

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM

FACULTE DE TECHNOLOGIE



Département de Génie Civil

Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en Génie Civil
Option Infrastructure de Base et Géotechnique

Thème

Étude technique et Étude managériale d'un projet routier
« Évitement de la RN7-A- du PK50+300 jusqu'à Marsa Ben M'Hidi
sur 5 km »

Présenté par:

DERFOUF Youcef

BERRAHOU Imad Eddine

Soutenu en juin 2016 devant le jury composé de :

M. BENYELLES Z.

Président

M. CHERIF BENMOUSSA M Y.

Examineur

M. BENAMAR A.

Examineur

M. HAMZAOUI F.

Encadreur

M. GHENNANI B.

Encadreur

Année universitaire: 2015-2016

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
عَلَيْكَ ١٤٧٧

وقل زدني علماً

REMERCIEMENT

Au début nous remercions ALLAH de nous avoir donné la volonté et le courage et aussi la patience de faire et d'entreprendre n'importe quel travail ou une action.

*En second lieu, Nous adressons nos vifs et chaleureux remerciements à nos encadreurs **Mr. HAMZAOUI F.** et **Mr. GHENNANI B.** pour leurs soutiens et leurs aides.*

Nous tenons également à remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Nous remercions tous nos enseignants durant toute notre formation.

*Nous remercions tous les gents de direction de travaux publique de la wilaya de Tlemcen spécialement à **Mr. MADANI Abd halim** et **Mr. SAYAD Mustapha.***

*On remercie vivement les membres de la SEROR pour leur accueil spécialement à **Mme. KARRA Djawida.***

Enfin nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail.



DÉDICACES

Tous d'abord je remercie le Dieu tout puissant et tous avoir donné la santé et la volonté, et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Je voudrais dédier le travaille tout spécialement à mes chers parents qui m'ont élevé et soutenu tout au long de ma vie.

Je dédie ce travail à :

Maîtresse que je n'oublierai jamais BELMOUKHTER Karima

*Mon cher frère: Mouhamed et Mes chères sœurs
La bonne fille Rimase Amira*

Tous les membres de ma famille DERFOUF, petits et grands et la famille MIDDOUNE.

Mon binôme Imad Eddine je le remercie pour son sérieux sa motivation

La mosquée D'ABOU BAKER SADDIK EL FHOUL

Toute la promotion : IBG-TP 2016

Tous mes amis que je n'ai pas cité, et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Yucef



DEDICACES

Louange à ALLAH, Maître des mondes, seigneur de l'univers, le tous miséricordieux, le très miséricordieux, le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté, et que la bénédiction et le salut d'ALLAH soient sur le plus noble des prophètes et les messagers, notre prophète MOHAMMAD.

Je voudrais dédier ce travail tout spécialement à mes chers parents qui m'ont élevé et soutenu tout au long de ma vie.

J'oriente une dédicace particulière à l'IMAM de la mosquée 'SALAH EDDINE AL AYOUBI' BELKADI Abdellah de mon village OHM EL ALOU, Je dédie ce travail à :

- + Ma maîtresse que je n'oublierai jamais BENJABOUR,*
- + Mes chers frères: Youcef, Abdelwahab,*
- + Tous les membres de ma famille BERRAHOU, ABDELKHALEK,*
- + J'oriente une dédicace vers mon cher binôme YUCEF pour sa sérosité et sa motivation durant tout mon cursus universitaire,*
- + Toute ma promotion : IBG-TP 2016,*
- + Tous mes amis que je n'ai pas cité et sans exception, et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.*

IMAD EDDINE

Résumé :

Ce travail consiste à faire une étude technique et une étude managériale d'un projet routier, dont l'intitulé « Etude technique et Etude managériale d'un évitement sur une longueur de 5 km qui intègre au projet global de dédoublement de la RN7-A- sur 60 km de longueur en reliant la ville de MAGHNIA avec celle de MARSА BENMHIDI». Ce travail est élaboré en deux grandes parties, dont la première et une étude technique qui comporte trois chapitres dont: le premier est une étude de trafic, le second est leur géométrie (tracé en plan, profil en long, profil en travers), et le troisième est le dimensionnement de leur corps de chaussée. La deuxième partie s'intéresse au côté managérial, la gestion des risques dans les projets routier, le cycle de vie, les différents acteurs, la structure WBS, les notions sur les risques ainsi que la structure générale de la norme ISO 31000, ensuite nous nous étalons sur l'étude de notre cas on cherchera à identifier, évaluer, développer des stratégies de réponse et à contrôler les risques déterminé dans notre cas. A la fin, on a présenté le planning des travaux à l'aide du logiciel Ms Project.

Mot clé :

Trafic –Vitesse de référence –Management – Risque –ISO 31000.

Abstract :

This work consists in making a technical study and a managerial study of a road project, of which the title " technical Study and managerial Study of an avoidance on a 5 km length which integrates into the global project of halving of RN7-A- on 60 km in length by connecting the city of MAGHNIA with that of the MARSА BENMHIDI ". This work is developed in two big parts, of which the first one and a technical study which contains three chapters among which: the first one is a study of traffic, the second is their geometry (drawn in plan, profile in length, profile across), and the third is the sizing of their body of road. The second part is interested in highly-rated managerial, the risk management in the projects long-distance truck driver, the life cycle, the various actors, the structure WBS, The notions on the risks as well as the general structure of the standard ISO 31000, then we spread us over the study of our case one will try to identify, to estimate, to develop strategies of answer and to check the risks determined in our case. At the end, we presented the schedule of the works by means of the software Ms Project.

Keyword :

Traffic –Reference speed – Management – Risk– ISO 31000.

المخلص:

احتوى هذا العمل على دراسة تقنية وإدارية لمشروع طريق بعنوان « دراسة تقنيه و إدارية لطريق جانبي على طول 5 كم والذي يندرج ضمن مشروع ازدواجية الطريق الوطني رقم 7 - A - على مسافة 60 كم الذي يربط بين مدينة مغنية و مرسى بن مهدي. تمت دراسة هذا العمل في جزأين ، الأول الدراسة الفنية التي تتضمن ثلاثة محاور: الأول هو دراسة حركة المرور ، والثاني هو هندستها (المنظر العلوي ، المقطع الطولي ، المقطع العرضي) والثالث تصميم أبعاد الطريق. ويتركز الجزء الثاني على الجانب الإداري ، و إدارة المخاطر في مشاريع الطرق ، ودورة الحياة، و مختلف الجهات الفاعلة، مفاهيم حول المخاطر والهيكل WBS، والهيكل العام ISO 31000. ثم تطرقنا إلى الحالة الخاصة بمشروعنا حيث سعينا إلى تقييم وتطوير استراتيجيات الاستجابة والتحكم في المخاطر. وفي النهاية قدمنا جدول العمل باستخدام برنامج MS Project.

الكلمات المفتاحية :

حركة المرور - السرعة المرجعية - الإدارة - الإخطار - ISO 31000.

TABLE DES MATIERES

Résumé :	IV
Obstruct:	IV
ملخص:	V
Table des matières:	VI
Liste des figures :	XI
Liste des tableaux :	XIII
INTRODUCTION GENERALE :	XIV
Partie technique	1
CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC	2
I Données socio-économiques de la région :	3
I.1 Données générales de la wilaya de Tlemcen :	3
I.2 Population :	3
I.3 Réseau routier :	3
I.4 Le transport :	3
I.5 Mine et industrie :	4
I.6 Tourisme :	4
II Présentation de projet :	4
II.1 Généralités :	4
II.2 Cadre de l'étude :	5
III Etude de trafic :	6
III.1 Vocabulaire :	6
III.2 Analyse des trafics existants :	6
III.2.1 Les comptages :	7
III.2.1.1 Les comptages manuels:	7
III.2.1.2 Les comptages automatiques:	7
III.2.2 Les enquêtes :	7
III.2.2.1 Les enquêtes simplifiées :	7
III.2.2.2 Les enquêtes complètes :	7
III.3 Différents types de trafics :	7
III.4 Calcul de la capacité :	8
III.4.1 Définition de la capacité:	8
III.4.2 Projection future du trafic :	8

TABLE DES MATIERES

III.4.3	Calcul du trafic effectif :.....	9
III.4.4	Environnement de la route :	9
III.4.5	Débit de pointe horaire normal :.....	10
III.4.6	Débit horaire admissible :.....	11
III.4.7	Nombre de voies du profil en travers :	12
IV	Application au projet :.....	12
IV.1	Les données de trafic :.....	12
IV.2	Projection future de trafic :.....	13
IV.3	Calcul du trafic effectif:.....	13
IV.4	Débit de pointe horaire normale :.....	14
IV.5	Débit admissible :.....	14
IV.5.1	Nombre de voies du profil en travers :	14
V	Conclusion :.....	15
CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE		16
I	Introduction:.....	17
II	Principes généraux de construction :	17
II.1	Influences naturelles :.....	17
II.2	Influences techniques et économiques :	18
II.3	Sécurité d'exploitation et confort :	18
III	Éléments constituant la route :.....	18
III.1	Tracé en plan :	18
III.1.1	Définition :	18
III.1.2	Règles à respecter dans le tracé en plan :	19
III.1.3	Éléments géométriques du tracé en plan :	19
III.1.3.1	Alignement droit :.....	19
III.1.3.2	Arcs en cercle :	20
III.1.3.3	Courbe de raccordement CR :	23
III.1.4	Exemple de calcul d'un tracé en plan :.....	27
III.2	Profil en long :	32
III.2.1	Définition :	32
III.2.2	Règles à respecter dans le profil en long :	32
III.2.3	Éléments géométriques du profil en long :	32
III.1.3.4	Les alignements :.....	32
III.1.3.5	Déclivités :.....	32

TABLE DES MATIERES

III.2.4	Raccordement verticaux :	33
III.1.3.6	Raccordement convexe (saillants) :	33
III.1.3.7	Raccordement concave (rentrants):	34
III.2.5	Exemple de calcul de profil en long :	35
III.2.6	Coordination du tracé en plan et profil en long :	37
III.3	Profil en travers :	38
III.3.1	Définition :	38
III.3.2	Les types du profil en travers :	38
III.3.2.1	Profil en travers type :	38
III.3.2.2	Profil en travers courant :	38
III.3.3	Les éléments de profil en travers :	39
III.3.4	Application au projet :	40
IV	Conclusion :	41
<u>CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEES.....</u>		42
I	Introduction:.....	43
II	La chaussée:.....	43
II.1	Définition:	43
III	Constitution d'une chaussée :	43
III.1	Les couches d'assise :	43
III.2	La couche de surface :	44
IV	Différents types de chaussée :	44
IV.1	Les chaussées souples :	45
IV.1.1	Couche de surface :	45
IV.1.2	Couche d'assise :	45
IV.2	Les chaussées semi-rigides:.....	46
IV.3	Les chaussées rigides:	46
V	Les facteurs pour les études de dimensionnement:	47
V.1	Trafic:	47
V.2	Climat :	47
V.3	Le sol support :	48
V.4	Matériaux :	48
VI	Les principales méthodes de dimensionnement :	49
VII	Application au projet:	51

TABLE DES MATIERES

VII.1	Méthode de l'indice CBR :.....	51
VII.2	La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :	53
VIII	Conclusion:.....	54
	Partie managériale.....	55
	<u>CHAPITRE 4: MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER.....</u>	<u>56</u>
I	Introduction:.....	57
II	Le réseau routier en Algérie:	57
II.1	Consistance du réseau routier :	58
II.2	Le schéma directeur routier et autoroutier:.....	59
III	Cycle de vie d'un projet routier:	60
III.1	Phase (1) : Etudes préalables	61
III.2	Phase (2) : Conception	61
III.3	Phase (3) : Réalisation	61
III.4	Phase (4): Clôture	61
IV	Les acteurs du projet routier:	62
V	La WBS d'un projet routier:	64
VI	Conclusion:.....	65
	<u>CHAPITRE 5: MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER.....</u>	<u>66</u>
I	Introduction:.....	67
II	Généralité sur le risque :	68
II.1	Définition de risque :	68
II.2	Les éléments constitutifs du risque :.....	69
II.3	Classification du risque :	69
II.4	Le trièdre de la gestion du risque :	70
II.5	La typologie des risques :	71
III	Classification des risques dans un projet routier :	71
III.1	Les risques géotechniques :	71
III.2	Les risques naturels :	71
III.3	Risques anthropogéniques :	71
IV	Management des risques dans projet routier (ISO 31000) :.....	72

TABLE DES MATIERES

IV.1	Les principes, le cadre et le processus de management du risque :.....	72
V.1.1	Les principes :	73
V.1.2	Le cadre organisationnel :	73
V.1.3	Le processus de management du risque :	74
V	Objectifs du management des risques d'un projet routier :.....	76
VI	Etude de notre cas :.....	77
VI.1	Présentation du projet :	77
VI.2	Cycle de vie de notre projet :.....	77
VI.3	Les principaux acteurs du projet :.....	77
VI.4	Type de contrat du projet :.....	78
VII	Le management de cout et délai du projet	79
VII.1	Calcul du délai de projet :.....	79
VII.2	Calcul du cout de projet :.....	79
VIII	Classification des risques :	79
VII	Conclusion :.....	81
CONCLUSION GENERAL	:.....	82
BIBLIOGRAPHIE	:	83
ANNEXE	:	86
ANNEXE A	:	86
ANNEXE B	:	87
ANNEXE C	:	89

LISTE DES FIGURES

Partie technique:

CHAPITRE I:

Figure 1. 1: Situation du projet..	4
Figure 1. 2: Situation de l'évitement	5

CHAPITRE II:

Figure 2. 1: les éléments de tracé en plan.....	19
Figure 2. 2: Forces agissant sur un véhicule dans un virage.....	20
Figure 2. 3: Inscription des véhicules dans les virages.....	23
Figure 2. 4: Les éléments de la clothoïde.....	25
Figure 2. 5: Exemple de calcul d'un tracé en plan.....	27
Figure 2. 6: Eléments géométriques du profil en long.....	33
Figure 2. 7: courbe convexe.....	35
Figure 2. 8: courbe concave.....	36
Figure 2. 9: Les éléments de Profil en travers.....	39
Figure 2. 10: Profil en travers type remblais.....	40
Figure 2. 11: Profil en travers type déblais.....	40
Figure 2. 12: Profil en travers type mixte.....	40

CHAPITRE III:

Figure 3. 1: Les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée.....	44
Figure 3. 1 Structure type d'une chaussée souple.....	45
Figure 3. 3: Chaussée semi-rigide.....	46
Figure 3. 4: Structure type d'une chaussée rigide.....	46
Figure 3. 5: Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante.....	47
Figure 3.6: Fonctionnement d'une chaussée sous les sollicitations thermiques.....	48
Figure 3.7: la démarche du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	51

Partie managériale :

CHAPITRE IV:

Figure 4.1: Le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025.....	59
Figure 4.2 : Cycle de vie d'un projet routier.....	60
Figure 4 3: Les acteurs du projet routier.....	62
Figure 4.4: Exemple d'un WBS.....	65

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE V:

Figure 5.1: Les éléments constitutifs du risque.	69
Figure 5.2: Classification des risques.	69
Figure 5.3: Le trièdre de la gestion du risque.....	70
Figure 5.4: Le trièdre de la gestion du risque.....	73
Figure 5.5: Cadre de management du risque.....	74
Figure 5.6: Processus de management du risque d'ISO 31000.	74
Figure 5.7: Relations entre les principes, le cadre organisationnel et le processus de management du risque d'ISO 31000.	76
Figure 5.8 : Cycle de vie de notre projet.....	77
Figure 5.9: Les acteurs de notre projet.....	77
Figure 5.10: système traditionnel.....	78
Figure 5.11 : La matrice des risques étudiés.....	81

LISTE DES TABLEAUX

Partie technique :

CHAPITRE I:

Tableau1.1: coefficient d'équivalence.....	9
Tableau1.2: Type d'environnement.....	10
Tableau1.3: coefficient lié à l'environnement.....	11
Tableau1.4: coefficient de réduction de capacité.....	11
Tableau1.5: Les capacités théoriques.....	11
Tableau1.6: Vitesse de référence en fonction de la Caté. et E en B40.....	13
Tableau1.7: Tableau récapitulatif des résultats.....	14

CHAPITRE II:

Tableau2.1: Rayons du tracé en plan.....	22
Tableau2.2: Récapitulatif des résultats du calcul.....	31
Tableau2.3: valeurs de la déclivité maximale (B40).....	33
Tableau2.4: Valeurs des rayons verticaux pour un angle (saillant et rentrant) Normes B40	35

CHAPITRE III:

Tableau 3.1: Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	50
Tableau 3.2: résultat de dimensionnement par la méthode CBR.	52
Tableau 3.3: le résultat de deux méthodes	53

Partie managériale :

CHAPITRE IV:

Tableau 4.1: réseaux routier en Algérie	58
--	----

CHAPITRE V:

Tableau 5.1 : les principaux intervenants de notre projet et leurs rôles	78
Tableau 5.2 : Classification des risques présentant dans notre projet.....	80
Tableau 5.3 : hiérarchisation des risques principaux selon leur criticité.....	80
Tableau 5.4 : Traitement des risques inacceptables.....	82

INTRODUCTION GENERALE

Pour le développement du pays et l'aménagement du territoire, les infrastructures de transport routières jouent un rôle très important et un moteur efficace non seulement pour les différentes communications et les différents échanges entre les populations mais aussi elle favorise l'implantation des activités économiques et industrielles tout en visant essentiellement à améliorer l'équilibre fonctionnel des espaces régionaux par rapport aux revendications des acteurs territoriaux.

En Algérie, Le Ministère Des Travaux Publique (MTP) a inscrit plusieurs projets dans le domaine des infrastructures routières comme par exemple l'autoroute est-ouest, nord-sud, des projets portant sur l'aménagement des carrefours, les projets des dédoublements des routes existantes et autres...

Pour arriver à remplir le rôle et atteindre l'efficacité signés dans le premier paragraphe, ces infrastructures doivent connaitre une étude efficace obéissante aux différents critères et concepts tels que le plus connu « le développement durable » dont en satisfaisant au trois cotés : économique, social et environnemental.

La problématique posée dans notre projet est :

- ❖ Comment réaliser un tracé avec de bonnes caractéristiques géométriques en tenant compte cout et délai?
- ❖ Quelle stratégie adoptée et quels outils utilisés pour minimiser les risques dans projet routier?

Bien sur cette problématique causée par le manque et l'insuffisance de leurs conceptions et leurs études.

Donc pour faire résoudre et répondre à cette problématique, il faut remplir ce manque par l'ajout de l'étude managériale et de la gestion des risques avant, pendant et après les travaux.

En général, les projets routiers sont assez complexes dans leur conception, construction, et exploitation et ils sont souvent soumis à des risques multiples. Donc il faut les prendre en compte.

Le présent projet a été élaboré on assurant le respect des objectifs à atteindre tout en tenant compte des différentes contraintes liées à l'environnement humain et naturel aux aspects suivants : technique, économique, et social. Cependant beaucoup de risques peuvent intervenir dans les différentes étapes de l'implémentation du projet.

Pour cela l'intégration du processus du management des risques s'avère nécessaire.

Le présent mémoire comprend une introduction générale et deux parties distinctes dont la première technique, la deuxième managériale et une conclusion.

INTRODUCTION GENERALE

En ce qui concerne la partie technique : le premier chapitre : Présentation et étude de trafic ; Le second: la géométrie (tracé en plan, profil en long et profil en travers); et enfin troisièmes-c'est le dimensionnement du corps de chaussée.

En ce qui concerne la partie managerielle : le premier chapitre : une vue générale sur les notions principaux de management des projets tel que, le cycle de vie, la structure WBS, la différenciation entre les acteurs d'un projet routier, Le second: des définitions des différentes termes liés aux risques, une démarche pour le management des risques selon la norme internationale ISO 31000 et enfin on a fait une application sur notre projet.

Nous avons réalisé ce travail à l'aide des logiciels : AUTOCAD et MS Project.

Partie technique



Chapitre

1

**PRESENTATION ET
ETUDE DE TRAFIC**

I Données socio-économiques de la région :

I.1 Données générales de la wilaya de Tlemcen :

Le projet se situe dans la wilaya de Tlemcen. Cette dernière est Située dans la région ouest de l'Algérie et s'étend sur une superficie de **9.017 Km²** et montre un grand intérêt à la fois géographique, historique, économique et social. [1]

La wilaya est limitée par :

- La mer méditerranée au Nord ;
- La wilaya d'Ain TEMOUCHENT à l'Est ;
- La wilaya de SIDI BEL ABBES au Sud-est ;
- La wilaya de NAAMA au Sud ;
- Le MAROC à l'Ouest.

I.2 Population :

Du point de vue organisation administrative, la wilaya de Tlemcen est composée de **20 daïras** et **53 communes**.

La population totale de la wilaya de Tlemcen est de **979 820 habitants** avec **40 %** de population rurale. [1]

I.3 Réseau routier :

Le réseau routier de la Wilaya totalise un linéaire de **4 090 Km** dont :

- **767 km** de routes nationales ;
- **1 189 km** de chemins de wilaya.

Il est également à préciser que l'autoroute Est-Ouest traverse la wilaya de Tlemcen sur un linéaire de **100 Km**.

La wilaya de Tlemcen compte également trois infrastructures portuaires et un aéroport international. [1]

I.4 Le transport :

Le secteur des transports dans la wilaya de Tlemcen est caractérisé par trois modes de transports : [1]

- Le transport routier de voyageurs et de marchandises ;
- Le transport Maritime de voyageurs et de marchandises ;
- Le transport aérien de voyageurs.

I.5 Mine et industrie :

Le secteur des mines et industrie dans la wilaya de Tlemcen est relativement développé. On compte moins de **60 carrières** dans la wilaya dont quelques une des plus importantes sont situées à proximité du projet. [1]

I.6 Tourisme :

La wilaya de Tlemcen compte **08 zones** d'extension touristiques dont cinq sont desservies de manière directe et indirecte. [1]

II Présentation de projet :

II.1 Généralités :

Le projet de dédoublement de la RN7-A- sur 60 Km, depuis la sortie Ouest de la ville de MAGHNIA jusqu'à MARSA BEN M'HIDI sur la frontière Ouest du pays avec le MAROC. Cette route passe sur plusieurs cours d'eau dont le plus important est OUED ISLY, et par plusieurs agglomérations (SOUANI, SIDI BOUDJNENE, BEN KRAMA, BAB EL ASSA et BOUKANOUN). (Fig1.1) [1]



Figure 1.1: Situation du projet .[1]

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

L'objectif de ce projet d'infrastructure est de renforcer les économies régionales et les potentialités touristiques, il est destiné afin de :

- Améliorer la fluidité du trafic et la sécurité des usagers ;
- Limiter les encombrements sur les routes et le cout de l'énergie supportée par les automobilistes ;
- Réduire la congestion et les temps de déplacement pour le conducteur.

II.2 Cadre de l'étude :

Notre projet de fin d'études consiste à faire l'étude d'un évitement qui est définit comme une section du projet de dédoublement de la RN7-A en commençant du **PK50+300** jusqu'à **MARSA BEN M'HIDI** sur **5 km**. (Fig1.2) [1]



Figure 1.2: Situation d'évitement .[2]

Pourquoi faire l'évitement ?

Le choix de variante cette solution c'est pour éviter toutes les contraintes, tout en préservant les avantages.

Les considérations principales régissant la détermination de l'axe du projet sont : [1]

- Répondre aux exigences d'une liaison routière ;
- Localisation plus rapprochée des principales agglomérations de la région ;
- Contournement des secteurs environnementaux sensibles ;
- Prise en compte des principales particularités topographiques.

III Etude de trafic :

La réalisation de n'importe quel produit commence par l'étude de la demande, l'analyse de besoins ou l'étude de marché. [3]

En matière de l'infrastructure routière, l'étude de la demande se fait par l'étude des besoins en déplacements. Cette étude est souvent délicate, et qui fait appelle à des théories récentes et complexes. Elle est basée avant tout sur l'observation du trafic actuel, afin de déterminer une précision sur le trafic de futur. [3]

L'étude du trafic est une étape essentielle, et représente la phase fondamentale lors de la conception et étude d'un projet routier. [4]

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. [4]

Ces études l'intitule de déterminer non seulement la classe du trafic en se basant sur des recensements qui sont obtenues à partir du comptage : manuel, automatique, directionnel ou à partir des enquêtes, mais aussi de définir le type d'aménagement à réaliser (**nombre de voies, type d'échange et aussi le dimensionnement de la chaussée**). [4]

III.1 Vocabulaire :

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés : [5]

- **Trafic de transit** : origine et destination en dehors de la zone étudié (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 jours.
- **Unité de véhicule particulier (u.v.p)** exprime par jour ou par heure, les poids lourds en leur affectant un multiplicateur.
- **Les trafics aux heures de pointe** avec les heures de pointe du matin (HPM), et les heures de pointe du soir (HPS).
- **Le trafic journalier moyen d'été** : important pour les régions estivales.

III.2 Analyse des trafics existants :

Afin de connaître le nombre de véhicules (le volume) et leurs natures (véhicule légers ou véhicules lourds) en un point et à un instant donné, il est nécessaire de procéder à un comptage tout en nécessitant une organisation appropriée.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

Divers méthodes permettent de recueillir des informations sur le trafic ; les plus utilisées sont classées en deux catégories : [6]

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages sur les routes (manuels, automatiques).
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes de circulation.

III.2.1 Les comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, dont il comprend deux types: [6]

III.2.1.1 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.

III.2.1.2 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.

Les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense.

III.2.2 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. Il existe plusieurs types d'enquêtes: [6]

III.2.2.1 Les enquêtes simplifiées :

- Enquêtes par relevé minéralogique ;
- Enquêtes par cartes ;
- Enquêtes papillons.

III.2.2.2 Les enquêtes complètes :

- Enquêtes par interview le long des routes ;
- Enquêtes par interview à domicile ou enquêtes ménages.

III.3 Différents types de trafics :

On distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal :**

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

- **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]
- **Trafic induit :**
Le trafic induit est composé de différents termes qui correspondent chacun à un changement de comportement des usagers. On distingue généralement les modifications de comportement à court et à long terme. [8]
- **Trafic total :**
C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié. [7]

III.4 Calcul de la capacité :

III.4.1 Définition de la capacité:

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions), avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée. [9]

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).

III.4.2 Projection future du trafic :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est : [9]

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

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 (%).

III.4.3 Calcul du trafic effectif :

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).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante [9] :

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

Avec :

T_{eff} : 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 la classe de l'environnement. (Tab1.1)

Tableau 1.1 : Coefficient d'équivalence P. [9]

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

III.4.4 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 : [9]

- La dénivelée cumulée moyenne en Km ;
- La sinuosité.

➤ La dénivelée cumulée moyenne en Km :

La somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire. Elle permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

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

- ✓ $\frac{h}{L} < 1,5\%$ Terrain plat.
- ✓ $1,5 < \frac{h}{L} < 4\%$ Terrain vallonné.
- ✓ $\frac{h}{L} > 4\%$ Terrain montagneux.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

➤ 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 L .

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

- ✓ $\sigma \leq 0,1$ La sinuosité faible.
- ✓ $0,1 \leq \sigma \leq 0,3$ La sinuosité moyenne.
- ✓ $\sigma \geq 0,4$ La sinuosité forte.

Tableau 1.2 : Type d'environnement. [9]

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

III.4.5 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 : [9]

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

Avec :

Q : Débit de pointe horaire normal est exprimé en (uvp/h) ;

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

III.4.6 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule:[9]

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

Avec :

Q_{adm} : Débit horaire maximal accepté par voie, compte tenu du niveau de service visé.

K_1 : Coefficient lié à l'environnement.

K_2 : Coefficient lié à la catégorie de la route et de son environnement.

C_{th} : Capacité effective (théorique) par voie, en U.V.P qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Les coefficients K_1 et K_2 dépendent de l'environnement, de la largeur initiale de chaussée et de la valeur du temps. (Tab1.3 et Tab1.4)

Valeurs de K_1 :

Tableau 1.3 : coefficient lié à l'environnement. [9]

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K_1	0.75	0.85	0.90 - 0.95

Valeurs de K_2 :

Tableau 1.4 : Coefficient de réduction de capacité. [9]

K_2		Catégorie de la route				
		1	2	3	4	5
Environnement	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	0,98	0,98

Les valeurs de C_{th} selon le tableau ci-dessous :

Tableau 1.5 : Les capacités théoriques. [9]

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 à 1800 uvp/h

III.4.7 Nombre de voies du profil en travers :

On compare Q à Q_{adm} : [9]

$$Q \leq Q_{adm}$$

Le nombre N de voie du profil en travers est tel que :

1. Cas d'une chaussée bidirectionnel : $N = \frac{Q}{Q_{adm}}$
2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle : $N = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}$

Avec :

S : étant un coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en générale égale à 2/3.

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

IV Application au projet :

IV.1 Les données de trafic :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par le BET (Engineering Study), nous avons :

❖ Le trafic à l'année 2011	TMJA₂₀₁₁ = 6129 v/j
❖ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté	$\tau = 4\%$
❖ Le pourcentage de poids lourds	Z=10 %
❖ L'année de mise en service sera en	2015
❖ La durée de saturation	20 ans
❖ Catégorie	C3
❖ L'environnement	E2

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

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 catégorie et l'environnement en B40. [9]

Catégorie Environnement	Catégorie				
	Caté.1	Caté.2	<u>Caté.3</u>	Caté.4	Caté.5
E1	120/100 80	120/100 80	120/100 80	100/80 60	80/60/40
<u>E2</u>	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

IV.2 Projection future de trafic :

$$TMJA_{2015} = TMJA_{2011}(1 + 0.04)^4$$

$$TMJA_{2015} = 6129(1 + 0.04)^4$$

$$TMJA_{2015} = 7170 \text{ v/j}$$

$$TMJA_{2035} = TMJA_{2015}(1 + 0.04)^{20}$$

$$TMJA_{2035} = 7170 (1 + 0.04)^{20}$$

$$TMJA_{2035} = 15710 \text{ v/j}$$

IV.3 Calcul du trafic effectif:

$$T_{\text{eff } 2015} = [(1 - 0.10) + 6 \times 0.10] \times TMJA_{2011}$$

$$T_{\text{eff } 2015} = [(1 - 0.10) + 6 \times 0.10] \times 6129$$

$$T_{\text{eff } 2015} = 9194 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff } 2035} = [(1 - 0.10) + 6 \times 0.10] \times TMJA_{2035}$$

$$T_{\text{eff } 2035} = [(1 - 0.10) + 6 \times 0.10] \times 15710$$

$$T_{\text{eff } 2035} = 23565 \text{ uvp/j}$$

IV.4 Débit de pointe horaire normale :

$$Q_{2035} = 0.12 \times T_{\text{eff } 2035}$$

$$Q_{2035} = 0.12 \times 23565$$

$$Q_{2035} = 2828 \text{ uvp/h}$$

IV.5 Débit admissible :

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

L'environnement E2 $\Rightarrow K_1 = 0.85$

Catégorie C3
L'environnement E2 $\Rightarrow K_2 = 0.99$

D'après le B40: $C_{\text{th}} = 2000 \text{ uvp/h}$

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0,99 \times 2000$$

$$Q_{\text{adm}} = 1683 \text{ uvp/h}$$

IV.5.1 Nombre de voies du profil en travers :

$$N = S \times \frac{Q}{Q_{\text{adm}}}$$

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{2828}{1683}$$

$$N = 1,12$$

Donc on prend: $N = 2 \text{ voies/sens.}$

Tableau 1.7 : Les résultats sont représentés dans le tableau suivant.

TMJA ₂₀₁₁	TMJA ₂₀₃₅	T _{eff 2035}	Q ₂₀₃₅	N
6129	13340	15710	2828	2

V Conclusion :

Enfin, l'étude de trafic est une tâche nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport voir le développement du pays.

L'étude de trafic impactera directement les caractéristiques de la route à créer ainsi que leur type d'aménagement à réaliser (nombre de voies, type d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée).

Concernant les recensements on a les comptages (manuels et automatiques) et les enquêtes (complètes et simplifiées). Cet recensement permettra d'hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des trafics: [10]

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

L'étude de trafic se mène en général en cinq étapes: [10]

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

Concernant notre cas, Le profil en travers retenu est défini comme suit :

- route bidirectionnelle 2x2 voies avec 3,5 m comme largeur d'une voie;
- largeur des accotements de 2 m.



Chapitre

2

**GEOMETRIE DE
LA ROUTE**

I Introduction:

L'axe de la route est une conception de l'espace, définit géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont : [11]

- le tracé de son axe en situation ou en plan ;
- le tracé de cet axe en élévation ou profil en long ;
- le profil en travers.

Les caractéristiques géométriques de ces éléments doivent correspondre à la meilleure solution du point de vue économique, et satisfaire certaines conditions minimales dictées par: [11]

- la nature, plus particulièrement la topographie et la géologie ;
- le trafic futur prévu.

Les problèmes relatifs à la topographie proprement dite, c'est à dire ceux que la nature impose, conduiront à la recherche essentielle d'un tracé correspondant aux terrassements minima. Cette étude particulière, dont le « mouvement des terres » est la partie prépondérante sera traitée pour elle-même. [11]

Quant au critère « trafic », les conditions à remplir sont les suivantes : [11]

1. Permettre aux véhicules rapides de circuler à grande vitesse, soit à la vitesse maximum de base du type de la route considérée ;
2. Permettre aux véhicules longs de s'inscrire dans les virages ;
3. Permettre aux véhicules lourds de gravir les rampes.

Ces trois conditions sont valables pour le cas d'un faible trafic, où les véhicules ne se gênent guère entre eux.

En revanche, lorsque la circulation est intense, les mouvements des véhicules sont interdépendants, ce qui conduit à des exigences nouvelles se résumant en ceci :

4. Assurer l'écoulement du débit maximum prévu dans des conditions acceptables.

Les problèmes imposés par les trois premières conditions s'adressent plus particulièrement au véhicule circulant isolément ; ils concernent surtout le tracé en plan et en profil en long.

La condition (4) du débit conditionne essentiellement la largeur de la chaussée, donc le profil en travers. [11]

II Principes généraux de construction :

Les principes généraux dont s'inspirera le projeteur sont les suivants : [11]

II.1 Influences naturelles :

- Le tracé général d'une route se rapprochera des grands axes naturels ou coupures naturelles (vallées, cours d'eau) et des axes construits (voies ferrées, canaux) ;

- La géologie et l'hydrographie joueront un grand rôle dans le cout de construction (qualité des terrains à excaver, présence et position des nappes phréatiques, approvisionnement en matériaux de construction) ;
- Les conditions climatiques seront prises en considération en vue d'une exploitation sure et économique (ensoleillement, humidité, enneigement).

II.2 Influences techniques et économiques :

- L'équilibre déblai-remblai (les mouvements des terres) sera recherché, mais il a moins d'importance que jadis (mécanisation des chantiers, sélection des matériaux) ;
- Les ouvrages d'art doivent s'adapter au tracé général adopté et non pas l'inverse, mais l'estimation de leurs cout peut influencer le choix du tracé à l'origine ou amener une modification local du tracé ;
- En secteur accidenté, trouver un compromis rationnel entre un mauvais tracé sans ouvrages d'art et un tracé élégant composé en majeure partie de ponts et tunnels, très couteux ;
- L'évaluation du cout de construction sera donc prise en considération très tôt dans l'étude, mais se souvenir qu'une solution techniquement insuffisante ne peut pas se justifier par un faible cout.

II.3 Sécurité d'exploitation et confort :

- Évaluer les risques d'inondation, de chutes de pierres et d'avalanches et les prévenir ou en tenir en compte (digues, galeries de protection) ;
- Tracé le plus voisin de l'horizontale et plus tendu possible (faibles déclivités et longues courbes de grands rayons).

III Éléments constituant la route :

III.1 Tracé en plan :

III.1.1 Définition :

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontale.

Le tracé en plan d'une route constitué en général par une succession **des alignements droits** et **des arcs** reliés entre eux par **des courbes de raccordement** progressif. Le tracé en plan d'une route est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route. Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer de bonne sécurité et de confort. (Fig.2.1) [12]

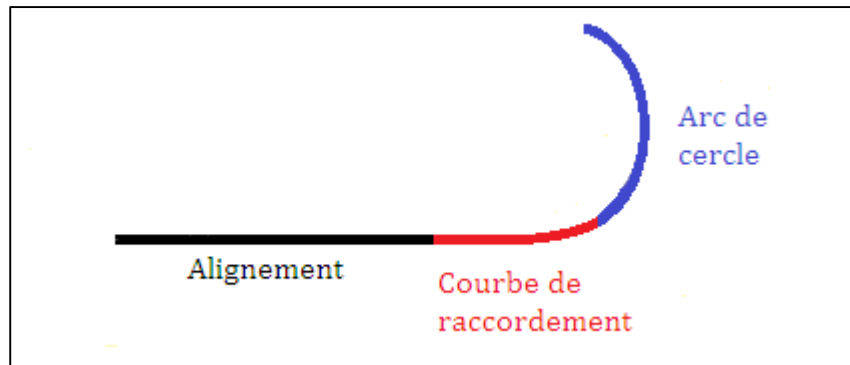


Figure 2.1 : les éléments de tracé en plan.

III.1.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé en plan, suivant les normes, on doit respecter certaines recommandations : [12]

- Respecter les normes de l'ARP (l'aménagement des routes principales) ;
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières ;
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants ;
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques. Si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement ;
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques ;
- De recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et une visibilité de déplacement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversée).

III.1.3 Eléments géométriques du tracé en plan :

III.1.3.1 Alignement droit :

Bien que le principe de la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes modernes est restreint. La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment : [13]

- Eblouissement causé par les phares ;
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents ;
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés ;
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

La longueur des alignements dépend de :

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

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

D'après B40 (la norme technique d'aménagement des routes) on a :

➤ **La longueur minimum L_{\min} :**

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation.

$$L_{\min} = t \times v \quad t = 5 \text{ sec}, v : \text{vitesse de véhicule.}$$

➤ **La longueur maximum L_{\max} :**

Celle qui correspond au chemin parcouru pendant 60 secondes à la vitesse v .

$$L_{\max} = t \cdot v \quad t = 60 \text{ sec}, v : \text{vitesse de véhicule.}$$

AN:

D'après notre cas la vitesse de base est : $V_B = 80 \text{ km/h}$

$$L_{\min} = 5 \times \frac{V_B}{3,6} = 5 \times \frac{80}{3,6} \quad \Rightarrow \quad L_{\min} = 111,11 \text{ m}$$

$$L_{\max} = 60 \times \frac{V_B}{3,6} = 60 \times \frac{80}{3,6} \quad \Rightarrow \quad L_{\max} = 1333,33 \text{ m}$$

III.1.3.2 Arcs en cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures : [11]

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

a) Stabilité en cercle :

Dans un virage de rayon R , le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système. Afin de réduire l'effet de la force centrifuge, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur de la courbe (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite dévers exprimée par sa tangente. [11]

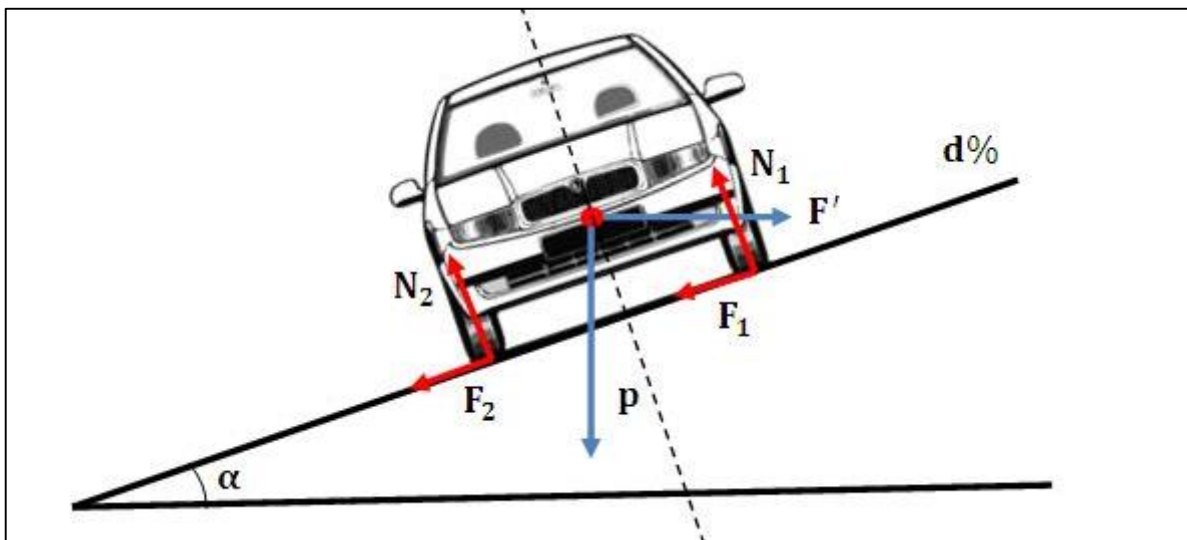


Figure 2.2: Forces agissant sur un véhicule dans un virage.

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Soit F : résultante des réactions tangentielles F_1 et F_2 .

La force centrifuge F' doit être équilibrée par F (adhérence transversale).

α petit $\Rightarrow \sin \alpha = \tan \alpha = d$ et $\cos \alpha = 1$.

Equilibre $\Rightarrow P \cdot \sin \alpha + F_1 + F_2 \geq F' \cos \alpha$

On sait que : $F = F_1 + F_2 = P \times f_t$

$P \times \sin \alpha + P \times f_t \geq F' \cos \alpha$

$$mg(d + f_t) \geq m \frac{v^2}{R} \quad R_{\min} = \frac{v^2}{g(f_t + d)}$$

Avec $v = \frac{V}{3,6}$ et $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 (f_t + d)}$$

1. Rayon minimal absolu (RH_m) :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal.

f_t : Coefficient de frottement transversal. Ainsi pour chaque V on définit une série de couple(R, d). [11]

$$RH_m = \frac{v_B^2}{127 (f_t + d_{\max})}$$

2. Rayon minimal normal (RH_n) :

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20 Km/h de rouler en toute sécurité. [11]

$$RH_n = \frac{(v_B^2 + 20)}{127 (f_t + d_{\max})}$$

3. Rayon au dévers minimal (RH_d) :

C'est le rayon au dévers minimal, en deçà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. [11]

$$RH_{\min} = \frac{v_B^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

Dévers associé : $d_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1 – 2

$d_{\min} = 3\%$ en catégorie 3 – 4 – 5

4. Rayon minimal non déversé (RH_{nd}):

C'est le rayon non déversé tel que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule, parcourant à la vitesse V_B en courbe de devers égal à d_{\min} vers l'extérieur, reste inférieur à la valeur limitée. [11]

$$\begin{aligned} \text{RH}_{\text{nd}} &= \frac{v_B^2}{127 \times 0,035} && \text{Cat 1 - 2} \\ \text{RH}_{\text{nd}} &= \frac{v_B^2}{127 (f'' - 0,03)} && \text{Cat 3 - 4 - 5} \end{aligned}$$

Avec :

$f'' = 0,07$ cat 1-2, $f'' = 0,07$ cat 3 et $f'' = 0,075$ cat 4 - 5.

Pour notre projet (éviterment de la RN7-A), le règlement B40 préconise les rayons suivants : (voir le Tab 2.1).

Tableau 2.1 : Rayons du tracé en plan. [9]

Paramètres	Symbole	Valeurs
Vitesse de référence (Km/h)	Vr	80
Divers maximal (%)	Dmax	8
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (8 %)	220
Rayon horizontal normal (m)	RHn (6 %)	375
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (3 %)	800
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-3%)	1200

b) Surlargeur :

Un long véhicule à deux 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 surlargeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

Le calcul de s se fait, pour simplifier, au moyen du rayon de l'axe de la route qui est peu différent du rayon extérieur R_e du véhicule. [11]

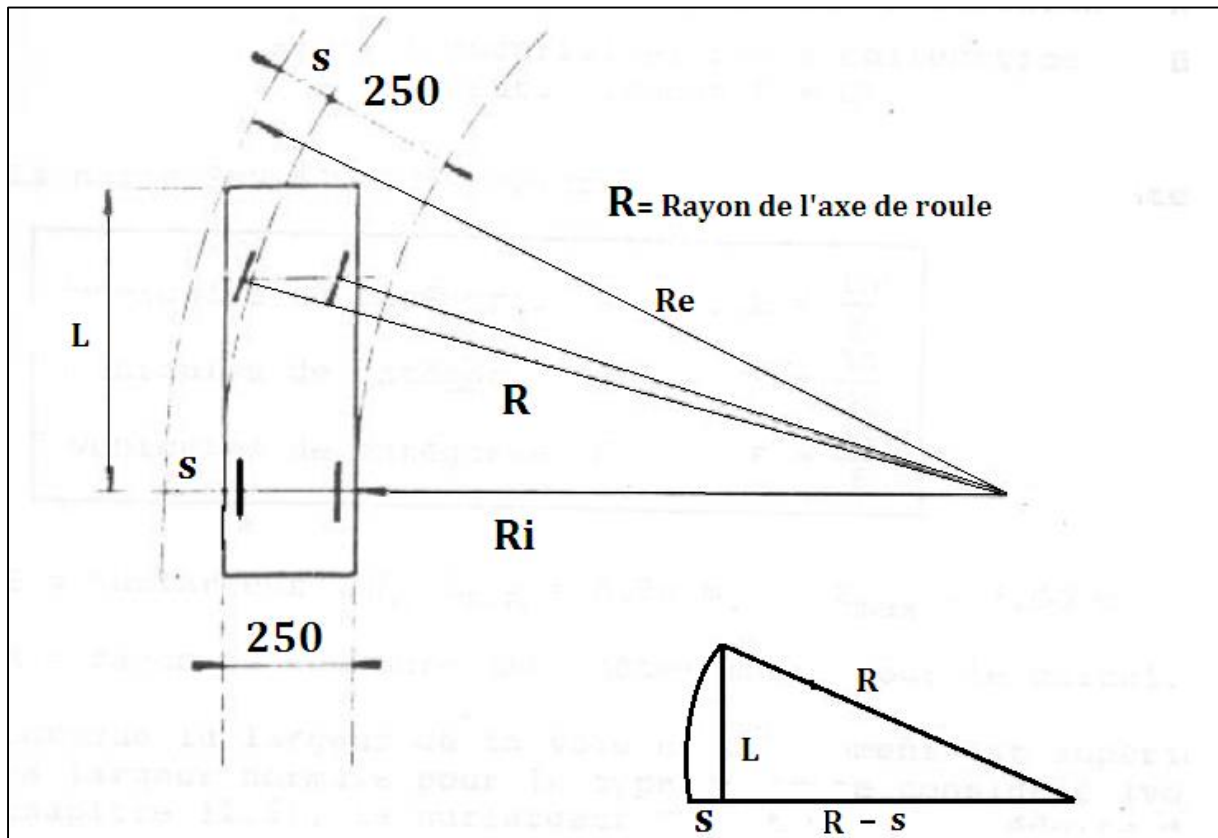


Figure 2.3 : Inscription des véhicules dans les virages. [9]

$$R^2 = (R - s)^2 + L^2 \quad \text{Avec } s^2 \approx 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{s = \frac{L^2}{2R}}$$

Avec :

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

R : Rayon de l'axe de la route.

III.1.3.3 Courbe de raccordement CR :

Ce tracé en plan qui, en première approximation, se compose d'une succession de **droites** et d'**arcs de cercles** accuse aux points de tangence une discontinuité de courbure qui n'est plus compatible avec les grandes vitesses pratiquées aujourd'hui. [10]

Définition de la courbure : $K = \frac{1}{R} = C \times L$ (R = rayon de l'axe du virage)

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle liés entre eux, par des tronçons de raccordement à courbure progressif, passant de la courbure 0 ($R = \infty$) à l'extrémité de l'alignement à la courbure $1/R$ au début du cercle du virage.

1. Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes : [11]

- 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. Types de courbe de raccordement:

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes: [11]

- Parabole cubique ;*
- Lemniscate ;*
- Clothoïde .*

Etant théoriquement la courbe de raccordement idéale, la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

3. Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L . [10]

$$K = C \times L \quad \text{Avec} \quad K = \frac{R}{L} \Rightarrow L \times R = \frac{1}{C} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{1}{R} = C \times L}$$

Pour l'homogénéité de la formule, on pose: $\frac{1}{C} = A^2$

Equation fondamentale :

$$\boxed{A^2 = L \times R}$$

4. Eléments de la Clothoïde :

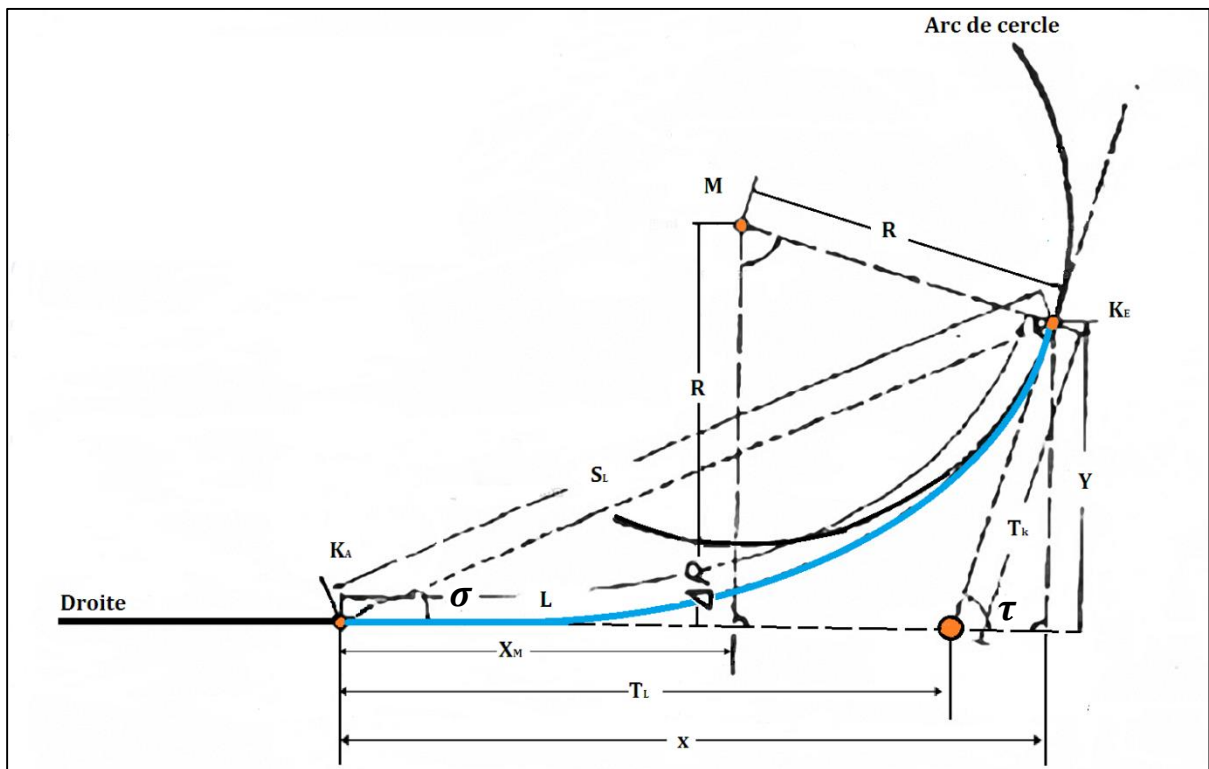


Figure 2.4 : Les éléments de la clothoïde [13]

M : Centre du cercle

R : Rayon du cercle

XM : Abscisse du centre

KA : Origine de la clothoïde

KE : Extrémité de la clothoïde

L : Longueur de la branche de clothoïde

σ : Angle polaire (angle de la corde avec tangente)

τ : Angle des tangentes

X : Abscisse de KA

Tk : Tangente courte

TL : Tangente longue

SL : Corde KA - KE

ΔR : Mesure du décalage entre l'élément droit et arc de cercle

5. Les conditions à respecter pour le choix d'une Clothoïde :

➤ Condition optique :

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route en annonçant le virage; la rotation doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil. [4]

$$\tau = \frac{1}{18} \text{ rad}(3^\circ) \implies \frac{1}{2R} \geq \frac{1}{18} \implies L \geq \frac{R}{9}$$

$$\text{Soit : } A \geq \frac{R}{3} \implies A_{\min} = \frac{R}{3} \text{ et } A_{\max} = R$$

D'après les règles générales de (B40):

✓ Pour tout rayon ≤ 1500 m, le ripage $\Delta R = 1$ m (éventuellement 0,5 m)

$$\text{et } L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

✓ $1500 < R < 5\,000$ m $\longrightarrow L \geq \frac{R}{9}$ ($\tau = 3^\circ$)

✓ $R > 5\,000$ m ΔR limité à 2,50 m soit $L = 7,75 R$

➤ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale. [4]

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

Avec :

V_r : Vitesse de référence en (Km /h) ;

R : Rayon en (m) ;

Δd : Variation de dévers.

➤ **Condition de gauchissement :**

Le raccordement doit assurer à la route un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe, qui consiste à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation, par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2% par seconde. [4]

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

Avec :

l : Largeur de la chaussée ;

Δd : Variation de dévers.

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

III.1.4 Exemple de calcul d'un tracé en plan :

Pour le cas de notre étude on a choisi pour illustrer les calculs, l'exemple du premier rayon adopté.

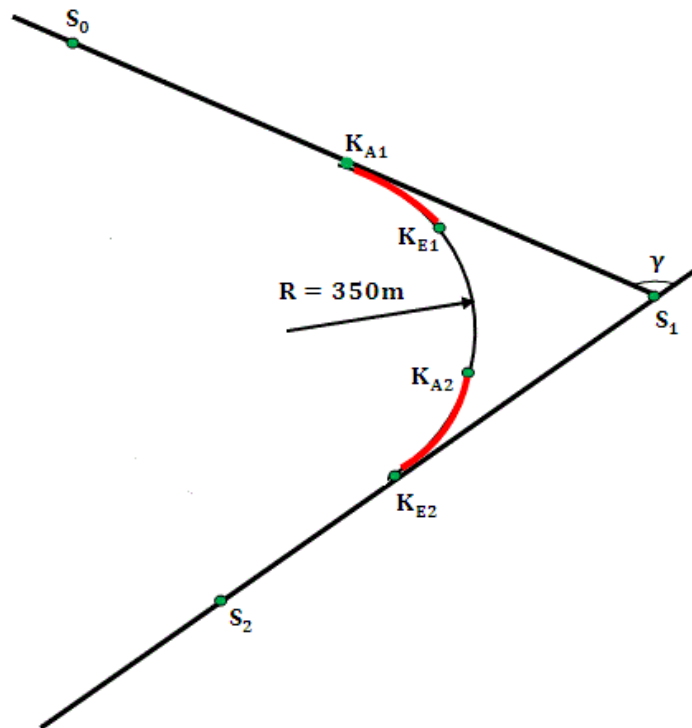


Figure 2.5 : Exemple de calcul d'un tracé en plan

Point	X(m)	Y(m)
S0	108777,3465	100076,7651
S1	109020,7590	99768,9105
S2	108906,0524	99510,0524

1. Détermination de A :

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

Selon le règlement B40 on a :

$$R < R_{h_{nd}}$$

$$R = 350m < 1200m \implies R/3 < A < R$$

$$350/3 < A < 350$$

$$116.67 < A < 350$$

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

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

➤ Condition optique :

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

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

$$L = \sqrt{24 \times 350 \times 1}$$

$$L = 91,651 \text{ m}$$

➤ Condition de confort dynamique :

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

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

$$\Delta d = 8\% + 2.5\% = 10,5\%$$

$$L = (80^2/18) \left((80^2/(127 \times 350)) - 0,105 \right)$$

$$L = 13,86 \text{ m}$$

➤ Condition de gauchissement :

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

$$L \geq (5 \times 10,5 \times 80)/36$$

$$L \geq 116,67\text{m}$$

D'après les résultats ce que nous avons trouvé :

$$L = \max (L_o; L_c; L_g) = \max (91,651 ; 13,86 ; 116,67)$$

$$L = 116,67 \text{ m}$$

Donc le paramètre A :

$$A = \sqrt{R \times L} = \sqrt{350 \times 116,67}$$

$$A = 202,075 \text{ m}$$

On prend : **A = 202,1 m**

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

3. Calcul de l'angle des tangentes τ :





$$\tau = (L^2 / 2R^2) \times (200/\pi) = ((116,67)^2 / 2(350)^2) \times (200/\pi)$$
$$\tau = 3,54 \text{ grad}$$

4. Calcul des gisements :

La relation suivante permet de calculer le gisement :

$$\text{gis} = \text{arctg} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \right)$$

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)

$$\begin{cases} \Delta X_1 = X_{S1} - X_{S0} = 109020,7590 - 108777,3465 = \mathbf{243,4125 \text{ m}} \\ \Delta Y_1 = Y_{S1} - Y_{S0} = 99768,9105 - 100076,7651 = \mathbf{-307,8546 \text{ m}} \end{cases}$$
$$\begin{cases} \Delta X_2 = X_{S2} - X_{S1} = 108906,0524 - 109020,7590 = \mathbf{-114,7066} \\ \Delta Y_2 = Y_{S2} - Y_{S1} = 99510,0524 - 99768,9105 = \mathbf{-258,8581 \text{ m}} \end{cases}$$

$$G_{S_0}^{S_1} = 200 + \text{arctg} \left(\frac{\Delta X_1}{\Delta Y_1} \right) = 200 + \text{arctg} \left(\frac{243,4125}{-307,8546} \right)$$

$$G_{S_0}^{S_1} = \mathbf{157,4083 \text{ grades}}$$

$$G_{S_2}^{S_1} = 200 + \text{arctg} \left(\frac{\Delta X_2}{\Delta Y_2} \right) = 200 + \text{arctg} \left(\frac{-114,7066}{-258,8581} \right)$$

$$G_{S_2}^{S_1} = \mathbf{226,5548 \text{ grades}}$$

5. Calcul des distances :

$$\overline{S_0 S_1} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{(243,4125)^2 + (-307,8546)^2}$$

$$\overline{S_0 S_1} = \mathbf{392,459 \text{ m}}$$

$$\overline{S_1 S_2} = \sqrt{(\Delta X_2)^2 + (\Delta Y_2)^2} = \sqrt{(-114,7066)^2 + (-258,8581)^2}$$

$$\overline{S_1 S_2} = \mathbf{283,1344 \text{ m}}$$

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

6. Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S_1}^{S_2} - G_{S_0}^{S_1}| = |226,5548 - 157,4083|$$

$$\gamma = 69,1465 \text{ grades}$$

7. Vérification de non chevauchement:

$$\tau = 3,54 \text{ grad}$$

$$\gamma/2 = 69,1465 / 2 = 34,573 \text{ grades}$$

$$\left. \begin{array}{l} \tau = 3,54 \text{ grad} \\ \gamma/2 = 34,573 \text{ grades} \end{array} \right\} \Rightarrow \tau < \gamma/2$$

Donc pas de chevauchement.

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

$$X_m = \frac{A^2}{2 \times R} = \frac{L}{2} = \frac{116,67}{2}$$

$$X_m = 58,34 \text{ m}$$

9. Abscisse de K_E :

$$X = L \times \left(1 - \frac{L^2}{40 \times R^2}\right) = 116,67 \times \left(1 - \frac{116,67^2}{40 \times 350^2}\right)$$

$$X = 116,35 \text{ m}$$

10. Origine de K_E :

$$Y = \frac{L^2}{6 \times R} = \frac{116,67^2}{6 \times 350}$$

$$Y = 6,48 \text{ m}$$

11. Calcul de la tangente :

$$T = R \times \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 350 \times \tan\left(\frac{69,1465}{2}\right)$$

$$T = 211,2662 \text{ m}$$

12. Calcul des coordonnées S_L :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(116,35)^2 + (6,48)^2}$$

$$S_L = 116,53 \text{ m}$$

13. Calcul de σ :

$$\sigma = \text{arctg}\left(\frac{Y}{X}\right) = \text{arctg}\left(\frac{6,48}{116,53}\right)$$

$$\sigma = 3,5365 \text{ grades}$$

14. Calcul de l'arc:

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 69,1465 - 2 \times 3,54$$

$$\alpha = 62,0665 \text{ grades}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200} = \frac{350 \times 3,14 \times 62,0665}{200}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = 341,0554 \text{ grades}$$

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

15. Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$X_{KA1} = X_{S0} + (\overline{S_0S_1} - T) \cos(G_{S_0}^{S_1} - 100)$$

$$X_{KA1} = 108777,3465 + (392,459 - 211,2662) \cos(157,4083 - 100)$$

$$\mathbf{X_{KA1} = 108889,7267 \text{ m}}$$

$$Y_{KA1} = Y_{S0} - (\overline{S_0S_1} - T) \sin(G_{S_0}^{S_1} - 100)$$

$$Y_{KA1} = 100076,7651 - (392,459 - 211,2662) \sin(157,4083 - 100)$$

$$\mathbf{Y_{KA1} = 99934,3305 \text{ m}}$$

$$X_{KA2} = X_{S2} + (\overline{S_1S_2} - T) \cos(300 - G_{S_1}^{S_2})$$

$$X_{KA2} = 108906,0524 + (283,1344 - 211,2662) \cos(300 - 226,5548)$$

$$\mathbf{X_{KA2} = 108935,1676 \text{ m}}$$

$$Y_{KA2} = Y_{S2} + (\overline{S_1S_2} - T) \sin(300 - G_{S_1}^{S_2})$$

$$Y_{KA2} = 99510,0524 + (283,1344 - 211,2662) \sin(300 - 226,5548)$$

$$\mathbf{Y_{KA2} = 99575,7585 \text{ m}}$$

$$X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \cos(G_{S_0}^{S_1} - 100 + \sigma)$$

$$X_{KE1} = 108889,7267 + 116,53 \cos(157,4083 - 100 + 3,5365)$$

$$\mathbf{X_{KE1} = 108956,832 \text{ m}}$$

$$Y_{KE1} = Y_{KA1} - S_L \sin(G_{S_0}^{S_1} - 100 + \sigma)$$

$$Y_{KE1} = 99934,3305 - 116,53 \sin(157,4083 - 100 + 3,5365)$$

$$\mathbf{Y_{KE1} = 99839,3521 \text{ m}}$$

$$X_{KE2} = X_{KA2} + S_L \cos(300 - G_{S_1}^{S_2} + \sigma)$$

$$X_{KE2} = 108935,1676 + 116,53 \cos(300 - 226,5548 + 3,5365)$$

$$\mathbf{X_{KE2} = 108976,3895 \text{ m}}$$

$$Y_{KE2} = Y_{KA2} + S_L \sin(300 - G_{S_1}^{S_2} + \sigma)$$

$$Y_{KE2} = 99575,7585 + 116,53 \sin(300 - 226,5548 + 3,5365)$$

$$\mathbf{Y_{KE2} = 99684,7541 \text{ m}}$$

Tableau 2.2: Récapitulatif des résultats du calcul.

Coordonnées (m)	K _{A1}	K _{A2}	K _{E1}	K _{E2}
X	108889,7267	108935,1676	108956,832	108976,3895
Y	99934,3305	99575,7585	99839,3521	99684,7541

III.2 Profil en long :

III.2.1 Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. Il est constitué d'une succession d'alignements droits raccordés par des courbes à rayons parabolique. [5]

III.2.2 Règles à respecter dans le profil en long :

L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes : [13]

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

III.2.3 Eléments géométriques du profil en long :

Les éléments du profil en long sont les suivants :

III.1.3.4 Les alignements :

Sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

III.1.3.5 Déclivités :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de Pente pour les descentes et de rampe pour les montées. [4]

Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence m des deux déclivités (Fig. 2.9). [11]

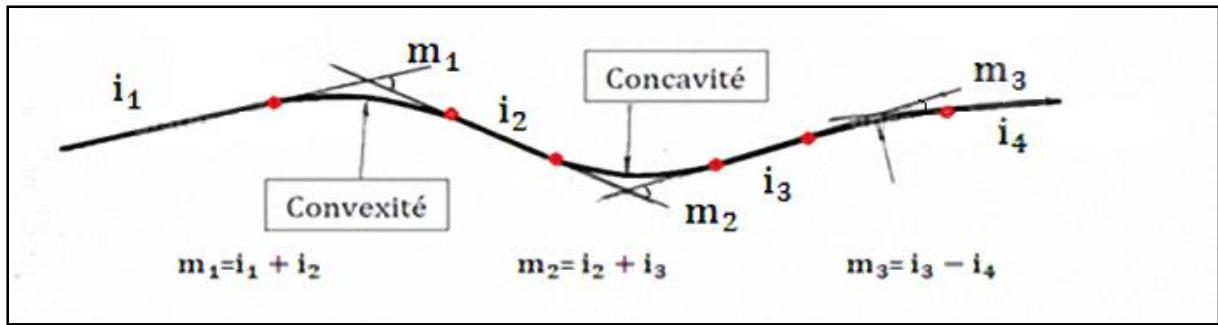


Figure 2.6: Eléments géométriques du profil en long. [5]

1. Déclivité minimale :

Dans les tronçons de route en palier, les eaux vont s'évacuer longitudinalement, à l'aide de déclivités suffisantes. Leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%. [13]

2. Déclivité maximale:

Du point de vue technique, la déclivité max. dépend de l'adhérence des pneus à la chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Les valeurs de déclivités max sont résumées sur le tableau suivant : [11]

Tableau 2.3 : Valeur de la déclivité maximale (B40)

V_B (Km/h)	40	60	80	100	120	140
I_{max} (%)	8	7	6	5	4	4

III.2.4 Raccordement verticaux :

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante. Et on distingue deux types de raccordements : [9]

III.1.3.6 Raccordement convexe (saillants) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humaine, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. [9]

Leur conception doit satisfaire :

- La condition de confort.
- La condition de visibilité.

✓ Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe, le véhicule est soumis à une accélération verticale importante, qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

En faisant état d'une limite empirique encore supportable de cette accélération centripète, on calcule le rayon vertical correspondant ; l'accélération verticale : [9]

$$v^2/R_V \text{ Limitée à } g/40 \text{ (cat 1 - 2) et à } g/30 \text{ (cat 3 - 4 - 5)}$$

$$v^2/R_V \leq g/40 \quad R_{Vmin} = 40 \times v^2/g \quad \text{Avec } v = V_B / 3,6 \text{ et } g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} R_{V\min} &= 0,3 V_B^2 \text{ (cat 1 - 2)} \\ R_{V\min} &= 0,23 V_B^2 \text{ (cat 3 - 4 - 5)} \end{aligned}$$

Pour notre projet le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de référence ($V_r = 80 \text{ Km/h}$) est :

AN :

$$R_{V\min} = 0,23 V_B^2 = 0,23 (80)^2$$

$$R_{V\min} = 1472 \text{ m}$$

✓ **Condition de visibilité :**

Connaissant la longueur de visibilité d , on calculera $R_V \min$. Les déclivités de part et d'autre du sommet sont données par le projet. [9]

$$R_v = \frac{d^2}{2(\sqrt{h_a} + \sqrt{h_g})^2}$$

Avec :

R_v : Rayon du cercle de raccordement ;

d : Distance de visibilité nécessaire ;

h_a : Hauteur de l'œil au-dessus de la chaussée = 1,10m ;

h_g : Hauteur de l'obstacle.

III.1.3.7 Raccordement concave (rentrants):

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 : [9]

$$R'_v = \frac{d_1^2}{(1,5 + 0,035d_1)}$$

Avec :

R'_v : Rayon minimum du cercle de raccordement ;

d_1 : Distance d'arrêt ;

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Pour une vitesse $V_r = 80 \text{ km/h}$, une catégorie C3 et environnement E2 on a le tableau suivant :

Tableau 2.4 : Valeurs des rayons verticaux pour un angle (saillant et rentrant)
Normes – B40 –

Catégorie		C3
Environnement		E2
Vitesses de base (Km/h)		80
Déclivité maximale I_{\max} (%)		6%
Rayon En angle Saillant \cap R_V (m)	Min-absolu R_{Vm}	4500
	Min-normal R_{Vn}	10 000
Rayon en angle rentrant \cup R'_V (m)	Min-absolu R'_{Vm}	2 100
	Min-normal R'_{Vn}	3 500
Dépassement R_{vd} (m)		16000

III.2.5 Exemple de calcul de profil en long :

a. Cas d'un rayon convexe :

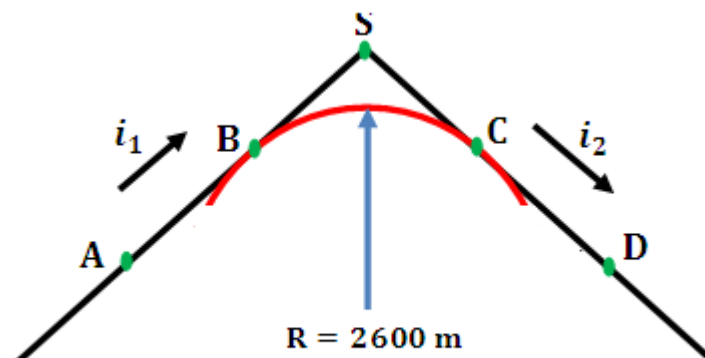


Figure 2.7 : courbe convexe.

Point	X(m)	Z(m)
A	-5695,8561	2129,3860
S	-5532,7113	2136,0143
D	-5361,6206	2125,9199

Avec :

$R = 2600 \text{ m}$

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

1. Calcul des pentes :

$$i_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta X_1} \times 100 = \frac{(2136,0143 - 2129,3860)}{(-5532,7113 + 5695,8561)}$$

$$i_1 = 0,041$$

$$i_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta X_2} \times 100 = \frac{(2125,9199 - 2136,0143)}{(-5361,6206 + 5532,7113)}$$

$$i_2 = -0,059$$

2. Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} \times |i_2 - i_1| = \frac{2600}{2} \times |-0,059 - 0,041|$$

$$T = 130$$

3. Calcul des flèches :

$$f = \frac{T^2}{2R} = \frac{130^2}{2 \times 2600}$$

$$f = 3,25$$

4. Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T = -5532,7113 - 130 = -5662,7113 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times |i_1| = 2136,0143 - 130 \times |0,041| = 2310,6843 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = -5532,7113 + 130 = -5402,7113 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |i_2| = 2136,0143 - 130 \times |-0,059| = 2143,6843 \text{ m} \end{cases}$$

b. Cas d'un rayon concave :

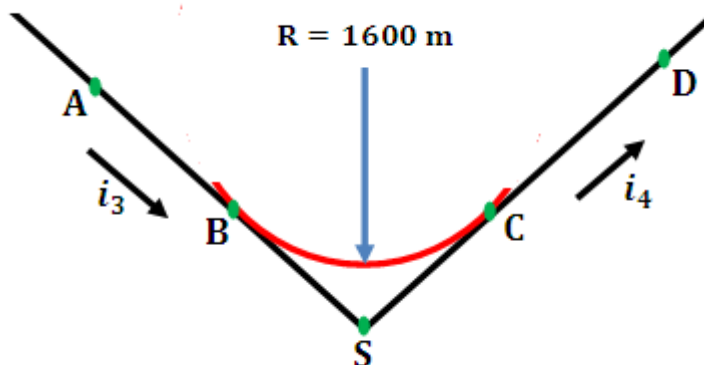


Figure 2.8 : courbe concave.

Point	X(m)	Z(m)
A	-4563,6834	2078,8417
S	-4479,3837	2073,8680
D	-4390,4910	2075,3158

Avec :

R = 1600 m

1. Calcul des pentes :

$$i_3 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta X_1} \times 100 = \frac{(2073,8680 - 2078,8417)}{(-4479,3837 + 4563,6834)}$$

$$i_3 = -0,059$$

$$i_4 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta X_2} \times 100 = \frac{(2075,3158 - 2073,8680)}{(-4390,4910 + 4479,3837)} \times 100$$

$$i_4 = 0,016$$

2. Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} \times |i_4 - i_3| = \frac{1600}{2} \times |0,016 + 0,059|$$

$$T = 60$$

3. Calcul des flèches :

$$f = \frac{T^2}{2R} = \frac{60^2}{2 \times 1600}$$

$$f = 1,125$$

4. Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T = -4479,3837 - 60 = -4539,3837 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times |i_3| = 2073,8680 - 60 \times |-0,059| = 2077,408 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} X_c = X_c + T = -4479,3837 + 60 = -4419,3837 \text{ m} \\ Z_c = Z_c - T \times |i_4| = 2073,8680 - 60 \times |0,016| = 2072,908 \text{ m} \end{cases}$$

III.2.6 Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échange) afin: [12]

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.).

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

- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.

- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

III.3 Profil en travers :

III.3.1 Définition :

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers. Pour éviter de rapporter sur chacun les données nécessaires à leur réalisation, on établit tout d'abord un profil unique appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...). [15]

Pour la bonne compréhension du profil en travers, quatre précisions doivent être apportées : [16]

- La chaussée, au sens géométrique du terme, est limitée par le bord interne du marquage de rive ;
- La largeur de voie comprend une part du marquage de délimitation des voies ;
- L'accotement comprend une bande dérasée, constituée d'une surlargeur de chaussée supportant le marquage de rive et d'une bande stabilisée ou revêtue et la berme ;
- La bande dérasée de gauche est une zone dégagée de tout obstacle, située à gauche des chaussées unidirectionnelles. Elle supporte le marquage de rive ; elle peut être d'une structure plus légère que la chaussée.

III.3.2 Les types du profil en travers :

III.3.2.1 Profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (**remblais, déblais et mixte**). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements. [15]

III.3.2.2 Profil en travers courant :

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

III.3.3 Les éléments de profil en travers :

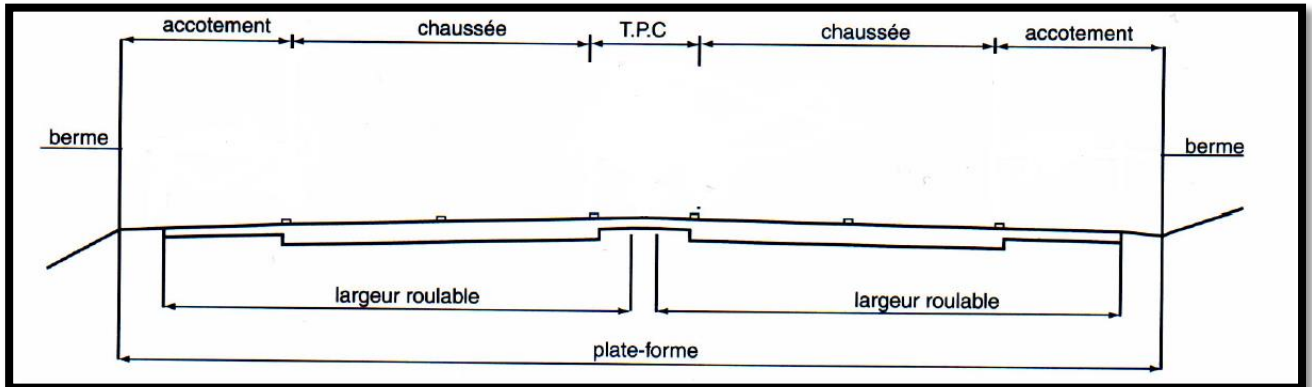


Figure 2.9: Les éléments de Profil en travers

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants: [15]

- **La largeur roulable:** Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.
- **La plate-forme:** C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais.
- **Assiette:** Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.
- **L'emprise:** C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances.
- **Les accotements:** Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.
- **Le fossé:** C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement et les eaux de pluie.
- **La berme :** Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements.

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

III.3.4 Application au projet :

Il existe trois types de profils en travers : le profil en remblai, en déblai et le profil mixte.

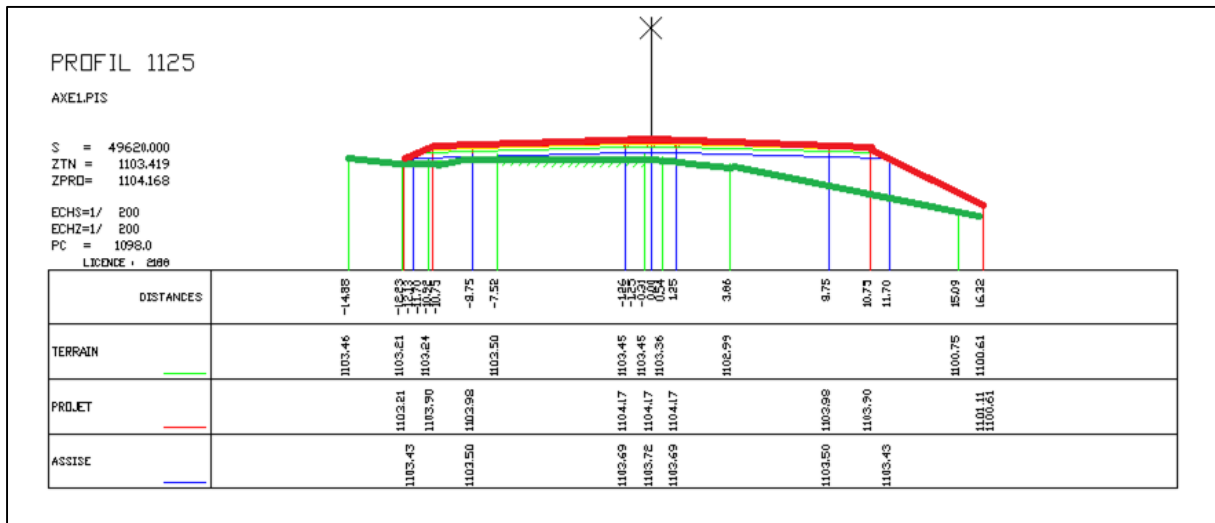


Figure 2.10 : Profil en travers en remblai.

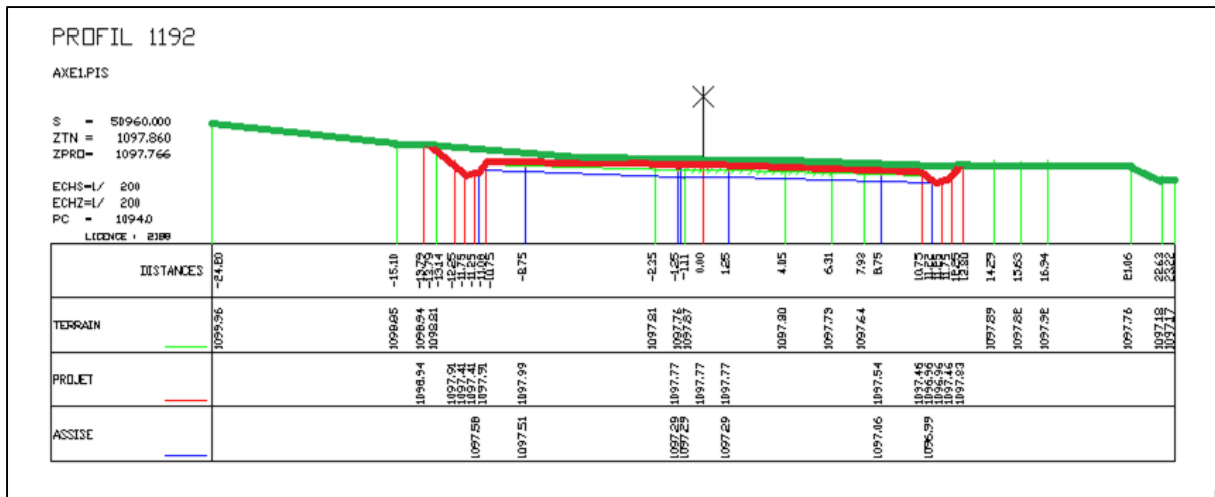


Figure 2.11 : Profil en travers en déblai.

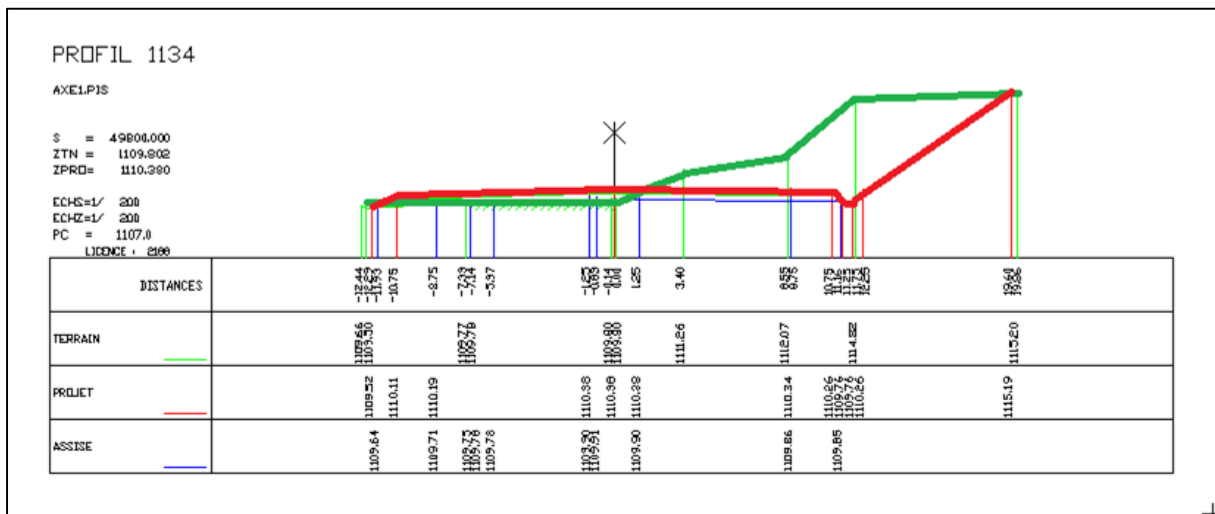


Figure 2.12 : Profil en travers mixte.

IV Conclusion :

En conclusion, l'élaboration d'un projet d'infrastructure routière est une activité qui est de plus en plus complexe et ardue à réaliser ce qui dit pour avoir une bonne route ça va exiger en premier lieu une bonne conception, cette dernière va permettre et aider le projeteur par la suite de prendre et dans des bonnes conditions toutes les discisions : les discisions liées à l'insertion à l'environnement, liées aux caractéristiques géométriques, liées au dimensionnement du corps de la chaussée, etc....

Tout ça et plus va lui permettre d'atteindre leurs objectifs et d'avoir une route qui répond aux toutes sorte d'exigences et de toutes nature.

L'évaluation des caractéristiques géométriques d'une route est le sujet qui concerne non seulement le respect des principes fondamentaux des différents disciplines (physique, mécanique, mathématiques, etc....) et aussi la nature et le comportement des usagers.

Une bonne géométrie d'une route est caractérisée par la bonne fixation des trois éléments (**profil en plan, profil en long, profil en travers**).

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent d'une part à assurer des conditions de confort relativement homogènes le long d'un axe routier, et adaptées à chaque catégorie de route, en fixant notamment des caractéristiques minimales. Elles visent d'autre part à garantir de bonnes conditions de sécurité, au moyen notamment de principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et de principes relatifs à la visibilité. [17]

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long est une tâche très importante est nécessaire, en particulier pour le respect des conditions de visibilité et de perception afin de n'avoir pas le problème de La perte du tracé.

D'après l'étude ce qu'on a fait concernant les trois éléments géométriques(le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers), voici le récapitulé :

- L'alignement droit minimum $L_{\min} = 111,11 \text{ m}$ et maximum $L_{\max} = 1333,33 \text{ m}$;
- Une déclivité max de 6% est trouvée ;
- On a trois types de profils en travers (Remblai, déblai, Mixte) ;
- Deux chaussées de deux voies de 3,50 m chacune : $(2 \times 3.50) \times 2 = 14 \text{ m}$;
- Un accotement de 2m à chaque côté droit de la chaussée : $(2 \times 2) = 4 \text{ m}$.
- T.P.C : 2,5 m

Enfin, l'ingénieur est responsable de son métier et il doit franchir toutes les problèmes et les obstacles de manière efficace pour qu'il puisse assurer un projet de qualité, durable et accepté par tous.



Chapitre

3

**DIMENSIONNEMENT
DE CORPS DE
CHAUSSEE**

I Introduction:

L'estimation d'un projet routier, ne se limite pas à un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois la chaussée réalisée, elle devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie. La qualité de la construction des chaussées joue à ce titre un rôle primordial. Celle ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser. Il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées. [18]

La démarche générale du dimensionnement d'une structure de chaussée ne soit pas forcément différente de celle du dimensionnement des autres structures du génie civil, puisqu'il s'agit de déterminer les contraintes ou déformations des matériaux et de les comparer à des contraintes admissibles. Pour simplifier, on peut distinguer deux approches très différentes, celle qui relève de l'empirisme et celle qui relève de la théorie. [18]

II La chaussée:

II.1 Définition:

- **Au sens géométrique :** la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. [18]
- **Au sens structurel :** l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges. [18]

III Constitution d'une chaussée :

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en œuvre sur un ensemble appelé plate-forme de chaussée, constituée du sol terrassé, le plus souvent surmonté d'une couche de forme. [18]

III.1 Les couches d'assise :

L'assise de chaussée est généralement constituée de deux couches, la couche de fondation surmontée de la couche de base. [18]

Ces couches en matériaux élaborés, le plus souvent liés (bitume, liants hydrauliques) pour les forts trafics, apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic. Elles répartissent les pressions sur le support, afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles. [18]

III.2 La couche de surface :

La couche de surface est constituée de la couche de roulement, qui est la couche supérieure de la chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat, et le cas échéant d'une couche de liaison, entre les couches d'assise et la couche de roulement. [18]

Dans le cas particulier des chaussées en béton de ciment (chaussées rigides) la dalle, qui repose sur une couche de fondation, joue simultanément le rôle de couche de surface et celui de la couche de base. [18]

L'ensemble **chaussée/couche de forme/sol**, peut être représenté sur le schéma suivant :

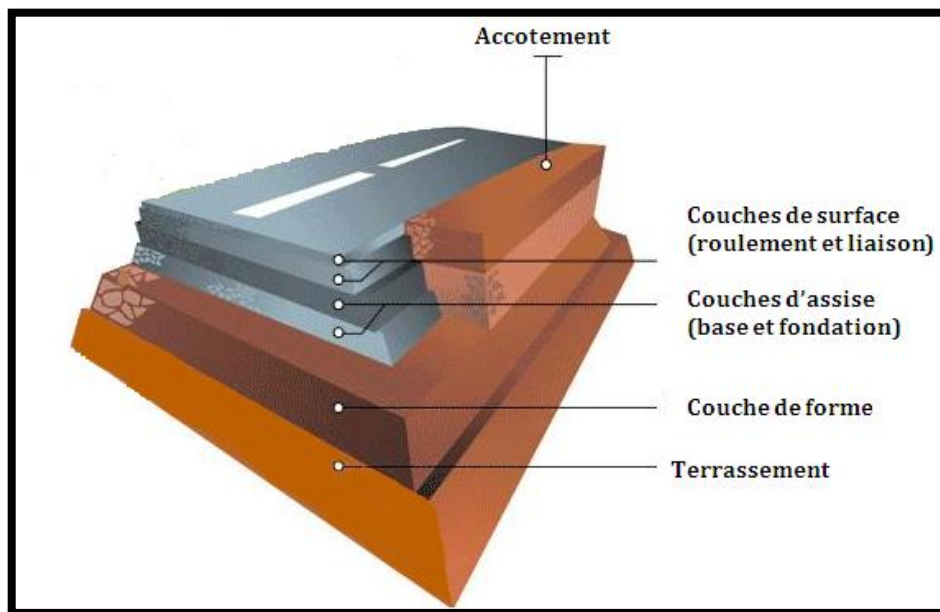


Figure 3.1 : Les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée.

Remarque :

La couche de forme : cette couche, qui ne fait pas partie intégrante de la chaussée, a plusieurs fonctions : [18]

- pendant les travaux elle protège le sol supporte, contribue au nivellement et permet la circulation des engins de chantiers ;
- elle permet de prendre plus homogènes les caractéristiques du sol terrassé et de protéger ce dernier du gel.

IV Différents types de chaussée :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants :

- Les chaussées souples ;
- Les chaussées semi-rigides ;
- Les chaussées rigides.

IV.1 Les chaussées souples :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées de matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction. Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformables que les couches inférieures. Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'épaisseurs déterminées, ayant chacune un rôle bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 02 couches suivantes (Fig.3.2): [19]

IV.1.1 Couche de surface :

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en générale composée d'une :

a. *Couche de roulement* : qui a pour rôle :

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

b. *Couche de liaison* : qui a pour rôle essentiel d'assurer une bonne transition de contraintes, avec les couches inférieures les plus rigides.

IV.1.2 Couche d'assise :

a. *Couche de base* : la couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet du trafic, elle reprend les efforts verticaux et répartisse les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25cm.

b. *Couche de fondation* : en complément des matériaux non traités, elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic, assure une bonne portance du sol support et reprend une partie des charges supérieures.

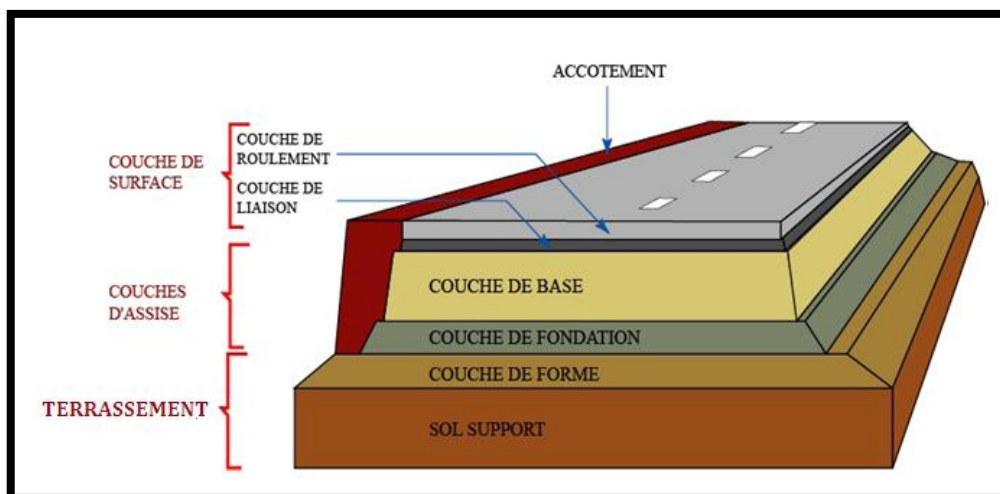


Figure 3.2 : Structure type d'une chaussée souple. [19]

IV.2 Les chaussées semi-rigides:

On distingue : [19]

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée aux liants hydrauliques ou liants hydrocarbonés. La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé bitumineux. (Fig.3.3)

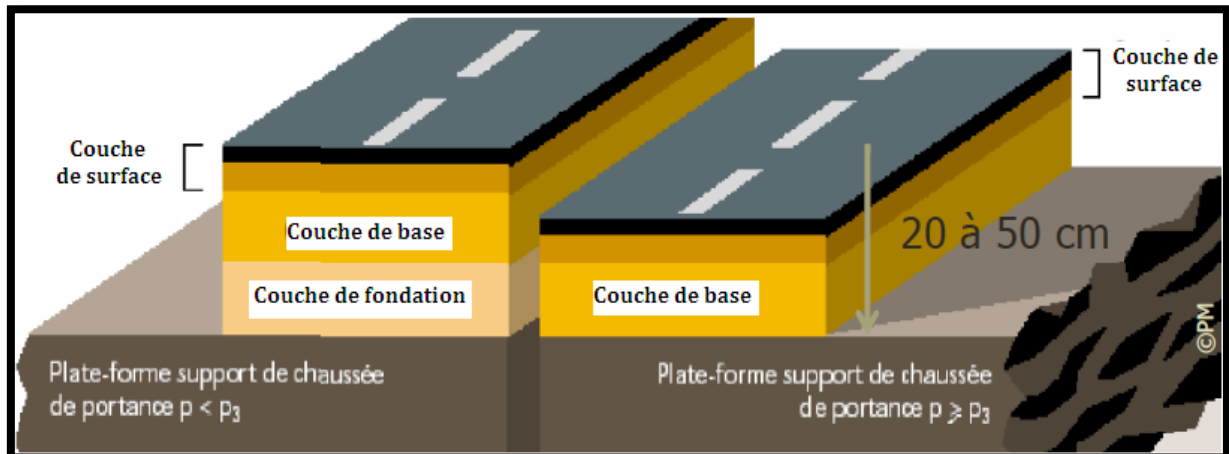


Figure 3.3 : Structure type d'une chaussée semi-rigide. [20]

IV.3 Les chaussées rigides:

Chaussée réalisée essentiellement avec un matériau rigide, généralement du béton de ciment ; la couche de béton assure en principe le rôle de couche de base et de surface mais peut être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux mince. Les avantages de ce type de chaussée sont la bonne répartition des charges sur le support et la bonne tenue à la fatigue. (Fig.3.4) [20]

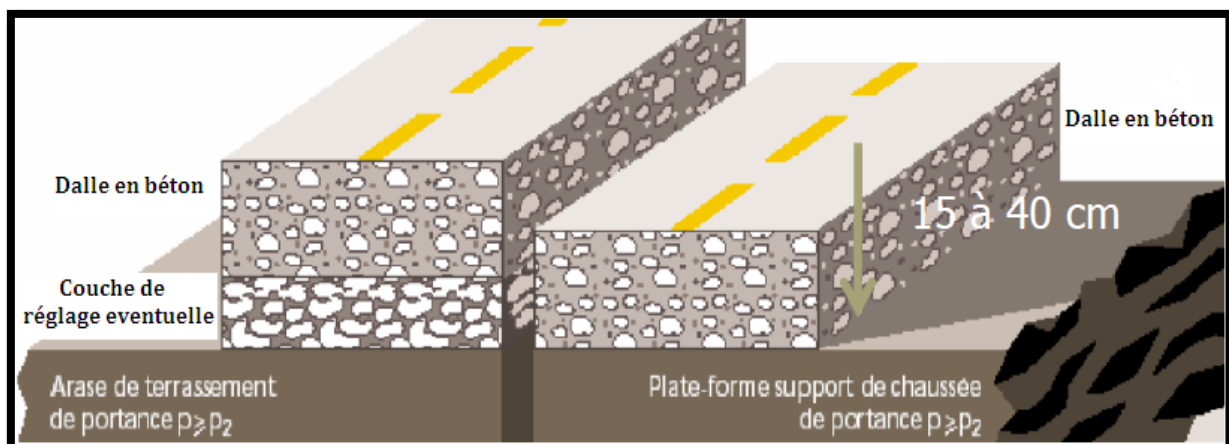


Figure 3.4 : Structure type d'une chaussée rigide. [20]

V Les facteurs pour les études de dimensionnement:

Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par les paramètres suivants: La nature et la qualité des matériaux, le sol support, le trafic et le climat. Le climat joue sur le plan logique un rôle analogue aux autres paramètres, mais intervient en réalité de façon assez différente par des exigences sur la conception des structures des chaussées. [18]

V.1 Trafic:

Le trafic constitue un élément essentiel du dimensionnement des chaussées. Le poids des véhicules est transmis à la chaussée, sous forme de pressions, par l'intermédiaire des pneumatiques. (Fig.3.5) [20]

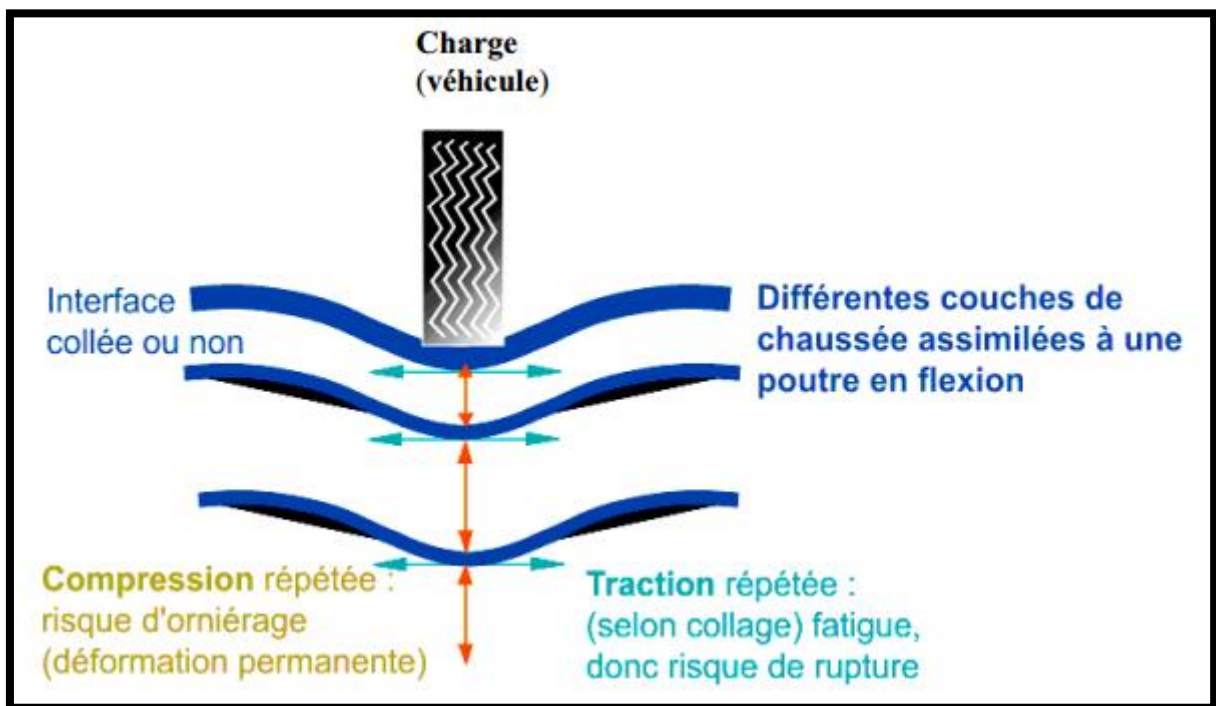


Figure 3.5 : Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante. [21]

V.2 Climat :

Les effets de la température sont relativement complexes car la variation de la température s'effectue à vitesse très variable, du fait des différences entre cycles journaliers d'une part et cycles saisonniers d'autre part. Selon le vieillissement du matériau, la température a deux effets mécaniques principaux: [21]

- **Changement du module des matériaux.**
- **Création de champs de contraintes et déformations au sein du matériau en raison des dilatations ou contractions thermiques lors des changements de température:**
 - ❖ Lors d'un refroidissement, par exemple, la chaussée a tendance à se contracter. Or, les mouvements de contraction sont empêchés dans le sens longitudinal de la chaussée. Cela revient donc à exercer une traction sur cette chaussée dans le sens

longitudinal, d'où l'amorçage éventuel de fissures transversales. Ces dernières sont ensuite susceptibles de se propager à travers la structure lors de cycles thermiques (journaliers ou saisonniers), (Fig.6)

- ❖ Lorsqu'une couche de base traitée aux liants hydrauliques existe dans la chaussée, elle est sujette au retrait thermique et de prise. Le retrait, empêché par le frottement à l'interface, peut provoquer une fissure dans la couche en matériaux bitumineux. (Fig.6)

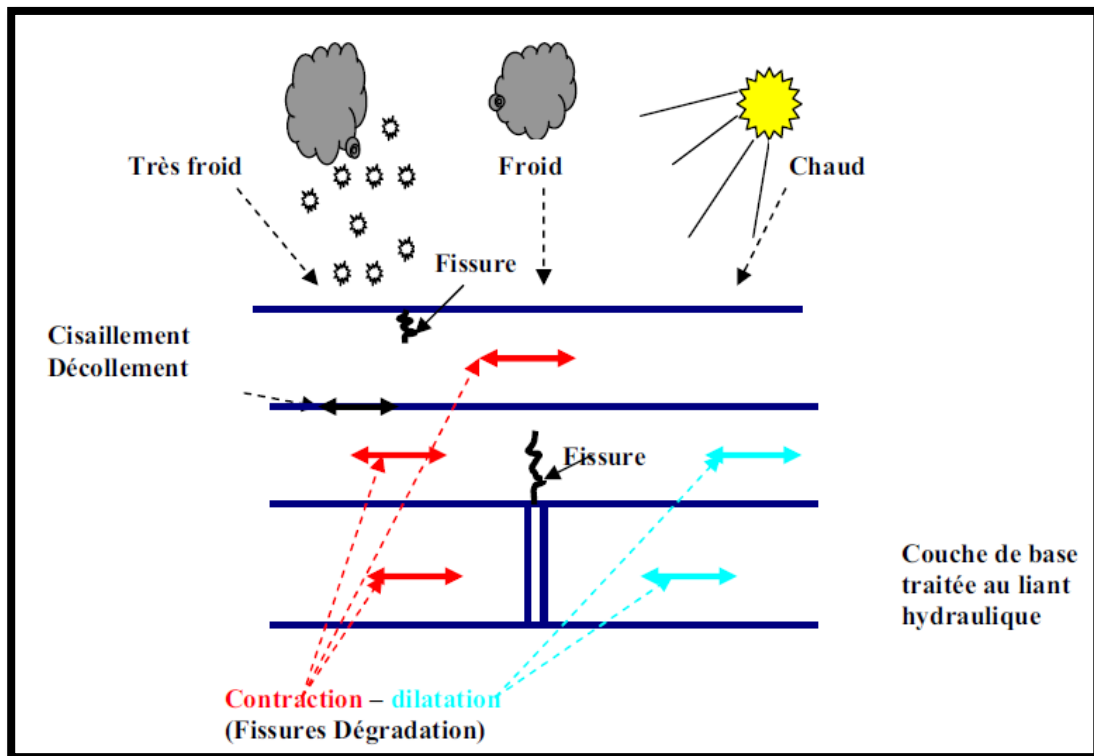


Figure 3.6 : Fonctionnement d'une chaussée sous les sollicitations thermiques. [21]

V.3 Le sol support :

Le sol support est défini comme le sol préparé et compacté sur lequel la structure de la chaussée sera posée. Le sol support doit être relativement uniforme, sans changement brusque, dans le but d'assurer une plateforme de résistance suffisante et homogène pour soutenir les équipements de construction et ultérieurement la structure de la chaussée. [22]

Les sols supports sont typiquement caractérisés par leur rigidité ou leur résistance à la déformation. En général, plus un sol est résistant à la déformation, plus le nombre de répétitions de charges, causant l'atteinte de la déformation critique de rupture, sera élevé. [22]

V.4 Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL. [4]

VI Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles de méthodes : [12]

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

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont : [12]

- Méthode du catalogue des structures.
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).
- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées (C.T.T.P).

Pour le dimensionnement du corps de chaussée de notre projet on va utiliser deux méthodes qui sont : la méthode dite **CBR** et la méthode de **C.T.T.P**

a) *La méthode de 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.

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 : [12]

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

Avec :

e : Épaisseur équivalente ;

I_{CBR} : Indice CBR (sol support) ;

N: Désigne le nombre journalier de camion de plus de 1500 kg à vide ;

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

Log: Logarithme décimal.

CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEES

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

$c_1 \times e_1$: Couche de roulement

$c_2 \times e_2$: 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 : Epaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence :

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

Tableau 3.1: Les valeurs des coefficients d'équivalence. [12]

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

b) *Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :*

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

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. [12]

CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEES

La démarche à suivre pour la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est schématisé sur la figure suivante :

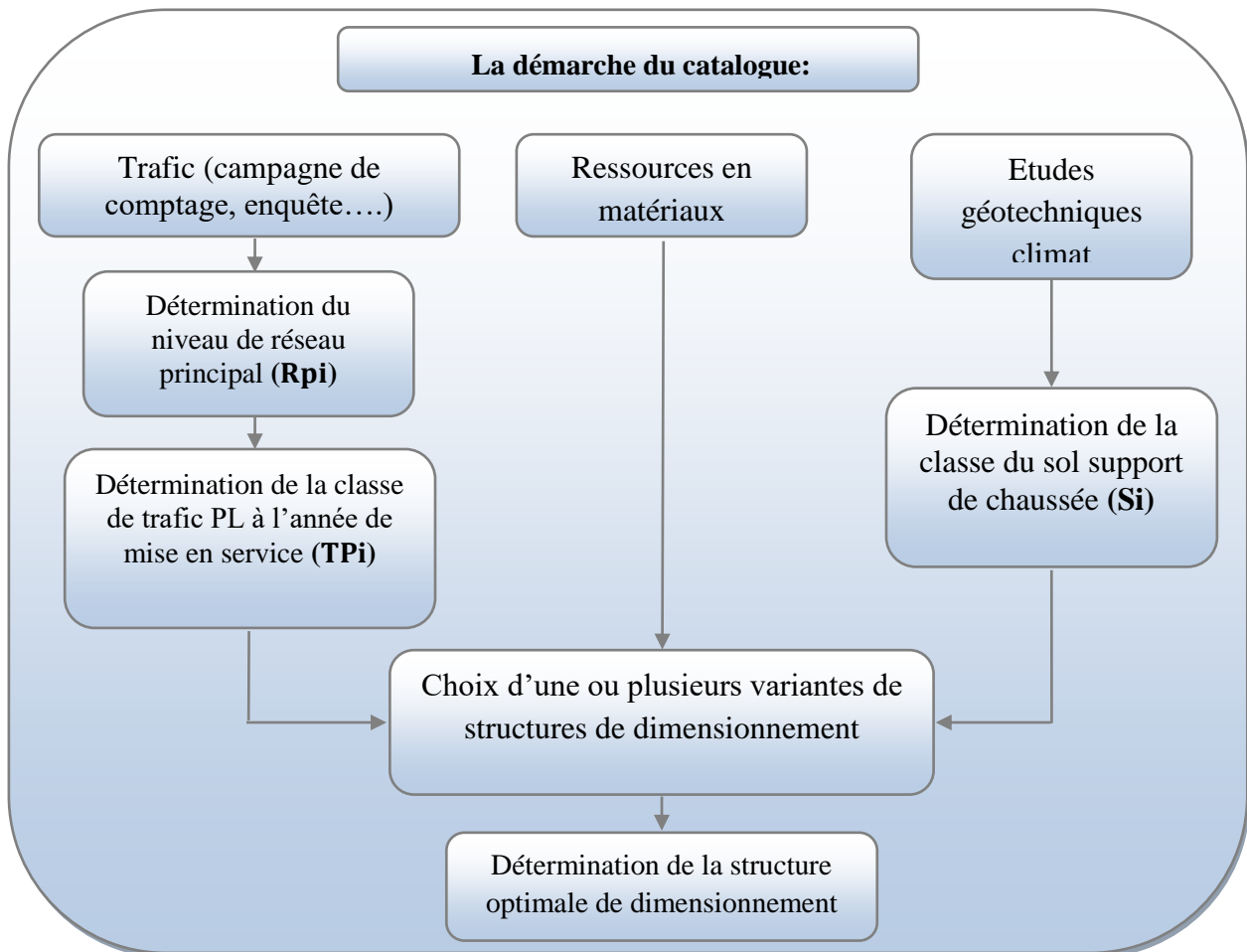


Figure 3.7: la démarche du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves. [12]

VII Application au project:

VII.1 Méthode de l'indice CBR :

a) Données de l'étude :

- Année de comptage: **2011**.
- TMJA2011 = **6129 v/j/sens**.
- Mise en service: **2015**.
- Durée de vie : **20 ans**.
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : **Z = 10 %**

CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEES

b) Répartition de trafic :

- TMJA2011 = 6129 V/j/sens
- TMJA2035 = 15711 V/j/sens
- TPL2035 = $0,10 \times 15711 \approx 1572$ PL /j/sens

$$N = TPL2035 = 1572 \text{ PL /j/sens}$$

Entre le **PK 50+300** jusqu'à **MARSA BEN M'HIDI** : **C.B.R= 18**

Donc :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50 \log \frac{1572}{10})}{18 + 5}$$

$$e = 24,83 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

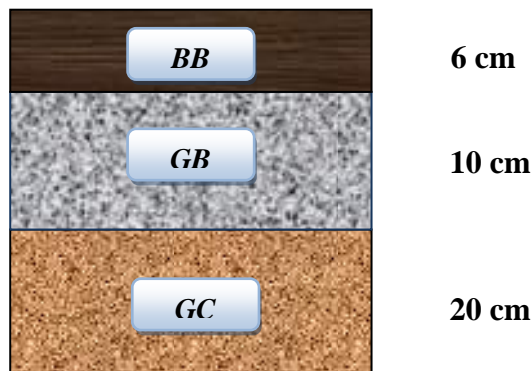
Epaisseur équivalente :

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

Tableau 3.2 : résultat de dimensionnement par la méthode CBR.

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur équivalente (cm)
BB	06	2	12
GB	10	1.2	12
GC	20	1	20
Total	36		44

Notre structure comporte : **6BB + 10GB + 20 GC**



CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEES

VII.2 La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

D'après le fascicule 2 de CTTTP, on obtient les résultats suivants :

- TJMA > 1500v/j réseaux principal "**RP1**"
- Le projet est à Tlemcen (Zone climatique **II** : Pluviométrie **350- 600 mm/an**).
- Durée de vie **20 ans**.
- Classe du trafic :

$$TMJA_{2011} = 11258 (V/j).$$

$$\tau = 4 \%$$

$$Z = 10 \%$$

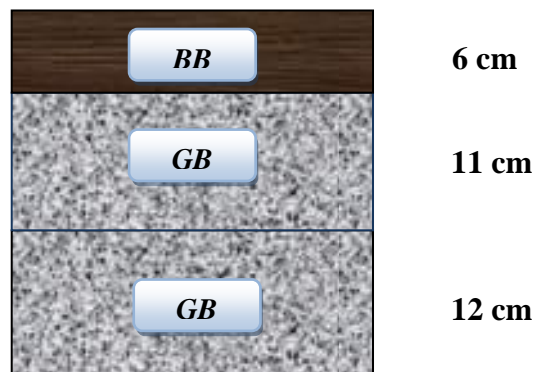
$$TPL_{2011} = 0,10 \times \frac{11258}{2} = 613 \text{ PL /j/sens}$$

$$TPL_{2011} = 613 \text{ PL /j/sens} \quad \Longrightarrow \quad \mathbf{TPL5}$$

- Classes de portance à long terme du sol support :

$$CBR = 18 \quad \Longrightarrow \quad \mathbf{S2}$$

D'après le fascicule 3 de CTTTP, on choisit : **6BB+11GB+12 GB**



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

Tableau 3.2 : le résultat de deux méthodes.

Méthode	C.B.R	Catalogue des structures
Pénétrante	6BB+10GB+20GC	6BB+11GB+12GB

VIII Conclusion:

Le rôle principal de la chaussée est la protection du sol support des agressions du trafic et du climat, tout en y résistant elle-même.

L'épaisseur de la structure et celle de ses différentes couches sont calculées en fonction des paramètres qui caractérisent une route : les charges qu'elle doit supporter (le trafic), les sols sur lequel elle est construite, les performances mécaniques des matériaux de chaussée et les conditions climatiques, ainsi que du coût des matériaux rendus sur chantier.

Le choix de la structure de la chaussée doit d'abord résulter de la prise en considération des contraintes techniques, mais il doit aussi prendre en compte les contraintes économiques imposées au projet ou attachées au choix même de la structure.

On remarque bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique, donc on choisit les résultats de la méthode CBR

Partie managériale



Chapitre

4

**MANAGEMENT
D'UN PROJET
ROUTIER**

I Introduction:

Un projet est un "processus unique qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entrepris dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques telles que les contraintes de délais, de coûts et de ressources et de performances attendues". [1]

Logiquement, il est impossible de séparer un projet de leur l'environnement (interne et externe) pour atteindre son succès.

Un projet face à son environnement qui est variable, instable, caractérisé par la complexité et l'incertitude, vu de l'activité du secteur construction, et vu de sa concurrence, des problèmes de natures différentes peuvent être générés et bien sûr ses influences sur le bon déroulement du projet est certes. Donc *comment mener à bien le projet ? Comment aboutir à un bon résultat tout en respectant les exigences de couts, de délai, de performance, etc.... ?*

Vu cette problématique, le projet à besoin d'une technique afin d'utiliser les ressources humaines et matérielles dans les meilleurs conditions, c'est le processus du management des projets.

Donc d'après les notions précédentes on peut définir le projet routier comme 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.

L'objectif de mangement d'un projet routier est d'assurer le bon déroulement de celui-ci et sa réussite finale. C'est la fonction dans laquelle sont prises les décisions tant sur les aspects techniques, que sur l'allocation des ressources et des moyens.

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.

II Le réseau routier en Algérie:

L'étendue géographique de l'Algérie et l'importance des échanges de personnes et de marchandises confèrent au secteur des transports un rôle déterminant dans le développement socio-économique .Le réseau routier assure à lui seul près de 90% du volume des échanges. dont important est enregistré sur le réseau économique de base (autoroutes, routes nationales et chemins de wilaya). [2]

Malgré la saturation observée de certains axes stratégiques surtout au niveau de la frange Nord du pays et les défis de demain, le mode de transport routier reste prééminent. [2]

La contribution de l'administration centrale réside dans la définition des actions à engager dans le cadre des programmes annuels et pluriannuels en matière de routes nationales et d'autoroutes prévues par le schéma directeur 2005-2025. [2]

II.1 Consistance du réseau routier :

Le réseau routier national comptait à l'année 2016 un linéaire de **112 696 Km** de routes réparties selon le tableau 4.1.

Tableau 4.1: réseaux routier en Algérie [3]

Routes Nationales (R.N)	29 280 km
Chemins de Wilayas (C.W)	23 771 km
Chemins Communaux (C.C)	59 645 km
Ouvrages d'Art (O.A)	4 910 O.A

Ce réseau reflète dans sa configuration à la fois les principaux pôles de développement très concentrés sur la frange Nord, mais aussi la spécificité de la géographie du pays. Il suit assez correctement les villes et l'implantation des populations.

Les principaux axes structurants sont : [2]

- L'Autoroute Est-Ouest de 1216 km ;
- La Rocade Autoroutière des Hauts plateaux de 1020 km ;
- Les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} Rocades Autoroutières d'Alger ;
- Les liaisons Express ports-Autoroutières Est-Ouest ;
- Les pénétrantes Nord-Sud.

II.2 Le schéma directeur routier et autoroutier:

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 : [3]

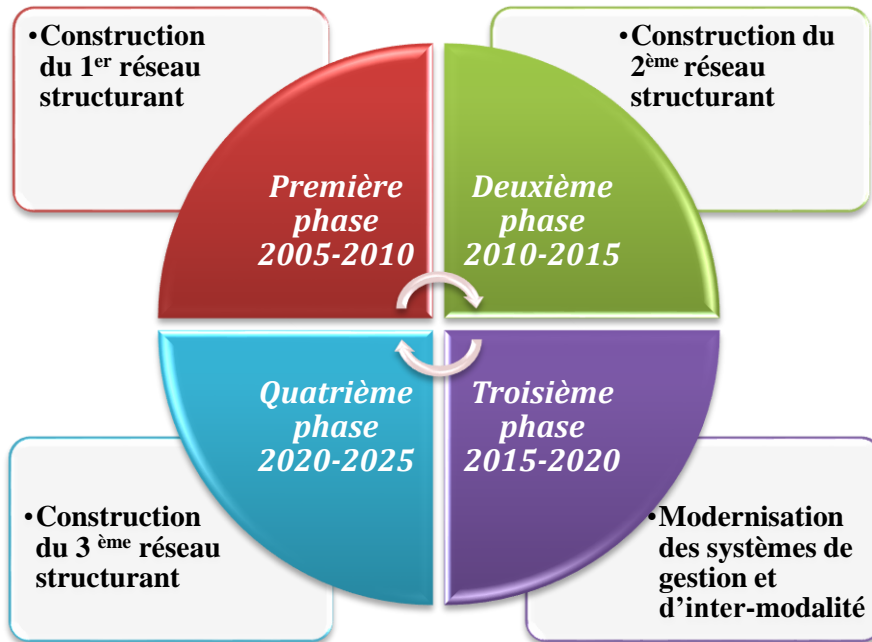


Figure 4.1: Le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025.

1. Première phase 2005-2010 Construction du 1^{er} réseau structurant : [3]

- Engagement du 1^{er} réseau structurant:
 - ✓ Autoroute Est-Ouest,
 - ✓ 2^{ème} rocade autoroutière d'Alger,
 - ✓ Route transsaharienne.
- Engagement de la mise à niveau aux normes internationales des infrastructures de base (conception, études et réalisations) ;
- Parachèvement, construction et développement des infrastructures ;
- Engagement des actions principales d'inter-modalité (Route/Rail /Aéroport/Port).

2. Deuxième phase 2010-2015 Construction du 2^{ème} réseau structurant : [3]

- Engagement du 2^{ème} réseau structurant :
 - ✓ Autoroute des hauts plateaux ;
 - ✓ liaisons autoroutières reliant aux principaux centres urbains des 34 wilayas, ainsi que les aéroports et ports ;
 - ✓ Pénétrantes Nord-Sud ;
 - ✓ Transformation d'une partie de la transsaharienne en autoroute.
- Mise à niveau du réseau existant ;

- Poursuite du programme de développement du 1er réseau structurant et consolidation et préservation du patrimoine ;
- Engagement des systèmes d'exploitation et de péage ;
- Maitrise du système d'inter-modalité.

3. *Troisième phase 2015-2020 Modernisation des systèmes de gestion et d'inter-modalité* : [3]

- de Préservation des 1^{er} et 2^{ème} réseaux structurants.
- Modernisation des systèmes gestion et d'exploitation.
- Développement des systèmes d'inter- modalité.

4. *Quatrième phase 2020-2025 Construction du 3^{ème} réseau structurant* : [3]

- Engagement du 3^{ème} réseau structurant ;
- Parachèvement du maillage prévu par le schéma directeur à l'horizon 2025 ;
- Préparation des conditions au lancement du futur programme projeté à l'horizon 2050.

III Cycle de vie d'un projet routier:

Un projet routier est un ensemble d'activités à réaliser en vue d'une intervention sur une ou plusieurs infrastructures de transport. 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. [4]

Un projet se caractérise par son cycle de vie qui est généralement constitué de 4 étapes essentielles. A travers le bon déroulement de ces étapes on peut qualifier le projet comme étant un projet réussi. (Fig. 1.2).

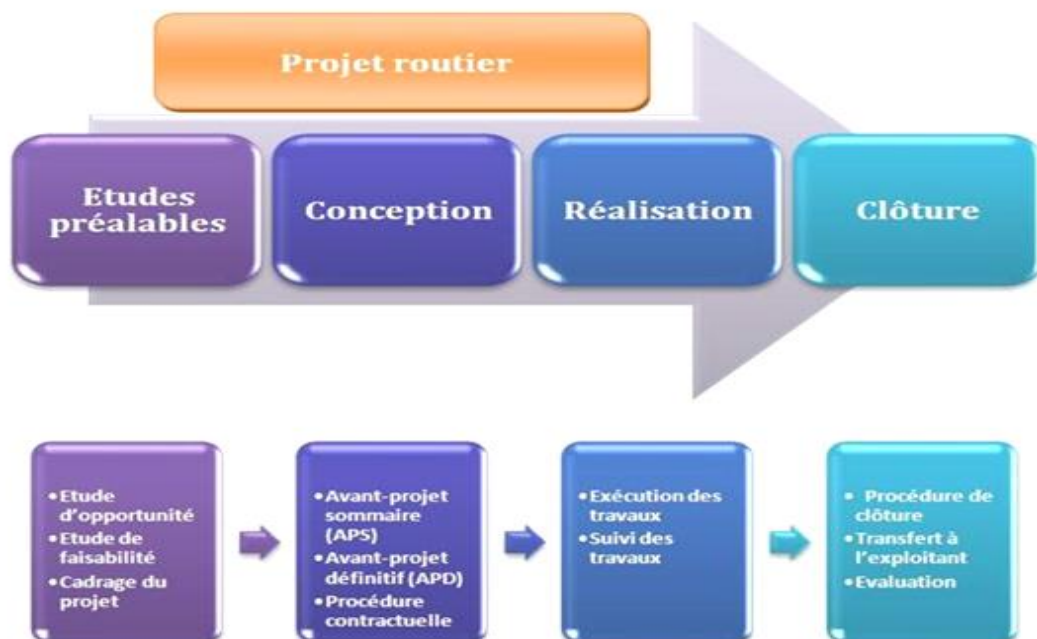


Figure 4.2: Cycle de vie d'un projet routier.

III.1 Phase (1) : Etudes préalables

Cette phase vise à déterminer les besoins qui justifient l'existence du projet et la faisabilité de l'opération. Il y a lieu tout d'abord de définir la zone d'étude pertinente pour le projet routier et un recensement des contraintes sur le périmètre. Ceci permet d'identifier des couloirs privilégiés en fonction des objectifs du projet attendu au regard de l'ensemble des contraintes. L'étude préalable peut comporter trois étapes et se concluent par le lancement de l'enquête publique. [4]

III.2 Phase (2) : Conception

Cette deuxième phase est constituée de trois étapes :

- Avant-projet sommaire (APS) ;
- Avant-projet définitif (APD) ;
- Procédure contractuelles.

À partir des solutions énoncées à la phase « Études préalables », plusieurs scénarios et variantes sont élaborés et analysés, pour finalement réaliser un projet qui répondra le mieux aux besoins tout en respectant les exigences du délai et du coût. Cette phase vise à concevoir la réponse la mieux appropriée aux besoins d'origine. [4]

III.3 Phase (3) : Réalisation

Cette phase a pour principale mission de mettre en œuvre les plans et devis et donc de réaliser la solution retenue. Elle admet deux étapes « Exécution des travaux » et « Suivi des travaux ». [4]

L'étape « Exécution des travaux » consiste à mettre en œuvre le projet routier et donc de le réaliser ; c'est l'étape de la mise en œuvre du projet 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. [4]

L'étape « Suivi des travaux » consiste à s'assurer de la conformité du projet et de la bonne intégration des modifications en apportant des moyens de surveillance efficaces et réguliers. Elle impose l'établissement des procédures d'exécution qui décrivent la méthodologie, les moyens et les plans de contrôle. 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. [4]

III.4 Phase (4): Clôture

La phase de clôture du cycle de vie du projet routier vise à achever les activités de management du projet. Elle comprend la réalisation de toutes les activités d'administration du contrat, l'évaluation finale des équipes de projet (y compris des consultants et des entrepreneurs), la préparation des leçons apprises et la finalisation du document de clôture du

projet. C'est la dernière phase du projet et elle permet d'évaluer l'adéquation de solution retenue avec les besoins d'origine. [4]

IV Les acteurs du projet routier:

Les acteurs d'un projet routier sont les différents intervenants qui participent à l'élaboration et à la réalisation d'un projet d'infrastructure routière. Tout projet, dans quelque domaine qu'il intervienne, nécessite des études successives dont les portées et les objectifs sont différents et adaptés aux problématiques propres à chaque niveau de définition. [5]

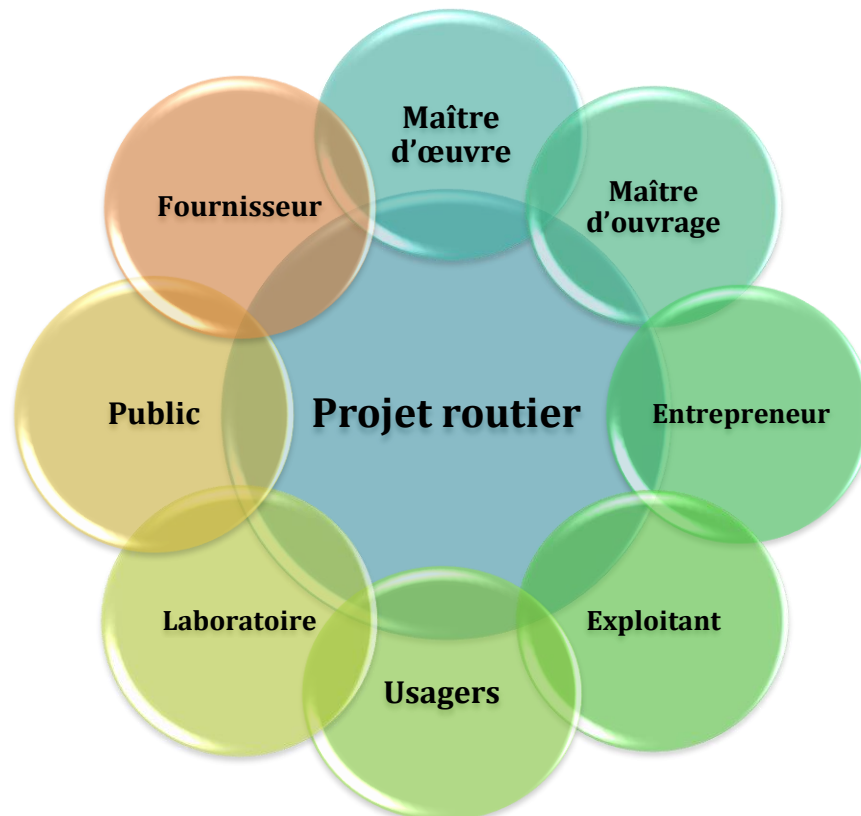


Figure 4.3: Les acteurs du projet routier.

Le maître d'ouvrage :

Est une personne physique ou morale, pour laquelle la route est construite, il peut être public (Etat ...) ou privé (entreprises industrielles et commerciales ...). Son rôle est : [6]

- Définit le projet à réaliser au travers d'un programme précis (site, besoins, contraintes, exigences de délais, coûts, qualité) ;
- Désigne le ou les maîtres d'œuvre ;
- Est responsable du montage financier et du respect du coût d'objectif ;
- Définit les objectifs du projet, approuve les grandes phases et contrôle la réalisation de celui-ci ;
- Formule les commandes initiales, passe les marchés d'études et des travaux ;
- Effectue les paiements ;
- Réceptionne l'ouvrage (devient propriétaire) et le met en service ;
- Valide l'évaluation du projet réalisé.

Le maître d'oeuvre:

Choisi par le maître d'ouvrage, il est chargé, pour le compte de celui-ci de concevoir le projet, de contrôler les moyens utilisés par l'entreprise et les matériaux mis en œuvre et assurer la direction des travaux. Son rôle est : [6]

- A la charge et la responsabilité de la conception et de la réalisation de la route ;
- S'assure du respect de la réglementation, des stipulations contractuelles et des « règles de l'art » ;
- S'engage sur les objectifs et les différentes commandes ;
- Propose les marches ;
- Surveille la réalisation « qualité » ;
- Assure le contrôle technique de l'exécution et les garanties de « parfait achèvement »
- Prépare l'évaluation du projet ;

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. [7]

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.). [7]

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. [7]

Laboratoire :

Ils interviennent en conseil, assistance technique ou contrôle pour le maître d'œuvre ou les entreprises. [8]

Usagers :

Ce sont les bénéficiaires du projet, lorsqu'il s'agit d'un ouvrage public. [5]

Public :

C'est l'ensemble des personnes qui constituent l'environnement humain du projet. [5]

V La WBS d'un projet routier:

La structure de découpage du projet (work breakdown structure WBS) est une décomposition hiérarchique (orientée vers les livrables) du travail à exécuter par l'équipe du projet, pour réaliser les objectifs du projet et les livrables exigés. Le WBS organise et définit tout le contenu du projet. Il subdivise le travail du projet en parties plus petites et plus faciles à maîtriser de sorte qu'en descendant d'un niveau dans le WBS, la définition du travail du projet devient plus détaillée. [9]

Le WBS est une décomposition arborescente du projet. Il doit consister en un découpage cohérent, c'est-à-dire un découpage orienté projet.

Afin de réaliser un WBS il est nécessaire de suivre les étapes suivantes : [9]

- Identification des livrables.
- Décomposition des niveaux supérieurs de la structure en composants détaillés à des niveaux inférieurs.
- Elaboration et attribution de codes d'identification aux composants de la structure.
- Vérification que le degré de décomposition est nécessaire et suffisant.

Le WBS permet de : [9]

- Définir le travail.
- Déterminer le temps nécessaire à l'accomplissement d'un lot de travaux.
- Dresser un budget ordonnance pour exécuter un lot de travaux.
- Designer un responsable des unités de travail.
- Etablir les points de surveillance pour évaluer l'avancement des travaux.

Le WBS est un outil considéré comme particulièrement important dans la planification d'un projet et le développement qui s'y tend vers l'orientation de ce dernier afin de minimiser les éventuels changements imprévus. [9]

Le WBS est essentiel, il est mis en place pour organiser les étapes du projet, construire des échéanciers réalistes, des estimations de coût, repérer et contrôler le bon déroulement du projet. Le WBS est ainsi développé et utilisé dans tous les projets qui engendrent un programme de gestion au cas par cas. L'élaboration du WBS doit être établie avec suffisamment de flexibilité afin de faciliter d'éventuels changements au cours de la réalisation du projet. (voir annexe A) [9]

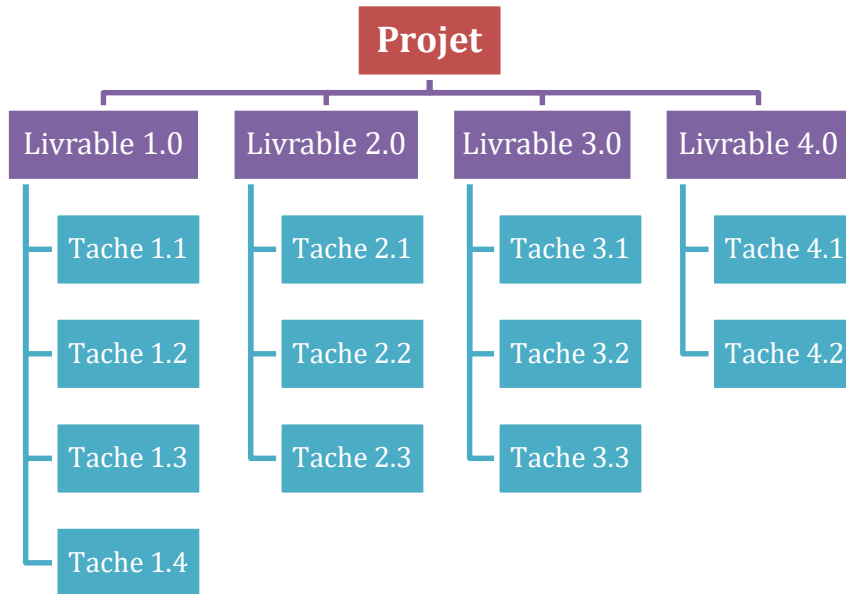


Figure 4.4: Exemple d'un WBS

VI Conclusion:

Enfin, ce chapitre a été l'opportunité et l'occasion d'acquérir plusieurs notions liées au management des projets qui apparaissent nécessaire au domaine routier en particulier et pour la vie d'ingénierie en général. On a défini qu'est ce qu'un cycle de vie d'un projet, on a défini aussi tous ses acteurs et les rôles et responsabilités, on a défini la structure « WBS » qui a pour but d'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.



Chapitre

5

**MANAGEMENT DES
RISQUES D'UN
PROJET ROUTIER**

I Introduction:

Le management de projets couvre toutes les connaissances, les compétences et les méthodes, appliquées aux activités d'un projet, en vue d'atteindre les attentes des parties prenantes du projet, et par conséquent trouver un équilibre entre les contraintes concurrentes, telles que : coûts, délais, qualité, besoins et attentes différentes entre les parties prenantes et exigences identifiées (besoins) ou non identifiés (attentes). [10]

Cette fonction est gouvernée par deux processus fondamentaux : la planification qui fait l'objet d'organisation et d'identification des étapes du projet et le suivi qui permet d'effectuer un comparatif entre le prévu et le réel. Si l'écart est considérable des actions doivent être entreprises pour recaler le projet sur sa référence et anticiper sa remise en cause. [10]

Avant tout lancement d'un projet, une évaluation surtout en termes de coûts et de délais est utile, tout en maintenant l'objective qualité. Ces dernières années, les pays en voie de développement ont connu un large développement des méthodes d'analyse de projets lorsqu'il est apparu à l'évidence que le fonctionnement du marché suivant les lois commerciales de la rentabilité ne pouvait conduire à lui seul au développement harmonieux et rapide de ces pays.

Cette évaluation a pour but, de porter un jugement sur un projet, et d'aider à la prise de décision, qui peut aller jusqu'à la remise en cause du projet. [10]

Il est évident que la réalisation de tout projet comporte un risque quel que soit sa planification il est important d'intégrer le facteur risque à tous projet et définir la façon de l'anticiper et de gérer. [10]

Le risque projet étant la possibilité qu'un projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coût et de spécifications. Ces écarts par rapport aux prévisions sont considérées comme difficilement acceptables voire inacceptables dans la mesure où elle remettrait en cause la réalisation du projet ; alors une question est impérative

« *Que faire pour manager un projet sans risque d'échec ?* ». [10]

Par voie de conséquence, une autre fonction s'impose « le management des risques » qu'est une fonction qui doit s'assimiler totalement dans le processus global de management des projets et qui doit s'appuyer, en général, sur un processus continu et itératif en visant successivement : [10]

- à identifier et analyser les risques encourus ;
- à les évaluer et les hiérarchiser ;
- à envisager les moyens de les maîtriser ;
- à les suivre et les contrôler ;
- à capitaliser le savoir-faire et l'expérience acquis dans ce domaine.

Le management des risques est aujourd'hui un des sujets à la mode pour aborder le management de projet en général, et pour fournir une explication, malheureusement a posteriori, aux problèmes rencontrés par les projets. [10]

L'objectif de ce chapitre est de décrire les risques qui peuvent affecter un projet routier, on va les définir et donner sa typologie, ainsi que le processus pour leur management.

II Généralité sur le risque :

II.1 Définition de risque :

Le risque est l'exposition à un danger potentiel ainsi que la mesure de ce danger. Il est défini de deux manières dans les textes de normes **ISO/CEI 73** et **ISO/CEI 51** :

- soit comme la « combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (**ISO/CEI 73**). Le risque est donc la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux,
- soit comme la « combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (**ISO/CEI 51**). Le risque est alors l'espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier.

Le risque est donc le produit de l'aléa par la vulnérabilité. Le risque n'est donc que probable. S'il se réalise, il y a alors accident ou catastrophe. De plus, on ne parle de risque que si les dommages sont probables, c'est-à-dire s'il y a présence d'enjeux vulnérables.

Dans les études de danger réalisées pour les établissements à caractères dangereux, le risque est exprimé par « *Probabilité x Gravité* » alors que pour l'établissement des Plan de Préventions des Risques, technologiques ou naturels, le risque est exprimé par « *Aléa x Vulnérabilité* » (**Pablo, 2007**).

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. »

Aléa : la probabilité d'occurrence d'un événement ou d'une combinaison d'événements conduisant à une situation dangereuse. [11]

Vulnérabilité : La vulnérabilité est la susceptibilité d'un système d'enjeux à subir des dommages sous l'action d'un danger. [11]

II.2 Les éléments constitutifs du risque :

Le risque se caractérise par cinq éléments : [12]

- Présence d'un danger (**Aléa**) ;
- Evénement contact ;
- Cible menacé (**Vulnérabilité**);
- Evénement amorce ;
- Accident ;

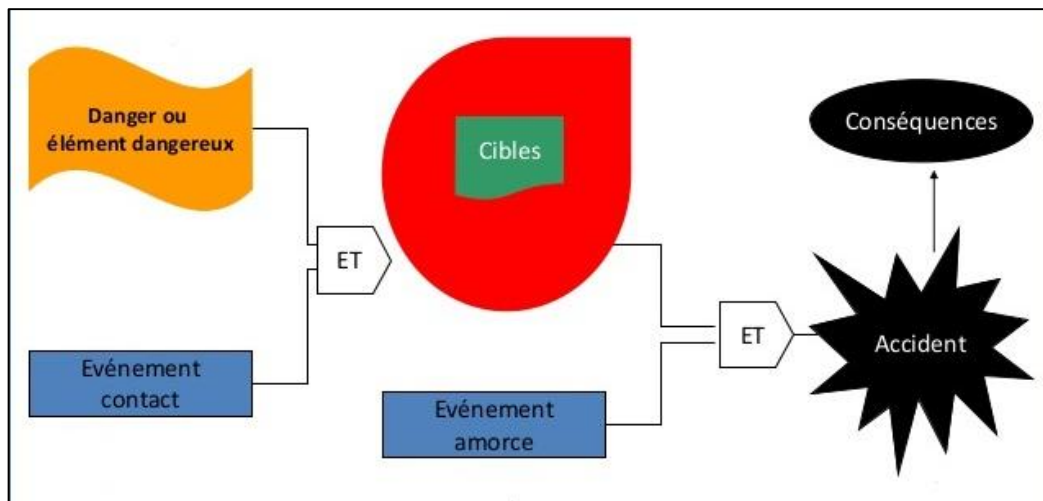


Figure 5.1: Les éléments constitutifs du risque. [12]

II.3 Classification du risque :

La norme NF EN 50126, répartit les risques en 3 classes distinctes : « **risque maîtrisé** » regroupant le risque négligeable et le risque acceptable, « **risque maîtrisable** » regroupant le risque indésirable non résiduel et enfin « **risque non maîtrisable** » regroupant le risque résiduel et le risque inacceptable. Toutefois nous définissons le risque indésirable comme une sous catégorie du risque tolérable et nous procédons de la même façon en ce qui concerne le risque inacceptable par rapport au risque résiduel (voir Figure 5.1). [13]

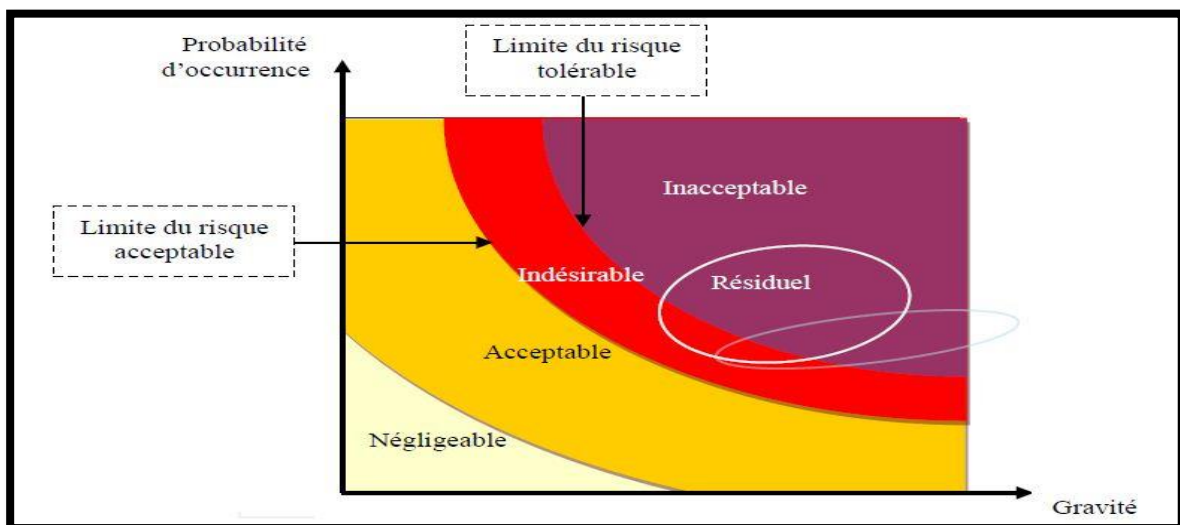


Figure 5.2: Classification des risques. [13]

- **Risque négligeable** : un risque négligeable n'est pas pris en compte dans l'évaluation globale du risque lié à un système.
- **Risque acceptable** : un risque perçu comme insignifiant peut facilement être accepté. En d'autres termes, un accident potentiel caractérisé par une faible probabilité d'occurrence, peut facilement être accepté. En effet, nous continuons à prendre le train malgré les accidents possibles parce que la probabilité d'un déraillement ou d'une collision catastrophique est extrêmement faible.
- **Risque tolérable** : un risque Tolérable est un risque non négligeable qui, dans un certain contexte, peut être accepté avec vigilance.
- **Risque indésirable** : un risque indésirable est un risque qui peut être toléré moyennant des mesures appropriées de contrôle et de suivi.
- **Risque résiduel** : un risque résiduel est un risque subsistant après que les différentes mesures possibles aient été prises.
- **Risque inacceptable** : un risque inacceptable est un risque résiduel non tolérable.

II.4 Le trièdre de la gestion du risque :

Auparavant, lorsque les objectifs du projet étaient surtout centrés sur les performances du produit, les aspects coûts et délais étaient peu contraints. Dans ce contexte, le « triangle » de la gestion de projet consistait essentiellement à assurer une coordination, et les activités de gestion consistaient à mettre en œuvre un pilotage du projet. [13]

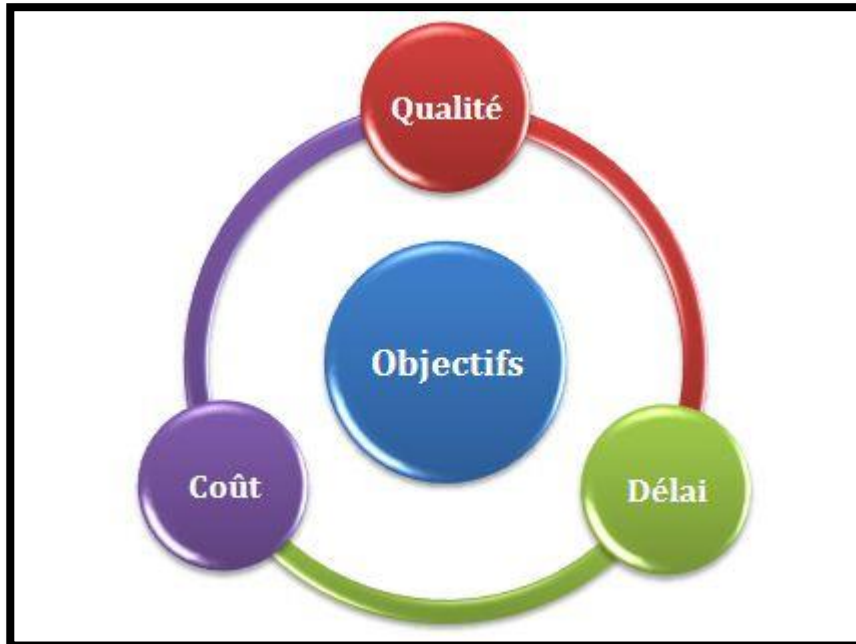


Figure 5.3: Le trièdre de management du risque.

II.5 La typologie des risques :

La typologie des risques permet de classer le risque pour mieux guider l'analyse. Un risque peut être catalogué dans cinq grandes classes: [14]

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.

III Classification des risques dans un projet routier :

III.1 Les risques géotechniques :

Dans un projet 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 définie par la norme AFNOR NF P 94 500 : 2006.

III.2 Les risques naturels :

Est une menace découlant de phénomènes géologiques ou atmosphériques aléatoires, qui provoquent des dommages importants sur l'homme, les biens, l'environnement. Il ya plusieurs risque naturel sur les routes comme : [16]

- Glissements de terrain ;
- Chute de pierres ;
- Inondations ;
- Tremblements de terre.

III.3 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. Par exemples : [16]

- Risques de sécurité informatique ;
- Surcharge de poids, dépassement de hauteur ;
- Transport de produits dangereux ;
- Accidents de travail.

IV Management des risques dans projet routier (ISO 31000) :

Les organismes de tous types et de toutes tailles sont confrontés à divers risques susceptibles d'affecter l'atteinte de leurs objectifs. Ces objectifs peuvent concerner un ensemble d'activités de l'organisme, depuis ses initiatives stratégiques jusqu'à ses activités opérationnelles. [10]

Toute activité d'un organisme implique des risques. Le management du risque apporte une aide à la prise de décision par la prise en compte de l'incertitude et de son effet sur l'atteinte des objectifs et à l'évaluation de la nécessité de chaque action. [10]

Le management des risques est reconnu aujourd'hui comme l'une des clés de la réussite ou de l'échec des projets. Par voie de conséquence, le management des risques d'un projet est une démarche, au sein du management de projet, qui va successivement tenter d'identifier les risques, de les analyser, d'évaluer leur importance et organiser la maîtrise de ces risques par : [10]

- La mise en place de moyens appropriés (techniques et organisationnels) ;
- Le suivi des mesures décidées et archivage de l'expérience pour une réutilisation ultérieure.

IV.1 Les principes, le cadre et le processus de management du risque :

La norme ISO 31000 a pour but d'identifier et de gérer les risques. Il s'agit d'un instrument de gestion et d'organisation. Elle cherche à harmoniser les différentes normes déjà existantes ou à venir et les définitions du management du risque. Elle permet aux organismes de toute taille et de tout secteur d'intégrer dans leur management global les incertitudes inhérentes à leur activité qu'elles soient positives ou négatives. [17]

La norme ISO 31000 donne des principes génériques, un cadre et des lignes directrices permettant aux organismes de gérer les risques de tout ordre. Elle n'a pas été établie à des fins de certification mais de lignes directrices. Elle se déroule autour de **03 grandes parties** (Fig5.4) : [17]

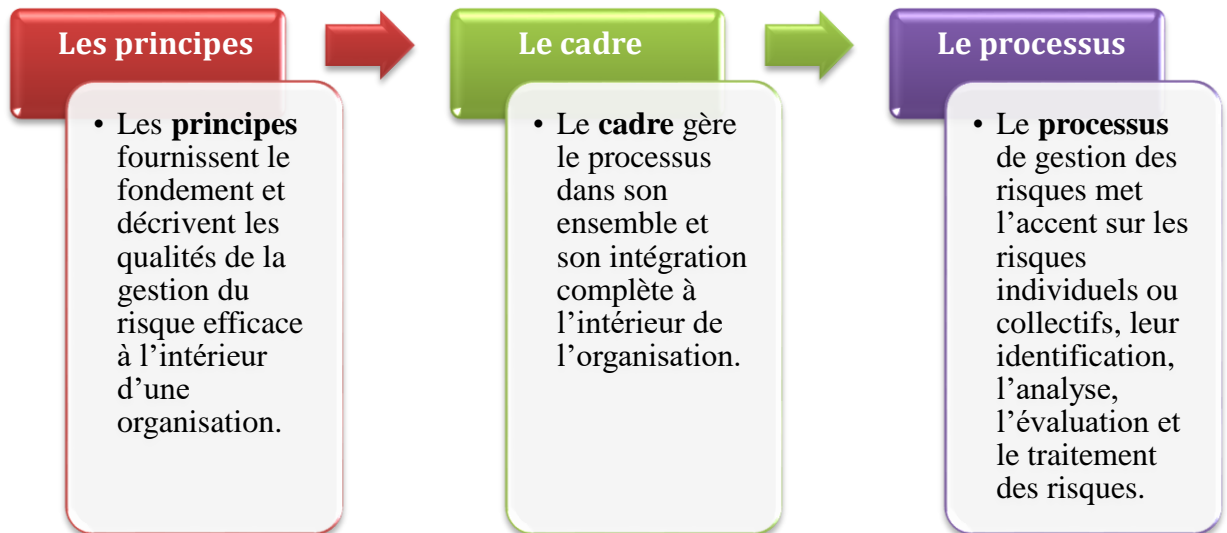


Figure 5.4: Le trièdre de la gestion du risque.

V.1.1 Les principes :

Les principes régissant le processus de gestion du risque établissent les valeurs et la philosophie sous-tendant le processus. Les principes appuient une vision complète et coordonnée du risque qui s'applique à l'ensemble de l'organisation. Les principes de gestion du risque lient le cadre et la pratique de gestion du risque aux objectifs stratégiques de l'entité. Les principes aident également à harmoniser la gestion du risque et les activités de l'organisation.

Les principes énoncés dans la norme ISO 31000 sont:

- Crée de la valeur et la préserve ;
- Fait partie intégrante des processus organisationnels ;
- Élément de la prise de décision ;
- Traite explicitement de l'incertitude ;
- Systématique, structuré et en temps utile ;
- S'appuie sur la meilleure information disponible ;
- Adapté ;
- Tient compte des facteurs humains et culturels ;
- Transparent et participatif ;
- Dynamique, itératif et réactif au changement ;
- Facilite l'amélioration continue et le développement permanents de l'organisme ;

V.1.2 Le cadre organisationnel :

Il s'agit ici de donner les bases permettant à l'organisme d'intégrer le management des risques à son système global de management et à l'ensemble de ses pratiques et processus. Ce cadre organisationnel aide l'organisme à consigner les informations concernant les risques liés à ses activités, ce qui lui facilite par la suite la prise de décision (Fig5.5). [17]

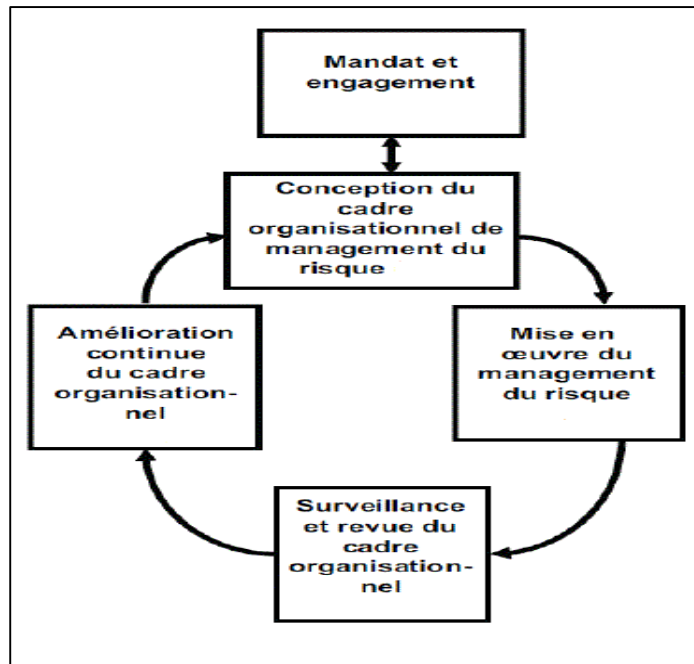


Figure 5.5: Cadre de management du risque. [19]

V.1.3 Le processus de management du risque :

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.

ISO Guide 73 :2009

La figure ci-dessous déploie le processus de management du risque tel qu'il est proposé dans la norme ISO 31000.

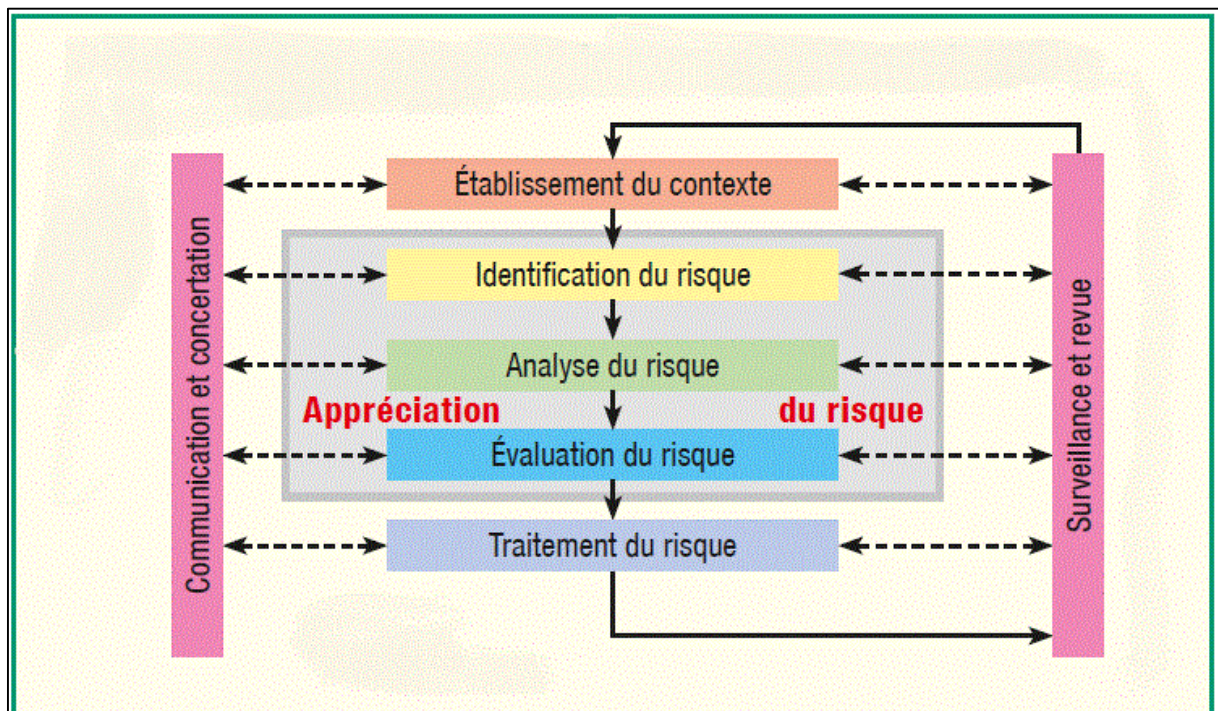


Figure 5.6: Processus de management du risque d'ISO 31000. [19]

IV.1.3.1 Etablissement du contexte :

L'étape consistant à établir le contexte du processus de gestion du risque variera selon la structure et les besoins de l'organisation. Il s'agira notamment de fixer les buts et objectifs de la gestion des risques et de définir les responsabilités, la portée, l'étendue et la profondeur du processus. Il s'agit d'une étape forte importante du processus puisqu'elle permettra de veiller à ce que l'approche adoptée en matière de gestion du risque convienne compte tenu de l'organisation et de ses risques et objectifs. Elle comporte aussi une analyse détaillée des intervenants, de l'environnement et des principaux facteurs et tendances internes et externes qui influent sur les objectifs de l'organisation. [18]

IV.1.3.2 L'appréciation des risques :

Elle s'articule autour de trois étapes : **identification, analyse, évaluation.**

1. Identification du risque :

Le recensement du risque s'entend de comprendre les sources du risque, les domaines d'impact, les événements et les causes et conséquences éventuelles de ceux-ci. Cette étape vise à dresser une liste exhaustive des risques, y compris ceux qui pourraient être associés aux possibilités non exploitées, et les risques qui échappent au contrôle direct de l'organisation. Un examen approfondi permet de prendre en compte tous les effets éventuels du risque pour l'organisation. [18]

2. Analyse du risque :

L'analyse du risque vise à comprendre tout ce qui est possible d'apprendre au sujet des risques, y compris les causes et sources, les conséquences et la probabilité de survenance. Les mécanismes de contrôle existants et leur efficacité et efficience sont également pris en compte. [18]

3. Evaluation du risque :

L'évaluation du risque a pour objet d'examiner l'analyse, les critères et la tolérance des risques afin de les classer par ordre de priorité et de choisir les méthodes de traitement qui conviennent. Les contextes juridique et réglementaire dans lesquels l'organisation évolue et son contexte interne et externe sont également pris en compte dans le cadre de cette étape. Le processus d'évaluation aide les organisations à prendre des décisions judicieuses à savoir s'il faut traiter les risques et comment le faire. [18]

IV.1.3.3 Traitement du risque :

Le traitement du risque consiste à choisir une ou plusieurs options pour modifier les risques et à la ou les mettre en œuvre. Il s'agit d'un processus cyclique permettant d'évaluer une méthode de traitement des risques, de déterminer si le niveau du risque résiduel est tolérable (et, le cas échéant, les traitements supplémentaires qu'il convient d'appliquer) et de mesurer l'efficacité des traitements. [18]

IV.1.3.4 Communication et concertation:

Tout au long du processus, il faut communiquer et consulter avec et auprès des intervenants tant internes qu'externes. Il est impossible de bien gérer les risques si on ne consulte pas les intervenants et qu'on ne les mobilise pas à l'égard du processus. [18]

IV.1.3.5 La surveillance et revue :

L'étape de la surveillance et de revue est une étape essentielle du processus car elle permet de garantir que les mécanismes de contrôle sont efficaces, que des leçons sont tirées, que les risques seront pris en compte comme il se doit et que l'organisation sera résiliente et prête pour le changement. [18]

La figure suivante illustre les relations entre les principes de management du risque, le cadre dans lequel il se présente et les processus de management du risque décrit dans la norme ISO 31000.

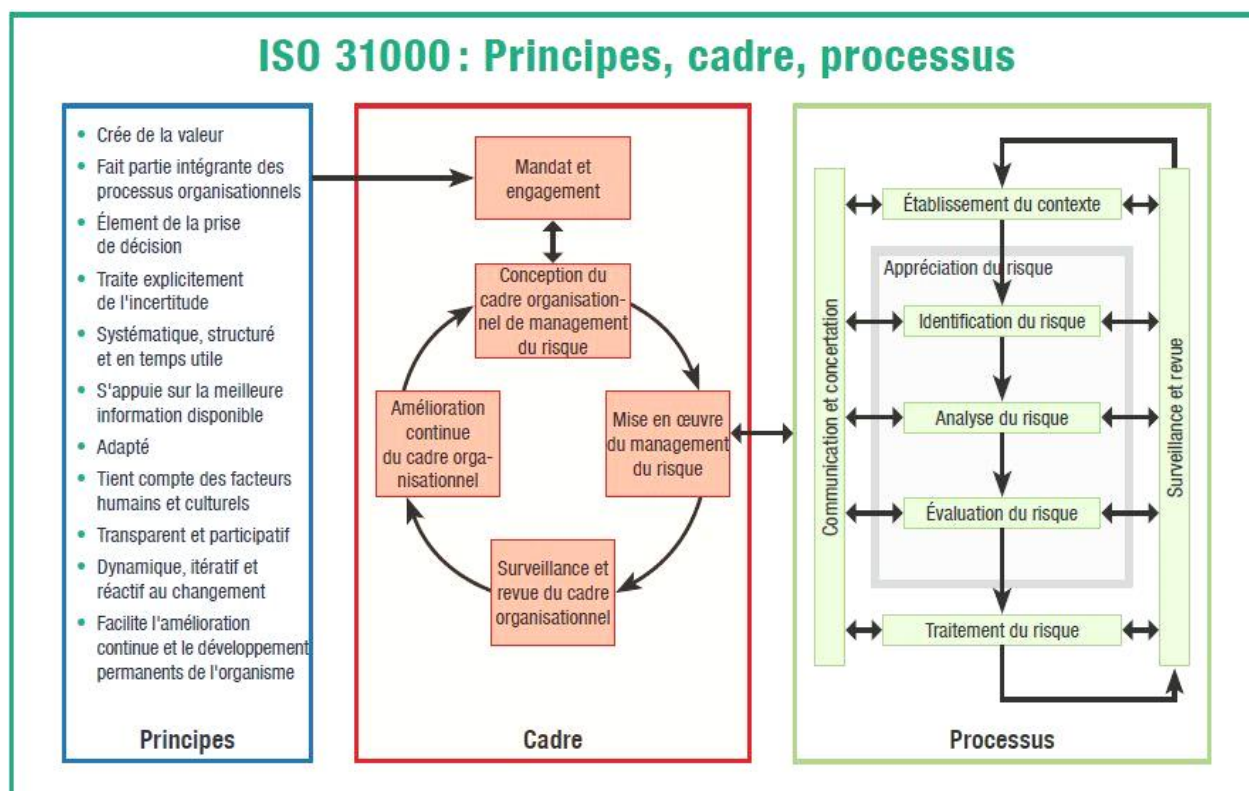


Figure 5.7: Relations entre les principes, le cadre organisationnel et le processus de management du risque d'ISO 31000. [19]

V Objectifs du management des risques d'un projet routier :

- Assurer la sécurité du personnel du chantier, du voisinage, des futurs utilisateurs ;
- Garantir la qualité de l'ouvrage, le respect du coût de construction et du délai de livraison ;
- Prévenir plutôt que subir ;
- Gérer en partenariat le projet et ses risques associés ;
- Optimiser le coût final du projet par 4 actions : l'anticipation, l'alerte, la réactivité, le contrôle ;

- Passer d'un comportement individuel de gestion des réclamations à un comportement de partenaires pour la maîtrise des risques et donc du coût du projet ; [18]

VI Etude de notre cas :

VI.1 Présentation du projet :

Dans cette partie nous allons traiter un cas pratique d'un projet d'infrastructure routière dont l'échantillon est un évitement commençant du **PK50+300** jusqu'à **MARSA BEN M'HIDI** sur **5 km** qui fait partie du projet global de dédoublement de la RN7-A.

VI.2 Cycle de vie de notre projet :

Le cycle de vie de notre projet est représenté selon la (figure 5.8) qui se caractérise par ses 4 phases : Etude préalable, Conception, réalisation, et clôture. Chacune de ces phases est composée en plusieurs étapes :

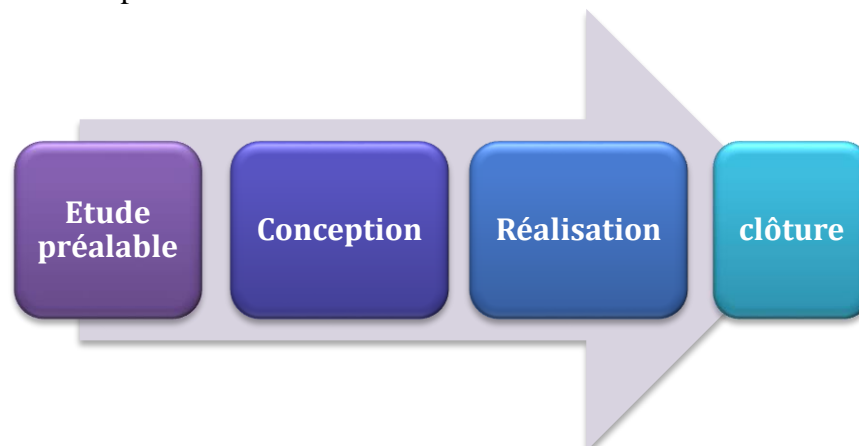


Figure 5.8 : Cycle de vie de notre projet.

VI.3 Les principaux acteurs du projet :

La (Fig5.9) et le (Tab 5.1) représente les différents acteurs de notre projet avec l'interaction entre eux, chaque acteur assume dans le projet, une responsabilité propre : planifier, concevoir, contrôler, construire...etc. :

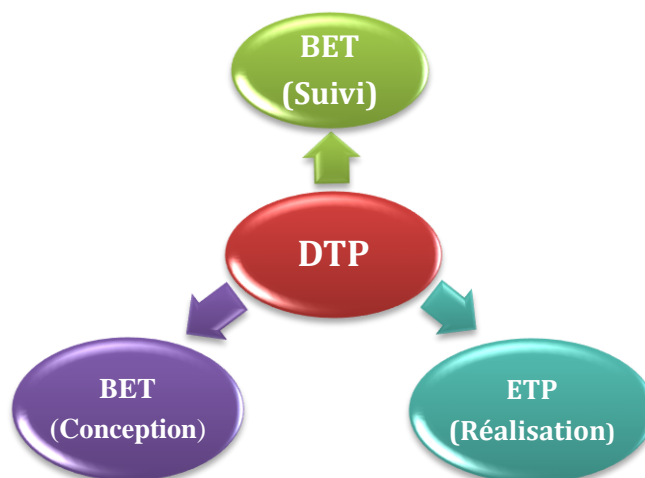


Figure 5.9: Les acteurs de notre projet.

Tableau 5.1 : les principaux intervenants de notre projet et leurs.

		Acteurs	Responsabilité
Projet d'évitement	la route	SAETI –ALGER–	La conception, l'étude et le suivi
		Groupement: ETPTRO/ORAN– ETP(DENNOUNI)	La Réalisation
	Le viaduc	EPE SEROR –TLEMCEN–	La conception et l'étude et la Réalisation

VI.4 Type de contrat du projet :

Le type de contrat qui est élaboré dans notre projet est un contrat traditionnel, il est représenté dans la figure (5.10):

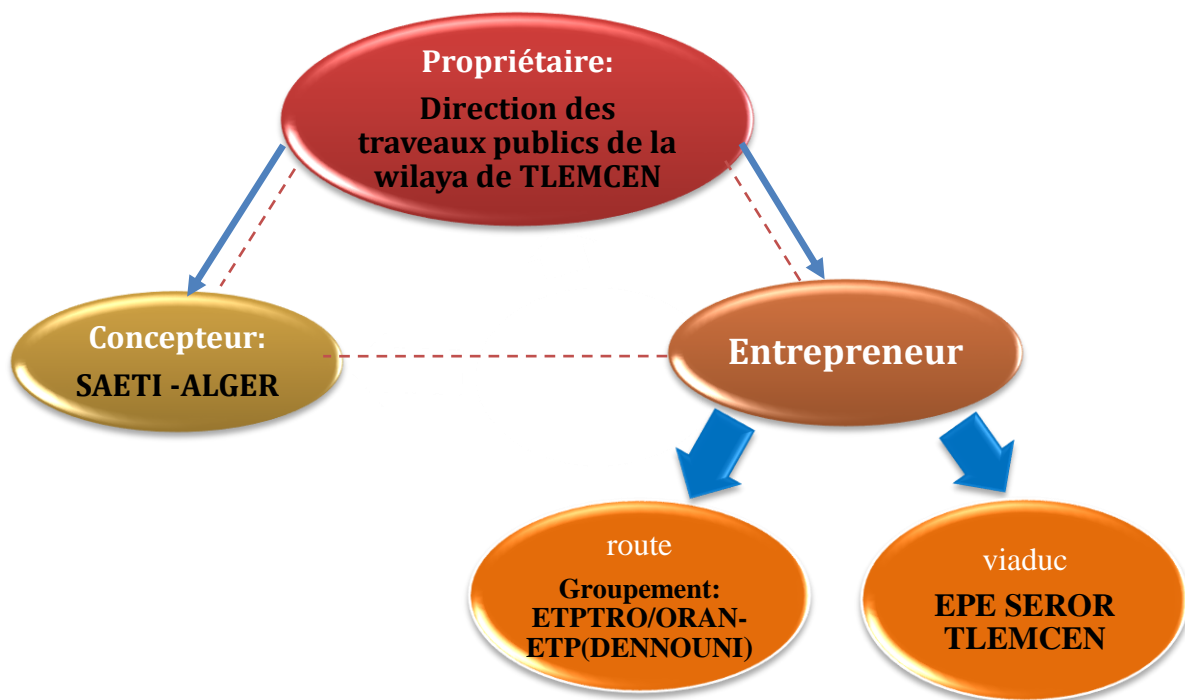


Figure 5.10: système traditionnel.

- Contrat
- - - Communication

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

VII Le management de cout et délai du projet

VII.1 Calcul du délai de projet :

D'après le planning effectué à l'aide du logiciel MS Project, l'échéancier du projet évitement de RN7-A- est de : **477 jours**

- Etude faisabilité : **90 jours**
- Conception : **55 jours**
- Réalisation : **332 jours**

(Voir l'annexe B).

VII.2 Calcul du cout de projet :

C'est le processus qui consiste à consolider les coûts estimés de chaque activité individuelle ou de chaque lot de travail de façon à établir une référence de base des coûts approuvée. Après la consultation des services marchée de la part de DTP et SEROR, le cout de :

1. Route:

Montant (TTC) : 950 276 510, 82 DA

Neuf cent cinquante millions deux cent soixante seize mille cinq cent dix Dinars et quatre vingt deux Centimes en toutes taxes comprises.

(Voir l'annexe C).

2. Viaduc:

D'après l'entreprise SERROR :

Montant (TTC) : 762 875 684,80 DA

Sept cent soixante deux millions huit cent soixante quinze mille six cent quatre vingt quatre Dinars et quatre vingt Centimes en toutes taxes comprises.

VIII Classification des risques :

Notre projet routier est soumis à de nombreux risques. La maîtrise de ces risques est l'un des enjeux importants pour sa réussite.

Pour identifier les risques de notre projet, on fait appel à une modélisation efficace des risques, le RBS (Risk Breakdown Structure). Il constitue une vision hiérarchisée des risques projets.

Cette identification de ces risques peut être faite par plusieurs méthodes, dans notre cas on a pus 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. (Tab 5.2)

Tableau 5.2 : Classification des risques présentant dans notre projet.

	Nature de risque	Risque	P	G	C
RISQUE INTERNE	RISQUES CONCEPTUELS ET DE REALISATION	Conception inadaptée.	2	2	4
		Accidents du travail.	3	3	9
		Inadéquation entre la conception et la réalisation.	2	3	6
		Risque de riverain lors de passage.	1	1	1
		Problème de qualité des matériaux	1	2	2
		Indisponibilité des matériaux	1	2	2
		Retard dans l'approvisionnement.	2	2	4
	RISQUES LIE AUX INTERVENANTS PRINCIPAUX	Risques contractuels.	1	3	3
		Risques relationnelles.	2	2	4
		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.	1	2	2
		Séisme.	1	4	4
		Glissement de terrain.	4	4	16
		Risque d'effondrement des constructions voisinage.	1	1	1
		Expropriation.	4	2	8
		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.	3	2	6

Tableau 5.3 : hiérarchisation des risques principaux selon leur criticité.

N	RISQUE	PROBABILITE	GRAVITE	CRITICITE
1	Glissement de terrain.	4	4	16
2	Accidents du travail	3	3	9
3	Expropriation.	4	2	8
4	Inadéquation entre la conception et la réalisation.	2	3	6
5	Décision politique.	3	2	6

➤ *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 enfin pour estimer les risques acceptable et non acceptable pour notre projet on a élaboré une matrice de risque représenté comme suit : (Fig. 5.11)

Probabilité	4		R3		R1
	3		R5	R2	
	2			R4	
	1				
		1	2	3	4
Gravite					

. **Figure 5.11** : 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 à long terme.

Aucune autre action requise en dehors de s'assurer que les contrôles pertinents sont efficaces 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 vis-à-vis du niveau de ce risque.

➤ *Traitement des risques :*

Tableau 5.4 : Traitement des risques inacceptables.

Risque	Stratégie de réponse	Traitement de risque
1. Glissement de terrain	Traiter	<ul style="list-style-type: none">-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.

IX Conclusion :

Tout au long de ce chapitre nous avons évoqué certains termes clés et des concepts de base relatifs aux risques projets. Une première notion de risque définit comme étant un événement dont sa manifestation est susceptible d'affecter les objectifs du projet. A cette notion est souvent évoquée la criticité du risque qui se définit comme le niveau de risque encouru dans la poursuite de ses objectifs.

Dans ce chapitre nous avons essayé 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.

Pour conclure, nous rappelons qu'il n'existe pas de solutions miracles aux risques des activités industrielles. Seule la démarche managériale permet de les gérer.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail de fin d'études nous a offert l'opportunité d'exercer et de mettre en réalité d'un côté nos connaissances techniques 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. De l'autre côté, ce travail 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 tous les projets de construction en général, et particulièrement pour les projets routiers.

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).

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé, d'appliquer et respecter rigoureusement toutes les contraintes et les normes existantes, liées à ce domaine 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.

Ce travail nous a fait pousser à mieux maîtriser l'outil informatique tels que les logiciels de calcul et de dessin : AUTOCAD, MS PROJECT.

Dans la deuxième partie de notre travail nous avons élaboré un diagramme de Gantt à l'aide du logiciel Ms Project, en déterminant le coût global et les 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 schématisés dans un RBS, puis classifiés les principaux risques selon leur criticité.

BIBLIOGRAPHIE

Partie technique :

- [1] **BET:Engineering study**. (2011). *Etude de dedoublement de RN7-A- lot 01 et lot 02*.
- [2] **Google Maps**. (n.d.). Consulté le Mai 24, 2016, from www.google.dz/maps
- [3] **TOMI**. (2010). *Généralité sur les routes*. oujda, Département de géologie, Maroc.
- [4] **CHABANE, A.& SOUAB, N.** (2015). *Etude technique et managériale d'un projet raccourcement routier*. Tlemcen, Département de Génie civil, Algéria.
- [5] **Adel, N.** (2013). *Cours de Route I*. Département de Génie civil , Algéria.
- [6] **Roger, C.** (1969). *Route circulation tracé et construction. Livre I*. eyrolles, Paris.
- [7] **HABITA, D., & GUEDIRI, A.** (2010). *Etude d'aménagement d'un échangeur sur la RN04 a boumedfaa (w.aindefla) en APS et APD avec 8 km de l'autoroute est-ouest. Mémoire d'ingénieur*. alger, Algéria.
- [8] **SETRA**. (2012). *L'induction de trafic*. France.
- [9] **B40**. (1977, octobre). *Normes technique d'aménagement des routes*. ministre des travaux publics, Algérie.
- [10] **Hervé, B.** (2005). Récupéré sur <http://www.brunel-ejm.org>.
- [11] **KALLI, F. Z.** (2014). *Cours de routes*. alger, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, Algéria.
- [12] **CHETIOUI, B., & BELHADJI, F.** (2008). *Etude en APD de dédeblouement de la RN 90A sur 7,4 Km trançon Mostaganem CW24 avec aménagement de carrefour*. Ecole National des Travaux Publics, Algéria.
- [13] **BOUGRID, A., & TOUATI, A.** (2008). *Etude de dédoublement de la RN 12 sur 13 km entre El Kseur et Oued Ghir*. Ecole Nationale des Travaux Publics, Algéria.
- [14] (s.d.). Consulté le février 03, 2016, sur <http://topogr.perso.neuf.fr>
- [15] **BANNOR, A.** (2014). Consulté le Avril 04, 2016, sur <https://fr.scribd.com>
- [16] **E.N.T.P.E.** (2003). *projet de routes*. Département de transport et génie civil , France.
- [17] **SETRA**. (1994). *Aménagement des routes principales (sauf les autoroutes et routes express à deux chaussées)*. France.
- [18] **l'École Nationale des Ponts et Chaussées**. (1991). *Cours de routes : dimensionnement des chaussées*
- [19] **univ-ouargla**. (2013-2014). Retrieved mars 5, 2016, from <http://elearn.univ-ouargla.dz>
- [20] (s.d.). Consulté le Avril 12, 2016, sur www.cours-genie-civil.com
- [21] **Dalila, B.** (2011). *Le comportement élasto-plastique des interfaces cas des chaussées*

BIBLIOGRAPHIE

Modélisation d'un essai de double cisaillement. Batna, département de génie civil, Algérie.

[22] **Gabriel, G.** (s.d.). Consulté le Avril 15, 2016, sur BCR: <http://www.bcr.cc>

Partie managérial :

[1] **SETRA.** (2003, Novembre). *Référentiel du chef de projet.* France.

[2] **KALLI, F. Z.** (2014). *Cours de routes.* alger, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, Algérie.

[3] **Ministère de Travaux Public (MTP).** (2016). Algérie.

[4] **LAKERMI, A.** (2013). *Management des risques géotechnique dans un projet routier par la méthode AMDEC ET MADS-MOSAR ;cas de la bretelle principale « A » de l'changeur de la RN02.* Tlemcen, Département de Génie Civil, Algérie.

[5] (s.d.). Consulté le Mai 3, 2016, sur wikipedia: <https://fr.wikipedia.org>

[6] **DREAL PACA,**(s.d.), Consulté le Mai 3, 2016, sur DREAL PACA: <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr>

[7] **FELLAHI, W.** (2012) *Caractérisation et résilience des risques géotechniques dans un projet routier.* Tlemcen, Département de Génie Civil, Algérie.

[8] **AFGC.** (s.d.). Consulté le Mai 5, 2015, sur Association française de génie civil: <http://www.afgc.asso.fr>

[9] **MERAD, R, & TALEB, I.** (2014). *Management du projet reduction de la duree du projet : cas de la tremie de chetouane (FACULTE DE TECHNOLOGIE - CENTRE ANTICANCEREUX).* Tlemcen, Département de Génie Civil, Algérie.

[10] **MELLAL, L.** (2009). *Le management de projet par le management des risques :Propositions méthodologiques .* Batna, institut d'hygiene et sécurité industrielle , Algérie.

[11] **ZABAT, A.** (2013). *Management des risque dans les projet de trémie méthode MADS-MOSAR.* Tlemcen, Département de Génie Civil, Algérie.

[12] **BOUDRIGA, Z.** (2015). Consulté le Mai 20, 2016, sur <http://image.slidesharecdn.com>

[13] **MAZOUNLI, M. H.** (2008). *Pour une meilleure approche du management des risques:de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide a la décision.* Nancy, Institut National Polytechnique de Lorraine, France.

[14] **AFNOR.** (s.d.). Consulté le Mai 15, 2016, sur <http://www.bivi.maitrise-risques.afnor.org>

BIBLIOGRAPHIE

- [15] **TOHME, R.** (2005). *La gestion des risques dans l'organisation d'un événement culturel*. Institut de management de l'université de Savoie.
- [16] **FELLAHI, W.** (2012). *Caractérisation et résilience des risques géotechniques dans un projet routier*. Tlemcen, Département de Génie Civi, Algérie
- [17] **LUIS, C.** (2010). Consulté le mai 20, 2016, sur INFOQUALITE:
<http://infoqualite.accordance.fr>
- [18] Society **of Actuaries.** (2011). *gestion du risque*
- [19] **WEISSINGER, R.** (2013). Consulté le mai 20, 2016, sur www.iso.org/isofocus
- [20] **ROBERT, J.** (s.d.). Consulté le Mai 23, 2016, sur www.cfmr-roches.org

Annexe

DEVIS QUNTITATIF ET ESTIMATIF DE PROJET D'EVITEMENT DE LA RN7-A- SUR 5 KM

WILLAYA DE TLEMCEM

N°	DESIGNATION DES TRAVEAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX D'UNITE (DA)	MONTANT(DA)
1	PRIX GENEREUX				
1.1	Installation du chantier, amené et repliement du matériel		14000000	1	14 000 000,00
1.2	Etude d'exécution		4200000	1	4 200 000,00
1.3	Dossier de récolement		1400000	1	1 400 000,00
	Sous total prix généraux= 19 600 000,00 DA				
2	TERRASSEMENTS				
2.1	Décapage de la terre végétale	M2	98000	80,00	7 840 000,00
2.2	Scarification	M2	5880	100,00	588 000,00
2.3	Déblai en terrain meuble	M3	336000	500,00	168 000 000,00
2.4	Déblai en terrain rocheux	M3	61600	2 400,00	147 840 000,00
2.5	Remblai en terrain tuf ou en TVC	M3	126000	800,00	100 800 000,00
2.6	Eperon drainant au niveau des déblais	M2	210	5 000,00	1 050 000,00
2.7	Déblais semi rocheux	M3	64400	1 200,00	77 280 000,00
	Sous total des terrassements= 503 398 000,00 DA				
3	ASSAINISSEMENT				
3.1	Drainage sous fossés bétonnés	ML	280	2 700,00	756 000,00
3.2	Descente d'eau	ML	112	2 500,00	280 000,00
3.3	Construction de fossé bétonné légèrement armé	ML	3640	2 500,00	9 100 000,00
3.4	Regard en BA y/c toutes sujétions de bonne exécution	U	2.8	100 000,00	280 000,00
3.5	f/p buse diam.1200 y/c têtes de buse en BA	ML	14	43 000,00	602 000,00
3.6	f/p buse diam.1000 y/c têtes de buse en BA	ML	182	39 000,00	7 098 000,00
3.7	f/p buse diam.800 y/c têtes de buse en BA	ML	28	30 000,00	840 000,00

3.8	f/p buse diam.500 y/c têtes de buse en BA	ML	112	25 000,00	2 800 000,00
3.9	Béton de propreté pour fond de fouilles	M3	98	8 000,00	784 000,00
3.10	Béton dosé à 350 kg	M3	616	15 000,00	9 240 000,00
3.11	Acier FeE40A pour béton	T	84	120 000,00	10 080 000,00
3.12	Badigeonnage des parties enterrées	M2	252	2 000,00	504 000,00
3.13	Demi-buse	ML	1008	2 000,00	2 016 000,00
	Sous total prix d'assainissement= 44 380 000,00 DA				
4	CHAUSSEE				
4.1	traitement granulaire du sol support	M2	420	500,00	210 000,00
4.2	Couche anti-contaminante	M3	5600	1 600,00	8 960 000,00
4.3	Couche de forme en TVO ou TVC	M3	31360	900,00	28 224 000,00
4.4	Fraisage	M2	2240	200,00	448 000,00
4.5	Couche de fondation en graves concassée 2/20	M3	23800	2 100,00	49 980 000,00
4.6	Couche de grave bitume 0/20	T	13020	4 600,00	59 892 000,00
4.7	Couche de roulement en béton bitumineux 0/14	T	7560	5 200,00	39 312 000,00
4.8	Couche d'imprégnation ou cut-back 0/1	M2	42280	120,00	5 073 600,00
4.9	Couche d'accrochage à émulsion cationique	M2	65800	100,00	6 580 000,00
4.10	Rechargement d'accotements en TVC	M3	3640	800,00	2 912 000,00
4.11	f/P de bordure 15/25 pour trottoirs	ML	560	670,00	375 200,00
4.12	Rechargement des terres plein en TV	M3	140	600,00	84 000,00
4.13	Traitement à la chaux	T	0.56	30 000,00	16 800,00
	Sous total prix de la chaussée= 202 067 600,00 DA				
5	OUVRAGES ET MATERIAUX DE PROTECTION				
5.1	Béton de propreté pour fond de fouilles	M3	84	8 000,00	672 000,00
5.2	Béton dosé à 350 kg	M3	280	15 000,00	4 200 000,00
5.3	Acier FeE40A pour béton	T	44.8	120 000,00	5 376 000,00
5.5	Badigeonnage des parties enterrées	M2	56	2 000,00	112 000,00
5.6	Gabions	M3	2800	4 000,00	11 200 000,00
	Sous total des ouvrages et équipement routiers= 21 560 000,00 DA				

6 SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS ROUTIERS					
A/-Signalisation horizontale					
6.1	Marquage sur chaussée en ligne continue (2U-3U)	ML	6556.76	400,00	2 622 704,00
6.2	Marquage sur chaussée ligne de stop et passage piétons	ML	61.6	500,00	30 800,00
6.3	Marquage sur chaussée en ligne discontinue type T1, T2 et T3	ML	13766.76	450,00	6 195 042,00
B/-Signalisation vertical					
6.4	Panneaux type A signaux d'avertissement de danger A11/A12/A20/A24	U	8	12 000,00	96 000,00
6.5	Panneaux type B signaux de priorité B2	U	7	14 000,00	98 000,00
6.6	Panneaux type C signaux d'interdiction ou de restriction C1/C11b	U	6	15 000,00	90 000,00
6.7	Panneaux type D signaux d'obligation D2	U	5	15 000,00	75 000,00
6.8	Panneaux type E signaux de pré-signalisation E1	U	6	15 000,00	90 000,00
6.9	Panneaux type E signaux de direction E2c	U	7	15 000,00	105 000,00
6.10	Panneaux type E signaux de localisation E6/E7	U	2	15 000,00	30 000,00
6.11	Portique	U	1	2 000 000,00	2 000 000,00
6.12	Potence	U	1	3 000 000,00	3 000 000,00
6.13	Bornes kilométriques	U	4	11 000,00	44 000,00
6.14	Glissières de sécurité	ML	560	9 000,00	5 040 000,00
Sous total prix de la signalisation= 19 516 546,00 DA					
7 DEPLACEMENT DES RESEAUX					
Sous total prix de déplacement des réseaux=1 680 000,00 DA					

MONTANT	812 202 146,00 DA
TVA 17 %	138 074 364,82 DA
MONTANT (TTC)	Le prix total = 950 276 510,82 DA