : durée de vie.

a. Détermination de la classe du sol :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Tableau 3.2 : Classement de sol en fonction de l'indice CBR. [15]

| Classe de sol (Si) | Indice C.B.R |
|--------------------|--------------|
| S0 | >40 |
| S1 | 25-40 |
| S2 | 10-25 |
| S3 | 05-10 |
| S4 | <05 |

6.2. Méthode C.B.R «California -Bearing - Ratio»:

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90% à 100%) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'au moins de 15cm[13].

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après. [13]

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

N: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

$$N = T_H \cdot \%PL$$

T_H : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m$$

CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Avec:

T_0 : trafics actuel (v/j).

m : année de prévision.

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

Avec :

$c_1 \times e_1$: couche de surface.

$c_2 \times e_2$: couche de base.

$c_3 \times e_3$: couche de fondation.

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau 3.3 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau. [15]

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

6.3. Méthode A.A.S.H.O «American Association of State Highway Officials»:

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 de charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs [15] :

- ❖ 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.
- ❖ L'influence des charges et de leur répétition.

6.4. La Méthode L.C.P.C «Laboratoire Central des Ponts et Chaussées» :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donné par l'expression: [13]

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

Avec:

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. [17]

6.5. Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTTP » : [13]

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont : le trafic, sol support, matériaux, et zone climatique.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches :

- ❖ Approche théorique.
- ❖ Approche empirique.

La démarche du catalogue :

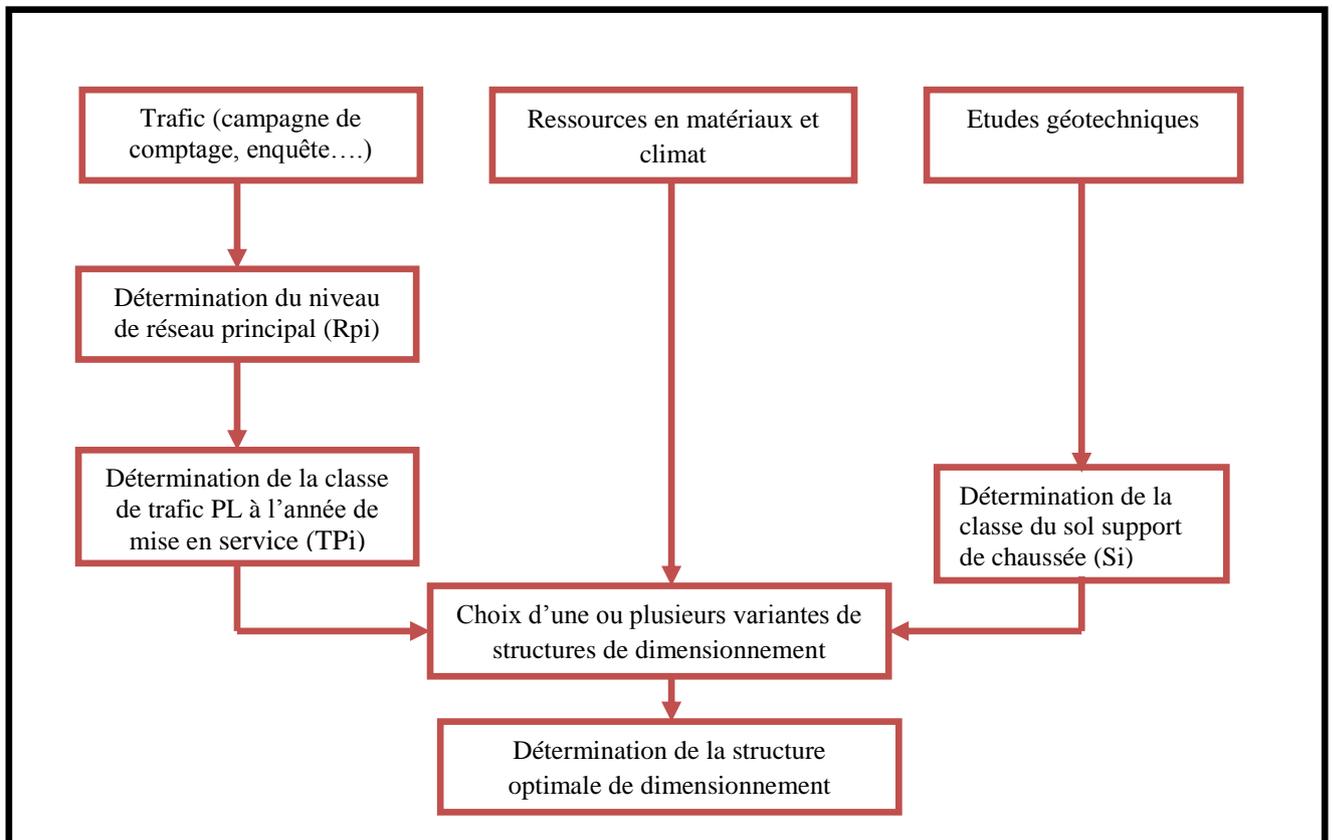


Figure 3.5 : schéma de la démarche du catalogue.

7. APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on a utilisé la méthode suivante :

- ❖ La méthode dite CBR.

On a : $I_{CBR} = 6$ ce sol appartient à la classe (S3).

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

Avec :

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

Log : logarithme décimal.

N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.

$$N = T_H \times \%PI$$

Avec : %PL=40%, $\tau = 4\%$, $I_{CBR} = 6$

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + 0.04)^m = \frac{1460}{2} (1 + 0.04)^{20} \Rightarrow T_H = 1600 \text{ V/J/sens}$$

$$N = 1600 \times 0.40 \Rightarrow N = 640 \text{ pl/j/sens}$$

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{640}{10})}{6 + 5} = 47.400 \text{ cm}$$

Donc : $E_{\text{eq}} = 48 \text{ cm}$

On a : $E_{\text{eq}} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$

Pour déterminer la structure définitive on fixe les épaisseurs e_1 , e_2 et on calcule l'épaisseur e_3 :

$e_1 = 8 \text{ cm}$ en béton bitumineux (BB)

$C_1 = 2.0$

$e_2 = 12 \text{ cm}$ en grave bitume (GB)

$C_2 = 1.2$

$e_3 =$ épaisseur en grave concassé (GC)

$C_3 = 1$



CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

$$E_{eq} = c_1 \times e_1 \times c_2 \times e_2 \times c_3 \times e_3$$

$$e_3 = \frac{E_{eq} - (c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2)}{c_3}$$

$$e_3 = \frac{46 - (8 \times 2 + 12 \times 1.2)}{1} = 15.6$$

Donc :

$$e_3 = 20 \text{ cm.}$$

Tableau 3.4 : Récapitulatif des résultats.

| Couches | Epaisseur réelle (cm) | Coefficient d'équivalence (ci) | Epaisseur équivalente (cm) |
|---------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| BB | 8 | 2 | 16 |
| GB | 12 | 1.2 | 14.4 |
| GC | 20 | 1 | 20 |
| TOTAL | 40 | | 50.4 |

8. CONCLUSION :

En fonction du calcul ci-dessus, la structure de notre chaussée comporte :

- ❖ Couche de roulement en béton bitumineux **BB « 8cm »**.
- ❖ Couche de base en grave bitume **GB « 15cm »**
- ❖ Couche de fondation en **GC « 20cm »**.

Pour la partie terrassement :

- ❖ La couche de forme est en **TUF** d'une épaisseur de « **20cm** ».

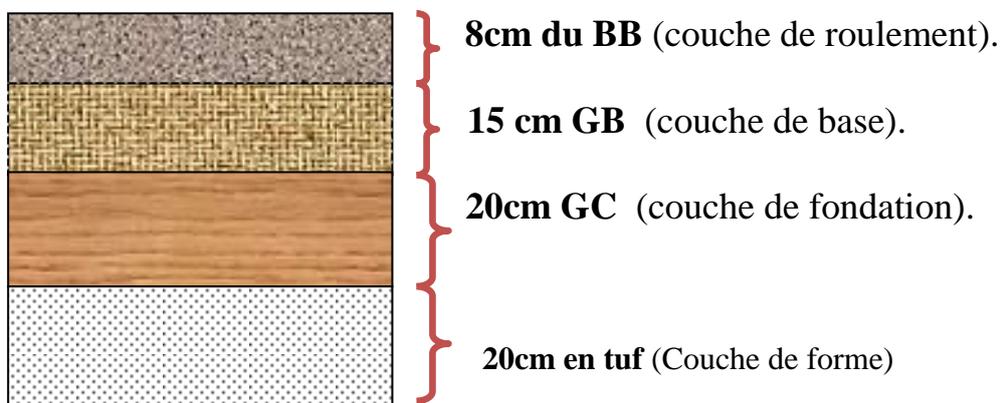


Figure 3.6: Récapitulatif des résultats de la méthode CBR.

1. INTRODUCTION :

La réalisation des projets routiers fait appel à un ensemble d'activités de plus en plus nombreuses et complexes qui demandent des efforts importants et soutenus en matière de gestion de projet, notamment de la maîtrise du contenu, des délais, des coûts et de la qualité.

Ce chapitre présente une vue générale sur le réseau routier en Algérie, les étapes de réalisation d'un projet routier (cycle de vie d'un projet routier) en se référant aux guides et aux normes qui s'appliquent. Il présente aussi, les acteurs, les rôles et les responsabilités des principaux intervenants, et finalement présente l'importance d'une structure WBS (Works breakdown structure) dans un projet routier.

2. LE RESEAU ROUTIER EN ALGERIE :

En Algérie la route a un rôle éminemment stratégique tant au plan du développement économique et social que celui de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Le réseau routier national assure à lui seul près de 90 % du volume des échanges, dont le plus important est enregistré sur le réseau économique de base (routes nationales, chemins des wilayas et autoroutes).

Selon le ministre des Travaux publics, Les actions de développement du réseau routier ont permis à notre pays de disposer actuellement d'un réseau enviable de l'ordre de 112 039 Km réparti comme suit. [1]

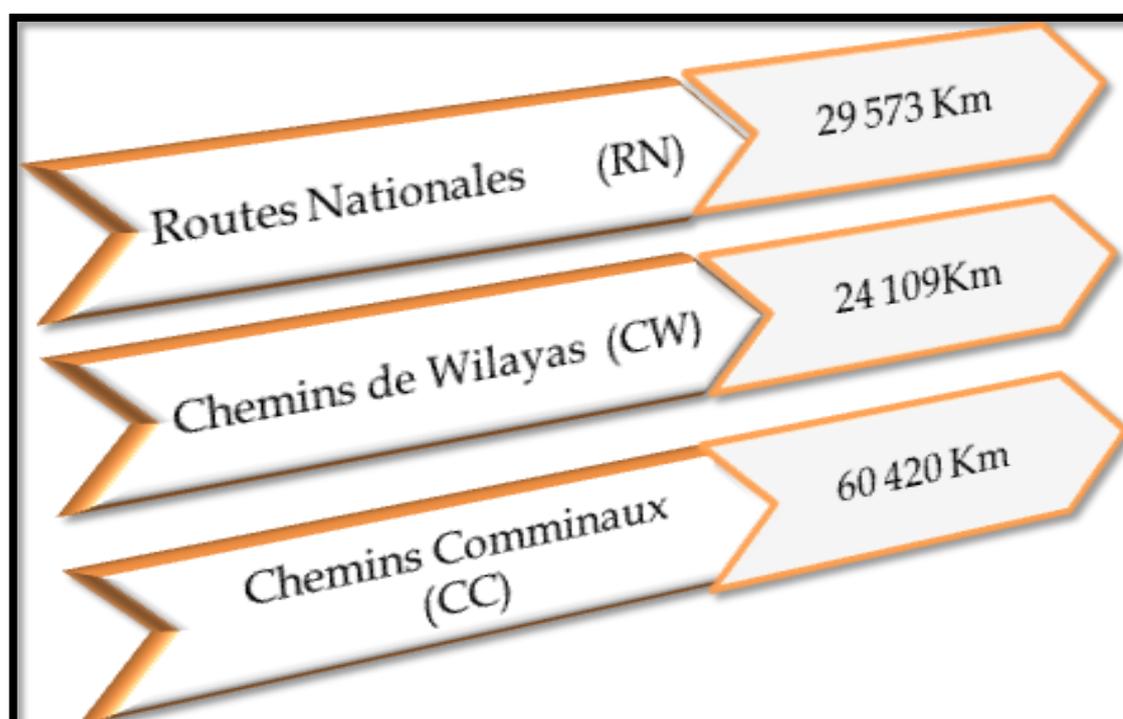


Figure 4.1 : Disposition de réseau routier algérien selon MTP. [1]

Dans le cadre d'une consolidation du réseau routier en Algérie, et afin d'améliorer les conditions de circulation sur nos routes, l'état algérien compte mettre le paquet en faveur du réseau routier interne puisqu'il est d'une grande importance pour l'Algérie. Il s'agit notamment des routes nationales et chemins de wilaya et des communes « Le gouvernement algérien mobilise un budget important , destinés au revêtement et à l'entretien des routes et des chemins de wilayas et des communes ». À ce stade plusieurs projets de routes et d'autoroutes sont en cours de réalisation pour renforcer le réseau routier national.

Le futur réseau routier qui est entrain de se réaliser a beaucoup d'avantage sur le développement socio- économique d'Algérie, et le développement du système des transports.

2.1. Le schéma directeur routier et autoroutier :

Selon le ministre des Travaux publics, le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025 est le référentiel de développement à court, moyen et long terme des infrastructures routières et autoroutières découlant d'une vision globale et d'une planification stratégique à l'horizon 2025, répartie sur quatre principales phases :



Figure 4.2 : Le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025. [1]

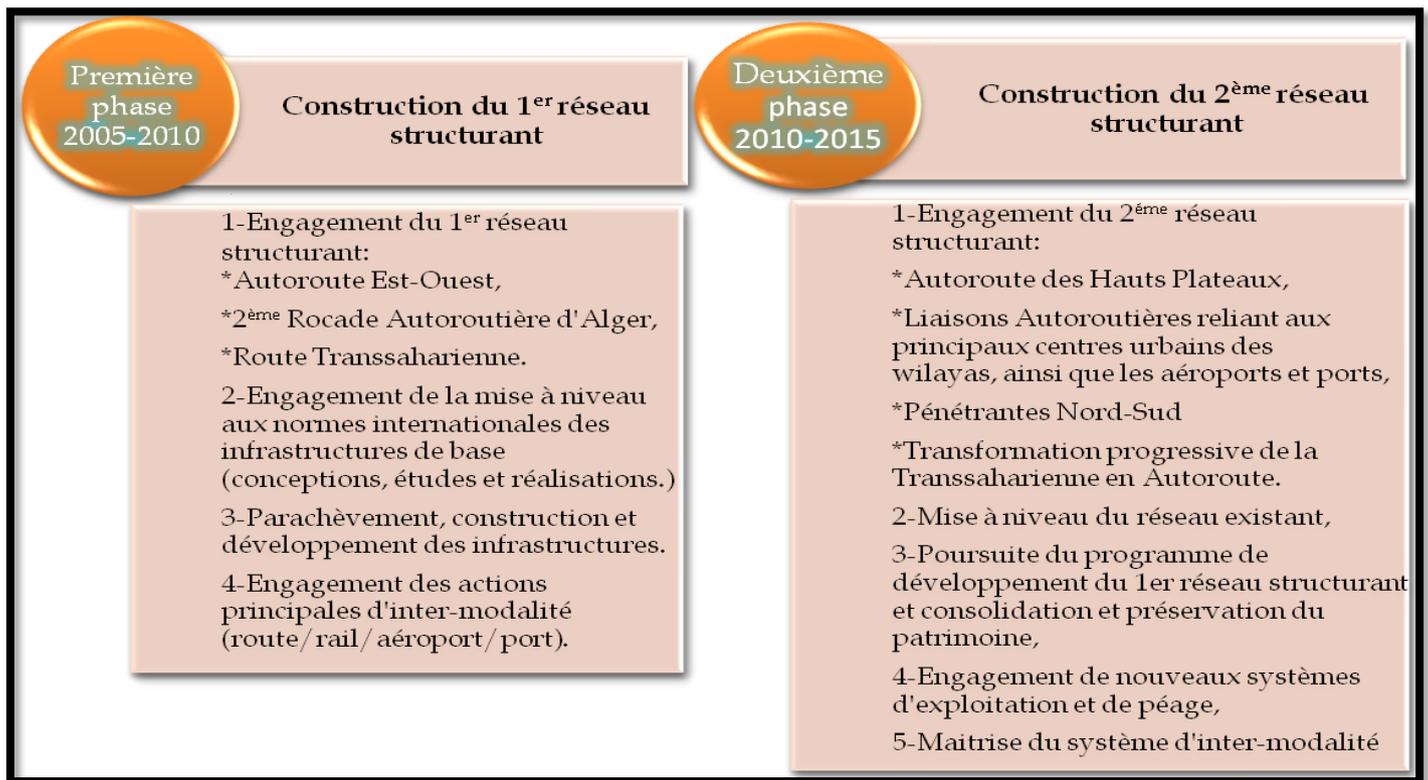


Figure 4.3 : Le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2015. [1]

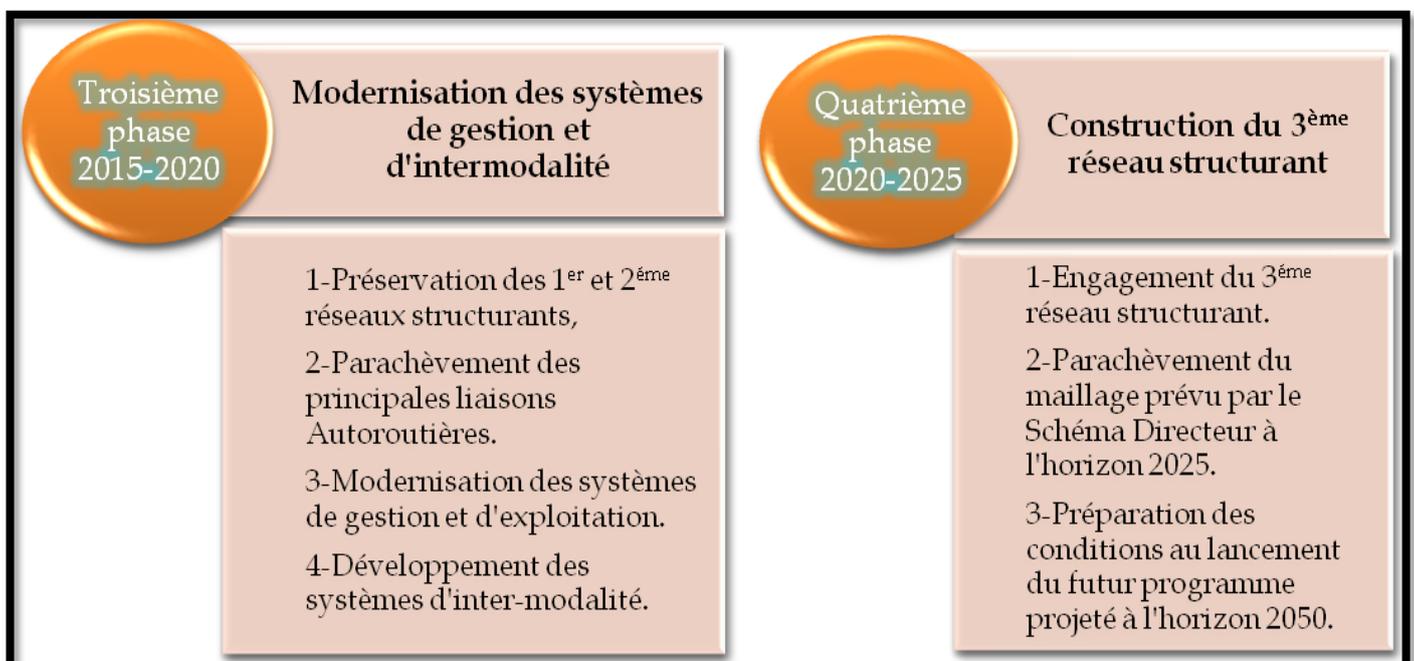


Figure 4.4 : Le schéma directeur routier et autoroutier 2015/2025. [1]

3. CYCLE DE VIE D'UN PROJET ROUTIER :

Un projet est défini par son cycle de vie, qui est généralement présenté comme étant constitué des phases. Le nombre de phases ainsi que leur appellation peuvent varier d'une application à une autre, d'un domaine d'application à un autre et d'un auteur à un autre. On appelle « cycle de vie du projet » l'enchaînement dans le temps des étapes et des validations entre l'émergence du besoin et la livraison du produit.[2]

Une route doit être considérée sur un cycle de vie : elle est planifiée, conçue, construite, utilisée, exploitée et entretenue.

Le cycle de vie d'un projet routier passe par quatre phases : «Études préalables », « Conception », « Construction » et « clôture ». Chacune de ces phases est composée en plusieurs étapes. La figure 1.5 présente les grandes lignes de ce cycle explicité ci-dessous :

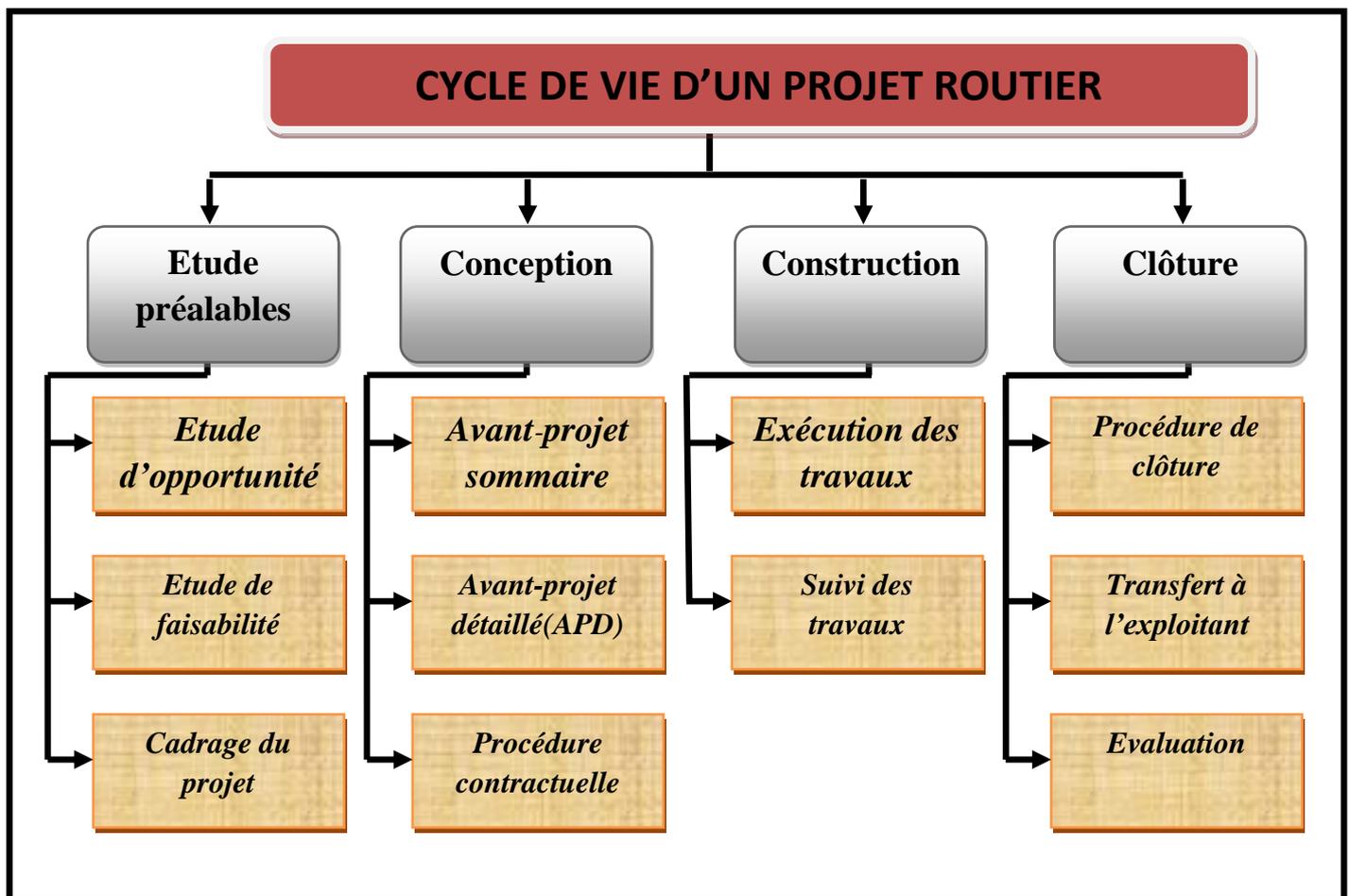


Figure 4.5 : Cycle de vie d'un projet routier. [2]

3.1. Phase1: « Études préalables »

Cette phase vise à déterminer les besoins qui justifient l'existence, du projet et la faisabilité de l'opération. Elles peuvent comporter trois étapes et se concluent par le lancement de l'enquête publique.

3.1.1. Étape 1 : Études d'opportunité

L'étude d'opportunité a pour objectif de faire émerger un projet en posant de façon claire les termes du problème.

Les études menées au cours de cette phase pouvant comporter une analyse des trafics et une évaluation socio-économique et environnementale, permettent de recenser les besoins de déplacements et d'identifier les objectifs auxquels une nouvelle infrastructure devrait répondre. Elles visent ainsi à définir le type d'infrastructure routière la mieux adaptée, à préciser ses principales fonctionnalités et caractéristiques, ainsi que les enjeux socioéconomiques et les impacts sur l'environnement et l'aménagement du territoire qui lui sont associés.

Lors de la phase d'opportunité sont réalisées l'identification et l'analyse complète des éléments qui pourraient justifier une intervention sur le réseau routier. Cette étude est faite dans le but de caractériser les problématiques de transport en déterminant les différents éléments (techniques, socioéconomiques, environnementaux, etc.). Il est nécessaire d'assurer un équilibre entre les besoins sociaux, environnementaux et économiques, ainsi les besoins doivent être durables, c'est-à-dire offrir une satisfaction à long terme en répondant à des besoins collectifs comme l'accessibilité ou la mobilité.

3.1.2. Étape 2: Études de faisabilité

L'étude de faisabilité vise à analyser la faisabilité économique, organisationnelle et technique de projet, elle doit comporter des renseignements généraux qui permettront au maître d'ouvrage, en toute connaissance de cause, de prendre la décision de poursuivre son projet.

À cette étape, un ensemble d'études seront menées pour analyser les éléments relatifs au projet. Elle consiste essentiellement à produire de façon précise et détaillée, le programme des besoins à partir de l'analyse sommaire des solutions pertinentes par rapport aux besoins, il convient de faire une estimation grossière du coût d'investissement et de fonctionnement du projet (en termes de moyens humains et matériels), des délais envisagés et des éventuels retours sur investissement, étude de rentabilité du projet. Ainsi qu'à identifier les contraintes susceptibles de faire obstacle à la réalisation du projet.

3.1.3. Étape 3 : Cadrage du projet

Cette étape du cadrage du projet est essentielle pour la réussite du projet. Le but est de faciliter la compréhension et la manipulation du projet ; il s'agit d'énoncé le titre du projet où les mots clés doivent apparaître, de rendre l'idée du projet compréhensible. Afin de réussir d'exprimer l'idée de projet, il faut obtenir une vue d'ensemble sur les facteurs déclencheurs du projet, de préciser les besoins du demandeur, de vérifier l'opportunité du projet, ainsi que d'analyser les données disponibles. Il convient de préciser les orientations de base, de définir clairement les objectifs principaux du projet, de préciser les caractéristiques essentielles du projet et de ses variantes et d'évaluer les coûts potentiels du projet et de définir les délais de réalisation du projet (la date du début, et la date de fin du projet).

Ainsi, il est nécessaire de décrire les différents acteurs intervenant, en termes de rôles et responsabilités. Pour cela, il faut tout d'abord avoir identifié les parties prenantes du projet (maître d'œuvre, fournisseurs, entrepreneur, etc.).

En outre, cette étape comporte une étude d'impact sur des milieux de natures totalement différentes (politique, commercial, environnement, social, etc.). L'objet d'une étude d'impact est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme du projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet.

Enfin, une définition des risques principaux qui affectant le projet (technique, social, commercial, naturel, économique, etc.).

Le cadrage est donc la partie essentielle de la définition du plan de projet, il conduit à envisager plusieurs scénarios. Chaque scénario envisagé permet d'évaluer les risques pesant sur le projet et doit s'accompagner d'un bilan prévisionnel présentant le coût et les avantages du chaque scénario. Le plus grand nombre de solutions doit être considéré pour obtenir une étude complète et originale. Le principal défi est d'offrir des solutions qui permettent de tenir compte des contraintes techniques du site, tout en assurant une bonne insertion du projet potentiel dans le milieu humain et naturel.

A partir des études préalables, une enquête publique peut être exigée par différentes procédures inscrites soit au code de l'environnement, soit au code de l'expropriation, portant sur l'utilité publique de l'infrastructure. Elle peut avoir différents objets:

- ❖ Connaître précisément les propriétaires de chaque parcelle touchée par le projet ;
- ❖ Assurer la mise en compatibilité des documents d'urbanisme ;
- ❖ Attribuer les statuts appropriés à l'infrastructure ;
- ❖ Classer ou déclasser des infrastructures dans des domaines différents ;

Dès que le principe de mise à l'enquête est arrêté, le maître d'ouvrage a en charge des mesures de publicité de cette enquête ou se prononce, par une déclaration de projet, sur l'intérêt général de l'opération. [2]

3.2. Phase 2 : « Conception »

Cette phase vise à concevoir la réponse la mieux appropriée aux besoins d'origine.

À partir des solutions énoncées à la phase précédente, plusieurs possibilités (scénarios et variantes) sont élaborées et analysées, pour finalement réaliser un projet qui répondra le mieux aux besoins tout en respectant le cadre budgétaire du projet. Elle est constituée de trois étapes « Avant projet sommaire », « Avant-projet définitif » et « Procédure contractuelle ».

3.1.4. Étape 1 : Avant-projet sommaire (APS)

Cette étape permet l'élaboration de scénarios relativement détaillés assurant la réponse technique du projet. Leur conception résulte de la participation ou de la consultation d'intervenants de multiples secteurs d'activité. À ce moment, des scénarios seront élaborés pour chaque solution et le choix du meilleur scénario sera fait dans cette étape.

Plusieurs études sont abordées dont des études géologiques, géotechniques, hydrologiques, topographiques, etc. Elles permettent de préciser les fonctions locales de l'aménagement et de définir le meilleur tracé en comparant plusieurs variantes, ainsi qu'une estimation suffisamment précise des quantités et des coûts associé à chaque scénario pour la réalisation de cette étape. La cohérence des scénarios doit être régulièrement évaluée par rapport aux priorités du maître d'ouvrage.

L'échelle de précision permet encore de déplacer le tracé à l'intérieur d'un fuseau, pour les projets importants on parle de bande des 300 m.

3.2.2. Étape 2 : Avant-projet détaillé (APD)

Pendant le déroulement de cette étape, plusieurs études approfondies viennent appuyer la démarche d'optimisation et d'amélioration de la solution technique entreprise depuis le début de préparation du projet. C'est généralement à cette étape que l'on amorce les procédures pour l'obtention des permis et autorisations nécessaires à la réalisation du projet. Elle se concentre sur la conception de variantes permettant d'optimiser l'ensemble des composantes du scénario. La variante retenue à l'issue de l'avant-projet sommaire est élaborée en profondeur avec une fixation des coûts à partir des calculs précis des quantités tout en définissant les caractéristiques des éléments nécessaires à sa réalisation.

Lorsque la conception de tous les éléments du projet est terminée et qu'elle a fait l'objet d'une approbation, il y a lieu de procéder à la préparation des plans de construction et de détail du projet et de rédiger les clauses administratives et techniques des devis qui permettront de procéder à l'appel d'offres et à la réalisation des travaux. Les plans et devis sont rédigés en fonction des conclusions et des décisions prises par les autorités compétentes lors des étapes précédentes.

3.1.5. Étape 3 : Procédure contractuelle

Cette étape, est celle par laquelle le maître d'ouvrage lance le processus d'appel d'offres auprès des entrepreneurs, pour la réalisation des travaux de construction d'un ouvrage routier ou d'une infrastructure routière. Cette démarche se veut conformer au processus d'appel d'offres public, le maître d'ouvrage offre un contrat pour signature et exécution à l'adjudicataire qui présente l'offre la plus prometteuse.

En parallèle et lorsque la surveillance et le contrôle des matériaux sont réalisés par un ou des prestataires de services, le maître d'ouvrage doit préparer et accorder les mandats requis pour la réalisation de ces activités, et ce, en conformité avec les règles administratives en vigueur.

Finalement, c'est à cette étape que sont déposés le plan de surveillance et le plan qualité de mise en œuvre des travaux. [2]

3.2. Phase 3 : « Construction »

La phase de « construction » consiste principalement en la mise en œuvre des plans et devis, elle vise à concrétiser la solution retenue. Elle est constituée de deux étapes

« Exécution des travaux » et « Suivi des travaux ».

3.2.1. Étape 1 : Exécution des travaux

C'est l'étape de la mise en œuvre du projet routier sur le terrain, donc du chantier.

L'entrepreneur, les prestataires de services et les fournisseurs exécutent leurs contrats dans le respect des exigences et des spécifications émises dans les plans et devis. Le maître d'ouvrage, pour sa part, s'assure de la réalisation et de la conformité des biens livrables demandés dans les documents contractuels et effectue les paiements en fonction de l'avancement des travaux réalisés.

Il incombe au maître d'ouvrage de prendre toutes mesures pour mettre à la disposition de l'entrepreneur les terrains nécessaires et il doit, à cette occasion, lui délivrer un plan général d'implantation de l'ouvrage.

À ce titre, l'entrepreneur doit exécuter les travaux dans le délai prévu au marché. Le délai d'exécution des travaux part en principe de la date de notification du marché et expire à la date d'achèvement des travaux fixée par le maître de l'ouvrage à l'occasion des opérations de réception.

3.2.2. *Étape 2 : Suivi des travaux*

Le but de cette étape est de mesurer et surveiller régulièrement la progression et la conformité du projet et d'assurer la bonne intégration des modifications ou changements approuvés dans le cadre du projet. Elle impose l'établissement des procédures d'exécution qui décrivent la méthodologie, les moyens et les plans de contrôle et de suivi pour l'exécution des différents travaux.

L'entrepreneur doit prendre toutes dispositions ou établir tous documents nécessaires à la réalisation de l'ouvrage, ce qui comporte d'abord l'exécution d'opérations matérielles (aménagement des voies et moyens de transport, logement du personnel, installation du chantier proprement dit, etc.). Cela implique surtout la mise au point de toutes les mesures qui détermineront le déroulement du chantier (programme d'exécution des travaux qui indique notamment les moyens du chantier et le calendrier d'exécution) et la mise au point du plan d'exécution des ouvrages (définissant le dimensionnement des ouvrages et les caractéristiques des matériaux, produits et composants de construction). Ces documents sont tous établis sur la base des pièces contractuelles.

3.3. Phase 4 : « Clôture »

La phase de clôture est la dernière phase du projet, elle met formellement fin à toutes les activités du projet et permet d'évaluer l'adéquation de la solution retenue avec les besoins d'origine.

3.4.1. *Étape 1 : Procédure de clôture*

Le projet prend fin avec la réception finale des travaux, la recommandation de paiement final par le surveillant, l'évaluation du rendement de l'entrepreneur, des prestataires de services et des fournisseurs, etc.

Donc à l'issue de cette étape s'effectue la réception des travaux. L'entrepreneur avise le maître d'ouvrage de la fin des travaux. Le maître d'œuvre assure le contrôle des opérations de réception. Dès l'achèvement des travaux par le titulaire, le maître d'ouvrage doit prendre possession des ouvrages et il lui incombe donc de vérifier que les prestations ont bien été exécutées conformément aux pièces contractuelles.

Après la réception définitive des travaux, un rapport final du projet devra être établi, qui sera examiné par le maître d'ouvrage pour la clôture des contrats (l'activité qui consiste à analyser et à évaluer tous les aspects du rendement et de la conformité des ouvrages) et la clôture du projet (l'activité qui consiste à réunir et à évaluer les données sur le rendement du projet).

3.4.2. *Étape 2 : Transfert à l'exploitant*

Le transfert à l'exploitant constitue une étape clé, correspondant à un transfert des ouvrages à l'unité administrative responsable de l'entretien et de l'exploitation. Ce transfert contient tous les renseignements concernant le projet dont l'exploitant aura besoin pour

mener à bien ses opérations courantes, notamment le rapport final de surveillance et les plans «Tel que construit».

3.4.3. Étape 3 : Evaluation

Cette étape d'évaluation est faite en relation avec les objectifs qui ont motivé la construction de l'ouvrage routier et à l'aide du suivi effectué après sa mise en fonction. Selon les besoins qui ont motivé l'amorce du projet et la nature des interventions réalisées sur le terrain, l'évaluation permet de cibler les objectifs de rendement qui ont été atteints ou surpassés ou qui n'ont pas été atteints.

L'évaluation de projets est une partie importante à l'évolution et à l'amélioration continues d'une organisation. Elle permet, sur la base de la documentation produite de passer en revue l'ensemble du projet. L'analyse des différents documents assurera la mise en évidence des belles réalisations et les moins réussies, et alimentera le processus d'amélioration continue du maître d'ouvrage pour sa gestion de projets routiers. [2]

4. LES ACTEURS DU PROJET ROUTIER

Le terme « acteur d'un projet » concerne l'ensemble des individus, des collectivités, et des personnes morales privées ou publiques qui participent à l'élaboration du projet. Un projet associe un ensemble d'acteurs directement ou indirectement concernés, ils pourront être moteurs, décideurs, mais aussi opposants. Les acteurs et leurs fonctions, identifiés dans un projet routier sont présenté par la figure 4.6.

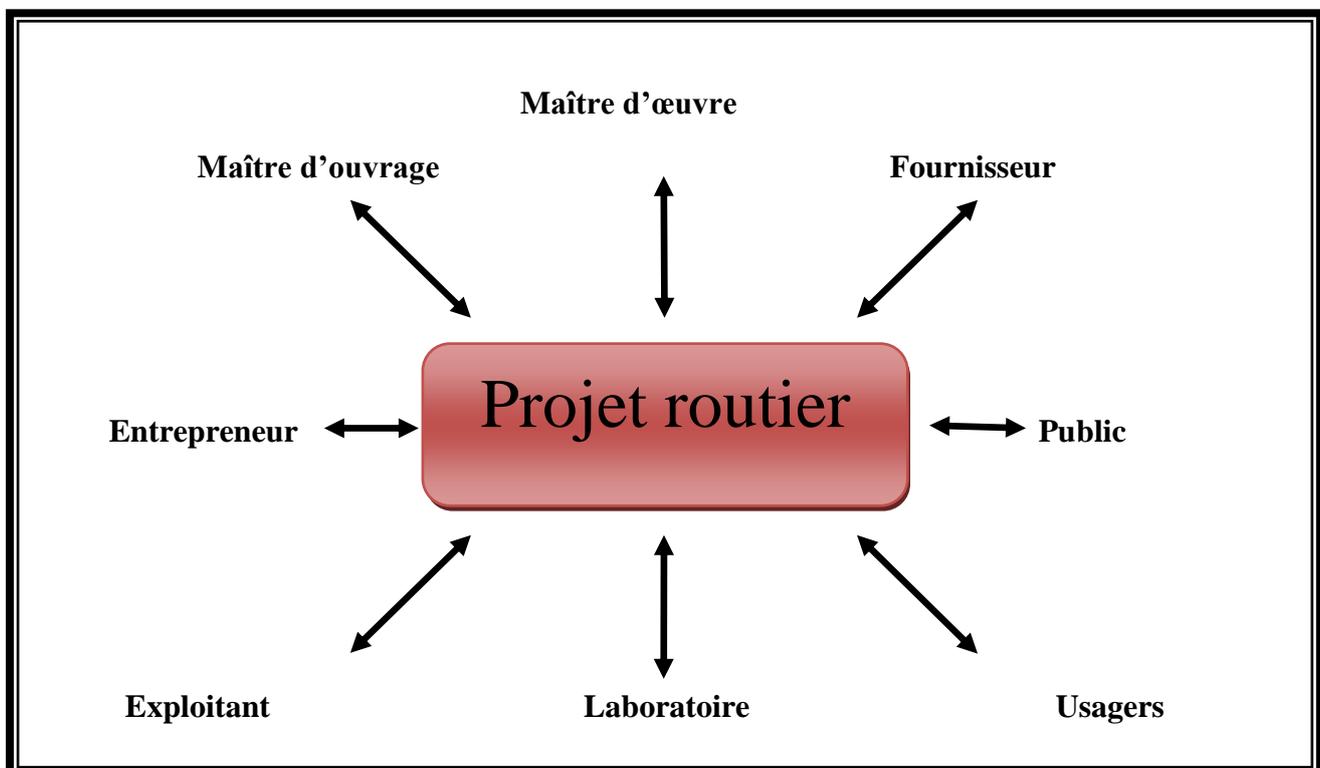


Figure 4.6. Les acteurs du projet routier.

Le maître d'ouvrage : cette fonction est remplie par une personne morale pour le compte de laquelle un ouvrage est construit. La maîtrise d'ouvrage doit mener ou commander des études d'opportunité et de faisabilité, définir un programme, arrêter une enveloppe financière prévisionnelle, conclure avec la maîtrise d'œuvre et les entrepreneurs qu'elle choisit, les contrats ayant pour objet les études et l'exécution des travaux. Selon le type de projet à conduire, la maîtrise d'ouvrage peut disposer ou non en interne de l'expérience et des compétences nécessaires

Le maître de l'ouvrage définit dans le programme les objectifs de l'opération et les besoins qu'elle doit satisfaire, ainsi que les contraintes et exigences de qualité sociale, urbanistique, architecturale, fonctionnelle, technique et économique, d'insertion dans le

paysage et de protection de l'environnement, relatives à la réalisation et à l'utilisation de l'ouvrage.

Dans certains cas, le maître d'ouvrage peut être amené à rechercher une assistance à l'extérieur, vers l'acteur que nous appellerons assistance à maîtrise d'ouvrage. Celui-ci peut être de nature très diverse : chargé de l'étude prospective de la programmation et de la conduite de projet, conseiller pour l'accompagnement d'une réalisation, aide à la gestion de l'exploitation, aide juridique, expertise environnementale. [2]

Le maître d'œuvre : cette fonction est remplie par une personne morale choisie par la maîtrise d'ouvrage. Le maître d'œuvre a la charge et la responsabilité de la conception et du contrôle d'exécution de l'ensemble des ouvrages à réaliser. Il doit s'assurer du respect des choix arrêtés par la maîtrise d'ouvrage, en participant à la traduction de ses choix en termes de conception. Il est garant du respect de la réglementation.

Enfin, il assure le respect des stipulations contractuelles et des règles de l'art en assistant la maîtrise d'ouvrage dans la passation des contrats de travaux, et en s'assurant, lors des opérations de réception, de la bonne exécution et de la conformité de l'ouvrage. Ainsi, il concourt à la qualité du projet, au respect des délais et des coûts et assure le rôle de coordination des entreprises et de direction des contrats de travaux jusqu'à la réception.

La maîtrise d'œuvre peut s'appuyer sur des personnes réalisant des expertises nécessaires à la réalisation de sa mission (compétences techniques et économiques). Ces expertises font partie de la maîtrise d'œuvre et ne sont pas des assistants à maîtrise d'ouvrage, nous les appellerons prestations externes. [2]

L'entrepreneur: Son activité est régie par les termes contractuels du marché. L'entrepreneur est chargé d'exécuter les travaux prévus au marché ou de les faire exécuter par des tiers sous-traitants pour des travaux spécialisés. [2]

Le fournisseur: cette fonction se distingue de celle du sous-traitant en ce qu'elle n'assure pas directement la réalisation des travaux, mais se borne à l'exécution d'une prestation mobilière (vente de matériaux ou de matériel, etc.). [2]

L'exploitant : cette fonction concerne la phase d'exploitation et de la maintenance de l'ouvrage. L'exploitant peut être le maître d'ouvrage, ou une entité séparée faisant l'objet d'un contrat spécifique avec le maître d'ouvrage. [2]

Laboratoire : La construction d'une infrastructure routière nécessite de connaître la nature des sols ainsi que leur comportement, des études géotechniques doivent être réalisées pour définir le sol support.

Cependant, l'étude géotechnique commence par une campagne de reconnaissance du sol et par des essais au laboratoire et in- situ.

Les usagers: ce sont les bénéficiaires du projet, lorsqu'il s'agit d'un ouvrage public. [2]

Le public: c'est l'ensemble des personnes qui constituent l'environnement humain du projet. [2]

5. LA WBS D'UN PROJET ROUTIER:

5.1. Définition :

La structure de découpage du projet (WBS) est une décomposition hiérarchique, orientée vers les livrables, du travail à exécuter par l'équipe de projet pour réaliser les objectifs du projet et créer les livrables exigés. La WBS organise et définit tout le contenu du projet, elle subdivise le travail du projet en parties plus petites et plus faciles à maîtriser de sorte que les tâches du travail du projet deviennent plus détaillée.

Le travail planifié contenu dans les composants de la WBS du projet au niveau le plus bas, à savoir les lots de travail qui fait l'objet d'une estimation de coût, être surveillé et maîtrisé.

La structure de découpage du projet représente le travail spécifié dans l'énoncé en cours et approuvé du contenu du projet. Les composants qui constituent la structure de découpage du projet aident les parties prenantes à mieux cerner les livrables du projet. [3]

5.2. Les éléments de WBS :

La phase : c'est le premier niveau de découpage qui regroupe plusieurs tâches et donne lisibilité globale du projet.

La tâche : est le petit élément de découpage, chaque tâche doit être :

- ❖ Identifiée et codifiée,
- ❖ Quantifiée en termes de délai et de ressources.

5.3. Avenages d'une WBS :

En plus d'offrir une représentation visuelle du travail à réaliser, la WBS présente de nombreux autres avantages. Ainsi, en répartissant le budget total du projet entre les niveaux supérieurs de la structure WBS, il est possible d'évaluer très rapidement la part à attribuer à chaque département ou centre de coût. En donnant ensuite des estimations de coûts et de temps à chacun des sous-ensembles de la structure WBS, le chef de projet peut dégager le planning global du projet et son budget. Au fur et à mesure de l'avancement du projet, le suivi des sous-ensembles du WBS vont permettre l'identification en temps utile des problèmes éventuels d'organisation, de ressources ou de financement.

Une structure WBS peut également être utilisée pour identifier les risques d'un projet. Ainsi, une branche incomplètement ou incorrectement définie dans la WBS représente une faille potentielle dans la définition du projet dans son ensemble. Il revient au chef de projet de répertorier ces risques dans un rapport de projet et d'en suivre l'évolution attentivement. En outre, l'intégration de la structure WBS avec l'organigramme de la société permet l'identification des points de communication possibles et la formulation d'un plan de communication au travers de l'entreprise.

Si une unité de travail ou un sous-livrable prend du retard, il suffira au chef de projet d'examiner la structure WBS pour identifier les livrables de plus haut niveau susceptibles d'être affectés. Il est aussi possible d'adopter un code de couleurs pour mettre en évidence le statut des sous-livrables, par exemple rouge pour les tâches en retard, jaune pour les tâches à risque, vert pour les tâches en cours et bleu pour les tâches terminées. D'un simple coup d'œil, le chef de projet peut alors évaluer l'état d'avancement du projet, et attirer l'attention de ses interlocuteurs sur ses points essentiels. [4]

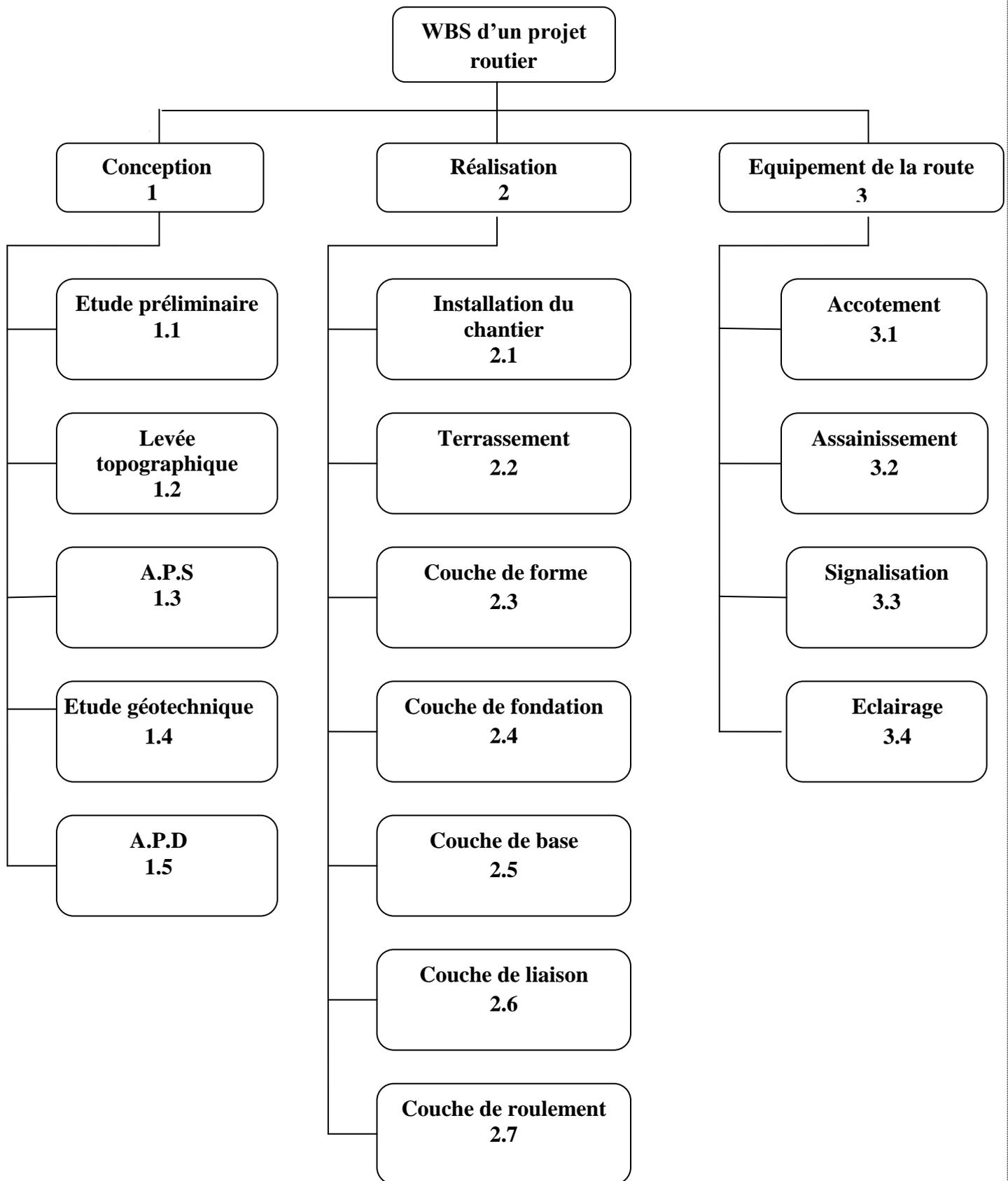


Figure 4.7. Exemple d'un WBS de projet routier.

6. CONCLUSION :

A la fin de ce chapitre, on peut conclure par dire que pour pouvoir manager un projet routier ça nécessite une connaissance approfondie du processus d'élaboration du cycle de vie d'un proje. Car cerner les rapports et les interactions entre les étapes du processus ,avoir une bonne gestion des relations entre les acteurs et comprendre leur rôle, facilite la mission du manager et lui donne l'idée sûre que son projet est réussi en terme des objectifs (cout, délai et performance).

Aussi on a défini la structure « WBS » qui a pour but d'aider à organiser le projet, à établir la planification de référence et le budget prévisionnel. Il permet également de déléguer et de contractualiser la mission confiée à chaque acteur.

D'autre part la WBS aide à s'assurer que les mêmes tâches sont réalisées chaque fois qu'un projet contient ce domaine particulier, ceci donne à l'organisation une approche structurée permet de :

- S'assurer que rien n'est oublié.
- Visualiser l'ensemble de projet.
- Faciliter la consolidation d'information.
- Identifier des éléments du projet de plus en plus simple

1. INTRODUCTION :

Le management des risques du projet comprend les processus de conduite de la planification du management des risques, leur identification, leur analyse, la planification des réponses aux risques, ainsi que leur surveillance et maîtrise dans le cadre du projet.

L'objectif de la gestion des risques est d'évaluer la probabilité d'occurrence et les répercussions d'un évènement incertain qui affecteraient l'atteinte des objectifs du projet. En plus, il s'agit de prévoir la mise en place des moyens d'atténuation des effets négatifs sur le projet.

Dans ce chapitre, on va définir « **Qu'est-ce qu'un risque ?** », la classification des risques dans un projet routier (risque géotechnique, risque naturel, anthropique), en se référant aux guides et aux normes qui s'appliquent. Et on va aussi présenter le management des risques (ISO 31000). Et finalement, on terminera par une étude de notre cas pratique.

2. DEFINITION DU RISQUE :

La notion de risque est complexe et fait l'objet de nombreuses définitions.

Le dictionnaire Larousse 2012 définit le risque comme suit : « Possibilité, probabilité d'un fait, d'un événement considéré comme un mal ou un dommage. Danger, inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé. »

La définition de la norme ISO 31000 : 2009 : « Un risque est l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs, c'est-à-dire la possibilité qu'il y ait un écart positif (opportunité) ou négatif (menace) par rapport à une attente. Constitue donc un risque projet tout événement dont l'apparition n'est pas certaine et dont l'effet est susceptible d'affecter les objectifs du projet, dans ses périodes d'étude, de construction, et éventuellement d'exploitation ou de démantèlement. »

Concernant le PMBOK2003 : « Le risque du projet correspond à un événement ou une situation dont la concrétisation, incertaine, aurait un impact positif ou négatif sur au moins un objectif du projet tel que les délais, le coût, le contenu ou la qualité (l'objectif de délais du projet étant de livrer conformément à l'échéancier convenu, l'objectif de coût du projet étant de livrer dans les limites de coût convenues, etc.). Un risque est souvent exprimé ou mesuré comme la combinaison des conséquences d'un événement (avec ses changements de circonstances) et de sa Vraisemblance (ou probabilité). » [3]

Alors, on peut conclure qu'un risque est défini et mesuré comme le produit d'un aléa par une vulnérabilité.

$$\begin{aligned}\text{Risque} &= \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité} \\ &= (\text{Probabilité} * \text{Intensité}) * \text{Vulnérabilité} \\ &= \text{Probabilité} * (\text{Intensité} * \text{Vulnérabilité}) \\ &= \text{Probabilité} * \text{Gravité}.\end{aligned}$$

Aléa : la probabilité d'occurrence d'un événement ou d'une combinaison d'événements conduisant à une situation dangereuse.

Vulnérabilité : La vulnérabilité est la susceptibilité d'un système d'enjeux à subir des dommages sous l'action d'un danger. [5]

Il existe différents types des risques liés au projet. Voici quelque exemple [6] :

Risque techniques :

- D'innovation technique du projet.
- Normes et standard non mentionnés.
- Garanties de performance données.
- Importance de la documentation à fournir.

Risques financiers :

- Erreurs d'estimation.
- Prix fermes ou réversibles.
- Risque de changes.

Risques juridiques :

- Loi applicable.
- Langue applicable.
- Propriété industrielle.

Risque humaine et d'organisation :

- Liés a la définition des rôles.
- Risque de conflit.

Il existe trois méthodes de traitement de risque [6] :

- **Abaisser ou éliminer le risque:** dés l'avant projet, il s'agit d'éliminer au maximum les points flous : échéancier de paiement, normes applicables, etc.
- **Transférer le risque :** il s'agit de transférer a un tiers participant au projet : sous-traitants, assurance, etc. Seul ce qui est aléatoire est susceptible d'être assuré.
- **maitriser le risque:** on ne peut pas éliminer ou transférer tous les risques .il faut donc chercher à en limiter leurs conséquences sur le projet .pour cela, il faut les répertorier et les classer en dé terminant:
 - ✓ la probabilité d'occurrence, le taux de gravité et le taux de détectabilité;
 - ✓ les montants pouvant compenser les couts induits.
 - ✓ une fourchette de cout et une courbe de probabilité pour chaque cout prévisionnel.

Les quatre étapes clés de la gestion des risques sont [6] :

- L'identification des risques.
- L'évaluation de leur importance
- Leur traitement.
- Leur suivi.

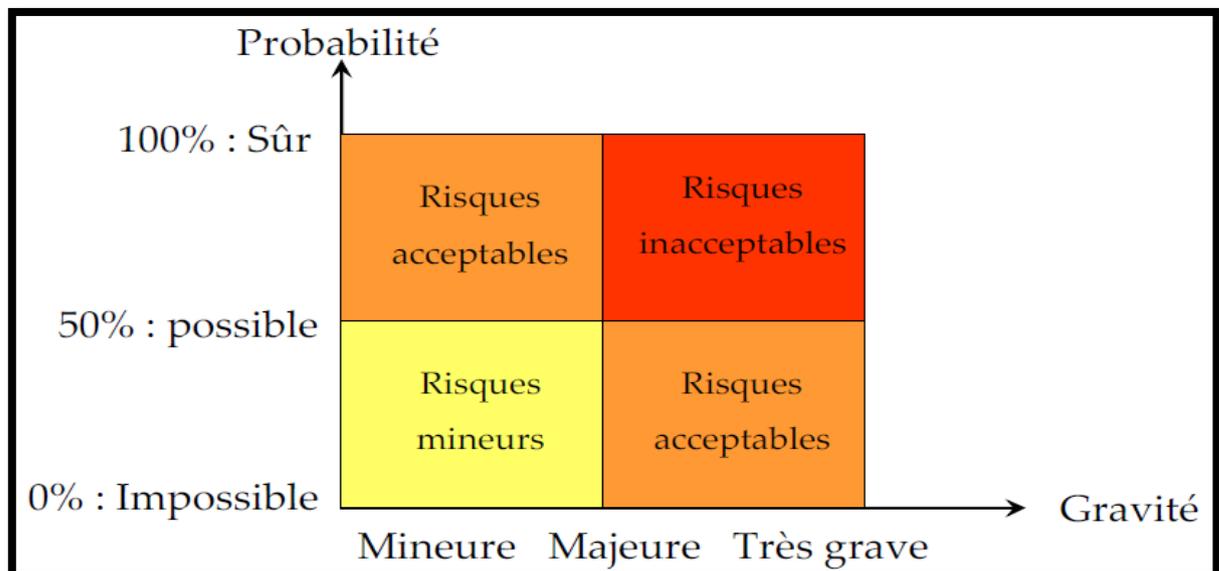


Figure 5.1 La classification des risque selon leur probabilité d'occurrences et leur gravité [6].

Le but de la gestion des risques est de définir un plan d'action pour effectuer un suivi des risques acceptables, et traite les risque inacceptables pour les faire devenir soit acceptable soit les éliminer complètement. Le schéma suivent présente les trois méthodes de traitement des risques [6]:

- ✓ La prévention (abaissier ou éliminer le risque).
- ✓ La protection (transférer le risque).
- ✓ Le Traitement du risque (maitrise du risque).

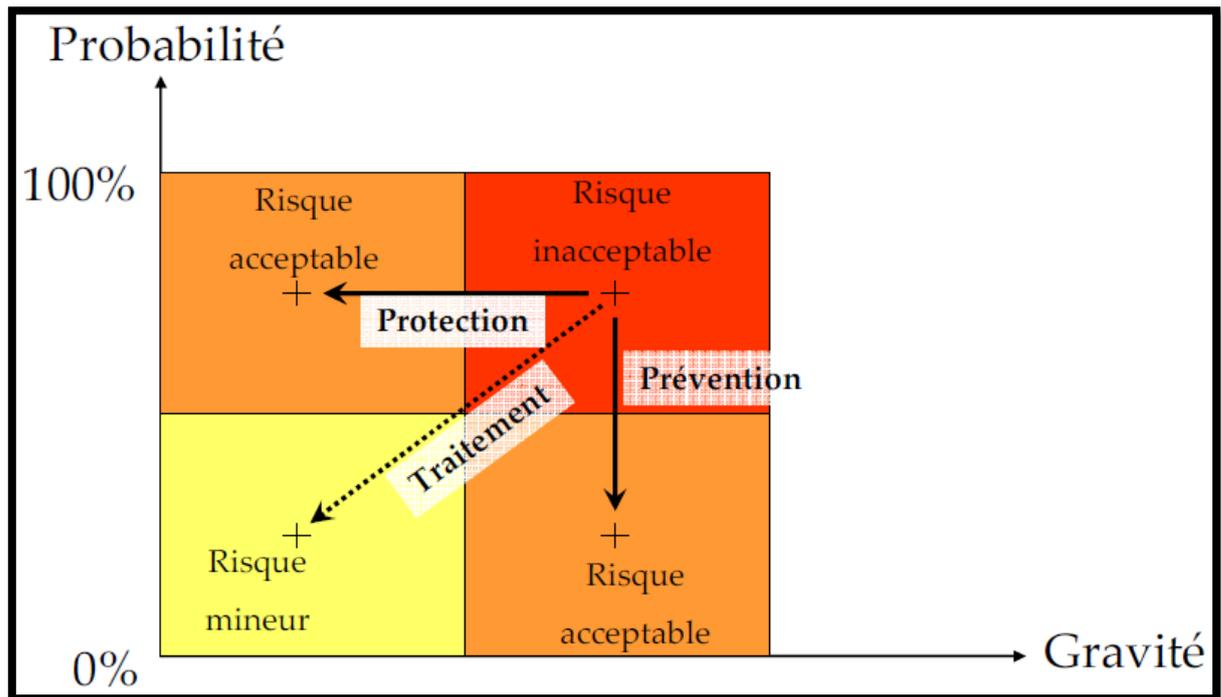


Figure 5.2. Le traitement des risques [6].

3. CLASSIFICATION DU RISQUE DANS UN PROJET ROUTIER :

Les risques peuvent être classés selon deux catégories : naturels et anthropogéniques.

➤ **Risque naturel:** est une menace découlant de phénomènes géologiques ou atmosphériques aléatoires, qui provoquent des dommages importants sur l'homme, les biens, l'environnement. [2]

➤ **Risques anthropogéniques :** est le risque engendré par l'activité humaine. C'est la menace d'un événement indésirable engendré par la défaillance accidentelle d'un système potentiellement dangereux et dont on craint les conséquences graves, immédiates comme différées, pour l'homme et (ou) son environnement. [2]

Le tableau 2.1 ci-après présente des exemples de risques naturels et anthropiques.

Tableau 5.1 : Exemples de risques naturels et risques anthropogéniques. [7]

| Risques naturels | Risques anthropogéniques |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Glissements de terrain• Tremblements de terre• Inondations• Avalanches• Feux de forêts/de broussailles• Chute de pierres• Tempête de neige/verglas massif / chute de neige importante• Tempête / tempête de pluie / fortes précipitations• Brouillard• Éruption volcanique• Sécheresse | <ul style="list-style-type: none">• Risques de sécurité informatique• Accidents de travail• Transport de produits dangereux• Surcharge de poids, dépassement de hauteur• Accident d'avion, de train, de voiture, d'un bateau• Incendie• Accidents industriels• Explosifs / mines en temps de guerre• Grèves• Terrorisme / vandalisme• Embouteillage |

D'autres auteurs classifient les risques comme suit [7]:

- ✓ **Risques naturels** : feu de broussailles, tempête, inondation, tremblement de terre, ouragan, etc. ;
- ✓ **Risques technologiques** : rupture de digue, contamination de denrées alimentaires, accidents sur site industriel, défaillance d'équipement ou apparition d'un problème, etc. ;
- ✓ **Risques biologiques** : maladie se propageant via les végétaux, les animaux ou les humains, etc. ;
- ✓ **Risques civils ou politiques** : terrorisme, sabotage, guerre civile, prise d'otage ou attaque par un pays ennemi, etc.

4. LES RISQUES GEOTECHNIQUES :

4.1 Généralité :

Les facteurs géotechniques et géologiques ont souvent été la cause principale de perte de temps et perte économique pour certains projets de construction.

Le risque géotechnique est l'un des risques majeur. Mal ou tardivement estimé, il a un impact sur les coûts, les délais et peut porter sur la pérennité des ouvrages. Pour cela, Les études géotechniques pour la mise au point du projet et son exécution doivent être réalisées par des missions types d'ingénierie géotechniques.

En effet les sols présentent toujours un risque pour tout projet de construction, donc une identification de ces risques est prioritaire pour le démarrage de projet. [8]

Exemples de risque :

Il y a plusieurs exemples de risque géotechniques on va citer les plus important [8]:

- ✓ Possibilité que les fondations d'un ouvrage subissent des déformations suite à la présence d'un sol mou.
- ✓ Sol hétérogène.
- ✓ Possibilité de dommage à la propriété suite à un glissement de terrain.
- ✓ Construction construite dans la nappe phréatique.
- ✓ Défectuosité du système de drainage d'un bâtiment avec un ou plusieurs sous-sols à cause de colmatage par silt.
- ✓ Possibilité que le temps de construction soit allongé, causant un délai de livraison, à cause d'un imprévu de sol.
- ✓ Instabilité de site (glissement de terrain).
- ✓ Potentiel de liquéfaction de site.

4.2. Actions pour diminuer le risque :

Pour diminuer le risque il faut suivre les actions suivantes :

- ✓ Éviter le site ou modifier le concept de projet.
- ✓ Prévention. Mettre en place des dispositifs pour diminuer le risque (drainage, fondations plus larges, etc...).
- ✓ Mitigation. Réduire l'impact des risques en choisissant une structure plus souple ou plus armée par exemple.
- ✓ Transférer les risques à une autre partie qui peut gérer plus efficacement les risques. [8]

5. MANAGEMENT DES RISQUES DANS UN PROJET ROUTIER (ISO 31000)

Des activités coordonnées dans le but de diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque.

La norme ISO 31 000 propose une approche globale pour la gestion des risques, il s'agit du trois points principaux : des principes, un cadre organisationnel et le processus de gestion des risque, comme il est montré dans la figure 2.3.



Figure 5.3 Structure de la norme ISO 31000 [9].

5.1. Principes de gestion des risques

La norme ISO 31000 édicte 11 principes fondamentaux pour le management du risque [9]:

- ✓ Engendre de la valeur
- ✓ S'intègre aux processus organisationnels
- ✓ S'intègre aux processus de prise de décision
- ✓ Traite explicitement de l'incertitude
- ✓ Systématique, structuré
- ✓ S'appuie sur la meilleure information disponible
- ✓ Adaptée à chaque situation
- ✓ Intègre les facteurs humains et culturels
- ✓ Transparent et participatif
- ✓ Dynamique, itératif et réactif
- ✓ Facilite l'amélioration continue de l'organisme.

5.2. Cadre organisationnel

C'est un ensemble d'éléments établissant les fondements et dispositions organisationnelles présidant à la conception, la mise en œuvre, la surveillance la revue et l'amélioration continue du management du risque dans tout l'organisme.

Le cadre organisationnel va permettre de décliner le management du risque à tous les niveaux de l'organisme. Il va assurer, entre autre, que les informations liées au risque seront remontées, classées et structurées afin de garantir leur qualité et leur pertinence (ISO 31 000, 2009) [5].

5.3. Processus de management du risque

C'est l'application systématique de politiques, procédures et pratiques de management aux activités de communication, de concertation, d'établissement du contexte, ainsi qu'aux activités d'identification, d'analyse, d'évaluation, de traitement, de surveillance et de revue des risques.

Cette étape se décompose selon la norme ISO 31000 en sept activités, comme elle est schématisée sur la figure2.4.

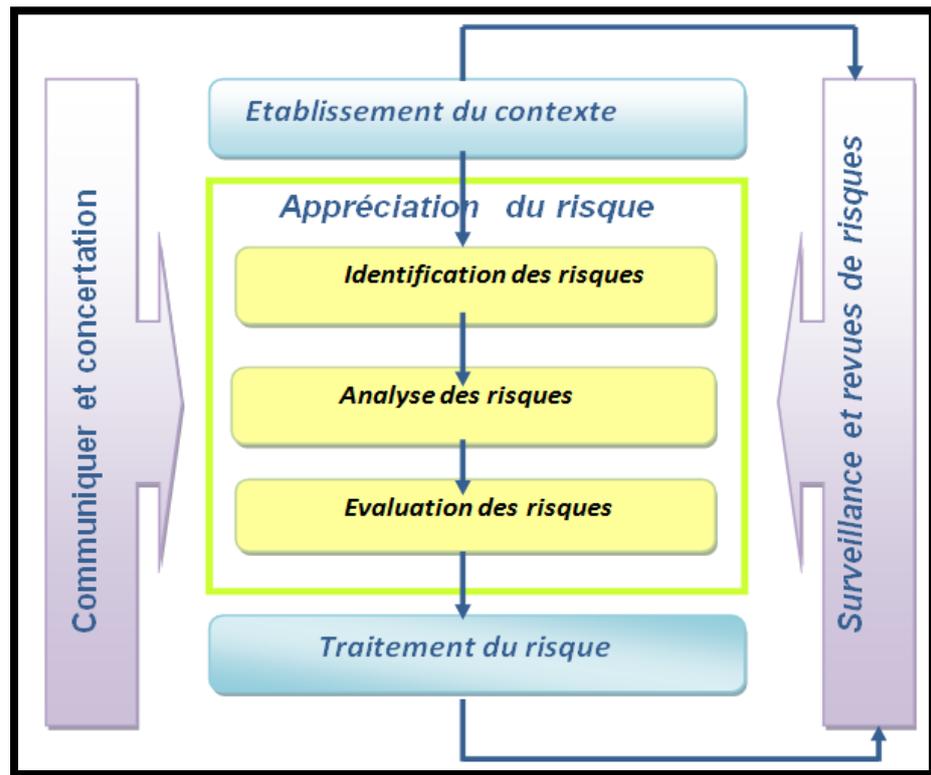


Figure 5.4. Processus de gestion du risque (ISO 31000, 2009). [5]

5.3.1. Etablissement de contexte

Cette étape consiste à définir les paramètres fondamentaux et l'environnement dans lequel le management des risques doit s'intégrer. Il s'agit de prendre en compte à la fois l'environnement interne et externe ainsi que les objectifs de la mise en place du management du risque. Elle utilise les éléments du cadre organisationnel et elle touche 3 contextes :

a. Contexte externe : dans lequel se réalise le projet, pour comprendre les aspects qui peuvent influencer sur l'organisation du management des risques :

- ✓ l'environnement social, culturel, politique, linguistique,...
- ✓ l'environnement légal et réglementaire,
- ✓ l'environnement naturel,
- ✓ l'environnement concurrentiel,
- ✓ les relations avec les autres parties prenantes externes au projet.

b. Contexte interne : qui nécessite d'être pris en compte dans le processus :

- ✓ les parties prenantes internes au projet, leurs valeurs, la perception de leur rôle dans le projet, le poids des usages et des cultures.
- ✓ le mode de gouvernance des parties prenantes au projet, les rôles et responsabilités des acteurs, leurs objectifs.

- ✓ les systèmes de management préexistants.
- ✓ les modes de communication des parties prenantes entre elles.
- ✓ les ressources et compétences des parties prenantes.

C. Contexte processus : de management des risques :

- ✓ en spécifiant et en justifiant les ressources qui sont mises en œuvres.
- ✓ en définissant les rôles et responsabilités des acteurs du processus. [5]

5.3.2. *Appréciation du risque*

C'est l'ensemble du processus d'identification, d'analyse et d'évaluation les risque.

a. Identification du risque

Cette étape vise à identifier les risques qu'il faudra gérer, cette identification implique l'identification des sources, des événements et des conséquences potentielles qui perturbe le déroulement de projet ou d'affecter ses objectifs, elle se fait par trois types d'analyse :

❖ Analyser les caractéristiques du projet

Où on doit savoir tous ce qui concerne le projet tel que

- ✓ La taille du projet et sa durée
- ✓ Technique et processus de réalisation
- ✓ L'objectif
- ✓ Cible (clients)

❖ Repérer « tous » les risques

On utilisant les méthodes qui peuvent nous indiquer au maximum des risques tels que les méthodes :

- ✓ Rétrospective : analyse des incidents ayant eu lieu dans le passé.
Il doit exister un système d'information permettant de collecter et d'enregistrer les problèmes passés dans des projets pareils.

- ✓ Prospective : Etude se basant sur :
 - L'analyse de processus
 - L'analyse systémique et fonctionnelle
 - Analyse de chaque élément de processus
 - Recherche des défaillances possibles

❖ Classer les risques

Par nature du dysfonctionnement

- ✓ Mauvaise conception
- ✓ Mauvaises règles de gestion

Par étape du projet

- ✓ Risque de conception
- ✓ Risque de réalisation
- ✓ Risque de management de projet (compétences, ...).

b. Analyse du risque

Cette étape vise à comprendre le mécanisme de risque. Il s'agit de modéliser les causes et les conséquences d'un évènement ayant un impact sur les objectifs. C'est-à-dire :

- ✓ Déterminer qualitativement et quantitativement la vraisemblance du risque.
- ✓ Déterminer la gravité du risque et l'ampleur des conséquences possible.

c. Évaluation du risque

Cette étape consiste à estimer les risques et comparer leur niveau lors de la simulation des scénarios des risques avec les critères de risque établis lors de l'établissement du contexte.

Si le niveau de risque ne satisfait pas les critères d'acceptabilité, il convient que le risque fasse l'objet d'un traitement. L'objet de cette étape est de prendre des décisions sur les risques qui doivent être traités en s'appuyant sur les résultats de l'analyse.

- ✓ La valeur d'un risque s'exprime par une simple multiplication de la gravité et la probabilité de survenance de ce risque, ce qu'on l'appelle aussi par le terme « criticité ».
- ✓ Criticité = $P \times G$.

d. Traitement du risque

Cette étape consiste l'identification de l'ensemble des options existantes pour le traitement des risques, l'évaluation de ces options et la préparation d'un plan de traitement des risques. On se focalise sur trois grandes étapes :

- ✓ Accepter le risque
- ✓ Réduire le risque
- ✓ Financer le risque

Les solutions de réduction du risque sont :

- ✓ supprimer la source de risque, le danger, ou la cible ;
- ✓ mettre le risque sous surveillance ;
- ✓ réduire la vraisemblance (prévention) et/ou la gravité (protection) (figure 2.5).

Les solutions de financement du risque sont :

- ✓ transférer le risque (principe de l'assurance) ;
- ✓ provisionner le risque (mécanisme comptable réservant du résultat).

Dans tous les cas, il faudra définir un objectif, c'est-à-dire un niveau de risque résiduel à atteindre, planifier les actions à entreprendre pour atteindre cet objectif puis évaluer le résultat obtenu.

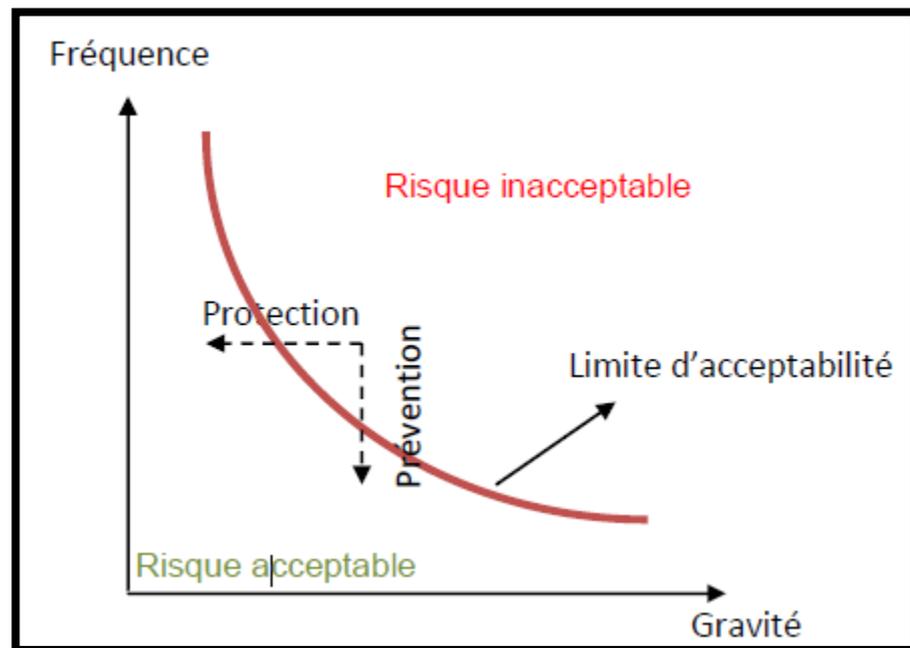


Figure 5.5. Traitements des risques. [5]

5.3.3. Surveillance et revues de risques

Le contexte du projet peut évoluer et de nouvelles sources de risques peuvent apparaître. Des modifications peuvent intervenir dans le contenu du projet. Certains risques vont se concrétiser, des risques potentiels vont disparaître. Il est donc nécessaire de mettre en place une surveillance et d'effectuer de manière régulière des revues de risques pour s'assurer de l'efficacité des traitements mis en œuvre, de l'évolution du contexte et pour analyser l'expérience des événements, des succès ou des échecs, y compris dans l'application du processus.

Cette surveillance permet aussi d'identifier les nouveaux risques et d'affiner l'appréciation des risques, de modifier leur vraisemblance ou de réévaluer leurs impacts. Les revues des risques sont planifiées régulièrement. Elles sont en particulier associées aux grandes étapes de la vie du projet. Cette étape implique une amélioration continue du processus de management.

5.3.4. Communication et concertation

Processus itératifs et continus mis en œuvre par un organisme afin de fournir, partager ou obtenir des informations et d'engager un dialogue avec les parties prenantes et autres parties, concernant le management du risque. [5]

6. ETUDE DE NOTRE CAS :

6.1. Présentation du projet :

Dans cette partie nous allons traiter un cas pratique d'un projet d'infrastructure routière dans l'échantillon est un raccordement qui relie la route national 06 avec le village Ammar sur une distance de 1.350 Km dans la wilaya de Naama.

6.2. Cycle de vie de notre projet :

On appelle cycle de vie d'un projet l'enchaînement dans le temps des étapes et des validations entre l'émergence du besoin et la livraison du produit.

Tout projet se caractérise par son cycle de vie qui généralement constitué de 4 phases : Etude préalable, Conception, réalisation, et clôture. Chacune de ces phases est composé en plusieurs étapes. La figure ci-dessous (figure 2.6) présente les grandes lignes du cycle de vie d'un projet de route.

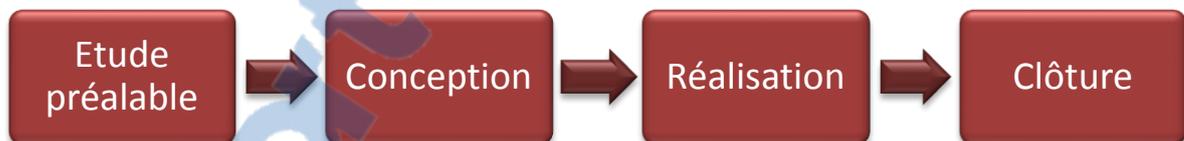


Figure 5.6 : Cycle de vie de notre projet.

6.3. Les principaux acteurs du projet :

Tout projet de construction implique de nombreux acteurs en interaction entre eux, ce qui rend le projet exposer à des risques d'origine multiple.

Chaque acteur assume dans le projet, une responsabilité propre : planifier, concevoir, contrôler, construire...etc. Le projet de l'autoroute inclut différents acteurs à des rôles différents. [9]

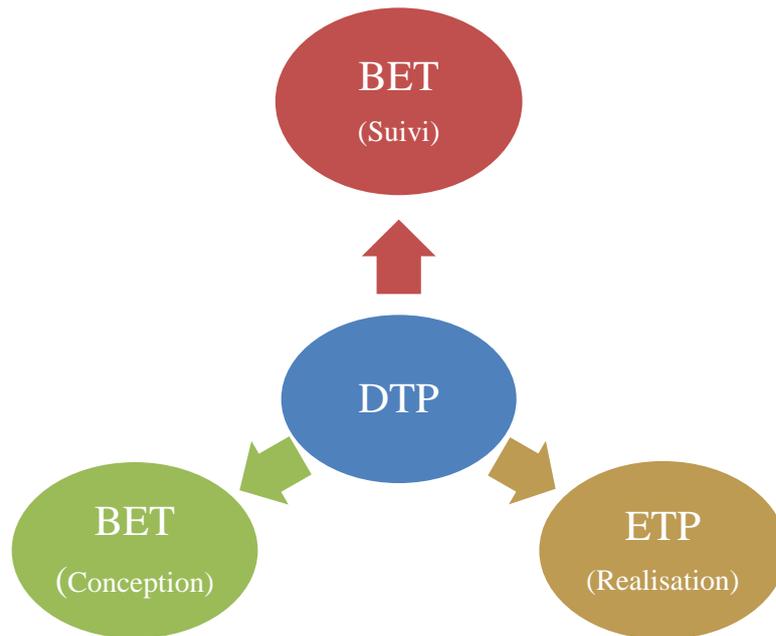


Figure 5.7 : Les acteurs de projet.

Tableau 5. 2 les principaux intervenants du projet et leurs rôles :

| Les acteurs | Responsabilité |
|------------------------------|-------------------------------|
| DTP Naama (Maître d'ouvrage) | Elaboré le programme |
| La SEROR(BET) | Conception et étude du projet |
| Enterprise privé | Réalisation de la route |
| Bureau d'étude privé | Suivi l'exécution |

6.4. Type de contrat du projet :

Dans notre cas le type de contrat est un contrat traditionnel comme montré dans la figure suivante (2.8.):

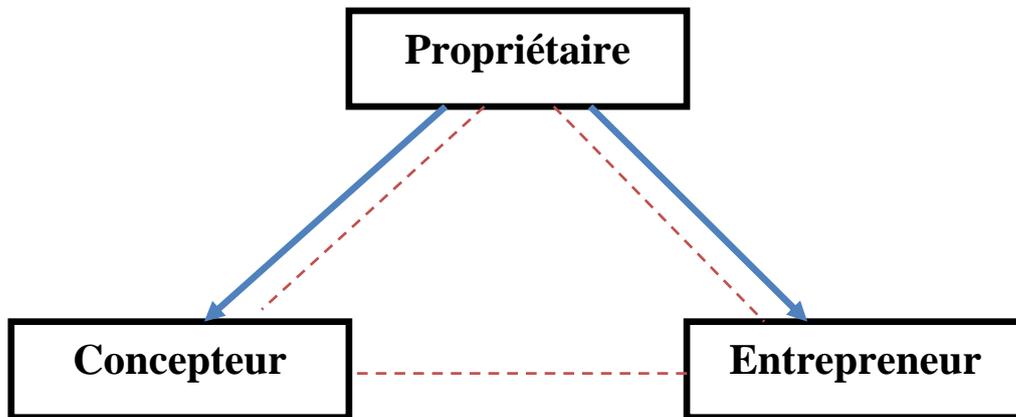
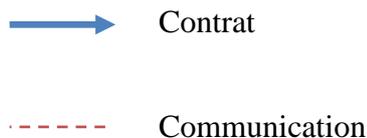


Figure 5.8: système traditionnelle.



Le propriétaire signe un contrat avec le BET et un autre avec l'entrepreneur.

6.5. Classification des risques :

Les projets de construction sont soumis à de nombreux risques. La maîtrise de ces risques est l'un des enjeux importants pour la réussite de la gestion de projet. De nombreux travaux se sont attachés à identifier et évaluer ces risques. Cependant la complexité inhérente aux projets de construction (multiplicité des acteurs, variété des risques, etc.) rend la gestion globale de ces risques extrêmement difficile.

Pour cela, il faut nécessairement faire appel à une modélisation efficace des risques, le RBS (Risk Breakdown Structure) répond à ce besoin. Ils constituent une vision hiérarchisée des risques projets.

Cette identification des risques peut être faite par plusieurs méthodes, dans notre cas on a pu ressortir plusieurs risques qui peuvent se présenter dans notre projet, puis une classification a été faite selon la catégorie du risque interne ou externe, ensuite on a évalué la criticité de chaque risque et les classer dans la matrice des risques pour se concentrer sur les principaux risques dans le but de les gérer, manager et les maîtriser.

Rapport-gratuit.com

CHAPITRE 5 : MANAGMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

Tableau 5. 3 Classification des risques dans notre projet.

| | Nature de risque | Risque | P | G | C | | |
|--------------------------|--|------------------------|--|-------------------------------------|---|----|---|
| RISQUE INTERNE | RISQUES PROJET | Risques conceptuels | Conception inadaptée. | 2 | 2 | 4 | |
| | | Risques de réalisation | Accidents du travail | 3 | 3 | 9 | |
| | | | Inadéquation entre la conception et la réalisation. | 1 | 3 | 3 | |
| | | | Problème de qualité des matériaux | 1 | 2 | 2 | |
| | | | Indisponibilité des matériaux | 2 | 2 | 4 | |
| | | | Retard dans l'approvisionnement. | 2 | 2 | 4 | |
| | RISQUES LIE AUX INTERVENANTS PRINCIPAUX | | Risques contractuels. | 1 | 3 | 3 | |
| | | | Risques relationnelles. | 1 | 2 | 2 | |
| | | | Changement du programme. | 2 | 2 | 4 | |
| | | | Mauvaise communication. | 2 | 2 | 4 | |
| | RISQUE EXTERNE | TECHNOLOGIQUES | | Performance de la technologie. | 2 | 1 | 2 |
| | | | | Manque de technologie. | 1 | 2 | 2 |
| | | | | Mauvaise manipulation de matériels. | 1 | 3 | 3 |
| ENVIRONNEMENTAUX | | | Inondation. | 4 | 4 | 16 | |
| | | | Séisme. | 1 | 4 | 4 | |
| | | | Glissement de terrain. | 4 | 3 | 12 | |
| SOCIAUX CULTURELS | | | Risque de présence des vestiges. | 2 | 2 | 4 | |
| | | | Risque d'effondrement des constructions voisinage. | 1 | 3 | 3 | |
| | | | Expropriation. | 3 | 2 | 6 | |
| | | | Conflit entre le maître d'ouvrage et les habitats voisinage. | 1 | 3 | 3 | |
| | | | Grève des ouvriers. | 1 | 3 | 3 | |
| ECONOMIQUES | | | Variation de taux d'intérêt, crédit. | 2 | 2 | 4 | |
| | | | Inflation sur les prix des matériaux. | 2 | 2 | 4 | |
| | | | Crise économique. | 1 | 4 | 4 | |
| POLITIQUES | | Instabilité politique. | 1 | 3 | 3 | | |
| | | Décision politique. | 2 | 2 | 4 | | |

CHAPITRE 5 : MANAGMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

Tableau 5.4 : hiérarchisation des risques principaux selon leur criticité.

| N | RISQUE | PROBABILITE | GRAVITE | CRITICITE |
|----------|---|--------------------|----------------|------------------|
| 1 | Inondation. | 4 | 4 | 16 |
| 2 | Glissement de terrain. | 4 | 3 | 12 |
| 3 | Accidents du travail | 3 | 3 | 9 |
| 4 | Expropriation. | 3 | 2 | 6 |
| 5 | Mauvaise communication. | 2 | 2 | 4 |
| 6 | Inflation sur les prix des matériaux. | 2 | 2 | 4 |
| 7 | Indisponibilité des matériaux | 2 | 2 | 4 |
| 8 | Inadéquation entre la conception et la réalisation. | 1 | 3 | 3 |

6.5.1. Matrice des risques:

La matrice de risque est conçue pour aider à déterminer le niveau de risque de danger particulier, et ce à l'aide de critères objectifs liés à la probabilité et à la gravité.

Et en fin pour estimer les risques acceptables et non acceptables pour notre projet on a élaboré une matrice de risque représentée comme suit :

| | | | | | |
|--------------------|----------|----------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Probabilité | 4 | Risque modéré | Risque significatif | R2 Risque critique | R1 Risque critique |
| | 3 | Risque limité | R4 Risque modéré | R3 Risque significatif | Risque critique |
| | 2 | Risque limité | R (5, 6,7) Risque modéré | Risque modéré | Risque significatif |
| | 1 | Risque limité | Risque limité | R8 Risque limité | Risque modéré |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | Gravité | | | |

Figure 5.9 : La matrice des risques étudiés.

✓ **Risque limité: vert:**

Risque considéré comme acceptable.

- aucune action requise.

✓ **Risque modéré : jaune**

Risque considéré comme acceptable néanmoins un traitement du risque peut être nécessaire a long terme.

- Aucune autre action requise en dehors de s'assurer que les contrôles pertinents sont efficace et opérationnels.

✓ **Risque significatif: orange**

Risque inacceptable nécessitant d'être traité dans des délais raisonnables.

- Définir un traitement du risque approprié, le faire valider et le mettre en œuvre sauf si le comité exécutif est d'accord ce niveau de risque.

✓ **Risque critique: Rouge**

Risque inacceptable nécessitant d'être traité dès que possible.

- Définir un traitement du risque approprié, le faire valider et le mettre en œuvre sauf si le Comité Exécutif est d'accord pour accepter ce niveau de risque.

6.5.2. Traitement des risques:

D'après la matrice des risques on a trois risques inacceptable, qu'on est obligé de traiter suivent le processus de management des risque :

| Risque | Stratégie de réponse | Traitement de risque |
|--------------------------|----------------------|--|
| 1. Inondation | Transférer | -Transférer le risque a l'état (assurance). |
| 2. Glissement de terrain | traiter | -Faire les études géotechniques préalables. - La réalisation d'un système de drainage (drains, tranchée drainante). - Les ouvrages de soutènement (mur de soutènement). - la végétalisation des versants. |
| 3. Accidents du travail | Transférer | -Transférer le risque a l'état (assurance). - améliorer les outils et les équipements de protection individuelle. |

7. CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous avons essayés de développer une démarche pour un management d'un projet réel, ce cas pratique nous montre clairement qu'un manager de projet doit prendre en considération des tâches et le plan de gestion des risques afin de réussir sa mission de pilotage et que ses objectifs soient aisément atteints.

Le risque nul n'existe pas, pour atteindre les objectifs d'un projet et assurer sa pérennité, on doit lui associer le management des risques. Ce dernier s'appuie essentiellement sur la maîtrise du coût, délai ainsi que les performances techniques, c'est en quelque sorte une clé de réussite pour les entreprises. Il s'appuie aussi sur l'aide à la décision qui consiste essentiellement d'utiliser des outils mathématiques pour l'évaluation des risques. Cette dernière permettra d'estimer la probabilité et la conséquence des événements.

Pour la réalisation d'un projet routier, les risques peuvent être acceptés en mettant tous les moyens pour les gérer, les transférer, les partager, ou bien les éviter.

CONCLUSION :

Le projet de fin d'études est très bénéfique, dans la mesure où il nous a permis d'appréhender les problèmes qui se posent dans l'étude et la réalisation des infrastructures routières, de mettre nos connaissances en valeur et de les exploiter à l'avenir dans le milieu professionnel.

Comme tout ouvrage digne de ce nom, une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à donner à l'utilisateur l'impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté.

On peut dire que pour une étude de route, trois points sont à prendre en compte (la conception, l'économie, l'esthétique).

Ce projet de fin d'étude nous a offert également l'opportunité d'exercer et de mettre en pratique nos connaissances acquises au cours de notre cursus de formation afin de pouvoir prendre en charge tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé, d'appliqué et respecter rigoureusement toutes les contraintes et les normes existantes, liées au domaine routier pour contrecarrer aux difficultés rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route ainsi bien que l'économie et l'environnement.

En outre, ce travail de fin d'études nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques assimilées pendant le cycle de formation concernant l'importance de la mise en œuvre du management et de la gestion des risques dans toutes les projets de construction en général, et particulièrement pour les projets routiers.

Ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de calcul et de dessin notamment AUTOCAD, MS PROJECT, et VISIO.

Tout d'abord on a abordé la partie technique, on a commencé par une étude de trafic qui a donné comme résultats, un profil de 1x2 voies qui est assez satisfaisant pour un trafic moyen journalier de 3199 pour l'année 2035.

Puis on a enchaîné par la géométrie de la route, et d'après les calculs trouvés, nous avons conclu que :

- ✓ Rayon horizontal minimal RH_m est de 220m.
- ✓ Rayon vertical minimal en angle saillant est de 3500m.
- ✓ Rayon vertical minimal en angle rentrant est de 1600m.

- ✓ Une chaussées de deux voies de 3,5m chacune : $(2 \times 3.5) = 7.00$ m.
- ✓ Un accotement de 2m à chaque côté droit de la chaussée : $(2 \times 2) = 4.00$ m.

Enfin pour le dimensionnement du corps de chaussée on a utilisé la méthode CBR , et après calcul , la structure de notre chaussée est composée de : 8BB,15GB,20GC.

Dans la deuxième partie de notre travail nous avons élaboré un diagramme de Gante à l'aide du logiciel Ms Project, en déterminant le cout global et le délais de notre projet. Puis nous avons déterminé plusieurs risques qui ont un impact sur le délai, le coût et la performance du projet. On les a schématisé dans un RBS, puis classifier les principaux risques selon leur criticité.

Enfin on a élaboré une matrice de risque pour estimer les risques acceptable et non acceptable, d' après cette matrice nous avons trois risques inacceptables qu'on est obligé de traiter suivant le processus de management des risques (inondation, glissement de terrain et accident de travail) .

| Nom de la ressource | Type | Étiquette Matériel | Capacité max. | Tx. standard |
|--|----------|--------------------|---------------|-----------------|
| INGENIEUR | Travail | | 1 | 350,00 DA/hr |
| INGENIEUR TOPO | Travail | | 1 | 350,00 DA/hr |
| INGENIEUR LABO | Travail | | 1 | 350,00 DA/hr |
| POCLAIN | Travail | | 1 | 3 000,00 DA/hr |
| CAMION | Travail | | 3 | 900,00 DA/hr |
| BULLDOSER | Travail | | 1 | 5 000,00 DA/hr |
| COMPACTEUR | Travail | | 1 | 1 250,00 DA/hr |
| NIVLEUSE | Travail | | 1 | 4 000,00 DA/hr |
| CITERNE D'EAU | Travail | | 1 | 1 000,00 DA/hr |
| CITERNE DE GAZ OIL | Travail | | 1 | 4 000,00 DA/hr |
| CHARGEUR | Travail | | 1 | 4 000,00 DA/hr |
| BETON BITUMENEUX | Matériel | TONNE | | 5 500,00 DA |
| MARTEAU BRISE ROCHE | Travail | | 1 | 4 000,00 DA/hr |
| TRELLIES SOUDEE | Matériel | U | | 4 000,00 DA |
| TUF | Matériel | M3 | | 400,00 DA |
| CAMION (B.B) | Travail | | 3 | 15 000,00 DA/hr |
| INSTALLATION DE CHANTIER | Matériel | | | 400 000,00 DA |
| REPLIE DU MATERIEL | Matériel | | | 100 000,00 DA |
| CONDICTEUR DES TRAVAUX | Travail | | 1 | 240,00 DA/hr |
| OUVRIER | Travail | | 10 | 160,00 DA/hr |
| CUT-BUCK0/1 | Matériel | M2 | | 200,00 DA |
| BETON | Matériel | M3 | | 8 000,00 DA |
| POTEAUX ET MATERIELLES D'ELECTRISSITES | Matériel | U | | 3 000 000,00 DA |
| GRAVE CONCASSE | Matériel | M3 | | 600,00 DA |
| BUSE | Matériel | U | | 126 000,00 DA |
| PANNEAUX DE SIGNALISATION | Matériel | U | | 10 000,00 DA |

| Nom de la tâche | Coût total | |
|--|------------------------|----------------|
| Installation de chantier | 64 050,00 DA | |
| Terrassement | 5 749 801,38 DA | |
| Débroussaillage et décapage de terre végétale | 305 760,00 DA | |
| Déblais | 184 971,38 DA | |
| Déblais mis en dépôt | 134 250,54 DA | |
| Déblais mis en remblais | 50 720,83 DA | |
| Remblais | 5 259 070,00 DA | |
| Remblais en provenance de la zone d'empreinte | 5 259 070,00 DA | |
| Pose | 1 038 350,00 DA | |
| Réglage | 288 400,00 DA | |
| Arrosage et compactage | 2 602 960,00 DA | |
| Pst | 984 000,00 DA | |
| Couche de forme | 345 360,00 DA | |
| Chaussée | 6 468 476,67 DA | |
| Couche de fondation | 2 192 490,00 DA | |
| Couche de base | 302 610,00 DA | |
| Couche d'imprégnation | 816 415,00 DA | |
| Couche de roulement | 2 795 286,67 DA | |
| Rechargement de l'accotement | 361 675,00 DA | |
| Assainissement | 1 731 696,00 DA | |
| Fossé en béton armé | 1 043 360,00 DA | |
| Buses | 688 336,00 DA | |
| Signalisation | 234 032,00 DA | |
| Eclairage | 3 029 400,00 DA | |
| Clôture de projet | 22 050,00 DA | |
| Replie du matériel | 22 050,00 DA | |
| | TOTAL H.T | 17299506.04 DA |
| | TVA 17% | 2940916.03DA |
| | TOTAL TTC | 20240422.06DA |

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

PARTIE TECHNIQUE :

- [1] : <http://www.andi.dz/index.php/fr/monographie-des-wilayas>.consulté le 03/02/2015
- [2]:<http://Map.Google.fr/map>.consulté le 05/02/2015
- [3]: B40.Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977.
- [4]: Michel, Faure. Route les cours de L'ENTPE. tome1. Lyon : ELEAS, 1997. pp35-221 p258.
- [5]: Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1969.pp 15-199 p285.
- [6]: Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1985.pp 19-40 p291.
- [7]: HAMOUDI A.et LASRI Y. , Etude de la bretelle principale de l'échangeur de la RN02 sur 4 Km avec un pont cadre, Mémoire de Master soutenue en-2012 université Tlemcen. Algérie p42.
- [8]: FODIL A.et MOSTEFAI F. Etude dédoublement de la RN101 entre SIDI BEL ABBES et AIN TEMOUCHENT sur une longueur de 10 Km., Mémoire de Master soutenue en-2013 université Tlemcen. Algérie p20.
- [9] : SETRA-LCPC. Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Guide technique, Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, 1994.
- [10] TRIAW, Sandoumbé. Dimensionnement mécanistique-empirique des structures de chaussée. Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil. Dakar : 2006.
- [11] BABILOTTE, C. & SOULIE, C. Dimensionnement des structures de chaussées communautaires du Grand LYON : Guide technique communautaire. Parution initiale en 1994.
- [12] LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris : Bagnaux, 1977.
- [13]LCPC ; SETRA. Guide technique ; dimensionnement des structures de chaussées. 2009. P63.
- [14]G, Joeffroy ; R, Sauterey. Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. p244.
- 15] : LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2^{ème} édition. Paris: Bagnaux, juillet 2000. p 102.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

PARTIE MANAGEMENT :

[1] : Ministère de Travaux Publique, Algérie, consulté le 10-02-2015.

[2] : FELLAHI W. « Caractérisation et résilience des risques géotechniques dans un projet routier » Mémoire de master en Génie civil, Département de Génie Civil, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen (Algérie),2012

[3] : AMERICAN NATIONAL STANDARD, 2004 : Guide du Corpus des connaissances en management de projet, PMBOK Troisième édition, ANSI/PMI 99-001-2004.

[4] : http://fr.wikipedia.org/wiki/Work_Breakdown_Structure consulte le 07-02-2015

[5] : ZABAT A. «Management des risque dans les projet de trémie méthode MADS-MOSAR. Cas de la trémie de BABELKERMADINE » Mémoire de master en Génie civil, Département de Génie Civil, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen (Algérie) ,2013.

[6] : RAMI TOHME : «La gestion des risques dans l'organisation d'un événement culturel» Mémoire de recherche, Institut de management de l'université de Savoie, 2005.

[7] : AIPCR, « Vers le développement d'une approche de gestion des risques », Comité technique AIPCR 3.2 Gestion des risques liés aux routes, France, 2010.

[8] : <http://www.fondasol.ca/6-analyse-des-risques-geotechniques>, consulter le 15-04-2015.

[8] : Alex D., EFARM A. ISO 31000 La future norme ISO en gestion des risques (France, 2009).

CHAPITRE 1

Présentation et étude de trafic

CHAPITRE 2

Géométrie de la route

CHAPITRE 3

Dimensionnement de corps de chausse

CHAPITRE 4

Management d'un projet routier

CHAPITRE 5

Management des risques d'un projet routier

Rapport-Gratuit.com

ANNEXE
