



**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES  
AMENAGEMENTS ET DE BITUMAGE DES VOIES DE LA  
CEINTURE OUEST DE KOULIKORO AU MALI (13,56 km)**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : GENIE CIVIL/ROUTES ET OUVRAGES D'ART

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 12 Janvier 2019 Par **Bintou Hamidou MAIGA 20120044**

**Travaux dirigés par :**

**Directeur de mémoire :** Dr. LAWANE GANA Abdou Enseignant chercheur à 2ie

**Maître de stage :** Philippe GROFILLE Y conseiller technique à OTER –Sa

**Jury d'évaluation du stage :**

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM

Prénom NOM

Prénom NOM

Promotion Janvier 2017-2018

## DEDICACES

Je dédie ce travail :

- Au seigneur tout puissant.
- A mon cher oncle et père Hamadou Baba TOURE pour le sacrifice énorme consenti à ma formation ainsi que pour tout ce qu'il a fait pour moi durant ce temps à ses côtés.
- A mes parents Hamidou Banahari MAIGA et Kadidia Mahamane MAIGA pour leurs bénédictions et leurs soutiens constants et multiformes qu'ils m'ont donné dans cette vie. Puissiez-vous trouver dans ce modeste travail, un motif de fierté ;
- A mes frères, sœurs et ami(e)s pour leurs encouragements perpétuels, leurs soutiens moraux et la joie qu'ils m'apportent.

## REMERCIEMENTS

Je ne pourrai finir ce travail sans dire merci encore une fois à **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné la foi, la force et le courage.

Je tiens à signaler toute ma gratitude à toutes les personnes physiques ou morales qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Qu'il me soit permis de remercier particulièrement :

- Le corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour tous les enseignements reçus ;
- Mes encadrants : Dr LAWANE GANA Abdou, mon Directeur de mémoire, M. Philippe GROSFILLEY encadreur au sein de OTER SA, pour leur entière disponibilité, leurs conseils et leurs éclaircissements ;
- Monsieur le Directeur General de OTER SA, Boubacar Kane DIALLO pour m'avoir accepté au sein de son entreprise ;
- L'ensemble du personnel de OTER SA, pour leur disponibilité, leurs conseils qui m'ont beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail ;
- Tous mes ami(e)s et promotionnaires qui m'ont accompagné et soutenu dans cette quête de la connaissance et de l'apprentissage de la vie sociale.

## RESUME

Le gouvernement du Mali envisage l'aménagement de nouvelles voies de circulation. C'est dans ce cadre qu'intervient le présent projet relatif à « **ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES AMENAGEMENTS ET DE BITUMAGE DES VOIES DE LA CEINTURE OUEST DE KOULIKORO AU MALI (13.56 km)** », objet de notre travail de fin d'études.

L'objectif de ce travail est de concevoir un projet répondant aux normes et permettant de supporter le trafic choisi. Pour ce faire, nous avons effectué dans un premier temps, des études préliminaires qui nous ont renseignés sur le fond topographique de la zone, la nature de la plateforme qui est de la classe S4 et le trafic de la classe T4. Par la suite, ces résultats ont permis d'une part, de faire le dimensionnement de la chaussée, et d'autre part de procéder à l'aide du logiciel Piste 5.05 au tracé de la route conformément à sa vitesse de référence et catégorie (R80) de dresser les différents profils : le tracé en plan, le profil en long, et le profil en travers.

Suite à l'analyse des données géotechniques et à l'utilisation des abaques du CEBTP ensuite la vérification des contraintes et déformations sur Alizé nous avons retenu une structure de chaussée souple avec une couche de roulement de 7cm en béton bitumineux, une couche de base de 25 cm en concassé et une couche de fondation de 20cm en graveleux latéritique.

Pour les ouvrages hydrauliques nous avons les dalots et les caniveaux. Les études hydrologiques et hydrauliques nous ont permis de déterminer les débits et les sections de ces ouvrages tout en proposant les différents plans de ferrailage à travers un dimensionnement structural.

Enfin nous avons fait une étude complémentaire comportant les signalisations et sécurité routière, les mesures environnementales et une estimation du coût global du projet qui s'élève à seize milliards sept cent soixante-deux millions six-cent dix- huit mille quatre cent soixante-six (**16 762 618 466**) FCFA .

### Mots clés :

- 1- Etude technique ;
- 2- Chaussée ;
- 3-Trafic ;
- 4- Dimensionnement

## ABSTRACT

The government of Mali is considering the development of new traffic lanes. It is within this framework that the present project is concerned with "DETAILED TECHNICAL STUDIES OF THE ADJUSTMENTS AND BITUMING OF WAY BELTS OF KOULIKORO BELGIUM IN MALI (13.56 km)", object of our work of end of studies.

The aim of this work is to design a project that meets the standards and supports the chosen traffic. To do this, we first carried out preliminary studies that informed us about the topographical background of the area, the nature of the platform that is class S4 and traffic class T4. Subsequently, these results made it possible, on the one hand, to dimension the roadway, and on the other hand, to proceed with the 5.05 Trail software application to the route of the road in accordance with its reference speed and category (R80) to draw up the different profiles: the drawing in plan, the profile in length, and the profile in cross.

Following the analysis of the geotechnical data and the use of the CEBTP charts then the verification of the stresses and deformations on Alize we retained a flexible pavement structure with a 7cm surfacing of asphalt concrete, a base layer of 25 cm crushed and a foundation layer of 20cm lateritic gravel.

For hydraulic works, we have scuppers and gutters. Hydrological and hydraulic studies have allowed us to determine the flows and sections of these structures while proposing the different reinforcement plans through a structural dimensioning.

Finally, we made a complementary study including road signs and road safety, environmental measures and an overall project cost estimate of sixteen billion seven hundred and sixty-two million six hundred and eighteen thousand four hundred and sixty-six. (16,762,618,466) FCFA.

Keywords:

- 1- Technical study;
- 2- Pavement;
- 3-Traffic;
- 4- Dimensioning

## LISTE DES ABBREVIATIONS

2Ie : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

AASHTO: American Association of States Highway Officials

BA : Béton Armé ;

BV : Bassin Versant ;

BAEL : Béton Armé Aux Etats Limites ;

CBR: Californian Bearing Ratio;

CAM: Coefficient d'Agressivité Moyen

CBR: Californian Bearing Ratio

CEBTP : Centre Expérimental de recherche et d'étude du Bâtiment et des Travaux Publics

SETRA : Service d'Etude Techniques des Routes et Autoroutes ;

ELS : Etat limite de service ;

ELU : Etat Limite Ultime ;

GNT : Grave Non Traitée ;

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et chaussées ;

LNTPB : Laboratoire Nationale des travaux Publics et du Bâtiment ;

NE : Nombre d'Essieu ;

OPM : Optimum Proctor modifié ;

RR : Route Régionale ;

PK : Point Kilométrique ;

PL : Véhicule Poids Lourd ;

TJMA : Trafic Journalier Moyen Annuel ;

TN : Terrain naturel ;

Wl : Limite de liquidité ;

Wp : Limite de plasticité.

## SOMMAIRE

<b>DEDICACES</b> .....	i
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	ii
<b>RESUME</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>LISTE DES ABBREVIATIONS</b> .....	v
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	viii
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	ix
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : GENERALITES</b> .....	3
<b>I.1- Présentation de la structure d'accueil</b> .....	3
<b>1.1.1- Historique</b> .....	3
<b>1.2-Présentation de zone d'étude</b> .....	4
<b>1.2.1- situation géographique</b> .....	4
<b>1.2.2-localisation et cadre de l'étude</b> .....	4
<b>1.2.3- Milieu biophysique</b> .....	4
<i>1.2.3.1- Climat</i> .....	4
<i>1.2.3.2- Hydrographie</i> .....	5
<i>1.2.3.3- Démographie</i> .....	5
<b>1.3- Description du projet</b> .....	5
<b>1.3.1- Justification du projet</b> .....	5
<b>1.4- Méthodologie de l'étude</b> .....	6
<b>1.4.1-Matériels</b> .....	6
<b>1.4.2- Objectifs</b> .....	6
<b>1.4.3-Cadre logique</b> .....	7
<b>CHAPITRE II : DONNEES DE BASE</b> .....	7
<b>2.1-Etats des lieux</b> .....	8
<b>2.2- Etudes topographiques</b> .....	8
<b>2.2.1-Présentation des levés topographiques</b> .....	8
<b>2.2.2- Conception géométrique</b> .....	9
<b>2.2.3-Tracé en plan</b> .....	10
<b>2.2.4-Profil en long</b> .....	11
<b>2.2.5- Profil en travers</b> .....	11

<b>2.3 -Etudes géotechniques</b> .....	13
<b>2.3.1- Les essais réalisés</b> .....	13
<b>2.3.2- Essais physiques</b> .....	13
<b>2.3.3 -Les essais mécaniques</b> .....	14
<b>2.3.4- Emprunts latéritiques</b> .....	15
<b>2.3.5- HYPOTHESE POUR LE CHOIX DES MATÉRIAUX</b> .....	15
<b>2.4 Etudes hydrologiques</b> .....	17
<b>2.4.1- Traitement des données</b> .....	17
<b>2.4.2 Etude des bassins versants de la zone du projet</b> .....	18
<b>2.4.3- Détermination de débits de crue</b> .....	22
<b>CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE, DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ET DE FRANCHISSEMENT</b> .....	27
<b>3.1- Dimensionnement de la chaussée</b> .....	27
<b>3.1.1 -Etude du trafic</b> .....	27
<b>3.1.2- Structure de la Chaussée</b> .....	30
<b>3.2 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques</b> .....	35
<b>3.2.1- Dimensionnement hydraulique</b> .....	35
<b>3.2.2- Dimensionnement structural des ouvrages</b> .....	39
<b>CHAPITRE IV : ETUDES COMPLEMENTAIRES</b> .....	44
<b>4.1- Aménagement du carrefour giratoire</b> .....	44
<b>4.1.1- Types de carrefour</b> .....	44
<b>4.1.2- Les caractéristiques géométriques du carrefour giratoire</b> .....	44
<b>4.2- Signalisation et sécurité routière</b> .....	46
<b>4.3- Etudes d'impacts environnementaux</b> .....	48
<b>4.4- Eclairage public</b> .....	51
<b>4.5 -Evaluation du coût du projet</b> .....	53
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	56
<b>ANNEXES</b> .....	I
ANNEXE 1 : SEMI DE POINTS .....	II
ANNEXE 2 : CONCEPTION GEOMETRIQUE .....	III
ANNEXE 3 : CALCULS DES SOLLICITATIONS ET DETERMINATION DES MODULES ELASTIQUES DES DIFFERENTES COUCHES .....	IV
ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL DALOT (1 x 2.5x 2) m ET CANIVEAU DU (140x140) cm .....	XI
ANNEXE 5 : ETUDES COMPLEMENTAIRES .....	XXXIII
ANNEXE 6 : ELEMENTS CARACTERISTIQUES DE L'AXE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG .....	LV
ANNEXE 7 : PLANS .....	LV



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Cadre logique.....	7
Tableau 2 : <i>Paramètres fondamentaux du tracé en plan selon ARP</i> .....	11
Tableau 3 : Paramètres fondamentaux du profil en long en fonction de la vitesse de référence [2] .....	11
Tableau 4 : résultat des essais d'emprunts latéritiques .....	15
Tableau 5: proposition de l'utilisation des emprunts pour le corps de la chaussée .....	16
Tableau 6 : récapitulatif des résultats des essais Los Angeles .....	16
Tableau 7: résultat des essais pour la plateforme .....	16
Tableau 8 :Classes de sols selon le guide CEBTP. [2] .....	16
Tableau 9 : Récapitulatif des Caractéristiques des bassins dans un tableau .....	22
Tableau 10 : résultat des débits obtenus suite aux différents calculs.....	25
Tableau 11 : Formules de la méthode CIEH .....	26
Tableau 12: récapitulatifs des débits calculés par la méthode CIEH.....	26
Tableau 13 : Récapitulatif des débits calculés .....	26
Tableau 14 : Résultats du comptage de la DNR .....	28
Tableau 15 : Classes de trafic (CEBTP, Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées,1984)..	29
Tableau 16 : Récapitulatif des résultats des calculs hydrauliques des dalots et leur position .....	37
Tableau 17 : dimensions des sections .....	39
Tableau 18 : Récapitulatif des résultats des sollicitations .....	41
Tableau 19: Récapitulatif es résultats des armatures.....	42
Tableau 20 : récapitulatif des sollicitations du caniveau .....	43
Tableau 21 : Récapitulatif du ferrailage du caniveau .....	43
Tableau 22 Récapitulatif des dimensions des éléments du carrefour giratoire. ....	46
Tableau 23: Liste des panneaux sur le tronçon.....	47
Tableau 24 : Références issus de la Bibliographie [11] pour la vérification de la hauteur des candélabres .....	52

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Image satellitaire de la zone d'étude à partir de Google earth .....	4
Figure 2 : Eléments du profil en travers en 2x2 voies en section courante.....	12
Figure 3 : Délimitation des Bassins versants .....	19
Figure 4 Coefficient de ruissellement.....	24
Figure 5 : vérifications avec le logiciel ALIZE .....	35
Figure 6 : <i>Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire.</i> .....	45



## INTRODUCTION

La voie de communication terrestre est l'un des moyens de transport le plus fiable, conçue pour assurer le déplacement des hommes, le transport des marchandises et permet la communication entre les différentes zones d'économies complémentaires. Sa conception ou son aménagement est donc très importante pour le développement socio-économique d'un quartier, d'une ville, d'une région, d'un pays et même d'un continent.

En effet, La route étant un puissant facteur de civilisation et de développement. Le Mali, en collaboration avec certains de ses partenaires financiers s'investit davantage dans la construction d'infrastructures routières et de l'entretien du réseau existant. C'est dans la même optique que le gouvernement du Mali a envisagé l'aménagement de nouvelles voies notamment celle de la ceinture ouest de Koulikoro PK0+000 au PK13+560 et c'est cette dernière qui fera l'objet de notre projet d'étude dont le thème s'intitule : « **ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES AMENAGEMENTS ET DE BITUMAGE DES VOIES DE LA CEINTURE OUEST DE KOULIKORO AU MALI (13.56km)** ».

Il s'agit ici de faire une étude détaillée et complète d'un projet routier, donc il est impératif et judicieux de connaître au préalable la zone du projet. En plus de cela, il faut nécessairement les caractéristiques géotechniques de la plate-forme ainsi que celles des matériaux qui devraient constituer la chaussée. Quelles seront les classes et les types de sols de la plateforme ? Quel type de trafic que devra subir la chaussée pendant sa durée de vie ? Comment protéger la route contre la venue des eaux ? Et quels seront les ouvrages d'assainissement à prévoir enfin d'y remédier ? Quel est l'impact de ce projet sur l'environnement et les êtres vivants ? Les réponses à toutes ces interrogations seront nécessaires pour la finalisation de ce projet

L'objectif global du projet est l'aménagement et de bitumage des voies de la ceinture ouest de Koulikoro au MALI.

ET de façon spécifiques il contribuera de manière efficace à la politique de croissance et de réduction de la pauvreté au Mali, améliorera la condition de vie et sécuritaire des populations, à travers le désenclavement des zones de production, l'amélioration de la mobilité urbaine, de service des routes et le renforcement du patrimoine routier. Dans le cadre de l'exécution des opérations d'urgence du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de Koulikoro dans

le but de l'extension du réseau routier de la voirie il est prévu la création de la voie de ceinture bordant les nouvelles zones d'habitat à l'ouest et son éclairage afin de désengorger la RR14 qui constitue la colonne vertébrale du réseau primaire et draine le gros trafic.

Le présent mémoire qui restitue les résultats de notre étude est composé de **4 chapitres** qui sont:

- **Le premier chapitre** « Généralités » présente la structure d'accueil, le projet, et la méthodologie de l'étude ;
- **Le deuxième chapitre** « Données de base » traite les études topographiques, géotechniques et hydrologiques ;
- **Le troisième chapitre** « Dimensionnement des voies et ouvrages » s'attaque au dimensionnement de la chaussée, des ouvrages d'assainissements et de franchissements ;
- **Enfin le quatrième chapitre** « Etudes complémentaires » fait la synthèse des mesures sécuritaires et environnementales proposées et ainsi évaluer le coût global du projet.

## CHAPITRE I : GENERALITES

Ce chapitre présente la structure d'accueil et de la zone d'étude, notamment en fournissant des détails sur la localisation du projet, les milieux biophysiques et humains. Il décrit ensuite la problématique, les objectifs, et les résultats attendus du projet. Enfin il présente la méthodologie de l'étude.

### I.1- Présentation de la structure d'accueil

La formation d'ingénieur à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement se clôture par un stage obligatoire en entreprise ou en bureau d'études pour l'élaboration du mémoire de fin d'études. C'est dans ce contexte que l'entreprise OTER-SA nous a accueilli pour notre stage de fin d'étude par le biais de son Président Directeur Général Ingénieur Mr. Boubacar Kane DIALLO. Dans ce qui suit, est présentée la structure d'accueil à travers son historique, son personnel, ses domaines d'intervention et ses prestations.

#### 1.1.1- Historique

- 1965-1976 : DIVISION DES TRAVAUX DU GENIE RURAL
- 1976-1995 : OPERATIONS DES TRAVAUX D'EQUIPEMENT
- 1995 A NOS JOURS : ENTREPRISE PRIVEE (OTER-SA), REPRISE PAR SES SALARIES
- SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE 105MILLIONS DE FRANCS CFA

#### 1.1.2- Quelques références techniques

##### ❖ AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

- Travaux d'aménagements du périmètre irrigué de Maghana III (Mauritanie)
- Travaux pour la réhabilitation du KIE et l'aménagement de n'dilla 848 ha (MALI)
- travaux de construction de dix (10) petits barrages de retenue lot1 (MALI)

##### ❖ TRAVAUX ROUTIERS

- Travaux de construction de la route Didiéni- Goumbou-Nara (MALI)
- travaux de construction de la continuité de la voie II de Koutiala en enduit superficiel (MALI)
- Travaux de protection mécanique des berges du Yame (1560 MI) à sofara (MALI) 50Ans au service du développement rural et urbain.

## 1.2-Présentation de zone d'étude

### 1.2.1- situation géographique

La région de Koulikoro est située au Centre –Ouest de l'espace national malien, avec une superficie de 90 210 km<sup>2</sup>, soit 7,2% du territoire. Zone de transition entre les régions, Ouest de Kayes, Sud de Sikasso et Est de Ségou, elle est limitée au Nord par la République Islamique de la Mauritanie, et au Sud-Ouest par la République de la Guinée.

### 1.2.2-localisation et cadre de l'étude

La zone d'étude du projet part de la RR14 à 3,5 km du pont de kayo en passant à l'ouest par le Lycée, Sa longueur est estimée à environ 13,56 km avec une emprise de 30 m.s



Figure 1 : Image satellitaire de la zone d'étude à partir de Google earth

### 1.2.3- Milieu biophysique

#### 1.2.3.1- Climat

La région se situe entièrement dans la zone tropicale. Dans la région nous avons une alternance au cours de l'année d'une saison de pluies (Mai à Octobre) et d'une saison sèche (Novembre à Avril).

### 1.2.3.2- Hydrographie

La région de Koulikoro dispose d'un important réseau hydrographique qui comprend des cours d'eau permanents et non permanents. Ce sont :

**Les fleuves et affluents** : le Niger avec un parcours de 250 kilomètres dans la région pour un volume annuel estimé entre 1952 -1999 à 40,4 milliards de m<sup>3</sup> ; le Baoulé sur 120 kilomètres, le Bagoé, le Baninfining, le Sankarani et le Bani avec respectivement 90, 70, 40 et 20 kilomètres de parcours. Parmi eux, seuls le Niger, le Baoulé et le Sankarani constituent des cours d'eau permanents. Les autres sont saisonniers et gardent l'eau de façon permanente de juin à mars avec des variations selon la pluviométrie.

### 1.2.3.3- Démographie

La population de la région était estimée à 1 981 364 habitants en 2007 (EPAM/ DOEF-ANPE) dont 989 084 femmes et 992 280 hommes représentant 49,91% pour les femmes et 50,09% pour les hommes, donc un déséquilibre en faveur des hommes.

Banamba et Koulikoro sont les moins peuplés. La population est extrêmement jeune : 54% ont moins de 15 ans et 31,8% ont moins de 40 ans. Les adultes de plus de 40 ans représentent 14,2%. Les femmes en âge de procréer (15 – 40 ans) représentent 36,6% de la population féminine.

### 1.2.3.4- Sols

La région de Koulikoro est composée de quatre types de sols :

- **Les sols sableux** de dune morte ou aplanie, préférentiellement situés dans les cercles de Nara et Banamba, occupent une superficie de 35,7% au niveau régional. Ils sont favorables à l'élevage du fait des pâturages importants et très riches qu'ils recèlent, mais sont également utilisés pour l'agriculture céréalière.
- **Les sols latéritiques sableux et argileux**, avec 27% de la superficie de la région, se situent à l'Ouest et sont utilisés pour les cultures du sorgho, mil, arachide, riz et le maraîchage.
- **Les sols latéritiques et alluvionnaires** couvrent 24% de la superficie de la région. Ils se situent dans la zone de la haute vallée. De types limoneux et très fertiles, ces sols sont propices aux cultures irriguées et à l'arboriculture.
- **Les sols ferrugineux**, au Sud de la région, couvrent une superficie de 13,3% et sont favorables aux cultures du coton, mil, sorgho et maïs

## 1.3- Description du projet

### 1.3.1- Justification du projet

Le présent projet participe à la politique du Gouvernement de la république du Mali à mettre en place progressivement les infrastructures routières dans de vastes zones de grosses

productions et des localités rurales. Parmi lesquelles le Projet de construction de la voie de ceinture ouest de Koulikoro. Les travaux de construction de cette infrastructure d'un montant de 18.423.043.497 de FCFA TTC marquent un tournai historique dans le développement de la région de Koulikoro.

La réalisation de cette route constituera d'une part un véritable avantage pour les riverains et usagers par diminution du temps de parcours le long de l'itinéraire, et par conséquent la réduction des coûts d'exploitation des véhicules. Cette réalisation va donc contribuer à l'accroissement du commerce dans toute la zone, donc une amélioration du cadre de vie des populations tout en facilitant les échanges au niveau national. D'autre part Elle contribuera également à la réduction du taux d'insécurité sur ce tronçon. Ce projet permettra enfin d'augmenter le linéaire du réseau routier national revêtu du Mali en général et la prolongation du tronçon Bamako- Koulikoro en double voie vers Banamba.

## **1.4- Méthodologie de l'étude**

### **1.4.1-Matériels**

#### **1.4.1.1- Recherche documentaire**

Pour mener à bien notre étude, nous avons procédé à la recherche de tous les documents entrant dans le cadre de notre étude à savoir le dimensionnement de chaussée, l'étude d'un projet routier, l'étude géotechnique, l'étude hydraulique et hydrologique.

#### **1.4.1.2- Collecte de données**

C'est l'ensemble des données ou plus généralement des informations liées directement au projet intervenant dans la mise en œuvre de notre étude.

Nous avons entre autre :

- Les données du trafic
- Le rapport géotechnique
- La collecte des données topographiques
- Les spécifications techniques prescrites dans le CCTP.

#### **1.4.2- Objectifs**

L'objectif général du projet est de contribuer à l'amélioration du réseau routier national en vue

De réduire le désenclavement à l'intérieur, tout comme à l'extérieur du pays.

De manière spécifique, le projet vise à :



- Désengorger la RR14 pour fluidifier la circulation ;
- Mettre en valeur les productions agricoles de la zone ;
- Améliorer les conditions et les coûts des transports.

### 1.4.3-Cadre logique

Afin de définir clairement l’approche méthodologique, il a été élaboré un cadre logique (tableau 2) dans lequel sont définies autour de chaque objectif spécifique les actions à mener et les résultats attendus.

Tableau 1 : Cadre logique

Objectif général : Etudes techniques détaillées des aménagements et de bitumage des voies de la ceinture ouest de Koulikoro au Mali (13.56 km).		
Objectifs spécifiques	Activités	Résultats attendus
Analyses et interprétations des données	Exploitations des résultats des essais géotechniques	classe des sols choix de matériaux
	Etude du trafic, Choix de la classe du sol, Pré-dimensionnement, Simulation avec Alizé-LCPC Comparer des résultats	Classe du trafic, choix de matériaux, détermination des épaisseurs de chaussées
Assainissement routier	Etude hydrologique et hydraulique Dimensionnement des ouvrages	Surface et débit de bassin versants, Section des ouvrages (dalots et caniveaux). Sections des aciers
Aménagement	Conception géométrique de la route, Choix de normes.	Types d’aménagements
Étude des impacts environnementaux et sociaux liés au projet , signalisations et cout global du projet	Identifier l’emplacement des signalisations et équipements	Types et emplacement des signalisations et équipements
	Analyse du site, identification des effets du projet sur l’environnement	Impacts liés au projet et leurs mesures d’atténuation
	Analyse des impacts liés à l’exécution du projet sur les êtres vivants	Estimation du projet

## CHAPITRE II : DONNEES DE BASE

L’élaboration de tout projet routier commence par la recherche de données de base pour nous permettre de connaître l’emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus

rationnelle à la configuration du terrain. Dans ce chapitre, nous présenterons l'états des lieux du projet, ensuite les études topographiques, géotechniques et hydrologiques.

### **2.1-Etats des lieux**

La voie existante est une piste en terre se présentant avec une emprise de 30m de largeur. Les voies qui font l'objet du présent projet ne disposaient pas suffisamment de réseau de drainage. Pour chaque voie, il est prévu au moins un ouvrage de drainage linéaire de chaque côté (comprenant le caniveau à dalle, ciel ouvert et des dalots latéraux aux intersections de voies. Avec un relief accidenté, la pente maximale suivant le profil en long de la voie existante atteint souvent 6%. La piste existante est constituée de graveleux latéritiques et en majorité des dalles rocheuses sur l'ensemble du tracé.

L'état de la piste en terre, non carrossables pendant la saison des pluies, réduit la mobilité des personnes et des produits, ce qui ralentit le déroulement normal de la campagne agricole. Ces dysfonctionnement et dégradations rencontrés sur la route à étudier sont dus très généralement à des insuffisances au niveau du réseau d'assainissement de la route (c'est-à-dire les dispositifs de drainage des eaux). En plus de la dénivelée importante, le tracé est composé d'un nombre élevé de courbes successives à faible rayons. La plate-forme est en majeure partie en flanc de montagne et les pentes transversales au tracé sont relativement abruptes. Dans certains secteurs, des éboulements de pierres provenant des blocs en amont et des importants dénivelés en aval affectent négativement la plateforme. Cette situation représente donc un danger pour tous les usagers de la route. À l'issue de ce constat, des levés topographiques ont été réalisés par l'entreprise OTER.SA sur le tronçon existant pour une meilleure conception tenant compte de l'aspect socioéconomique du projet.

### **2.2- Etudes topographiques**

Dans toutes les constructions de génie civil et en particulier les constructions routières, les études topographiques jouent un rôle déterminant car Elles permettent de représenter le terrain à une échelle donnée, ainsi que tous les détails de la route (les altitudes, les pentes, les coordonnées de points) ; dans le cadre ce projet il nous a été fourni des données existantes au bureau à savoir :

#### **2.2.1-Présentation des levés topographiques**

Les levés topographiques effectués par l'entreprise sous forme de semi de points sont présentés en ( **Annexe 1 :semi de points**)

A partir de ces semi de points, nous avons tracé l'axe de la voie à l'aide du logiciel AutoCAD, ensuite nous exporté ce fichier sous forme (dwg) sur le logiciel piste qui est un outil informatique permettant de faire les calculs nécessaires à la réalisation d'un projet routier afin de faire :

- ◆ La conception plane
- ◆ La conception longitudinale
- ◆ La conception transversale

Il permet également de calculer automatiquement les cubatures après la définition du profil en travers types.

### **2.2.2- Conception géométrique**

La chaussée est définie géométriquement par le tracé de son axe en plan, son profil en long et son profil en travers.

Les règles de dimensionnement de tracé en plan et de 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'autres parts à garantir des bonnes conditions de sécurité, au moyen notamment de principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et de principes relatifs à la visibilité.

La coordination du tracé en plan, du profil en long est nécessaire, en particulier pour le respect des conditions de visibilité et de perception.

Une fois le tracé défini par le projecteur, il est important de procéder à des vérifications en adoptant le point de vue de l'utilisateur de la route.

#### **2.2.2.1- Norme d'aménagement**

##### ❖ Paramètres des normes d'aménagement

Le tracé d'une route est fonction de la topographie du terrain, la qualité des sols, le trafic et l'économie. Le choix d'aménagement d'un projet routier doit respecter certaines caractéristiques liées à la possibilité technique de conduite et d'homogénéité interne (cohérence entre tracé en plan et profil en long, visibilité minimale et moyenne). Les différents aménagements pour une route tiennent essentiellement compte des paramètres suivants :

- La vitesse de référence.
- La classe et l'importance de la route en étude.
- L'état et les conditions naturelles du site du projet.
- Le paramètre économique.

#### ❖ Choix de la norme

Les normes françaises utilisables généralement au MALI sont entre autre :

- L'ICTAAL (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison) du 22-10-1985 relative aux infrastructures de type autoroutier.
- L'ICTARN (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Route Nationales) du 28-10-1985 relative aux routes principales interurbaines : il a été remplacé par le document ARP (Aménagement des Routes Principales) du 05/08/1994.
- L'ICTAVRU (Instructions sur les conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines) de 1986) relatives aux autoroutes et artères urbaines.

Dans notre cas nous utiliserons l'aménagement des routes principales (ARP).

#### 2.2.2.2-Vitesse de référence (Vr)

La normalisation des conditions techniques d'aménagement s'appuie essentiellement sur la vitesse de référence. C'est la vitesse théorique qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement des points particuliers (déclivité, virage, dévers...) d'une section de route. Autrement dit c'est la vitesse qui peut être pratiquée en tout point de la section considérée. Son choix doit rester homogène et cohérent pour toute la route étudiée.

On distingue cinq catégories de route en fonction de la vitesse de référence,

Les contraintes de relief étant faible, la nécessité d'offrir aux usagers les meilleures conditions de sécurité, de confort, rapidité et d'aménagement le plus économique, nous a conduit à choisir comme vitesse de référence 80 km/h pour une catégorie (R80).( plus de détails dans **Annexe 2** ). [1]

#### 2.2.3-Tracé en plan

Le tracé en plan est la projection de l'axe de la route sur un plan horizontal, il est constitué par des alignements droits, des arcs de cercles permettant de contourner les obstacles et par des raccordements à courbures variables entre les droites et les cercles. Nous nous sommes servis des levés topographiques effectués sur le terrain pour faire ce tracé. Pour la représentation de la voie, nous avons tenu compte de la vitesse de référence et des paramètres fondamentaux des projets routiers (devers et rayons de courbure).

Le tableau suivant présente les paramètres fondamentaux d'un aménagement routier en fonction des catégories de vitesse de référence.

Tableau 2 : Paramètres fondamentaux du tracé en plan selon ARP

Désignation	LES DIFFERENTS RAYONS	R80
Tracé en Plan	Rayon minimal RHm (m)	240
	Rayon au devers minimal RH (m)	650
	Rayon non déversé RH' (m)	900
	Devers maximal	7

### 2.2.4-Profil en long

Le profil en long est la coupe longitudinale de la chaussée perpendiculairement à l'axe suivant un plan vertical de la route. Il doit être choisi de façon à répondre aux normes de sécurité et de confort pour l'utilisateur. Par conséquent, les ondulations de terrain doivent être évitées au maximum ; ce qui conduit à des rayons très grands compris entre **2000 et 5000m**. De manière générale, le choix de l'axe doit être fait de manière à ce que le volume des déblais soit sensiblement égal à celui des remblais, dans le cas de Koulikoro la présence de roche ne nous permettra pas de faire du déblais remblai, le déblai rocheux sera mis en dépôt et les remblais viendront de carrière. Les résultats ont donné un volume total de **remblai 111163 m<sup>3</sup>** et **494070 m<sup>3</sup>** pour le **déblai**.

Sur le profil en long se chevauchent deux lignes :

- Une ligne représentant le profil en long du terrain naturel (appelée ligne noire) ;
- Une ligne représentant le profil en long de la chaussée projetée (aussi appelée « ligne rouge »).

On choisit la ligne rouge de façon à assurer la circulation des véhicules à une vitesse bien précise avec le confort et la sécurité, nécessaires, mais en réduisant au minimum le volume des terrassements tout en tenant compte des ouvrages hydrauliques projetés

Tableau 3 : Paramètres fondamentaux du profil en long en fonction de la vitesse de référence [2]

Désignation	Catégorie	R80
Profil en long	Rayon minimal en angle saillant (m)	3000
	Rayon minimale en angle rentrant (m)	2200
	Devers maximal	6

### 2.2.5- Profil en travers

Le profil en travers est défini comme la coupe de la route suivant un plan perpendiculaire à l'axe principal.). Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs

(largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.).

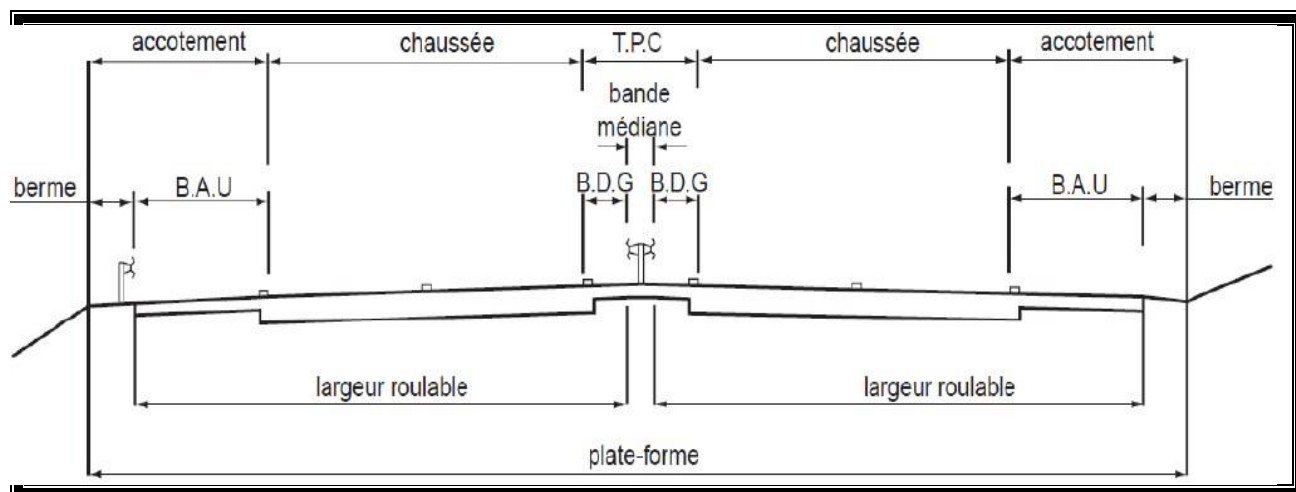


Figure 2 : Eléments du profil en travers en 2x2 voies en section courante

Dans le cas de ce projet, nous avons établi des profils en travers types des différentes zones en tenant compte :

- Du niveau d'aménagement de la route
- De la fluidité du trafic ;
- Du trafic piéton ;
- D'un réseau d'assainissement efficace ;
- Et enfin, du respect des normes techniques usuelles en matière de dimensionnement géométrique de la voirie.

De ce qui précède, ont été retenus un (01) profils en travers décrits comme suit :

**Profil en travers type PT1 :** (dans les agglomérations)

- Circulation : 1 chaussée revêtue en béton bitumineux de 2x2voies ;
- Largeur de la chaussée : 7 m ;
- Nombre d'accotements : 2 ;
- Largeur d'accotement : 1,50 m
- Nombre piste cyclable : 2
- Largeur piste cyclable : 1,5m
- Pente transversale : 3 % (profil en toit) ;
- Caniveau (140 x140) ;
- Talus de remblai : 3/2
- Terre-plein-central (TPC) : 2,4 m

Une présentation des différents profils en long et du profil en travers type en **ANNEXE 7**.

## 2.3 -Etudes géotechniques

Les résultats géotechniques qui nous ont été fournis par la **SAEG** nous ont permis d'apporter les appréciations sur les caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux qui se trouvent sur l'emprise du projet. Et partant de là, nous proposerons les caractéristiques des matériaux d'emprunts, toute étude de route passe par une étude de reconnaissance du sol en place afin de connaître la capacité de sa portance. La connaissance de la portance du sol est en effet nécessaire pour déterminer le type de chaussée à construire ainsi que sa composition structurale.

Les études géotechniques ont consisté à faire dans un premier temps, des sondages sur la plateforme et des emprunts éventuels puis des essais au laboratoire.

### 2.3.1- Les essais réalisés

- Sondages

C'est une investigation du sol en une profondeur donnée qui est réalisé avec ou sans forage d'un trou, destinée à déterminer la nature et les caractéristiques mécaniques, physiques et éventuellement chimiques de ses constituants afin de prévoir son comportement lors de la conception de l'ouvrage. Vingt-cinq (25) sondages (puits à ciel ouvert) ont été effectués sur la plateforme avec prélèvement d'échantillons dans chaque puits sauf dans ceux où la carapace affleure.

Ces échantillons ont fait l'objet d'essais d'identification (analyse granulométrique norme NF P 94 056 ; limites d'Atterberg norme NF P 94 051), puis ont été classés suivant la méthode HRB en famille ou groupe de famille de sols types. Au total 4 groupes de sols types ont été constitués.

Ces groupes de sols ont fait l'objet d'essais de portance : Proctor Modifié (norme NF P 94 093) ; CBR à trois (03) énergies (55 ; 25 et 12 coups) et à 96 heures d'imbibition (norme NF P 94 078).

### 2.3.2- Essais physiques

- Teneur en eau

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi dire que la teneur en eau est le poids d'eau  $W$  contenu par unité de poids de matériau sec exprimée en pourcentage.

$$w = Ww / Ws$$

$W$ : La teneur en eau

$Ww$  : Poids d'eau

$Ws$ : Poids de matériau sec

- Analyses granulométriques (NFP 18-560, NFP 18-540)

C'est le procédé par lequel on détermine la proportion des différents constituants solides d'un matériau grenu en fonction de leur grosseur à l'aide de tamis normalisés. Il permet donc de distinguer les sols fins des sols sableux ou encore des sols graveleux.

- **Limites d'Atterberg (NF P 94-051) :**

Le but de l'essai est de déterminer la teneur en eau d'un sol à son passage de l'état liquide à l'état plastique (limite de liquidité) et de la teneur en eau d'un sol à son passage de l'état plastique à l'état solide (limite de plasticité).

L'indice de plasticité est obtenu en soustrayant la limite de plasticité à la limite de liquidité.

Soit :

$$IP = WL - WP$$

IP : Indice de Plasticité

WL : Limite de liquidité

WP : Limite de plasticité

### 2.3.3 -Les essais mécaniques

- **Essai Proctor (NF P 94-093)**

L'essai Proctor a pour but de déterminer la teneur en eau optimale pour un sol donné et des conditions de compactage fixées, qui conduit au meilleur compactage possible ou encore capacité portante maximale.

Il consiste à placer dans un moule normalisé non perforé de dimensions et de poids connu, un échantillon humidifié de manière homogène à une teneur en eau donnée, peu élevée au début, et à compacter cet échantillon par couches (cinq couches au total pour le Proctor modifié contrairement aux trois du Proctor normal) au moyen d'une dame de poids standardisé tombant d'une hauteur également standard. La densité de compactage est de 55 coups pour chacune des cinq couches du moule. Pour chacune des teneurs en eau considérée, on détermine le poids volumique sec du sol et on établit la courbe de variation de ce poids volumique en fonction de la teneur en eau.

- **Essai CBR NF P94- 078 :**

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



consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules perforés à la teneur en eau optimum (déterminée grâce au Proctor modifié) avec trois énergies de compactage : 55 coups/ couche ; 25 c/c ; 10c/c (cinq (5) couches par moule) et imbibé pendant 96h.

Les résultats de ces essais sont consignés dans les tableaux ci-dessous :

### 2.3.4- Emprunts latéritiques

Ils sont au nombre de cinq respectivement repérés Par C1, C2, C3, C4 et C5. Sur chaque emprunt, les investigations ont été menées par l'implantation de sondages par puits et le prélèvement d'échantillons par emprunt pour essais en laboratoire.

Les résultats de ses essais sont donnés dans le tableau ci-dessous :

*Tableau 4 : résultat des essais d'emprunts latéritiques*

Emprunts	Pk	Distance/ axe m	% Fines	Limites d'Atterberg		Proctor modifié		CBR		Classification	Volume m3	
				LL	IP	Dsm	Wopm	95%	98%		V.exp.	V.dec
C1	13+560	600	11	31	11	2.24	7.00	72	95	A-2-6	140 000	28 000
C2	5+867	550	17	41	18	2.56	7.00	65	78	A-2-6; A-2-7	240 000	30 000
C3	9+575	100	17	35	17	2.44	6.50	69	84	A-2-7; A-2-6	140 000	35 000
C4	8+650	250	15	38	15	2.19	9.30	86	104	A-2-6	72 900	27 000
C5	5+867	550	16	42	16	2.33	7.20	80	119	A-2-6; A-2-7	64 000	8 000

V.exp : Volume de matériaux exploitable;

V.dec : volume de découverte (terre végétale).

### 2.3.5- HYPOTHESE POUR LE CHOIX DES MATÉRIAUX

➤ Couche de fondation

- % fines < ou = 25 % ;
- LL : < ou = 35
- IP < 15
- CBR à 95% OPM > ou = 30

➤ Couche de Base

- % fines < 25 %
- IP < 15
- LL : < ou = 35
- Densité OPM  $\geq 2,00 \text{ T/m}^3$
- CBR à 98% OPM > 80

Ainsi nous proposons l'utilisation des emprunts dans les différents corps de chaussée comme suit :

Tableau 5: proposition de l'utilisation des emprunts pour le corps de la chaussée

Emprunts	PK	Distance / axe	Volume exploitable en m <sup>3</sup>	Utilisation en couche de fondation	Utilisation en couche de base
C1	13+560	600	140 000	+	+
C2	5+867	550	240 000	+	
C3	9+575	100	140 000	+	+
C4	8+650	250	72 900	+	+
C5	5+867	550	64 000	+	+

### 2.2.6- GRANULATS POUR REVÊTEMENT DE CHAUSSÉE

La carrière pour matériaux de revêtement retenue dans le cadre du présent projet est la carrière doléritique de Sirakorola située au PK42 de la route Koulikoro - Banamba.

C'est un gîte de dolérite en roche massif, nous y avons effectué des prélèvements pour essais en laboratoire. Il a été réalisé des essais de duretés Los Angeles sur les fractions normalisées 6,3/10 et 10/14

Les résultats des essais Los Angeles sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 6 : récapitulatif des résultats des essais Los Angeles

Désignation	Calibre adopté	Coefficient Los Angeles (LA)
Essais n°1	6,3/10	24 %
Essais n°2	10/14	22

Tableau 7: résultat des essais pour la plateforme

DESIGNATION	GRANULOMETRIE % DE PASSANT A (mm)								LIMITES D'ATTERBERG		CLASSIFICATION H R B	PROCTOR MODIFIÉ		C. B. R % DE COMPACTITE		
	31,5	20	10	5	2	1	0,5	0,08	LL	IP		DSM	Wop m	92	95	98
Sondage de plate-forme																
Groupe 1(S1+S3+S4)	100	100	96	86	84	82	63	24	20	7	A-2-4(0)	2,24	6,50	18	84	103
Groupe 2(S16+21)	100	100	99	97	94	92	82	57	23	8	A-4(4)	2,01	9,50	14	17	25
Groupe 3(S17)	100	100	96	84	75	72	63	48	26	10	A-4(3)	2,09	9,40	21	32	44
Groupe 4 S22	92	84	60	42	35	34	33	25	21	8	A-2-4(0)	2,45	6,50	25	39	50
Groupe 5 S23	100	99	96	94	93	92	91	72	21	5	A-4(7)	1,93	9,80	12	24	59
Groupe 6 S24	100	100	100	98	96	92	69	46	18	7	A-4(2)	2,05	8,50	20	26	43

Tableau 8 :Classes de sols selon le guide CEBTP. [2]

<b>Classes de sols</b>	<b>Portance CBR</b>
------------------------	---------------------

S1	<5
S2	5 à 10
S3	10 à 15
S4	15 à 30
S5	>30

Les résultats des essais effectués sur la plateforme récapitulés dans les tableaux **ci-dessus** indiquent que le sol de place de la section non revêtue est de la classe **S4**. [3]

## 2.4 Etudes hydrologiques

L'hydrologie est la science qui traite les eaux de surface de la Terre, leur formation, leur circulation, leur distribution dans le temps et dans l'espace, leurs propriétés biologiques, physiques et chimiques et de leur interaction avec leur environnement, y compris avec les êtres vivants, l'eau étant pour tous ouvrages de génie-civil une cause première des dégradations diverses, ces problèmes liés à l'eau sont notoires en tout point : traversée de grandes rivières, franchissement de petits cours d'eau, écoulement des eaux superficielles, passage sur zones inondables, la remontée d'eau souterraine... Ces problèmes doivent être résolus à la phase d'étude, de réalisation et d'exploitation. Il devient donc nécessaire de bien mener les études hydrologiques et hydrauliques même si celles-ci ne conduisent parfois qu'à une approche de solution. Elle a pour but de rassembler et d'exploiter les données permettant d'évaluer le débit pour un bassin versant donnée ou pour un cours d'eau et d'assurer la protection de la route contre les eaux de ruissellement en préconisant des ouvrages au droit des passages d'eau le long de l'axe du projet.

Pour mener à bien cette étude, elle a comporté dans son étape préliminaire à une reconnaissance de terrain et à la collecte des données. Ensuite, s'en est suivie l'étude de bureau qui est consacrée au traitement des données, aux délimitations des bassins versants, et aux calculs des débits de projet, la collecte des données qui nous a permis d'obtenir :

- Les données météorologiques relatives aux précipitations annuelles ;
- Des informations sur les cours d'eau telles que les dégâts causés par les crues, les niveaux de montée des eaux dans la zone d'étude.

### 2.4.1- Traitement des données

La station pluviométrique de référence dans la zone de projet est celle de Koulikoro. Les données météorologiques de la station de Koulikoro pour la période de (1960 à 2004) ont permis d'aboutir à une moyenne annuelle de 855 mm Par ailleurs l'exploitation de la carte des isohyètes

établies par la méthode CIEH a donné une moyenne de l'ordre de 1050 mm pour la zone du projet. Au regard de ces résultats, on peut constater une différence entre les données enregistrées. Il sera retenu pour la suite des calculs hydrologiques la valeur de 855mm pour la zone du projet. Quant à la pluviométrie maximale journalière de fréquence décennale, elle a été obtenue à partir de la carte des isohyètes établie par l'ex CIEH et est égale à 97mm.

## **2.4.2 Etude des bassins versants de la zone du projet**

### **2.4.2.1 Délimitation des bassins versants**

Avec le Développement croissant de la technologie et vue la précision de calcul de l'outil informatique, nous avons opté pour la méthode numérique de délimitation de ces bassins, elle se fera avec les logiciels SIG que sont : Google earth et Global Mapper. Et par la suite nous avons obtenu ainsi quinze (15) bassins versants. Au cours de cette phase on a pu rassembler autant que possible la documentation cartographique et photographique disponible sur la zone étudiée (tel que des images satellitaires du Google Earth). Ces images renseignent sur la géométrie du bassin versant, sur la forme du réseau hydrographique, la nature et l'occupation des sols et la présence d'ouvrages de génie civil qui pourraient influencer l'écoulement des crues.

Pour ces bassins nous avons déterminé leurs caractéristiques physiques et morphologiques (surface, périmètre, pente moyenne etc...).

Ci-dessous la figure :

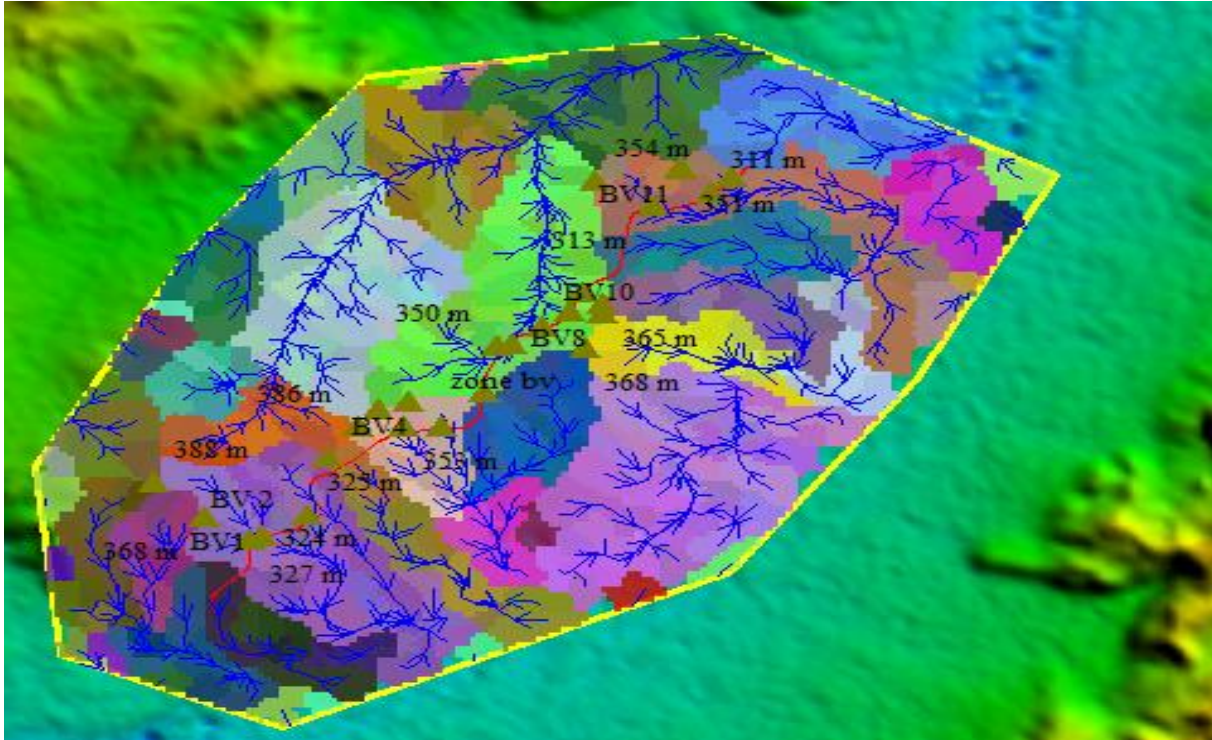


Figure 3 : Délimitation des Bassins versants

### Caractéristiques physique des bassins versants [10]

#### ❖ La surface (S)

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les quantités d'eau vont être fonction de sa surface. La surface du bassin versant peut être mesurée à l'aide d'un planimètre, d'un papier millimétré ou par des techniques de digitalisation. Dans ce projet elle a été obtenue à l'aide du logiciel Global Mapper. On classe les bassins versants en général relativement à leur surface :

- Très petit bassin versant :  $0 \leq S \leq 10 \text{ km}^2$
- Petit bassin versant :  $10 \leq S \leq 200 \text{ km}^2$
- Grand bassin versant :  $200 \leq S \leq 2000 \text{ km}^2$
- Très grand bassin versant :  $S > 2000 \text{ km}^2$

Dans notre cas les bassins versants sont de **très petit bassin** car sont entre  $0 \leq S \leq 10 \text{ km}^2$  ...

#### ❖ Le périmètre (P)

Il est mesuré à l'aide d'un curvimètre, une ficelle ou de technique de digitalisation. Dans notre cas il a été obtenu par le logiciel Global Mapper.

#### ❖ La forme du bassin versant

La forme du bassin versant importe surtout pour le débit de crue. Par exemple dans un bassin étroit et très allongé comportant de petits affluents repartis le long du cours d'eau principal, les crues seront lentes et faibles contrairement à un bassin ramassé pour lequel les affluents ont des longueurs sensiblement égales à celles du cours d'eau principal les différents débits arrivent simultanément à l'exutoire provoquant des crues rapides et puissantes. L'indice admis pour représenter cette caractéristique est le coefficient de compacité de Gravelius  $K_G$  défini comme suit :

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot S}} \quad \text{où } P \text{ est le périmètre en km et } S \text{ la surface en km}^2$$

On classe la forme des bassins suivant le coefficient de compacité de Gravelius  $K_G$ . Ainsi on a

- $K_G = 1 \rightarrow$  Bassin ramassé ou circulaire
- $K_G > 1 \rightarrow$  Bassin allongé

Après calcul du coefficient de compacité de GRAVELIUS  $K_G$  on en déduit que les bassins sont de forme allongé.

#### ❖ La longueur du rectangle équivalent du bassin versant (L)

C'est la longueur d'un rectangle ayant la même surface et le même périmètre que le bassin versant. Elle est obtenue par la formule :

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - S} \quad \text{où } P \text{ est le périmètre et } S \text{ la surface}$$

#### ❖ La densité de drainage ( $D_d$ )

La densité de drainage est le rapport entre la longueur totale du réseau hydrographique et la surface du bassin. Elle est obtenue par la formule  $D_d = \frac{\sum L_i}{S}$

#### ❖ La pente longitudinale moyenne (I)

Le logiciel Global Mapper nous a permis d'obtenir quelques caractéristiques des bassins versants telles que : le périmètre (P), la surface (S), la hauteur minimale, la hauteur maximale et la pente moyenne (I).

L'ORSTOM (actuellement IRD : Institut de Recherche pour le Développement) a défini 6 classes de bassins versants en fonction de la pente longitudinale moyenne :

- ✓ R1 : pentes extrêmement faibles, < 0.2%
- ✓ R2 : pentes faibles, < 0.5%

- ✓ R3 : pentes modérées entre 0.5% et 1%
- ✓ R4 : pentes assez fortes, pentes longitudinales entre 1% et 2%, et pentes transversales supérieures à 2%.
- ✓ R5 : pentes fortes, pentes longitudinales entre 2% et 5%, et pentes transversales entre 8% et 20%.
- ✓ R6 : pentes très fortes, pentes longitudinales supérieures à 5%, et pentes transversales supérieures à 20%.

**Dans le cas présent, sur les 13 bassins nous avons 9 bassins qui ont une pente longitudinale comprise entre 2% et 5% donc de type R5 et 4 bassins versants (BV4, BV12, BV10, BV13) qui ont une pente longitudinale supérieure à 5% ce qui implique qu'ils sont de type R6.**

#### ❖ Indice global de pente du bassin versant (Ig)

Elle se détermine à partir du relief de l'ensemble du bassin versant et est exprimée en m/km. Ce relief est défini par la courbe hypsométrique du bassin versant. Nous convenons d'utiliser la formule empirique pour la détermination de cet indice.

$$I_g = \frac{0,026}{\sqrt{S}}$$

Où S est la surface en km<sup>2</sup> et Ig exprimé en pourcentage.

#### ❖ Perméabilité

L'ORSTOM a défini 5 classes de bassins versants en fonction de la perméabilité des sols:

- ✓ P1 : bassins rigoureusement imperméables, entièrement rocheux ou argileux.
- ✓ P2 : bassins assez imperméables ou bassins homogènes presque imperméables.
- ✓ P3 : bassins assez imperméables ou bassins homogènes assez peu perméables.
- ✓ P4 : bassins assez perméables
- ✓ P5 : bassins perméables

#### *Perméabilité de notre sol*

Le sol de notre site est composé essentiellement d'argile, par tout à travers la zone d'ouvrage. A partir de cette lecture nous pouvons classer notre bassin dans la 3ème catégorie c'est-à-dire la catégorie *P3 correspondant à des bassins assez imperméables comportant des zones perméables d'étendus notable ou bassins homogènes assez peu perméable*

Tableau 9 : Récapitulatif des Caractéristiques des bassins dans un tableau

N° Bassin versant (BV)	Surface (Km <sup>2</sup> )	Périmètre (Km)	Point le plus haut (m)	Point le plus bas (m)	H= Ph- pb	Indice global (%)	Pente moyenne (%)	Kg =P/2*√π. S	Densité de drainage
BV1	0.3972	3.044	368	327	41	4.26	3.35	1,3625	0,046
BV2	1.095	5.804	388	324	64	4.67	4.07	1,5646	0,017
BV3	0.661	4.762	379	325	54	4.24	4.02	1,6523	0,028
BV4	0.1545	1.861	386	353	33	6.81	6.89	1,3356	0,119
BV5	0.2848	2.637	377	346	31	5.18	2.71	1,3939	0,065
BV6	1.699	7.344	380	350	30	2.48	2.57	1,5894	0,011
BV7	0.317	3.435	370	346	24	2.65	2.46	1,7210	0,058
BV8	0.1362	1.941	368	347	21	3.26	3.30	1,4837	0,135
BV9	0.1956	2.46	369	347	22	4.31	4.33	1,5691	0,094
BV10	0.0979	2.236	365	348	17	4.40	4.37	2,0159	0,188
BV11	0.862	4.489	354	313	41	6.34	5.96	1,3639	0,021
BV12	0.1083	1.717	351	311	40	7.21	7.12	1,4718	0,170
BV13	0.2066	2.376	351	312	39	5.67	5.69	1,4746	0,089

### 2.4.3- Détermination de débits de crue

**Note :** Le calcul hydrologique se fait en condition de manque de données.

Il existe plusieurs méthodes pour la détermination de débit parmi lesquelles nous citerons les plus utilisés

- **La méthode rationnelle :** cette méthode est très utilisée en hydraulique urbaine pour la projection des ouvrages d'assainissement routier (fossés latéraux ou caniveaux) et pour les petits bassins versants de superficie  $S \leq 4 \text{ km}^2$ .
- **La méthode ORSTOM :** cette méthode permet de déterminer les débits de crue décennale des bassins versants de superficie comprise entre  $2 \text{ km}^2$  et  $200 \text{ km}^2$ .
- **La méthode CIEH :** c'est une méthode statistique applicable aux bassins versants de superficie inférieure ou égale à  $1000 \text{ km}^2$  ( $S \leq 1000 \text{ km}^2$ ).
- **La méthode superficielle de Caquot :** elle dérive de la méthode rationnelle et est surtout utilisée pour les bassins urbanisés de superficie  $S < 200 \text{ ha}$ .

Toutes ces méthodes doivent aboutir à la détermination du débit de projet, ce qui nous permettra de dimensionner nos ouvrages. Après analyse, nous convenons d'utiliser la méthode **CIEH et la méthode rationnelle**.

#### 2.4.3.1- Débits de projet pour les écoulements transversaux



Notre axe est traversé du PK00+00 au PK13+560 par un écoulement des eaux drainées par le bassin versant donc il est prévu un dalot à chacun de ces endroits. Toutes fois on tient à rappeler que le temps de retour sera considéré pour les grands ouvrages égale à 50 ans et 20 ans pour les petits ouvrages.

- **Méthode rationnelle**

◆ La formule est la suivante :

$$Q_{10} = 0.278.C.i.A ;$$

- ✚ C : coefficient de ruissellement ;
- ✚ i : intensité de la pluie (en mm/heure) pour une période de retour T donnée,
- ✚ A : la superficie drainée à l'amont du point de calcul ;

La méthode rationnelle nécessite au préalable des intensités des averses, pour l'élaboration des courbes Intensité Durée Fréquence (IDF) qui varie selon les régions et les périodes de retour choisies. Les courbes IDF peuvent analytiquement être représentées par la **formule de montana** :

$$i(T) = a.T_c^{-b}$$

- ✚ T<sub>c</sub> : durée d'averse (en mm) correspondant au temps de concentration du bassin versant ;
- ✚ a et b sont les coefficients de régression de Montana dépendant des observations météorologiques.

La localité la plus proche de la zone d'étude dont les coefficients de Montana sont disponibles est Bamako. Ces valeurs sont les suivantes pour la période de récurrence de **10ans** et des durées inférieures à 1heure : **a=7.5 ; b=0.40** (CIEH,1985)

Pour mettre en œuvre la méthode rationnelle il faut préalablement déterminer le temps de concentration du bassin versant. Ce temps de concentration est déterminé à partir des formules empiriques. Nous retiendrons ici la formule de KIRPICH très utilisée en Afrique de l'Ouest et qui semble dans la pratique donner de bons résultats. Elle s'écrit sous la forme suivante :

$$T_c = \frac{0.0195.Lh^{0.77}}{I^{0.385}}$$

- ✚ T<sub>c</sub> : temps de concentration en minutes ;
- ✚ Lh : longueur du plus long cheminement hydraulique du bassin en mètres ;
- ✚ I : pente en m/m.

- ◆ **Le coefficient de ruissellement C** : La figure 8 suivante qui nous donne des valeurs de C est fonction de différents paramètres tels que : la surface du bassin versant, sa pente, la nature du sol et de la couverture végétale.

Les bassins versants ont des superficies supérieures à 10ha (0.1km<sup>2</sup>) et des pentes moyennes qui sont de moins 5 %, d'autres comprises entre 5% à 10%.

On suppose qu'ils sont déjà attaqués par l'érosion et que ce sont des zones de cultures non couvrantes ou terrain dénudé.

De ce fait nous déduisons que le coefficient de ruissellement pour les bassins versants est pris égale à 0.7 pour les bassins dont l pente moyenne est moins de 5% et 0.75 pour les pentes qui sont de 5% à 10%.

Nature de la couverture végétale	<i>Valeurs de C</i>							
	Petits bassins de 0 à 10 ha présentant une pente de				Bassins moyens de 10 à 400 ha présentant une pente de			
	Moins de 5%	De 5% à 10%	De 10% à 30%	Plus de 30%	Moins de 5%	De 5% à 10%	De 10 à 30%	Plus de 30%
Plateformes et chaussées de routes	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Terrains dénudés ou à végétation non couvrante, Terrains déjà attaqués par l'érosion	0,80	0,85	0,90	0,95	0,70	0,75	0,80	0,85
Cultures couvrantes, céréales hautes, Terrains de parcours Petite brousse clairsemée	0,70	0,75	0,80	0,85	0,52	0,60	0,72	0,80
Prairies, Brousse dense, savane à sous-bois	0,70	0,75	0,80	0,85	0,30	0,36	0,42	0,50
Forêt ordinaire en futaie								
Sous-bois touffus	0,30	0,50	0,60	0,70	0,13	0,20	0,25	0,30
Grande forêt primaire	0,20	0,25	0,30	0,40	0,15	0,18	0,22	0,25

Figure 4 Coefficient de ruissellement

Le tableau suivant donne le résultat du calcul des débits de crue décennale effectué :

Tableau 10 : résultat des débits obtenus suite aux différents calculs

BV	surface (km <sup>2</sup> )	TC (min)	intensité i(mm/mm)	valeur de c	k	Q=0,278CIA (m <sup>3</sup> /s)
1	0,3972	5,035	235,726	0,7	0,278	5,06
2	1,095	14,863	152,886	0,7	0,278	9,05
3	0,661	10,935	172,859	0,7	0,278	6,18
4	0,1545	1,110	431,590	0,75	0,278	3,86
5	0,2848	2,906	293,695	0,7	0,278	4,52
6	1,699	19,751	136,451	0,7	0,278	12,53
7	0,317	5,732	223,817	0,7	0,278	3,84
8	0,1362	1,719	362,367	0,7	0,278	2,67
9	0,1956	0,870	475,816	0,7	0,278	5,03
10	0,0979	0,010	629,078	0,7	0,278	3,33
11	0,862	9,767	180,849	0,75	0,278	9,03
12	0,1083	0,461	613,596	0,75	0,278	3,85
13	0,2066	2,269	324,243	0,75	0,278	3,88

• **Calcul des débits par la méthode CIEH (Puech et Chabi-Gonni)**

La formule générale donnant le débit décennal Q<sub>10</sub> est de la forme :

$$Q_{10} = a \cdot S^b \cdot I_g^c \cdot Kr_{10}^d \cdot P_{10}^e \cdot D_d^f \quad \text{où :}$$

- a, b, c, d, e et f sont des coefficients déterminés par la méthode de la régression multiple ;
- I<sub>g</sub> : Indice global de pente (m/km) ;
- P<sub>10</sub> : Pluie journalière de fréquence décennale (mm) ;
- D<sub>d</sub> : La densité de drainage (m/km<sup>2</sup>) ;
- S : la superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>) ;
- Kr<sub>10</sub> : coefficient de ruissellement décennal qui est fonction de la nature géologique du sol et de la pluviométrie annuelle.

Cette méthode repose principalement sur les équations de régressions multiples entre paramètres hydrologiques corrélables, permettant l'estimation des débits de pointe décennal. Sur la base de la formule générale du CIEH des formules a 2,3, voir 4 paramètres ont été élaborer, les formules sont les suivantes. [4]

Tableau 11 : Formules de la méthode CIEH

Nombre de paramètre	Formules
<i>Formule à deux paramètres</i>	$Q_{10} = 4,09 \times S^{0,607} \times I_g \times 0,304$
	$Q_{10} = 0,45 \times S^{0,546} \times k_{r10}^{0,815}$
<i>Formule à trois paramètres</i>	$Q_{10} = 131 \times S^{0,68} \times I_g^{0,56} \times Pan^{-0,68}$
	$Q_{10} = 0,138 \times S^{0,673} \times I_g^{0,345} \times k_{r10}^{0,68}$
<i>Formule à quatre paramètres</i>	$Q_{10} = 0,391 \times S^{0,71} \times I_g^{0,47} \times k_{r10}^{-0,93} \times Pan^{-0,25}$

Après calculs on obtient les résultats suivants des débits par la méthode CIEH dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12: récapitulatifs des débits calculés par la méthode CIEH

Num BV	Surface km <sup>2</sup>	kr en %	Pan	Ig	Q10 (m/s)
1	0,3972	7,09	855	4,26	1,17
2	1,095	7,09	855	4,67	1,96
3	0,661	7,09	855	4,24	1,31
4	0,1545	7,09	855	6,81	0,71
5	0,2848	7,09	855	5,18	1,14
6	1,699	7,09	855	2,48	1,95
7	0,317	7,09	855	2,65	0,73
8	0,1362	7,09	855	3,26	0,52
9	0,1956	7,09	855	4,31	0,64
10	0,0979	7,09	855	4,4	0,62
11	0,862	7,09	855	6,34	1,76
12	0,1083	7,09	855	7,21	0,55
13	0,2066	7,09	855	22	0,78

Après le calcul du débit par les deux méthodes ci-dessus, le tableau récapitulatif suivant

Des deux méthodes nous donne un aperçu du débit qui sera choisi pour la condition la plus défavorable à savoir celle présentant le plus grand débit à évacuer.

Tableau 13 : Récapitulatif des débits calculés

BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Méthode rationnelle	5.06	9.05	6.18	3.86	4.52	12.53	3.84	2.67	5.03	3.33	9.03	3.85	3.88
Méthode CIEH	1,17	1,96	1,31	0,71	1,14	1,95	0,73	0,525.03	0,64	0,62	1,76	0,55	0,78

**Le débit choisi est le débit de la méthode rationnelle**

## CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE, DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ET DE FRANCHISSEMENT

Ce chapitre abordera spécifiquement deux grands points qui sont : le dimensionnement de la chaussée et le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Pour le dimensionnement de la chaussée, nous allons utiliser le « **Guide de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux** ». Les paramètres utilisés par le **Guide** [2] sont la portance du sol de la **plateforme** et le **trafic**. Les types d'ouvrages proposés sont les **dalots**

et caniveaux.

### 3.1- Dimensionnement de la chaussée

#### 3.1.1 -Etude du trafic

Le trafic est un élément essentiel dans le dimensionnement d'une route, il consiste à évaluer le nombre de véhicule qui circule sur un itinéraire pendant une durée de déterminée.

Il est important d'avoir une connaissance assez précise du trafic qu'aura à supporter la route durant la période pour laquelle elle est sera dimensionnée. Ainsi, à partir de la moyenne journalière annuelle en **PL (Poids Lourd)** à l'année de mise en service, la **classe de trafic Ti** sera déterminée.

Les classes de trafic retenues dans le guide sont définies de plusieurs façons en fonction du degré de précision des données disponibles :

- Trafic journalier toute catégorie de véhicules confondues ;
- Trafic cumulé de poids lourds ;
- Trafic cumulé selon les équivalences d'essieux tirées des essais AASHO par Liddle.

Selon la norme française NF P 98-082, est défini comme poids lourd tout véhicule dont le poids total en charge est au moins égal à 3 tonnes.

##### 3.1.1.1- Différents types de trafic

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Trafic total** : C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

### 3.1.1.2-Données du trafic disponible

Les données dont nous disposons ont comme source le service des données de la Direction National des Routes (DNR). Il s'agit des résultats des comptages qu'il effectue dans le cadre de ses missions habituelles.

### 3.1.1.3 -DONNEES RECUEILLIES

Tableau 14 : Résultats du comptage de la DNR

Désignation	2013		2012		2009		2008	
	VL	PL	VL	PL	VL	PL	VL	PL
Bamako Koulikoro- Banamba	2173	821	1701	696	1128	211	561	224

VL : Voitures Légères ; PL : Poids Lourds ; VP : Voitures Particulières ; VPL : Véhicules Poids Lourds.

On a ainsi :

- La moyenne journalière de 2009 à 2008 qui est de : PL= 218
- La moyenne journalière de 2013 à 2012 qui est de : **PL= 759**

Nous prenons la 2<sup>ème</sup> moyenne comme trafic de base en 2013. Le trafic est un élément essentiel dans le dimensionnement d'une route, il consiste à évaluer le nombre de véhicule qui circule sur un itinéraire pendant une durée déterminée ;

### 3.1.1.4 -L'année de mise en service

L'année de mise en service, c'est l'année à laquelle le projet entrera réellement en vigueur et où il sera ouvert à la circulation des véhicules ; pour notre projet, elle sera **l'année 2020**.

La détermination du trafic à l'année de mise en service suppose la connaissance de deux paramètres

- Le trafic journalier pendant l'année du dernier comptage (en 2013)
- Taux de croissance annuel.

### 3.1.1.5- Le taux de croissance annuel

Conformément à l'étude, il a été retenu comme prévisions de trafic poids lourds au cours la durée de vie de l'ouvrage un taux de croissance de 3%.

### 3.1.1.6- Calcul du trafic moyen journalier annuel en poids lourds de l'année de mise en service 2020 (TJMA2020)

Le trafic moyen journalier annuel est l'élément permettant l'estimation du trafic à l'horizon du projet. Par définition, c'est le rapport du trafic annuel par le nombre de jours dans l'année, soit 365 jours. En considérant une croissance exponentielle du trafic, il peut être aussi déterminé avec le taux de croissance annuelle du trafic retenu dans notre cas à 3%. Les véhicules poids lourds seront les seuls considérés pour l'estimation du trafic. On aura donc :

$$T_0 = TJMA_{2020} = TPL \times (1+i)^{m-n} = 759 \times (1+0,03)^{20-12} = 961,48 \approx \mathbf{962 \text{ VPL/j}}$$

### 3.1.1.7-Trafic de dimensionnement

#### -Trafic cumulé en poids lourds à l'horizon du projet 2035 (TJMA2035) :

La route en projet sera dimensionnée pour une durée de vie de 15 ans. Le trafic de dimensionnement sera le trafic cumulé en poids lourds à l'horizon du projet proposé par le Guide pratique de dimensionnement des chaussées dans les pays tropicaux. Ce trafic est obtenu par la formule suivante :

$$T_n = 365 \times T_1 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$T_n$  = Trafic cumulé en poids lourds à l'horizon du projet

$T_1$  = TJMA de la première année (année de mise en service)

$n$  = Nombre d'années (durée de vie de la route 15ans)

$i$  = Taux de croissance annuelle du trafic (3%)

$$\text{Soit } T_n = 365 \times T_1 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \Rightarrow T_{2035} = 365 \times 962 \times \frac{(1+0,03)^{15} - 1}{0,03}$$

$$\mathbf{D'ou \quad T_{2035} = 6,530637.10^6 \text{ PL}}$$

Le guide du CEBTP propose cinq classes de trafic qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Classes de trafic (CEBTP, Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées, 1984)

Classe de trafic	Valeur du trafic cumulé en poids lourds à l'horizon du projet
T1	$T1 < 5.10^5$
T2	$5.10^5 < T2 < 1,5.10^6$
T3	$1,5.10^6 < T3 < 4.10^6$
T4	$4.10^6 < T4 < 10^7$
T5	$10^7 < T5 < 2.10^7$

$$T_{2035} = \mathbf{6,530637.10^6} < 10^7, \mathbf{D'où le trafic est classé en T4}$$

- **Hypothèse de chargement (essieu de 13 t)**

Les hypothèses de chargement pour le corps de chaussée et les ouvrages de drainage dans la zone de circulation sont celles en usage au Mali.

Ainsi le trafic cumulé d'essieux équivalant de 13 tonnes sur la durée de vie considéré, NE, à

Prendre en compte dans le calcul du dimensionnement est égal à :

$$NE = T_n \times CAM = 6,530637.10^6 \times 0.80 = 5\ 289\ 816 \text{ essieux équivalent de 13 tonnes.}$$

### 3.1.2- Structure de la Chaussée

Le dimensionnement de la structure de chaussée a pour objet de déterminer le nombre et l'épaisseur des différentes couches constituant la surface et le corps de chaussée, pour le niveau de trafic attendu. Il tient compte, entre autres, de la nature et des caractéristiques des matériaux de viabilité disponibles dans la zone du projet. Les épaisseurs de matériaux sont ajustées pour fixer les épaisseurs des couches qui seront réalisées afin :

- De tenir compte des contraintes technologiques d'épaisseurs minimale et maximale pour atteindre les objectifs de compacité et d'uni ;
- De minimiser le nombre d'interfaces et par suite, réduire les risques de défaut de liaison à ces niveaux ; d'assurer une protection suffisante des assises traitées vis-à-vis de phénomènes non appréhendés encore par les calculs (remontée de fissures en particulier).

#### 3.1.2.1-les types de structure de chaussée

Il existe une grande diversité de structures de chaussée que l'on regroupe le plus souvent en trois (03) grandes catégories :

- **Chaussées souples ou flexibles** : elles comprennent les structures à revêtement bitumineux et à revêtement de pavés, posé sur une couche de base reposant elle-même sur une couche de fondation en matériaux graveleux naturels, cette structure offre une certaine flexibilité au passage des véhicules.
- **Chaussées semi-rigides** : leurs revêtements sont semblables à ceux des chaussées souples, mais les couches d'assise (base et ou fondation) sont en matériaux granulaires stabilisés aux liants hydrauliques et bitumineux.



- **Chaussées rigides** : elles sont des structures dont la couche de roulement est une dalle en béton de ciment. Elles sont mises en œuvre sur une couche de base en grave naturelle ou traitée aux liants hydrauliques ou en béton maigre. Le principal critère de dimensionnement d'une chaussée rigidifiée réside dans la limitation des efforts de traction par flexion des matériaux sous l'effet de la répétition des charges.

### 3.1.2.2 -Méthodes de dimensionnement de la chaussée

Plusieurs méthodes sont utilisées pour le dimensionnement de la chaussée. Il s'agit entre autre :

- Du catalogue de structures des chaussées du L.C.P.C. ;
- De la méthode du CEBTP.

Dans le cas de notre projet, nous allons utiliser la méthode du **CEBTP** (guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux). Ce document élaboré par le CEBTP, fournit des fiches de dimensionnement basées sur la portance CBR des sols de plateforme, déterminée après 96 heures d'imbibition et pour une densité sèche correspondant à 95% de la densité maximale de l'Optimum Proctor Modifié, et sur le trafic escompté pendant la durée de vie prévisible de la chaussée.

### 3.1.2.3-Resultat du dimensionnement

Les paramètres utilisés par le guide sont la portance du sol de la plate-forme et le trafic.

- ✓ Portance de la plateforme : Les résultats des essais effectués sur la plate-forme indiquent que le sol de place est de classe S4 à S5.

Ainsi nous allons retenir **S4** comme paramètre de dimensionnement concernant la classe de portance.

- ✓ Trafic : Le trafic de dimensionnement obtenu est un trafic de type **T4**.

La classe de portance a été définie suivant le Guide de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux :

En se référant aux abaques du Guide de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, nous avons les propositions suivantes:

Pour les classes **S4** et **T4**, les tableaux donnent :

*1<sup>ère</sup> proposition :*

R : Béton bitumineux 7cm;

B : Concassé o/d 25 cm;

F : Graveleux latéritique naturel 20 cm.

**2<sup>ème</sup> proposition :**

R : Béton bitumineux 5 cm;

B : Grave ciment 20 cm;

F : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle ou concassé O/d : 20cm.

**3<sup>ème</sup> proposition :**

R : Béton bitumineux 7 cm;

B : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle améliorés au ciment 20 cm;

F : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D ou tout venant de concassage: 25 cm.

Parmi ces propositions la 1<sup>ère</sup> nous paraît techniquement acceptable et de moindre coût compte tenu de la disponibilité des matériaux sur le chantier.

Quant à la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> l'inconvénient c'est le coût par rapport à l'amélioration de la couche de base au ciment.

**Proposition Retenue :**

Couche de Revêtement : Béton bitumineux **7 cm**;

Couche de Base : Concassé o/d : **25 cm**;

Couche de fondation F : Graveleux latéritique naturel : **20 cm**.

### 3.1.2.4-Calcul des limites admissibles

Le calcul des sollicitations admissibles dans les différentes couches s'effectue à partir des données d'entrée sur le trafic et des différents coefficients. Ces sollicitations admissibles correspondent soit à une contrainte soit à une déformation selon l'assise considérée. Ainsi, nous allons vérifier les contraintes de déformation verticales admissibles ( $\sigma_z adm$ ) et les déformations verticales admissibles ( $\epsilon_z adm$ ) pour la plate-forme et les couches de base et de fondation.

- **Contrainte verticale admissible**

La contrainte verticale admissible à la surface du sol ( $\sigma_z adm$ ) est donnée par la relation suivante :

$$\sigma_z adm = \frac{0.3 \cdot CBR}{1 + 0.7 \cdot \log NE} \quad (\text{formule de Kerkhoven et Dormon})$$

**NE** représente le trafic équivalent total de poids lourds (5751305), **CBR** représente l'indice de portance du matériau pour lequel la contrainte de déformation verticale est calculée.

❖ Pour la plateforme

Notre plateforme est de type S4 son CBR est compris entre 15 et 30.

Prenons un CBR = 20 pour calculer la contrainte admissible sur la plateforme

$$\sigma_z adm = \frac{0.3 \cdot 20}{1 + 0.7 \cdot \log(5289816)} = 1,051 \text{ MPa}$$

❖ Pour la couche de base

Pour la couche de base, considérons un CBR de 80 prescrit dans le c CCTP.

$$\sigma_z adm = \frac{0.3 \cdot 80}{1 + 0.7 \cdot \log(5289816)} = 4.206 \text{ MPa}$$

❖ Pour la fondation

Pour la couche de fondation, considérons un CBR de 50 prescrit dans le CCTP.

$$\sigma_z adm = \frac{0.3 \cdot 50}{1 + 0.7 \cdot \log(5289816)} = 2,628 \text{ MPa}$$

• *Déformation amissible verticale*

Les déformations admissibles verticales ( $\epsilon_z adm$ ) sont données par la relation suivante :

$$\epsilon_z adm = A X (NE)^{-\alpha}$$

**A** est un paramètre de la loi d'évolution des déformations permanentes pour les sols et matériaux non traités (12000  $\mu\text{d}\acute{e}\text{f}$  pour une chaussée à fort trafic ou moyen trafic m, 16000  $\mu\text{d}\acute{e}\text{f}$  pour une chaussée à faible trafic ( $T \leq T3$ ))  **$\alpha$**  est la pente de la loi d'évolution des déformations permanentes pour les sols ou les matériaux non traités ( $\alpha=0.222$ ).

Le trafic de notre projet étant de type T4,  $\epsilon_z adm$  est calculé de la façon suivante :

$$\epsilon_z adm = 12000 X (NE)^{-0.222}$$

$$AN: \epsilon_z adm = 12000 X (5289816)^{-0.222} = 385.991 \mu\text{d}\acute{e}\text{f}$$

• *La contrainte tangentielle*

Donnée par la formule suivante :

$$\varepsilon_{t, ad} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times \left(\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}\right)^{0.5} \times K_c \times K_r \times K_s$$

Epsilon admissible = **152, 13**  $\mu\text{def}$

Détails des calculs en ANNEXE 3.

### 3.2.5- Vérification des contraintes et déformations par ALIZE

Pour la vérification sur ALIZE nous allons utiliser les méthodes rationnelles notamment la méthode rationnelle française du LCPC-SETRA, qui convient bien au dimensionnement des chaussées dans la région. Cette dernière utilise un code de calcul et de vérification avec le logiciel ALIZE.

#### - Les hypothèses de dimensionnement

Le guide de dimensionnement de chaussée pour les pays tropicaux nous permet d'avoir les modules de Young des différentes couches de chaussée. Ces modules s'obtiennent en prenant une valeur comprise dans l'intervalle (5 à 10) multiplié par le CBR du matériau [2]. Ce qui nous donne les modules ci-après.

Nous adoptons les valeurs des modules de Young ci-après pour la vérification sur ALIZE :

Plate-forme S4 :	E = 150 MPa
Couche de fondation en Graveleux Latéritique Naturel	E = 300 MPa
Couche de base en concassé	E = 4500 MPa

#### Coefficient de poisson :

La valeur du coefficient de poisson sera de  $\nu = 0.35$  pour tous les matériaux

#### Condition aux interfaces :

Toutes les interfaces seront collées pour les types de matériaux retenus.

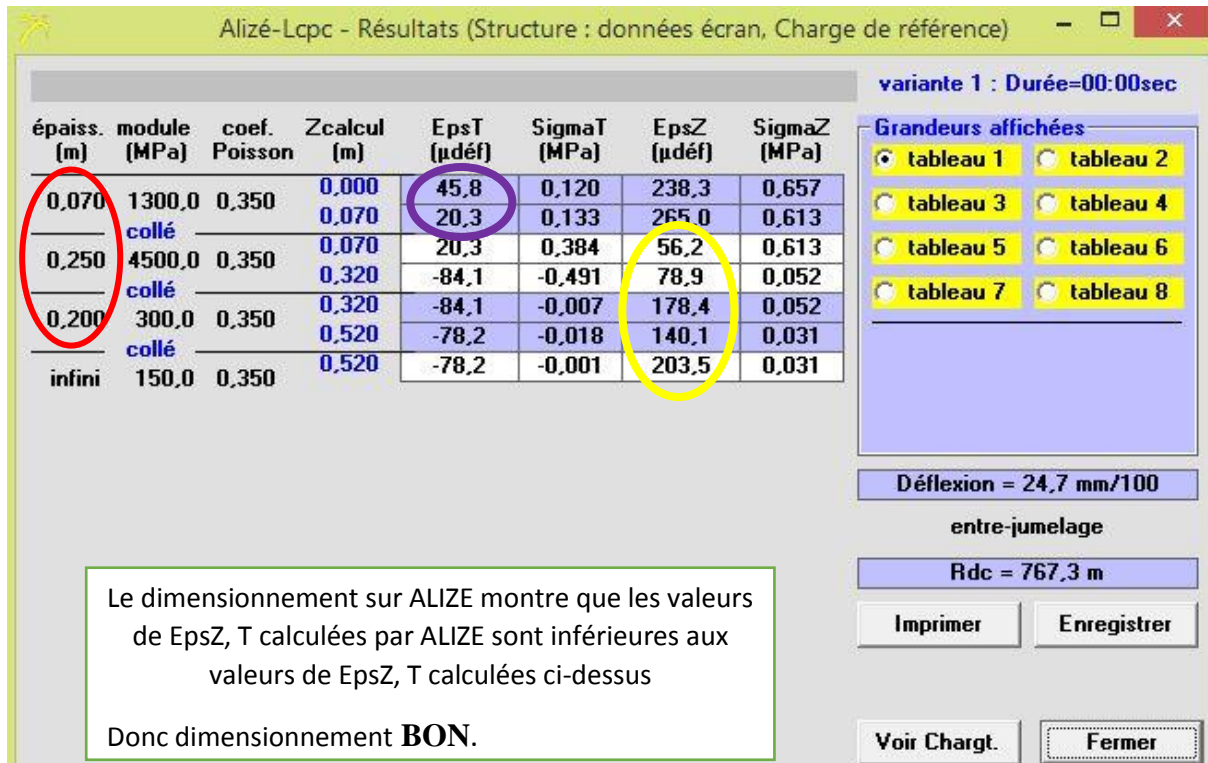


Figure 5 : vérifications avec le logiciel ALIZE

Nous retenons donc que pour les couches de chaussée des épaisseurs suivantes :

- **Couche de roulement : 7 cm Béton bitumineux**
- **Couche de base 25 cm en concassé**
- **Couche de fondation 20 cm en Graveleux Latéritique Naturel**

Les vérifications montrent que la chaussée qui est posée sur une plateforme de classe S4, résistera au trafic qui lui sera imposé qui est de type T4 pendant sa durée de vie.

### 3.2 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques

#### 3.2.1- Dimensionnement hydraulique

Dans cette partie du chapitre nous présenterons le dimensionnement **hydraulique** et **structural** des dalots et des caniveaux.

Le dimensionnement hydraulique présentera les dimensions des différents ouvrages et le dimensionnement structural pour nous édifier les sollicitations et le ferrailage de ces ouvrages.

##### 3.2.1.1- Etude hydraulique des ouvrages de franchissement

L'étude hydraulique des dalots est réalisée dans le but de conférer à la structure une ouverture et un gabarit suffisant pour faire évacuer la crue de projet arrêtée par l'étude hydrologique.

###### a) Types de dalots

Les dalots sont des ouvrages en béton armé et présentent une section rectangulaire ou carrée, Ce sont des ouvrages sous chaussée qui ne nécessitent aucun remblai : une circulation à même

la dalle peut être envisagée. Ils ne peuvent admettre qu'une faible épaisseur de remblai (1 à 2 m). Ces remblais sont à proscrire si la chaussée doit être revêtue.

Selon la conception, il existe trois types de dalots :

- Dalots ordinaires constitués de piédroits fondés sur semelles ou radier général et sur lesquels repose une dalle en béton armé;
- Dalots cadre dans lesquels la dalle, les piédroits et le radier constituent une structure rigide en béton armé (pont cadre);
- Dalots portiques analogues aux dalots cadre mais sans radier (piédroits fondés sur semelles).

Dans le cadre de notre projet, nous allons prendre les dalots cadres qui sont des structures monolithiques, en ce sens que les traverses et les piédroits forment un tout, d'où leur simplicité et leur robustesse tout-à-fait avantageuses. Pour des raisons de sécurité, le mode de fonctionnement de notre dalot sera en sortie libre de telle sorte que le niveau d'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage soit en dessous du bord supérieur de l'ouvrage. [6]

### b) Détermination des dimensions des dalots

Nous avons 13 dalots dont les débits varient de 12 à 3, nous allons dimensionner un dalot avec le plus grand débit, à savoir :

Le dalot 1 avec le débit 12,53 (PK 5+ 436)

#### ✚ Dalot 1 sur le Pk 5+436

- $Q_{r10} = 12,53 \text{ m}^3/\text{s}$
- Vitesse admissible  $V_{adm} = 3 \text{ m/s}$

Calcul de la section minimale théorique  $S_{min}$

$$S_{min} = \frac{Q}{V}$$

$$S_{min} = \frac{12,53}{3} = 4,18 \text{ m}^2$$

#### Choix du rapport sur base $\left(\frac{H}{B}\right)$

Selon le manuel de l'hydraulique routière du BCEOM [4], le rapport  $\frac{H}{B}$  est compris entre **0.5 et 2**

$0.5 < \frac{H}{B} < 2$  ; nous convenons de prendre  $\frac{H}{B} = 0,8$

Détermination des dimensions H et B du dalot

$$\text{➤ Hauteur } H = \sqrt{S_{min} \times \frac{H}{B}}$$

$$\text{Hauteur } H = \sqrt{4,18 \times 0,8}$$

Hauteur  $H = 1,82 \text{ m}$

**Prenons  $H = 2\text{m}$**

➤ Base :  $B = \frac{S}{H} = \frac{4,18}{2} = 2,09$

**Prenons  $B = 2,5\text{m}$**

Détermination du nombre d'ouvertures ( $n$ )

Soit le nombre d'ouverture  $n = 1$  ; vérifions la section du dalot,

Soit  $h$  le coefficient de division de la hauteur :  $h = 1$  ;

Soit  $b$  le coefficient de division de la base :  $b=1$

Ainsi :

$$H_{\text{rétenu}} = \frac{H}{h} = \frac{2}{1} = 2\text{m} ; B_{\text{rétenu}} = \frac{B}{b} = \frac{2,5}{1} = 2,5\text{m}$$

Vérification de la section :  $S_v = n \times B_{\text{rétenu}} \times H_{\text{rétenu}}$

$$S_v = 1 \times 2 \times 2,5 = 5 > 4,18 \text{ donc vérifiée}$$

**Les dimensions retenues sont :  $H = 2$  ;  $B = 2,5$  et  $n = 1$**

Conclusion : Cette section  $1 \times 2,5\text{m} \times 2\text{m}$  trouvée peut bien transiter le débit calculé

Par la même méthode du BCEOM [5], nous avons dimensionné en sortie libre les autres dalots.

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau N° 16 :

*Tableau 16 : Récapitulatif des résultats des calculs hydrauliques des dalots et leur position*

N° Bassins versant	N° Dalot	Nombre D'ouverture n	Base B (m)	Hauteur H (m)	Débit Q (m3/s)	Débit d'une cellule Qcel	Revanche (m)
OH1	0+463	1	1,5	1,5	5,06	5,06	0,10
OH2	1+403	1	2	2	9,05	9,05	0,10
OH3	2+963	1	2	2	6,18	6,18	0,10
OH4	3+607	1	2	1	3,86	3,86	0,10
OH5	4+814	1	1	2	4,52	4,52	0,10
OH6	5+436	1	2,5	2	12,53	12,53	0,20
OH7	6+759	1	2	1	3,84	3,84	0,10
OH8	7+999	1	1	1	2,67	2,67	0,10

OH9	9+549	1	1,5	1,5	5,03	5,03	0,10
OH10	11+249	1	1,5	1	3,33	3,33	0,10
OH11	12+000	1	2	2	9,03	9,03	0,10
OH12	13+397	1	2	1	3,85	3,85	0,10
OH13	13+560	1	2	1	3,88	3,88	0,10

### 3.2.1.2- Etude Hydraulique des caniveaux

Un réseau d'assainissement est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés. Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière. L'assainissement de la plate-forme vise deux objectifs :

- La sécurité des usagers en évacuant l'eau des chaussées et des talus ;
- La pérennité de la route en collectant les eaux et en les évacuant de la route

#### a) Détermination des dimensions des caniveaux

Pour le calcul des sections des caniveaux on se réfèrera à la formule de Manning Strickler [8] qui Est :

$$Q = K_s \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Avec

Q : le débit en m<sup>3</sup>/s

K<sub>s</sub> : le coefficient de rugosité qui est de 70 pour le béton armé

S : la section mouillée du caniveau en m<sup>2</sup>

R<sub>h</sub> : le rayon hydraulique en m

I : la pente en m/m

$$\text{On } S = Y \cdot b ; P = 2y + b \text{ et } R_h = \frac{S}{P} = \frac{yxb}{2y+b}$$

Nous avons procédé par itération pour obtenir les sections des caniveaux en variant la hauteur et la largeur correspondantes ou plus au débit de crue calculé plus haut. Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :



Tableau 17 : dimensions des sections

Pk début	Pk fin	Y(m)	b(m)	$Rh^{2/3}$	Q(m <sup>3</sup> /s)	Section Caniveaux (cm)
5+090	5+160	1	1	0,48	6,16	100x100
5+160	5+440	1,2	1,2	0,54	11,04	120x120
5+440	5+760	1	1	0,48	6,75	100x100
5+760	6+140	1,4	1,4	0,60	13,23	140 x 140
6+140	6+540	1	1	0,48	5,54	100x100
6+540	6+860	0,8	0,8	0,41	4,87	80 x 80
6+860	6+960	1	1	0,48	5,28	100x100
6+960	7+100	0,8	0,8	0,41	3,37	80x80
7+100	7+333	1	0,8	0,43	5,05	100x80
7+227	7+333	0,8	0,8	0,41	3,88	80x80
7+333	7+640	1,2	1	0,50	10,24	120x100
7+640	7+800	0,8	0,8	0,41	4,95	80x80
7+800	8+100	0,8	0,8	0,41	4,43	80x80

Tous ces caniveaux seront aménagés de part et d'autre de la chaussée comme il est prescrit

Dans le marché nous adopterons une section minimale (cm) de **80x80** et une section maximale (cm) de **140x140**.

### 3.2.2- Dimensionnement structural des ouvrages

Après l'étude hydraulique qui nous a permis de déterminer les différentes sections des dalots et caniveaux, nous allons dans la présente partie, faire le dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques afin d'avoir le ferrailage adéquat pour leur confection. L'objectif est de vérifier que le dimensionnement adopté pour les dalots et les caniveaux lui confèrent le niveau de fiabilité requis compte tenu de la qualité exigée des matériaux qui seront utilisés et du niveau de contrôle prévu lors de l'exécution.

#### 3.2.2.1- Dimensionnement structural des dalots

D'après les calculs hydrauliques effectués précédemment, nous avons ciblé 3 qui sont des dalots simples dont les dimensions diffèrent par le débit mais nous allons dimensionner le plus grand qui a une dimension de (1 x 2,50 x 2,00) m se trouvant au PK 5+436, et utiliserons le même principe de calcul que les autres dalots, ils seront construits afin de permettre l'évacuation des eaux. Alors, la connaissance des dimensions des différents éléments de structure de ces dalots est indispensable pour leur bonne mise en œuvre.

##### a. Hypothèse de base

Les calculs de ferrailage se feront suivant les règles techniques de conception et calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dits B.A.E.L 91 modifié 99.

Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) Français en la matière. Les ouvrages seront calculés par rapport aux systèmes de charges A(L) et B (Bc, Bt et Br).

- **Acier**

- Nuance : acier à haute adhérence Fe400
- Contrainte de calcul de l'acier à l'ELU :  $f_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,83 \text{ MPa}$  ;
- Contrainte de calcul de l'acier à l'ELS de fissuration très préjudiciable :  
 $\bar{\sigma}_{s,lim} = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e ; \max(0,5 f_e ; 110 \sqrt{\eta f_{tj}}) \right\}$
- Enrobage : 3cm ;
- Coefficient de sécurité sur la résistance de l'acier :  $\gamma_s = 1.15$

- **Béton**

- Masse volumique béton =  $2.5 \text{ T/m}^3$  ;
- Fissuration préjudiciable ;
- Résistance nominale à 28j :
- A la compression  $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$  ;
- A la traction  $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 0,6 + 0,06 \times 25 = 2,1 \text{ MPa}$  ;
- Contrainte limite du béton :  $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$
- Coefficient de sécurité sur la résistance du béton :  $\gamma_b = 1,5$ .

Coefficient de poisson :  $\nu = 0,2$

## b) Données diverses

Largeur roulante des dalots = longueur du corps de dalot hors guide-roues = 22,4 m;

Nombres de voies de circulation par chaussée = 2 ;

Classe de l'ouvrage : pont de première classe ;

Coefficient bc = 1 (pour le système Bc) et bt = 1 pour le système Bt.

## c) Hypothèse sur les remblais

Dans ce cas, Le tablier ne porte que le corps de chaussée qui est composé de :

- 20 cm de graveleux latéritique naturel pour la couche de fondation ;
- 25 cm de grave concassé pour la couche de base ;
- 7 cm de béton bitumineux
- ✓ Ainsi, on considère pour le calcul des efforts et sollicitations dus aux remblais, une hauteur moyenne de remblai de 60 cm sur le tablier avec un poids spécifique de  $2t/m^3$ .

Le coefficient de poussée des terres sera :  $K_a = \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$  avec  $\varphi$  l'angle de frottement interne pris égale à  $30^\circ$  ce qui équivaut à 0,523 radians.

On aura donc  $K_a = \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{0.523}{2}\right) = 0,33$ .

Le tableau suivant nous donne le récapitulatifs des sollicitations après calculs

Détails des calculs en **ANNEXE 4**.

Tableau 18 : Récapitulatif des résultats des sollicitations

Désignation des cas de charges	MA	M (A-B)	MB	M (B-C)	MC	M (A-D)	MD	N1	N2	N4	N3
Tablier (1)	-1,01	-1,01	-1,01	1,72	-1,01	1,72	-1,01	0,00	3,97	3,97	0,00
Piédroits (2)	-0,43	-0,26	-0,08	-0,08	-0,08	0,89	-0,43	0,23	1,41	1,41	-0,23
Poussée de terre (3)	-0,28	0,76	-0,25	-0,26	-0,25	-0,28	-0,28	1,82	0,00	0,00	1,28
Surcharge Bt (4)	-0,95	-0,95	-0,95	1,63	-0,95	1,63	-0,95	0,00	3,76	3,76	0,00
Remblai (5)	-0,13	0,31	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	0,52	0,00	0,00	0,52
G = (1)+(2)+(3)	-1,72	-0,51	-1,34	1,38	-1,34	2,33	-1,72	2,05	5,37	5,37	1,06
Q = (4)+(5)	-1,09	-0,65	-1,09	1,50	-1,09	1,50	-1,09	0,52	3,76	3,76	0,52
<b>Moments M = G+1,2Q</b>	-3,02	-1,29	-2,64	3,18	-2,64	4,13	-3,02				
<b>Efforts tranchants T= NG+1,2NQ</b>								2,67	9,89	9,89	1,68

Q : surcharges routières

G : charges permanentes

### Calcul des armatures à l'ELS de fissuration préjudiciable

Le calcul des armatures sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau 19: Récapitulatif es résultats des armatures

RECAPITULATIF DES SECTIONS D'ACIER ET LES ESPACEMENTS POUR LE DALOT 1*2,5*2											
DESIGNATION	UNITE	TABLIER				PIEDROITS			RADIER		
		EN TRAVEE		SUR APPUI	EN TRAVEE		SUR APPUI	EN TRAVEE		SUR APPUI	
		M <sub>EELS</sub>	N <sub>EELS</sub>		M <sub>EELS</sub>	N <sub>EELS</sub>		M <sub>EELS</sub>	N <sub>EELS</sub>		
<b>Armatures principales</b>											
Section théorique	As1	mm <sup>2</sup>	372,51	500,00	284,38	250,00	500,00	336,63	499,67	500,00	336,63
			500,00		284,38	500,00			500,00	336,63	
Choix des armatures	As1		5HA12		5HA10	5HA10/face			5HA12	5HA10	
Section réelle par mètre linéaire	Asr	mm <sup>2</sup>	565		393	785			565	393	
Espacement des aciers	e	cm	20			20			20		
<b>Armatures de répartition</b>											
Section théorique	Ar	mm <sup>2</sup>	200,00			250,00			200,00		
Choix des armatures	Ast1		5HA10			5HA8/face			5HA10		
Section réelle par mètre linéaire	Asr	mm <sup>2</sup>	393			503			393		
Espacement des aciers	e	cm	20			20			20		

### 3.2.2.2-Dimensionnement structural des caniveaux

Nous allons ainsi dimensionner le caniveau de type 140× 140 cm<sup>2</sup> qui a la plus grande dimension et aura les mêmes principes de calcul et de dimensionnement des autres caniveaux.

#### Principe de calcul

Les éléments porteurs (dallettes, voile, radier) du caniveau seront étudiés indépendamment en fonction des différentes charges appliquées.

- En premier les dalles seront calculées en flexion simple sous l'action d'une charge [9]

Concentrée d'une roue isolée de 10T conformément au fascicule 62 titre II) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français.

- Ensuite le piédroit sera calculé en flexion composée sous l'action de l'effort transmis par les dalles chargées et de la poussée des terres d'une part et sous l'action des efforts engendrés par la roue Br placé à 30 cm du caniveau, de la poussée de terre d'une autre part.
- Enfin le radier sera calculé en flexion simple sous l'action de son poids propre, du

Poids propre des piédroits et des moments d'encastrement sur appuis à gauche et à

Droite du radier.

Les calculs ont été faits sur la base du cours du Dr. MESSAN sur le « Cours de béton Armé 1 » et de M. TAMBOURA « Ponts : Ouvrages d'art ».

Les **hypothèses** et détails des calculs sont développés en **Annexe 4**.

Le récapitulatif de sollicitations et des sections d'aciers à adopter sont résumés respectivement dans les tableaux **20** et **21** suivants :

*Tableau 20 : récapitulatif des sollicitations du caniveau*

Sollicitations	Dallettes		Piédroit		Radier	
	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS
Moment fléchissant(KN.m)	42,72	58	19,98	13,43	34,17	23,36
Effort normal (KN/m)	-	-	155,59	104,20	-	-

*Tableau 21 : Récapitulatif du ferrailage du caniveau*

Parties de l'ouvrage	Position	Acier	Espacement
Dallettes	Inférieur	HA12	15
	Supérieur	HA8	15
	transversal	HA8	20
Piédroit	Principal	HA14	15
	Transversal	HA8	20
Radier	Principal	HA12	15
	transversal	HA8	20

## CHAPITRE IV : ETUDES COMPLEMENTAIRES

Dans cette partie de notre projet nous présenterons l'aménagement du giratoire présent au pk 5+690, les études d'impacts environnementaux, les signalisations, sécurité routière et éclairages publics et enfin évaluer le coût global du projet.

### 4.1- Aménagement du carrefour giratoire

Un carrefour est un croisement routier comportant des intersections. Plus généralement il s'agit de la zone dans laquelle des véhicules se déplaçant sur des routes différentes qui se coupent à angle quelconque, peuvent se rencontrer.

On distingue :

- Les carrefours à niveau, ou carrefours plans dans lesquels il n'existe aucune dénivellation de courants. Le carrefour à niveau est le lieu de l'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau.
- Les carrefours dénivelés, ou carrefours à niveaux séparés, dans lesquels certains courants sont dénivelés.

Dans le cadre de notre projet on s'intéressera surtout à l'étude des carrefours plans ou à niveau, car les routes concernées sont au même niveau. [8]

#### 4.1.1- Types de carrefour

Tout carrefour est une partie importante d'une route. L'efficacité, la vitesse, la sécurité, le coût d'exploitation et la capacité en dépendent. On classe les carrefours en quatre types :

- Le carrefour à trois branches,
- Le carrefour à quatre branches,
- Le carrefour à branches multiples et ;
- Le carrefour giratoire dont les branches ne se croisent pas mais sont raccordées entre elles par une chaussée continue à sens unique, de forme ovale ou circulaire.

Vu l'importance du projet, le niveau de sécurité et de confort qu'on veut attribuer aux usagers et le nombre de chaussée qui converge en ce point est de 3(trois), on est amené à faire le choix d'un **carrefour giratoire a 3 branches**.

Il existe deux types giratoires : giratoire en béton bitumineux et armé, après l'analyse des avantages et inconvénients (**Annexe 5**) de ces deux variantes nous optons pour le giratoire en béton armé.

#### 4.1.2-Les caractéristiques géométriques du carrefour giratoire

- **Le rayon de giration (Rg)** : distance entre le centre du carrefour et la limite extérieure de la chaussée annulaire.

- **Le rayon intérieur (Ri)** : C'est le rayon de l'îlot central incluant la bande franchissable.
- **La largeur de l'anneau** : C'est la largeur de la chaussée annulaire délimitée par les limites extérieures des rayons extérieur et intérieur.
- **Les rayons d'entrée (Re) et de sortie (Rs)** : Ces sont des rayons intérieurs des voies d'entrée et de sortie.
- **La largeur des entrées (Le) et des sorties (Ls)** : Ces sont des largeurs de voies d'entrée et de sortie mesurée entre la bordure du côté droit et la ligne de marquage du côté gauche, perpendiculairement à leur jonction avec l'anneau.
- **La largeur des approches** : C'est la largeur des voies de circulation en amont du carrefour avant tout changement à la géométrie.

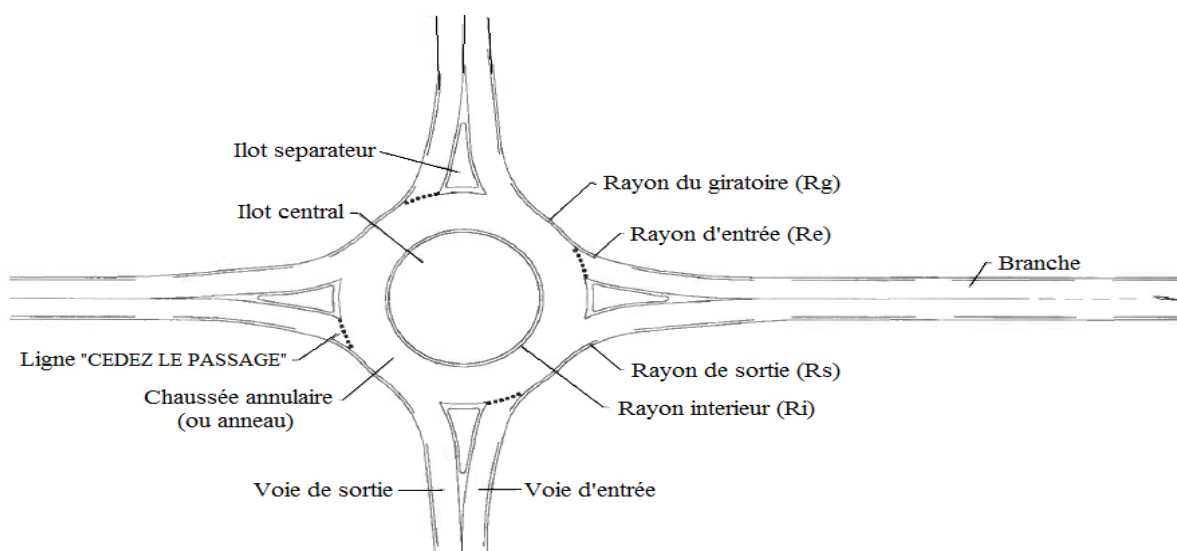


Figure 6 : Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire.

#### 4.1.4-Dimensions des composants du giratoire

Nous n'avons qu'un (1) seuls carrefours giratoires à aménager. Il est situé au PK 5+290. C'est un carrefour à 3 branches dont deux (02) branches en 2x2 voie et une (01) branche en 1x2voies.

Le tableau suivant nous donne un récapitulatif des différents éléments du giratoire et leurs dimensions :

Tableau 22 Récapitulatif des dimensions des éléments du carrefour giratoire.

	Notations	Paramétrage	Valeur courante (en m)			
			$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Rayon de giration	$R_g$	$12\text{ m} \leq R_g \leq 25\text{ m}$	$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Largeur de l'anneau	$L_a$	$6\text{ m} \leq L_a \leq 9\text{ m}$	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	$S_{if}$	$1.5\text{ m si } R_g \leq 15\text{ m}$	1.5	1.5	-	-
Rayon intérieur	$R_i$	$R_g - L_a - S_{if}$	3.5	6.5	13	18
Rayon d'entrée	$R_e$	$10\text{ m} \leq R_e \leq 15\text{ m}$ et $< R_g$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	$L_e$	$L_e = 4\text{ m}$	4	4	4	4
Rayon de sortie	$R_s$	$15\text{ m} \leq R_s \leq 30\text{ m}$ et $> R_i$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	$L_s$	$4\text{ m} \leq L_s \leq 5\text{ m}$	4	4	4.5	5
Rayon de raccordement	$R_r$	$R_r = 4R_g$	48	60	80	100

## 4.2- Signalisation et sécurité routière

### 4.2.1- Signalisation routière

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatives à la circulation routière ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipement utiles à leurs déplacements. L'importance du rôle de la signalisation routière s'accroît avec le développement de la circulation ; bien conçue et réalisée, elle réduit remarquablement « lorsque respectée », les causes d'accident et facilite la circulation

La signalisation découle des solutions d'atténuation des impacts de risques d'accidents.

#### a) Signalisation verticale

Ce mode de signalisation consiste la mise en place des panneaux à savoir :

- Les panneaux de danger de type A : Virages dangereux, limitations de vitesse, passages d'animaux domestiques et sauvages,
- Les panneaux de prescription de type B : Obligations,
- Les panneaux d'intersection et de priorité de passage de type AB : Arrêt obligatoire, cédez le passage ;
- Les panneaux de direction et de localisation de type E ou D : Entrée et sortie d'agglomération, indication d'agglomération ;
- Les balises :



- De type J3 pour la signalisation des ouvrages hydrauliques transversaux ;
- De type J4 pour les virages relativement peu dégagés (elles ont été placées uniquement au niveau des courbes de faible visibilité ou non déversé) ;
- De type J5 pour les têtes d'îlots directionnels en agglomération notamment aux principaux carrefours.

*Tableau 23: Liste des panneaux sur le tronçon*

<b>PK/Position</b>	<b>Type</b>	<b>Justification</b>
PK 0+080/D	B14 : Limitation vitesse 30	Entrée d'une zone à trafic piéton élevé
PK 0+080/G	B33 : Fin Limitation vitesse 30	Sortie d'une zone à trafic piéton élevé
PK 0+2250/D	AB4 : arrêt STOP	Intersection avec accès service
PK 8+,485/G+D	A2a : danger passage piéton	Passage piéton à 50 m
PK 8+535/G+D	C20a : Indication passage piéton	Marché, Ecole primaire
PK 8+540/D	AB4 : arrêt STOP	Intersection avec accès service
PK 8+625/G	C6 : Arrêt bus	Présence d'aire de stationnement bus
PK 8+ 850/G	A2b : Danger enfant	Présence d'enfant à cause de l'école primaire
PK1+575/G	AB4 : arrêt STOP	Intersection avec une route secondaire
PK 2+275/G+D	C6 : Arrêt bus	Présence d'aire de stationnement bus
PK 2+ 595/G	AB4 : arrêt STOP	Intersection avec accès service
PK 5+025/D	d42b:Présignalisation dia grammatique du giratoire	Présence d'un carrefour giratoire 75 m après
PK 5+ 790/D	AB25 : Signalisation de carrefour à sens giratoire	Entrée du giratoire
PK 3+090/D	C20a : Indication passage piéton	Permettra la traversée des piétons avant le giratoire Plus sécuritaire et recommandée lorsqu'il est placé 3 m avant le marquage CEDEZ LE PASSAGE
De part et d'autre de la chaussée (pk 0 à pk 13+560)	- B22a : Piste cyclable - C 27 : Positionnement dos d'âne - B2c : virage interdit de faire demi-tour aux extrémités des tpc	Permettra aux conducteurs de ralentir à temps  Sa vue permettra de faire attention

**En résumé de quelques panneaux de signalisation ANNEXE 5**

**b) -Signalisation horizontale**

**Ce mode de signalisation est constitué par des marquages au sol avec :**

Ce mode de signalisation est constitué par des marquages au sol avec :

- Les lignes d'axe (ligne continue, discontinue) ;
- Les lignes de rive de chaussée ;

- Les marquages des ralentisseurs.
- Les inscriptions utilisées pour donner aux usagers des indications complémentaires dans des cas exceptionnels.

Il faut noter que la largeur des lignes est définie à une largeur unité « u » différentes selon le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour « u » selon la norme NF EN 1436 :

U = 7,5 cm pour autoroutes, routes à chaussées séparées, routes à 4 voies de rase campagne

U = 6 cm pour les routes à grande circulation

U = 5 cm pour les autres routes.

U = 3 cm pour les lignes de tracé sur les pistes cyclables.

Nous convenons de prendre U = 7,5 dans le cadre de notre projet.

### **Caractéristiques généraux des marques données et quelques équipements routiers dans l'annexe (,)**

#### **4.2.2 Sécurité routière**

L'objectif du concepteur dans le domaine de la sécurité est de prémunir au mieux, par l'aménagement proposé, les processus qui conduisent à l'accident.

Les exigences concernant la sécurité ne s'expriment pas sous une forme simple, elles doivent prendre en considération tous les aspects du fonctionnement et du dysfonctionnement des systèmes homme – véhicule - environnement et plus largement du système de circulation.

L'objectif de ce paragraphe est de mettre en exergue les exigences concernant la sécurité de la route tout en prenant en compte du niveau d'aménagement et le budget alloué aux travaux. Ces exigences sont entre autre :

- La visibilité,
- La lisibilité,
- L'adéquation aux contraintes de dynamique des véhicules,
- La possibilité d'évitement de récupération,
- La limitation de la gravité des chocs,
- Et la cohérence de tous les éléments de la route et de l'environnement.

### **4.3- Etudes d'impacts environnementaux**

Un impact est l'effet immédiat, à moyen ou à long terme qu'un aménagement provoque sur son environnement d'accueil, sa périphérie immédiate ou éloignée. Une route étant un aménagement important dans son milieu d'accueil, elle engendre nécessairement un certain nombre d'effets, directs ou indirects, temporaires ou permanents sur les milieux récepteurs. Ces

effets se traduisent ou non par des modifications de l'environnement allant de simples perturbations à des modifications profondes, voire à des destructions de milieux et d'espèces suivant la vulnérabilité de ces milieux.

L'objectif de cette étude d'impact environnemental de notre projet est donc d'apprécier les différents impacts probables dus à l'aménagement et de proposer des mesures d'atténuation si nécessaire.

#### 4.3.1-Cadre législatif et règlementaire

Se référant à la constitution du MALI, et plus précisément au **décret N°08-346/P-RM** du 26-juin 2008, portant contenu, procédure et champ d'application de l'étude d'impact sur l'environnement et de la notice sur l'environnement, il vient que le projet de construction de la voie de ceinture ouest de Koulikoro est un projet qui comme tout projet doit être soumis à une Etude d'Impact Environnemental (EIE) car il est susceptible d'avoir des impacts négatifs aussi bien que positifs importants sur l'environnement sur les populations, leur cadre de vie, leurs activités économiques, sociales et culturels.

#### 4.3.2-Impacts négatifs

Les travaux de construction en 2x2 voies de la ceinture de Koulikoro induiront des impacts négatifs. Ces travaux vont occasionner le déplacement des habitations se trouvant dans les 30m de l'emprise et cela sur tous le long du tronçon.

La construction des installations de l'Entreprise (Base, Centrale d'enrobée, carrière, emprunts, etc.) et la libération de l'emprise des travaux vont occasionner l'abattage d'arbres et arbustes. Cette situation induira une destruction du couvert végétal.

Les gaz émanant de la combustion du gaz oil alimentant les véhicules, camions et engins de l'entreprise vont produire du CO<sup>2</sup> et de ce fait contribuer à l'augmentation des émissions de ce GES. Par ailleurs, les travaux de concassage, terrassement et réalisations des tests d'extraction vont occasionner l'altération de la qualité de l'air par les soulèvements de poussières. Cette situation est susceptible de dégrader la visibilité au droit des sites concernés.

L'aménagement des installations et les travaux de chantier vont entraîner des amoncellements d'ordures et de dépôts de produits de rebus.

Le brassage entre les ouvriers et les populations locales contribuera à la propagation des maladies contagieuses (SIDA, Grippe, Grossesse non désirées des jeunes filles...). La manipulation des équipements de Génie Civil et la circulation des véhicules et engins de

chantier sont susceptibles d'occasionner des accidents entraînant dans certains cas des morts d'hommes.

Les bruits provoqués par le fonctionnement des engins de construction et la circulation des véhicules est susceptible de perturber la quiétude des populations riveraines. Ces bruits peuvent provoquer des troubles auditifs (pertes auditives et des acouphènes) chez les travailleurs exposés.

Les travaux de chantier affecteront les biens et personnes installées dans l'emprise (les lignes électriques dispersées en début du tronçon, parcelles de cultures maraichères...).

Les travaux vont occasionner la perturbation de la circulation dans la zone du projet et provoquer des bouchons.

Ces impacts restent temporaires et ponctuels en se limitant en général à la phase des travaux et sont maîtrisables moyennant des coûts assez réduits.

#### **4.3.3-Impacts positifs**

La voie (RR14) est actuellement saturée, encombrée et ne peut plus répondre à l'intensité du trafic actuel qu'elle draine dans le centre-ville ; surtout celui des gros porteurs pour lesquels la traversée de la ville constitue un danger. La création de la voie de ceinture va afin de désengorger la RR14 qui constitue la colonne vertébrale du réseau primaire et qui draine le gros trafic.

Les travaux permettront de créer des emplois temporaires (manœuvres, ouvriers, restaurateurs, domestiques...) et permanents. De même, ils permettront d'améliorer et affiner la qualification des stagiaires. En outre, les travaux de chantier vont constituer une opportunité d'apprentissage pour les jeunes sans emploi de la ville.

À cela s'ajoute l'amélioration de la beauté du paysage local et l'embellissement de la ville. La rectification des caractéristiques du tracé va entraîner un meilleur confort aux usagers, une meilleure condition de circulation, et cela engendrera des encouragements aux échanges inter-régions.

L'exécution des ouvrages hydrauliques vont permettre d'éliminer les coupures de circulations, et d'assurer la mise hors eau de la chaussée. Cela réduira le temps de parcours des usagers qui emprunteront cette voie de ceinture.

La voie de ceinture de Koulikoro va favoriser les échanges économiques entre les villes.

La signalisation et les équipements de sécurités placés sur la voie vont réduire aux maximum le taux d'accident et permettra de lutter contre l'insécurité dans la zone avec l'éclairage public le long du tronçon.

**En ANNEXE 5 pour plus de détails sur les mesures d'atténuation de l'étude d'impact environnemental.**

### **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS (EIES)**

Les désagréments majeurs que causerait la réalisation du projet seraient essentiellement occasionnés pendant la phase de construction. Il s'agit de la destruction des maraîchers et des terres, des risques d'érosion, des risques de contamination aux IST, VIH/SIDA et maladies respiratoires, de la destruction de lieux de cultes et d'habitations et surtout de la perte d'activités et de revenus économiques. La mise en œuvre des différentes mesures préconisées réduirait considérablement ces désagréments.

Quant aux avantages majeurs liés à la réalisation du projet, ils seraient perceptibles surtout pendant la phase d'exploitation. Pendant la phase des travaux, il s'agira essentiellement de la possibilité de création de nouveaux sites retenue d'eau sur les sites d'emprunts et carrières. Pendant l'exploitation, les retombées majeures sont : l'embellissement du paysage urbain, la réduction substantielle de poussière dans la ville, l'amélioration de la fluidité et de la visibilité routière, la réduction du nombre d'accidents, la réduction du temps moyen de circulation et de la consommation en carburant et la facilitation des échanges commerciaux.

Aux regards du bilan des impacts et des mesures de mitigation proposées, ce projet de réalisation d'une autoroute a globalement un avantage certain comparativement à la situation sans projet. Cette raison fondamentale fait qu'il mérite une attention particulière. Par conséquent, sa réalisation est dans l'intérêt non seulement des populations de la ville de Koulikoro mais aussi du pays tout entier. C'est pourquoi nous recommandons au maître d'ouvrage, d'insister sur la mise en œuvre effective du plan de gestion environnementale et sociale dans le dossier d'appel d'offres pour la réalisation de ce projet.

#### **4.4- Eclairage public**

L'éclairage public doit apporter beaucoup plus aux usagers que le seul sentiment de confort. Il faut que ses performances photométriques permettent d'accéder de nuit aux exigences indispensables à l'accomplissement des différentes tâches visuelles de chaque catégorie d'usagers. Il se doit de rendre aisées pour les automobilistes la perception et la localisation des points singuliers de la route et des obstacles éventuels. Pour le piéton, il s'agit d'assurer la visibilité distincte des bordures de trottoirs, des véhicules et des obstacles et d'éviter les zones d'ombres, et pour des raisons de conformité ou d'harmonie avec les réseaux d'éclairage public similaires, la technique qui sera utilisée est celle du candélabre. Les niveaux d'éclairage et

de luminance recherchés devront être supérieur ou égal respectivement à 20 lux et 1cd/m<sup>2</sup>. La disposition des candélabres sera du type axial sur le Tpc.

L'éclairage de la voie calculé par le rapport du flux utile reçu par la chaussée sur la surface correspondante de cette même chaussée est de 200 lux pour lampe de 250 W avec un flux nominal d'au moins 27 000 lumens.

- **Hauteur et nombre de feu**

Elle est fonction de la largeur de la voie et du type d'implantation. Dans notre cas à cause de l'emprise disponible les profils en travers sont différents suivant le tronçon, mais pour la suite nous considérerons le travers le plus large pour les calculs à savoir 2x2 pour une largeur de 3.5m la voie et pour la piste cyclable, accotements pareille, mais avec une largeur de 1.5 m, on a donc Une largeur totale de la chaussée de 22,4 m.

*Tableau 24 : Références issus de la Bibliographie [11] pour la vérification de la hauteur des candélabres*

Type d'implantation	Axiale sur tpc	Autres
Hauteur de feu	$H \geq L$	$H \geq L/2$

L : la largeur de la voie en mètre

H : la hauteur de feu en mètre

Puisque nos candélabres sont sur le terreplein central, on est dans le cas des « autres ».

$$\frac{L}{2} = 11,2 \text{ m} \text{ on a donc } H=12 \text{ m} > \frac{L}{2}$$

La hauteur de 12m est convenable, car elle respecte la règle :  $H \geq L/2$

H=12m.

- L'espacement entre les candélabres  $\frac{e}{H} \leq 3 \rightarrow e \leq 3 \times H = 3 \times 12 = 36\text{m}$

Le nombre de candélabres est donné par la relation suivante :

$$N = \frac{L}{e} \text{ avec } L = \text{longueur totale de la voie et } e = \text{espacement entre candélabres}$$

$$\text{Soit } N = \frac{13560}{36} = 377 \text{ candélabres.}$$

Caractéristiques minimales des candélabres :

Type : Candélabre à ligne continue acier, fût et crosse de section octogonale

Hauteur : 12 m

Saillie S	:	1,5 m
Rayon de courbure	:	1 m
Dimension de l'embout (θ x L)	:	42 x 60 mm
Nature de la protection du candélabre	:	par galvanisation à chaud
Porte h x l (mm)	:	700x120
Vol. disponible a x b x c (mm)	:	700x130x130
Semelle entre axe (mm)	:	300x300
Tige de scellement	:	24x500
Surfaces en m <sup>2</sup>	:	5,5
Massif béton (mm)	:	1500x800x800

Et pour son installation, il doit être fixé sur un massif en béton armé à la partie inférieure et fixé au moyen de quatre (4) tiges de scellement, les tiges de scellement et leurs écrous doivent être en acier galvanisé. Type de candélabre dans **ANNEXE 5**

#### **4.5 -Evaluation du coût du projet**

Cette évaluation vise à donner une tranche de prix pour l'ensemble des travaux à exécuter.

Les travaux à réalisés sont décomposés en plusieurs tranches et regroupés dans le tableau

L'estimation du projet passera par l'avant-métré qui est défini en neufs grandes rubriques appelées Postes et qui sont :

<b>Désignations</b>	<b>PRIX</b>
<b>000</b> Installation de chantier – travaux topographiques	448023000
<b>100</b> Mesure social et environnementale	54 600 000
<b>200</b> Dégagement des emprises et Préparation de terrain	107726000
<b>300</b> Terrassements Généraux	3321055932
<b>400</b> Corps de Chaussée	3263695652
<b>500</b> Revêtement chaussée	4364323211
<b>600</b> Drainage –assainissement	908712624
<b>700</b> Ouvrages hydrauliques et ouvrages d'art	415138857
<b>800</b> Signalisation et sécurité	120429720
<b>900</b> Eclairage Public	1201903974
<b>MONTANT TOTAL HORS TVA EN F CFA</b>	<b>14 205 608 869</b>
<b>TVA EN F CFA 18%</b>	<b>2 557 009 596</b>
<b>MONTANT TOTAL TTC</b>	<b>16 762 618 466</b>

On déterminera les quantités à mettre en œuvre dans le cadre du projet d'une part et d'autre part la définition des prix unitaires qui devront composer le bordereau des prix unitaires.

**Les détails du devis quantitatif et estimatif sont mentionnés en Annexe 5**



## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les différentes études menées dans le cadre de ce projet d'**ETUDES TECHNIQUES DETAILLES DES AMENAGEMENTS ET DE BITUMAGE DES VOIES DE LA CEINTURE OUEST DE KOULIKORO AU MALI (13.56 km)**, nous ont permis d'aboutir à la proposition d'infrastructures répondant aux normes établies et en adéquation avec les exigences des termes de référence.

Nous avons fait des propositions techniques sur la géométrie routière, l'aménagement du carrefour, la structure de chaussée, les infrastructures d'assainissement de la route, la signalisation routière et l'éclairage. Tout au long de l'étude, notre souci était de proposer un projet réaliste, facilement réalisable, respectant les critères environnementaux, et surtout de grande qualité. Ainsi le cout de ce projet s'élève à seize milliards sept cent soixante-deux millions six cent dix-huit mille quatre cent soixante-six (**16 762 618 466**) FCFA.

Afin que ce projet réponde aux exigences pour lesquels il est destiné, il est nécessaire qu'un certain nombre d'éléments soient respectés. Ainsi nous recommandons :

- La mise en place effective de toutes les signalisations retenues pour ce projet. En effet, la vitesse de référence étant élevée (80 km/h), il est primordial de disposer de signalisations adéquates afin de diminuer les risque d'accidents ;
- Le curage régulier des caniveaux pour qu'ils fonctionnent au maximum de leur capacité et éviter les inondations ; et un entretien régulier pour une longue durée de l'ouvrage.
- Afin de permettre une bonne intégration du projet dans son paysage urbain et qu'il soit accepté par les populations environnantes, il est important que l'ensemble des mesures préconisées dans le chapitre relatif à l'étude d'impact environnemental soit prises en compte. La route, elle est faite pour les populations, de ce fait elle ne doit pas constituer une contrainte pour elles.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. Leyrit, « Aménagement des routes principales (ARP) ». 1994.
- [2] M. Combere, « Cours de Voirie ». 2013.
- [3] G. Liautaud, J. Serfass, A. gave, et M. soule, « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux ». 1984.
- [4] J. P. Triboulet, A. Montpellier, et J. F. Nouvelot, « FAO, Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche ». 1998.
- [5] BCEOM, « Manuel d'exécution des petits ouvrages routiers en Afrique ».1975.
- [6] A. C. Biaou, « Polycopié de cours d'hydraulique routière ». 2011.
- [7] Adamah MESSAN. « Polycopié de cours de Béton armé 1 et 2 ». 2013.
- [8] D. Baucherel et R. Bodet, « Guide technique carrefours giratoires en béton ». 2015.
- [9] M. Legrand et M. Millan, « Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux FASCICULE N° 62 - Titre V ». 1994.
- [10] M. Kambiri et M.Dial Niang « le bassin versant et son complexe ». 2011.
- [11] Direction Générale des infrastructures et des transports. (1988). Instruction Interministérielle sur la signalisation routière, 7e partie.



## **ANNEXES**

**ANNEXE 1 : SEMI DE POINTS**

**ANNEXE 2 : CONCEPTION GEOMETRIQUE**

**ANNEXE 3 : CALCULS DES SOLLICITATIONS ET DETERMINATION DES MODULES ELASTIQUES DES DIFFERENTES COUCHES.**

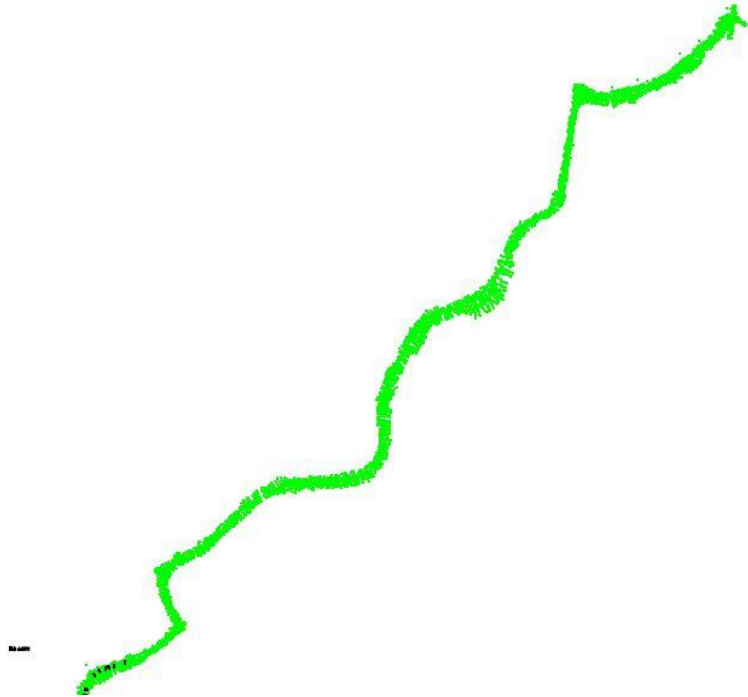
**ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL DALOT (1 x 2.5x 2) m ET CANIVEAU DU (140x140 ) cm**

**ANNEXE 5: ETUDES COMPLEMENTAIRES** (aménagement des carrefours ; signalisations et sécurité routière ; calcul éclairage public et devis estimatif) ;

**ANNEXE 6 : ELEMENTS CARACTERISTIQUES DE L'AXE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG**

**ANNEXE 7 : PLANS**

ANNEXE 1 : SEMI DE POINTS



## ANNEXE 2 : CONCEPTION GEOMETRIQUE

### Les trois types de routes principales interurbaines

- Les **routes de type L**, ainsi désignées par référence à la notion de grande liaison, sont les "**autoroutes**".

Les routes de type L ne sont pas traitées dans ce document (voir bibliographie, thème : routes à deux chaussées à carrefours dénivelés et sans accès riverains), sauf en ce qui concerne certains aspects relatifs à l'aménagement progressif et à la transformation de routes existantes,

- Les **routes de type T**, pour lesquelles la fonction d'écoulement du trafic de transit à moyenne ou grande distance est privilégiée, sont les "**routes express à une chaussée**",
- Les **routes de type R**, qui constituent l'essentiel des réseaux des voies principales de rase campagne, sont multifonctionnelles ; ce sont les "**artères interurbaines**" et les "**routes**" (I).

Les **principales caractéristiques** qui correspondent aux différents types de route sont décrites dans le tableau ci-dessous (apparaissent en grisé les types de routes concernés par le présent document) :

Types de routes	R (routes multifonctionnelles)		T (transit)	L (liaison)
	Routes	Artères interurbaines	Routes express (à une chaussée)	Autoroutes
Nombre de chaussées	1 chaussée (chaussée unique à une ou deux voies)	2 chaussées	1 chaussée	2 chaussées
Carrefours	Plans ordinaires ou giratoires	Giratoire ou plans, sans traversée du TPC	Dénivelés	Dénivelés
Accès	Selon les cas, sans accès ou accès possibles	Si accès, pas de traversée du TPC	Sans accès riverain	Sans accès riverain
Limitation de vitesse hors agglomération	90km/h	110 km/h Ou 90 km/h	90 km	130 km/h Ou 110km/h
Traversée d'agglomérations	Oui, éventuellement		Non	Non
Catégories possibles	R 60 Ou R 80		T 80 ou T 100	L 100 ou L 120 (L 80)
Domaine d'emploi (à titre indicatif)	Fonction de la liaison à courte ou moyenne distance, et prise en compte des usages liés à l'environnement	Fonction de liaison à moyenne ou grande distance privilégiée		
Traffic à terme	Trafic moyen (1 chaussée)	Fort trafic (2 chaussées)	Trafic moyen	Fort trafic
Types de "sécurité des routes et des rues"	Voies principales en milieu rural		Voies isolées de leur environnement	

La catégorie **R80** qui est généralement bien adaptée lorsque les contraintes de relief. Sont faibles.

ANNEXE 3 : CALCULS DES SOLLICITATIONS ET DETERMINATION DES MODULES ELASTIQUES DES DIFFERENTES COUCHES.

### Détermination des sollicitations admissibles

Nous déterminerons dans un premier temps ces valeurs admissibles manuellement à partir du guide de conception et de dimensionnement des structures de chaussées et ensuite avec ALIZE.

### GUIDE DE CONCEPTION

Les facteurs pris en considération pour évaluer la dégradation des chaussées sont entre autres :

- Les résultats d'essai en fatigue
- L'épaisseur des couches de fondation lors de l'exécution

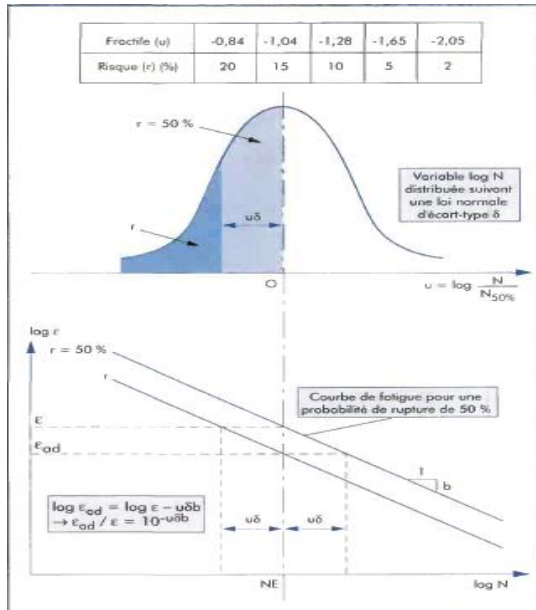
La courbe de fatigue tirée des essais de laboratoire est définie pour une probabilité de rupture de 50 %. Les résultats des essais, exprimés en  $\log(N)$  (logarithme décimal du nombre de cycles à la rupture) sont distribués suivant une loi normale avec un écart-type noté SN. L'épaisseur des couches est considérée comme étant distribuée également selon une loi normale, d'écart-type noté Sh.

Le risque, r, est l'intégrale de la densité de probabilité de la variable  $\log(N)$  réduite. L'écart type,  $\delta$ , associé à la variable  $\log(N)$ , se déduit de la combinaison des facteurs de dispersion sur la loi de fatigue et sur l'épaisseur des couches, par la relations

$$\delta = (SN^2 + \left(\frac{c^2}{b^2}\right) Sh^2)^{0.5}$$

c : coefficient reliant la variation de déformation (ou de contrainte) dans la chaussée à la variation aléatoire d'épaisseur.  $\Delta h$ , ( $\log \varepsilon = \log \varepsilon_0 - \Delta h$ ), pour les chaussées courantes il est de  $0.02 \text{ cm}^{-1}$

b : pente de la loi de fatigue du matériau exprimée sous la forme d'une loi bi logarithmique.



Choix du facteur u en fonction du risque

Détermination de l'allongement  $\epsilon_{t,ad}$  admissible à la base des couches bitumineuses

$$\epsilon_{t, ad} = \epsilon(NE, \theta_{eq}, f) K_c \times K_r \times k_s$$

$\epsilon(NE, \theta_{eq}, f)$  : déformation pour laquelle la rupture conventionnelle en flexion sur éprouvette est obtenue au bout de NE cycles avec une probabilité de 50 %, pour la température équivalente  $\theta_{eq}$ , et à la fréquence f caractéristique

des sollicitations subies par la couche considérée.

La loi de fatigue des matériaux bitumineux est représentée par une relation du type :

$$\epsilon(NE, \theta_{eq}, f) = \epsilon_6(\theta_{eq}, f) x \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b$$

La loi de fatigue est généralement établie expérimentalement pour une température de 10°C et une fréquence de 25 Hz. On considère usuellement pour les couches d'assise que la fréquence caractéristique des sollicitations est de l'ordre de 10 Hz et que la correction de fréquence entre 10 et 25 Hz sur la valeur de  $\epsilon_6$  peut être négligée pour les températures moyennes.

On a alors 
$$\epsilon_{t, ad} = \epsilon_6(10^\circ C, 25 Hz) x \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b x \left(\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}\right)^{0.5} x K_c x K_r x K_s$$

	$\epsilon_6$ (10°C ; 25 Hz) (10 <sup>-6</sup> )	-1/b	SN	Sh	$k_c$
BBSG	100	5	0,25	(1)	1,1
GB 1	70	5	0,4	(1)	1,3
GB 2	80	5	0,3	(1)	1,3
GB 3	90	5	0,3	(1)	1,3
EME 1	100	5	0,3	(1)	1,0
EME 2	130	5	0,25	(1)	1,0

1. Sh dépend de l'épaisseur mise en œuvre :  $Sh = 0,01$  m si  $h \leq 0,10$  m  
 $Sh = 0,025$  m si  $h \geq 0,15$  m ;  $Sh = 0,01 + 0,3 \cdot (h - 0,10)$  si  $0,10 \leq h \leq 0,15$  m.

Valeurs des coefficients de  $\epsilon_6$ , b, SN, Sh,  $k_c$  en fonction des couches bitumineuses extraits du guide de dimensionnement des chaussées

$\theta$	E ( $\theta$ °C ; 10 Hz) en MPa						E (15 °C) (MPa)	$\nu$
	-10	0	10	20	30	40		
BBSG	14 800	12 000	7 200	3 600	1 300	1 000	5 400	0,35
GB 1	18 000	14 000	9 000	5 000	2 000	800	7 000	0,35
GB 2	23 000	18 800	12 300	6 300	2 700	1 000	9 300	0,35
GB 3	23 000	18 800	12 300	6 300	2 700	1 000	9 300	0,35
EME 1	30 000	24 000	17 000	11 000	6 000	3 000	14 000	0,35
EME 2	30 000	24 000	17 000	11 000	6 000	3 000	14 000	0,35

Choix de l'élasticité pour têtâ équivalent et pour 10° en fonction du type de couche bitumineuse issus du guide de conception et de dimensionnement des chaussées

$k_r$  est un coefficient qui ajuste la valeur de la déformation admissible au risque de calcul retenu en fonction des facteurs de dispersion sur l'épaisseur (écart-type Sh) et sur les résultats des essais de fatigue (écart-type SN)

$$K_r = 10^{-ub\delta}$$

$u$  : variable centrée réduite associée au risque  $r$

$b$  : pente de la loi de fatigue du matériau (loi bi-logarithmique)

$\delta$  : écart-type de la distribution de  $\log N$  à la rupture

$k_c$  est un coefficient qui corrige l'écart entre les prédictions de la démarche de calcul et l'observation du comportement des chaussées



Coefficient Kc en fonction de la couche bitumineuse

Matériaux	Kc
Grave bitume	1.3
Béton bitumineux	1.1
EME	1

Ks est un coefficient qui corrige le défaut de portance du sol support

Coefficient Ks en fonction du module d'élasticité

Module	E<50MPa	50MPa≤E<120MPa	E>120 MPa
<b>Ks</b>	1/1.2	1/1.1	1

Pour effectuer les calculs, il nous faut les différents modules des matériaux qui sont notés ci-dessous

Modules d'élasticité des couches de chaussées

**Valeurs prises en compte par le programme « Milfeuil ».**

**MODULES ADOPTÉS POUR LES VÉRIFICATIONS DE CONTRAINTES.**

*Plate-forme.*

S <sub>1</sub> .....	250 bars
S <sub>2</sub> .....	500 bars
S <sub>3</sub> .....	750 bars
S <sub>4</sub> .....	1 500 bars
S <sub>5</sub> .....	3 000 bars

*Matériaux de couche de fondation.*

Graves non traitées.....	} 3 000 bars
Sable argileux.....	
Sols-ciment.....	4 500 bars
Sols-bitume.....	3 500 bars
Sols-chaux.....	3 500 bars

Figure : pour le choix des modules d'élasticité (plateforme, couche de fondation) source CEBTP.

<i>Nature du matériau</i>	<i>Module (MPa)</i>
Béton bitumineux à 30°C	1300
Concassé o/d	4500
Graveleux latéritique naturel (CBR >30 à 95% OPM)	300
Plateforme (en matériau de type S4)	150

Et pour le concassé, avec le tableau suivant : source CEBTP

**Ordre de grandeur des CBR et des modules statiques de quelques sols et matériaux.**

	CBR	E stat.
- Sols mous à très mous.....	< 2 -	< 100
- Argiles.....	2 - 10	200 à 600 bars
- Limons et argiles raides.....	8 - 40	400 à 2 000 bars
- Sables.....	8 - 30	400 à 1 500 bars
- Graves.....	15 - 80	1 000 à 4 000 bars
- Concassé.....	80 - 100	4 000 à 5 000 bars
- Sols ciment (Rc7 de 5 à 50 bars).....		2 000 à 50 000 bars
- Grave-ciment (Rc7 de 10 à 200 bars)...		40 000 à 200 000 bars
- Enrobés bitumineux (selon la température de 30 °C à 10 °C).....		5 000 à 50 000 bars
- Béton de ciment.....		150 000 à 225 000 bars

Module d'élasticité du concassé : 100 x CBR (plateforme =4)

$$100 \times 45 = 4500 \text{ Mpa}$$

**Pour le béton bitumineux on a :**

À partir des différents tableaux on a :

$$\varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \mu_{def}$$

$$\frac{-1}{b} = 5 \text{ donc } b = -0.2$$

$$K_c = 1.1$$

$$K_s = 1$$

$$E(10^\circ) = 7200 \text{ MPa}$$

$$E(\theta_{eq}) = 1300 \text{ MPa}$$

Pour les trafics moyens on a un risque de 5% donc  $u = -1.65$

$$SN = 0.25$$

$$Sh = 0.01$$

$$C = 0.02$$

$$\delta = \sqrt{(0.25^2 + (\frac{0.02 \times 0.01}{0.2})^2)} = 0.25$$

$$K_r = 10^{-( -1.65 \times -0.2 \times 0.25 )} = 0.82$$

$$\epsilon_{t, ad} = 100 \times \left( \frac{5,29 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.2} \times \left( \sqrt{\frac{7200}{1300}} \right) \times 1.1 \times 1 \times 0.82 = 152,13$$

**$\epsilon_{t, ad} = 152,13 \mu\text{def}$**

Les déformations admissibles verticales ( $\epsilon_{z adm}$ ) sont données par la relation suivante :

$$\epsilon_{z adm} = A \times (NE)^{-\alpha}$$

**A** est un paramètre de la loi d'évolution des déformations permanentes pour les sols et matériaux non traités (12000  $\mu\text{def}$  pour une chaussée à fort trafic ou moyen trafic m, 16000  $\mu\text{def}$  pour une chaussée à faible trafic ( $T \leq T3$ ))  **$\alpha$**  est la pente de la loi d'évolution des déformations permanentes pour les sols ou les matériaux non traités ( $\alpha=0.222$ ).

Le trafic de notre projet étant de type T4,  $\epsilon_{z adm}$  est calculé de la façon suivante :

$$\epsilon_{z adm} = 12000 \times (NE)^{-0.222}$$

$$AN: \epsilon_{z adm} = 12000 \times (5289816)^{-0.222} = 385.991 \mu\text{def}$$

### Calcul sur ALIZE LCPC

#### Calcul de Valeur admissible - matériau : bitumineux - bb

Données de trafic :

$$\text{Trafic cumulé NPL} = \mathbf{6,530637.10^6} \text{ PL}$$

#### Trafic cumulé équivalent NE :

$$\text{Coefficient CAM} = 0,8$$

$$\text{Trafic cumulé NE} = \mathbf{5289816}$$
 essieux standard

#### Données sur les différents matériaux :

$$\text{Epsilon}_6 = 100,00 \mu\text{def}$$

$$\text{Pente inverse } 1/b = -5,00$$

$$\text{TétaEq} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Module } E(10^\circ\text{C}) = 7200 \text{ MPa}$$

$$\text{Module } E(\text{TétaEq}) = 1300 \text{ MPa}$$

Ep. Bitumineuse structure. = **0,070 m**

Couche de Base : Concassé o/d : **0, 25 cm**;

Couche de fondation F : Graveleux latéritique naturel : **0, 20 cm**

Écart type Sh = 0,010 m

Écart type SN = 0,250

Risque = 5,0%

Coefficient Kr = 0,8150

Coefficient Ks = 1

Coefficient Kc = 1,1

**EpsilonT admissible = 152, 13µdef.**

ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL DALOT (1 x 2.5x 2) m ET CANIVEAU DU (140x140) cm

### I- CALCUL DU DALOT 1 X 2,50 X 2,00

Les valeurs des efforts, sollicitations et réactions d'appuis des dalots à ouvertures multiples seront déterminés partir des formulaires dits "équations des trois moments".

Quant aux valeurs des efforts et sollicitations M et N (moments et efforts normaux) du dalot à une ouverture, elles seront déterminées sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage "Formulaire des cadres simples" de KLEINLOGEL. Pour ce projet, les dalots ont une ouverture, donc le formulaire des cadres simples seront utilisés pour le dimensionnement.

#### Prédimensionnement

##### ➤ Tablier :

$$\text{Epaisseur : } e = \frac{L}{32} + 0,125 = \frac{2,5}{32} + 0,125 = 0,203 \text{ m}$$

**Prenons e = 0,25 m**

##### ➤ Piédroits :

Nous prenons la même valeur que pour la traverse supérieure pour avoir une structure uniforme : **e = 0,25 m**

##### ➤ Radier :

Pour la même raison que précédente, nous prenons e = 0,25 m

#### Description de l'ouvrage

Epaisseur de la dalle :  $e_1 = 0,25 \text{ m}$

Epaisseur du radier :  $e_1 = 0,25 \text{ m}$

Epaisseur des voiles :  $e_1 = 0,25 \text{ m}$

Hauteur piédroits :  $H = 2,00 \text{ m}$

Largeur roulable :  $L_r = 12,50 \text{ m}$

Largeur chargeable :  $L_c = 7,00 \text{ m}$

Nombre de voies :  $n = 2 \text{ voies}$

Portée de la travée :  $L = 2,75 \text{ m}$

Classe du pont : pont de première classe car  $L_r \geq 7\text{m}$

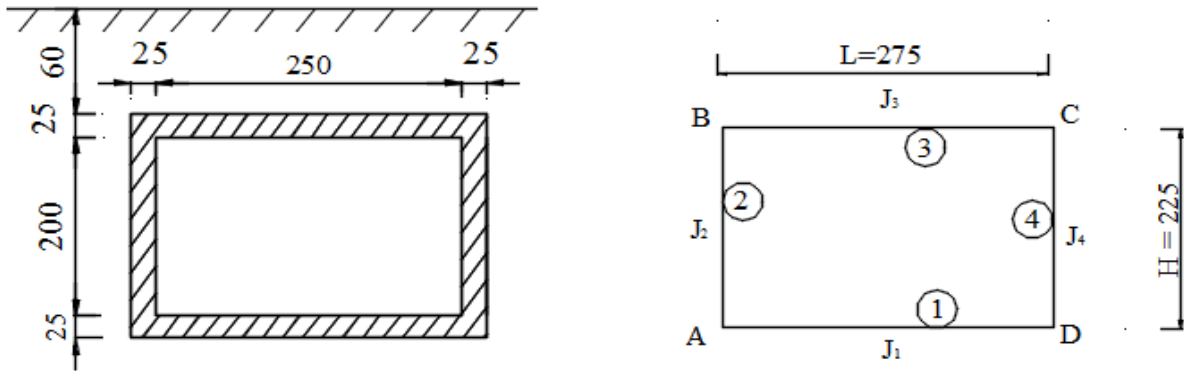


Figure: Schéma de calcul du dalot

Le calcul des moments d'inertie quadratique des différentes parties du cadre (radier, piédroit, tablier) s'effectue par la formule suivante :

$$J_i = \frac{b_i \times E_i^3}{12}, \text{ inertie de l'élément } i.$$

Avec  $b_i = 1,0 \text{ m}$

$E_i \Rightarrow$  l'épaisseur de l'élément  $i$  ;

$h \Rightarrow$  hauteur en fibre moyennes ;

$l \Rightarrow$  Longueur entre fibre moyennes ;

- **Définition des constantes**

$$k_1 = \frac{J_3}{J_1} ; k_2 = \frac{J_3}{J_2} \times \frac{h}{l} ; K_1 = 2k_2 + 3 ; K_2 = 3k_1 + 2k_2$$

$$K_3 = 3k_2 + 1 - \frac{k_1}{5} ; K_4 = \frac{6k_1}{5} + 3k_2$$

$$F_1 = K_1 \times K_2 - k_2 \text{ et } F_2 = 1 + k_1 + 6k_2$$

- **Conventions**

Les moments fléchissant sont positifs quand ils provoquent de la traction dans la partie interne du cadre ;

N1 = effort normal dans le radier ;

N2 = effort normal dans le piédroit de gauche ;

N3 = effort dans le tablier ;

N4 = effort normal dans le piédroit de droit ;

Si  $N > 0$  , c'est un effort normal de compression ;

Si  $N < 0$  c'est un effort normal de traction ;

### Détermination des sollicitations du dalot

Tableau : Dimensions et inerties du dalot

h(m)	2,25
l(m)	2,75
J2=J4 (m <sup>4</sup> )	0,0013
J1=J3 (m <sup>4</sup> )	0,0013

- **Calcul des constantes**

Tableau : Détermination des constantes de calcul

k1	k2	K1	K2	K3	K4	F1	F2
1,0	0,8	4,6	4,6	3,3	3,7	20,7	6,9

Nous déterminerons pour chaque type de charges, les efforts et les moments

#### a) Sous actions permanentes au niveau du tablier

- **Charges permanentes dues au tablier**

Poids mort du tablier :  $0,25 \times 1 \times 2,5 = \mathbf{0,625 \text{ t/ml}}$

Poids mort du remblai :  $0,60 \times 1 \times 2 = \mathbf{1,2 \text{ t/ml}}$

Soit au total  $\mathbf{g1 = 1,825 \text{ t/ml}}$

- **Détermination des moments aux appuis**

$$MA = MD = - \frac{g1xl^2x(k1xK1-k2)}{4xF1} = - \frac{1,825x2,75^2x(1x4,6-0,8)}{4x20,7} = - 0,73 \text{ t/ml}$$

$$MB = MC = - \frac{g1xl^2x(K2-k1xk2)}{4xF1} = - \frac{1,825x2,75^2x(4,6-1x0,8)}{4x20,7} = - 0,73 \text{ t/ml}$$

- **Détermination des efforts normaux**

$$N1 = \frac{MB-MA}{h} + \frac{MD-MA}{l} = 0 \text{ t}$$

$$N2 = \frac{g1xl}{2} + \frac{MC-MB}{l} + \frac{MA-MB}{h} = \frac{2,08x2,75}{2} = 2,86 \text{ t}$$

$$N3 = \frac{MC-MB}{l} + \frac{MA-MB}{h} = 0 \text{ t}$$

$$N4 = \frac{g1xl}{2} + \frac{MB-MC}{l} + \frac{MD-MC}{h} = \frac{2,08x2,75}{2} = 2,86 \text{ t}$$

- **Détermination des moments à mi- portée**

$$M(B-C)(\text{tablier}) = \frac{g1xl^2}{8} + \frac{MB+MC}{2} = \frac{1,825x2,75^2}{8} - \frac{0,73+0,73}{2} = 1,24 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-D)(\text{tablier}) = \frac{g1xl^2}{8} + \frac{MA+MD}{2} = \frac{1,825x2,75^2}{8} - \frac{0,73+0,73}{2} = 1,24 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-B)(\text{piédroit gauche}) = \frac{MA+MB}{2} = -\frac{0,73+0,73}{2} = -0,73 \text{ t.m/ml}$$

$$M(C-D)(\text{piédroit droit}) = \frac{MC+MD}{2} = -\frac{0,73+0,73}{2} = -0,73 \text{ t.m/ml}$$

### b) Sous poids mort des piédroits

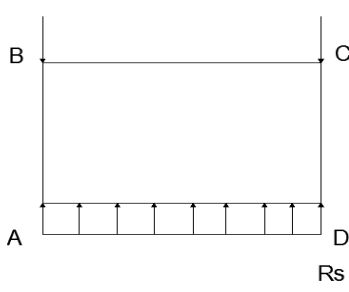


Figure: Schéma du poids du tablier

$$P = 2,5 \times E \times h = 2,5 \times 0,25 \times 2,250 = 1,406 \text{ t}$$

$$R_s = (2 \times p)/l = (2 \times 1,406)/2,75 = 1,023 \text{ t/ml.}$$

#### ▪ Moment aux appuis

$$M_A = M_D = -\frac{p \times l \times k_1 \times k_2}{2 \times F_1} = -\frac{1,406 \times 2,75 \times 1 \times 4,6}{2 \times 20,7} = -0,43 \text{ t.m/ml}$$

$$M_C = M_B = -\frac{p \times l \times (k_1 \times k_2)}{2 \times F_1} = -\frac{1,406 \times 2,75 \times 1 \times 0,8}{2 \times 20,7} = -0,08 \text{ t.m/ml}$$

#### ▪ Effort normaux

$$N_1 = -N_3 = \frac{3 \times p \times l \times k_1 \times (1+k_2)}{2 \times h \times F_1} = \frac{3 \times 1,406 \times 2,75 \times 1 \times (1+0,8)}{2 \times 2,25 \times 20,7} = 0,22 \text{ t}$$

$$N_2 = N_4 = p = 1,406 \text{ t}$$

#### ▪ Moment à mi-portée

$$M(B-C)(\text{tablier}) = \frac{M_B+M_C}{2} = -\frac{0,08+0,08}{2} = -0,08 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-D)(\text{tablier}) = \frac{M_B+M_C}{2} + \frac{R_s \times l^2}{8} = -\frac{0,08+0,08}{2} + \frac{1,023 \times 2,75^2}{8} = 0,89 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-B)(\text{piédroit gauche}) = \frac{M_A+M_B}{2} = -\frac{0,43+0,08}{2} = -0,26 \text{ t.m/ml}$$

$$M(C-D)(\text{piédroit droit}) = \frac{M_C+M_D}{2} = -\frac{0,08+0,43}{2} = -0,26 \text{ t.m/m}$$

### c) Sous l'action de la poussée des terres



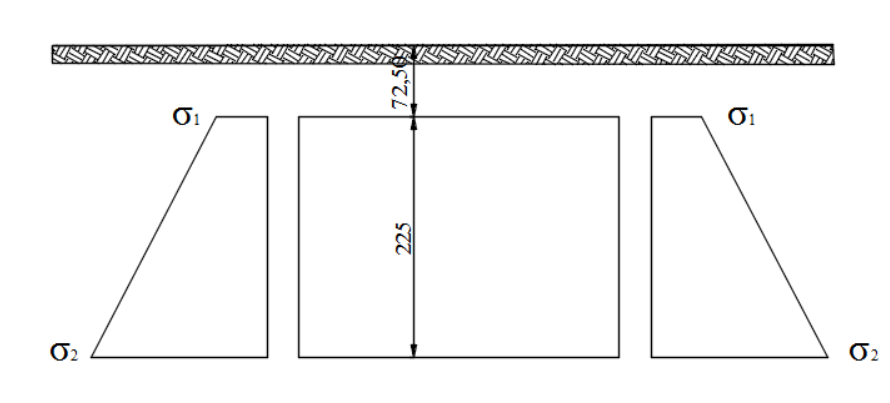


Figure: Poussée des terres

$$\sigma_1 = 0,406 \times 2,0 \times 0,725 = 0,33 \text{ t/ml}$$

$$\sigma_2 = 0,406 \times 2,0 \times 2,975 = 2,416 \text{ t/ml}$$

$$\Delta\sigma = 2,084 \text{ t/ml}$$

▪ **Moments aux appuis**

$$\begin{aligned} MA = MD &= -\frac{k^2 \times (k^2+3) \times \sigma_1 x h^2}{4xF_1} - \frac{k^2 \times (3xk^2+8) \times \Delta\sigma x h^2}{20xF_1} \\ &= -\frac{0,8 \times (0,8+3) \times 0,33 \times 2,25^2}{4 \times 20,7} - \frac{0,8 \times (3 \times 0,8+8) \times 2,084 \times 2,25^2}{20 \times 20,7} = -0,28 \text{ t.m/ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MB = MC &= \frac{k^2 \times (3xk^2+k^2) \times \sigma_1 x h^2}{4xF_1} - \frac{k^2 \times (7xk^2+2xk^2) \times \Delta\sigma x h^2}{20xF_1} \\ &= -\frac{0,8 \times (3 \times 1+0,8) \times 0,33 \times 2,25^2}{4 \times 20,7} - \frac{0,8 \times (7 \times 1+2 \times 0,8) \times 2,084 \times 2,25^2}{20 \times 20,7} = -0,26 \text{ t.m/ml} \end{aligned}$$

▪ **Moments à mi- portée**

$$M(B-C)(\text{tablier}) = -\frac{0,26+0,26}{2} = -0,26 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-D)(\text{radier}) = -\frac{0,28+0,28}{2} = -0,28 \text{ t.m/ml}$$

$$\begin{aligned} M(A-B)(\text{piédroit gauche}) &= \frac{MA+MB}{2} + \frac{\Delta\sigma x h^2}{12} + \frac{\sigma_1 x h^2}{8} \\ &= -\frac{0,28+0,33}{2} + \frac{2,084 \times 2,25^2}{12} + \frac{0,33 \times 2,25^2}{8} = 0,76 \text{ t.m/ml} \end{aligned}$$

$$M(C-D)(\text{piédroit droit}) = 0,76 \text{ t.m/ml}$$

▪ **Effort normaux**

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{(\sigma_1+2x\sigma_2) x h}{6} + \frac{MB-MA}{h} + \frac{MD-MA}{l} \\ &= \frac{(0,33+2 \times 2,416) \times 2,25}{6} + \frac{-0,26+0,28}{2,25} + 0 = 1,82 \text{ t} \end{aligned}$$

$$N_2 = N_4 = 0 \text{ t}$$

$$N3 = \frac{(2x\sigma_1 + \sigma_2)xh}{6} + \frac{MA-MB}{h} + \frac{MC-MB}{l}$$

$$= \frac{(2 \times 0,33 + 2,12) \times 2,25}{6} + \frac{-0,28 + 0,26}{2,25} + 0 = 1,28 \text{ t}$$

#### d) Surcharge

Selon le fascicule 61 titre II, les charges d'exploitation prises en compte pour notre ouvrage sont les systèmes A(l), Bc, Bt, Br, et les charges de remblais.

La largeur roulable :

$$L_r = 12,50 \text{ m}$$

La largeur chargeable :

$$L_c = 7,00 \text{ m}$$

$$\text{Le nombre de voie } N_v = \frac{L_c}{3} = \frac{7,00}{3} = 2 \Rightarrow N_v = 2$$

$$\text{La largeur d'une voie est } V = \frac{L_r}{N_v} = \frac{7,00}{2} = 3,5 \text{ m}$$

La largeur roulable  $L_r = 7,00 \text{ m} \Rightarrow$  le pont est de 1<sup>ère</sup> classe

#### ❖ Surcharge Bc:

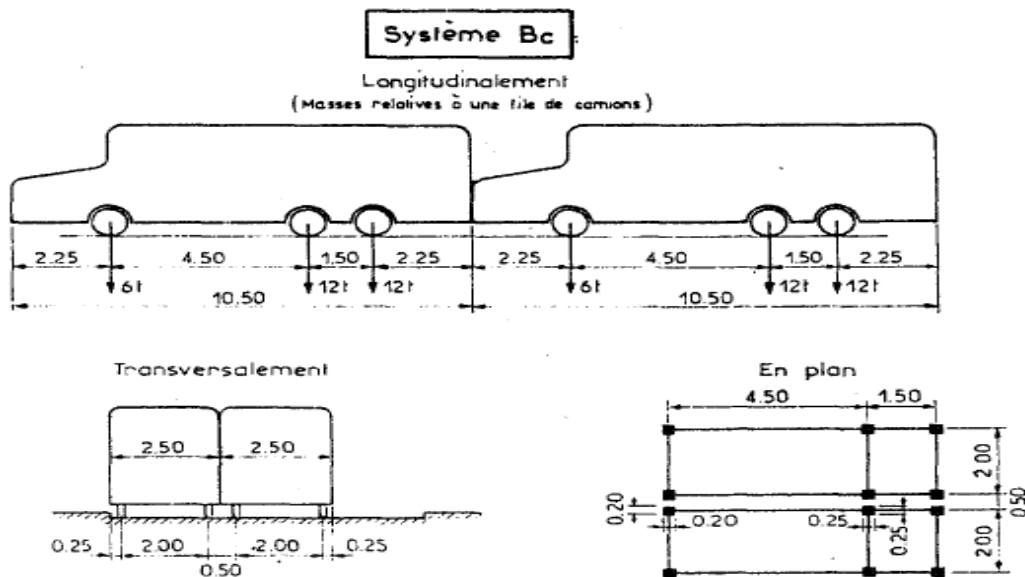


Figure: Schéma du système B<sub>c</sub>

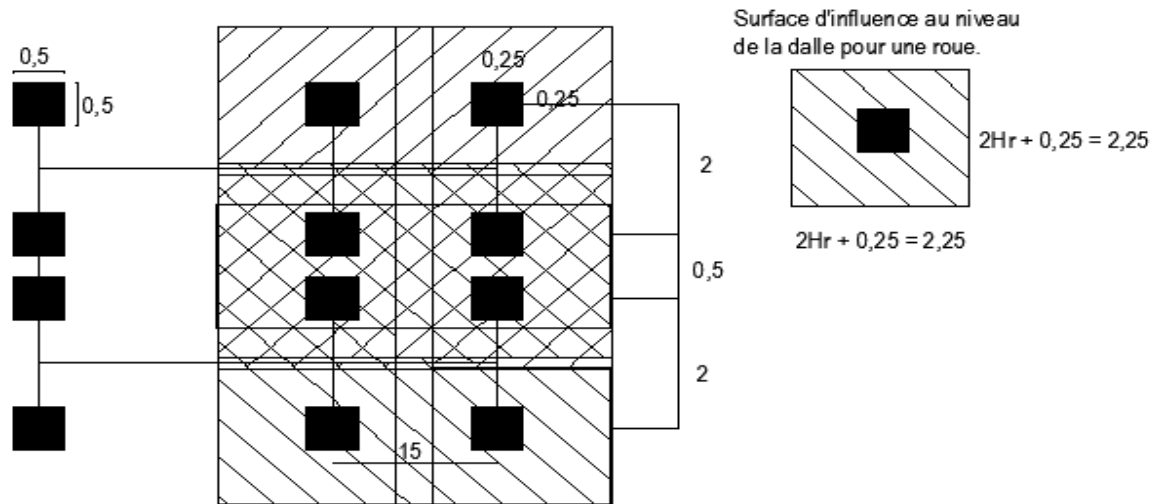


Figure: Position du convoi du type B<sub>c</sub> sur le dalot

Données : Entraxe des essieux = 1,5 ; coefficient bc= 1,1

Tableau: Poids des essieux

Type d'essieu	Nombre d'essieux sur l'ouvrage	Poids d'un essieu (T)	Poids total des essieux (T)
Essieu 6T	n1=0	0,00	0,00
Essieu 12t	n2=2,00	12,00	24,00

Ce système va entraîner sur la dalle et le radier des surcharges. Dans notre situation seuls les quatre essieux arrière sont sur le dalot ils s'interfèrent deux à deux, dans le cas où les quatre essieux arrière seront sur le dalot nous aurons quatre interférences. La charge répartie sur la dalle pour le cas présent est alors :

$$q_1 = \left\{ \frac{(2 \times 6)}{(0,25 + 2 \times H_r)^2} \right\} xbc = 2,61 \text{ t/m}^2$$

▪ **Moment aux appuis**

$$MA = MD = - \frac{q_1 x l^2 x (k_1 x K_1 - k_2)}{4 x F_1} = - \frac{2,61 x 2,75^2 x (1 x 4,6 - 0,8)}{4 x 20,7} = - 0,91 \text{ t/ml}$$

$$MB = MC = - \frac{q_1 x l^2 x (K_2 - k_1 x k_2)}{4 x F_1} = - \frac{2,61 x 2,75^2 x (4,6 - 1 x 0,8)}{4 x 20,7} = - 0,91 \text{ t/ml}$$

▪ **Moment à mi-portée**

$$M(B-C)(\text{tablier}) = \frac{q_1 x l^2}{8} + \frac{MB+MC}{2} = \frac{2,61 x 2,75^2}{8} - \frac{0,91+0,91}{2} = 1,55 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-D)(\text{tablier}) = \frac{q1x^2}{8} + \frac{MA+MD}{2} = \frac{2,61x2,75^2}{8} - \frac{0,91+0,91}{2} = 1,55 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-B)(\text{piédroit gauche}) = \frac{MA+MB}{2} = -\frac{0,91+0,91}{2} = -0,91 \text{ t.m/ml}$$

$$M(C-D)(\text{piédroit droit}) = \frac{MC+MD}{2} = -\frac{0,91+0,91}{2} = -0,91 \text{ t.m/ml}$$

▪ **Efforts normaux**

$$N1 = N3 = 0 \text{ t}$$

$$N2 = N4 = \frac{g1xl}{2} = \frac{2,61x2,75}{2} = 3,58 \text{ t}$$

❖ **Sous système de charge Bt**

Notre dalot étant de première classe, le coefficient bt = 1.

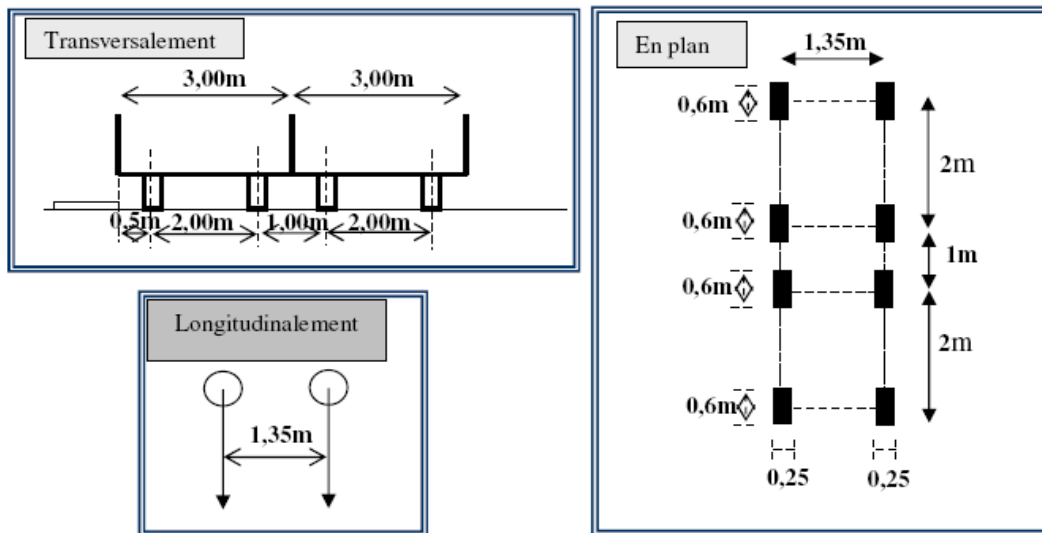


Figure: Schéma du système Bt

Entraxe des essieux = 1,35 ; Coefficient bt = 1. (Art.5.42)

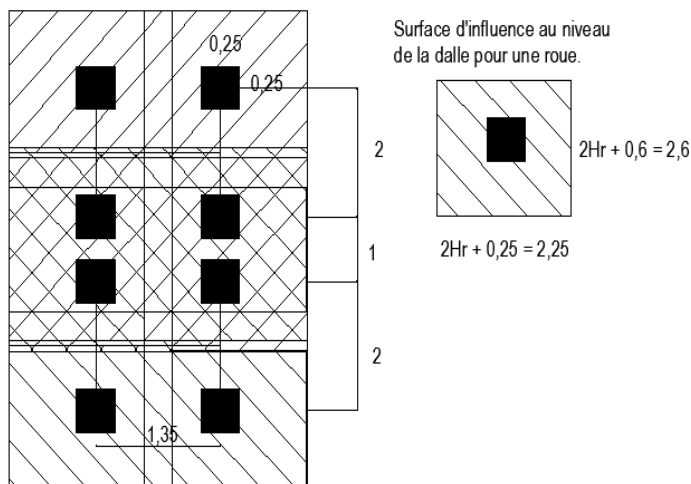


Figure : Position du convoi type Bt sur le dalot

La charge sur la dalle est :

$$q_1 = \left\{ \frac{2 \times 8}{(0,25 + 2 \times H_r) \times (0,6 + 2 \times H_r)} \right\} \times b \times t = \left\{ \frac{2 \times 8}{(2,25)^2 \times (2,25)} \right\} \times 1,0 = 2,735 \text{ t/m}^2$$

▪ **Moment aux appuis**

$$M_A = M_D = - \frac{q_1 \times l^2 \times (k_1 \times K_1 - k_2)}{4 \times F_1} = - \frac{2,735 \times 2,75^2 \times (1 \times 4,6 - 0,8)}{4 \times 20,7} = - 0,95 \text{ t/ml}$$

$$M_B = M_C = - \frac{q_1 \times l^2 \times (K_2 - k_1 \times k_2)}{4 \times F_1} = - \frac{2,735 \times 2,75^2 \times (4,6 - 1 \times 0,8)}{4 \times 20,7} = - 0,95 \text{ t/ml}$$

▪ **Moment à mi- portée**

$$M(B-C)(\text{tablier}) = \frac{q_1 \times l^2}{8} + \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{2,735 \times 2,75^2}{8} - \frac{0,95 + 0,95}{2} = 1,63 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-D)(\text{tablier}) = \frac{q_1 \times l^2}{8} + \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{2,735 \times 2,75^2}{8} - \frac{0,95 + 0,95}{2} = 1,63 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-B)(\text{piédroit gauche}) = \frac{M_A + M_B}{2} = - \frac{0,95 + 0,95}{2} = - 0,95 \text{ t.m/ml}$$

$$M(C-D)(\text{piédroit droit}) = \frac{M_C + M_D}{2} = - \frac{0,95 + 0,95}{2} = - 0,95 \text{ t.m/ml}$$

▪ **Efforts normaux**

$$N_1 = N_3 = 0 \text{ t}$$

$$N_2 = N_4 = \frac{q_1 \times l}{2} = \frac{2,61 \times 2,75}{2} = 3,76 \text{ t}$$

❖ **Système de charge Br**

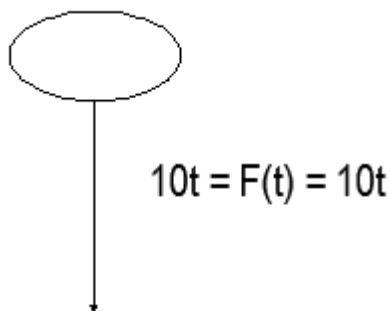


Figure: Système Br

$$p = \left\{ \frac{F}{(0,3 + 2 \times H_r)^2 \times (0,6 + 2 \times H_r)} \right\} \times b \times t = \left\{ \frac{10}{(2,25) \times (2,6)} \right\} \times 1 = 1,67 \text{ t/m}^2$$

▪ **Moments aux appuis**

$$MB = MC = -\frac{pxl}{24} \times \frac{4xk^2+9}{k^2+4xk^2+3} = -\frac{1,67 \times 2,75}{24} \times \frac{4 \times 0,8+9}{0,8^2+4 \times 0,8+3} = -0,34 \text{ t.m/ml}$$

$$MA = MD = -\frac{p1xl}{24} \times \frac{K^2+6}{k^2+4xk^2+3} = -\frac{1,67 \times 2,75}{24} \times \frac{4,6+6}{0,8^2+4 \times 0,8+3} = -0,29 \text{ t.m/ml}$$

#### ▪ Moment à mi-portée

$$M(B-C)(\text{tablier}) = \frac{pxl}{24} \times \frac{MB+MC}{2} = \frac{1,67 \times 2,75}{24} \times \frac{-0,34 - 0,34}{2} = -0,06 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-D)(\text{tablier}) = \frac{pxl}{24} \times \frac{MA+MD}{2} = \frac{1,67 \times 2,75}{24} \times \frac{-0,29 - 0,29}{2} = 0,05 \text{ t.m/ml}$$

$$M(A-B)(\text{piédroit gauche}) = \frac{MA+MB}{2} = \frac{-0,29 - 0,34}{2} = -0,32 \text{ t.m/ml}$$

$$M(C-D)(\text{piédroit droit}) = \frac{MC+MD}{2} = \frac{-0,34 - 0,29}{2} = -0,32 \text{ t.m/ml}$$

#### ▪ Efforts normaux

$$N1 = N3 = 0 \text{ t}$$

$$N2 = N4 = \frac{g1xl}{2} = \frac{1,67 \times 2,75}{2} = 2,30 \text{ t}$$

**Conclusion :** parmi les surcharges routières le moment et l'effort tranchant le plus défavorable sont donnés par le système de charge Bt.

Les combinaisons de charges adoptées pour le calcul des sollicitations à l'ELS sont les suivantes :

$$M_{ser} = MG + 1,2 \times M_Q$$

$$N_{ser} = NG + 1,2 \times N_Q$$

#### e) La surcharge routière de remblai

$$q = 2 \text{ t/m}^2$$

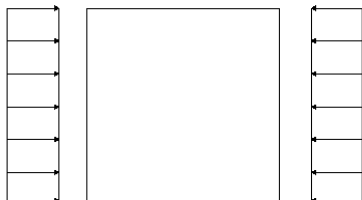


Figure: Surcharge de remblais

$$\sigma = 0,406 \times 2 = 0,406 \text{ t/ml}$$

$$R = \sigma x h = 0,406 \times 2,25 = 0,914 \text{ t/ml}$$

$$\Delta \sigma = 0$$

#### a) Moments aux appuis

$$MA=MB=MC=MD = - \frac{k^2 \times (k+3) \times \sigma x h^2}{4 \times F1} = - \frac{0,8 \times (0,8+3) \times 0,914 \times 2,25^2}{4 \times 20,7} = - 0,130 \text{ t.m/ml.}$$

## II- Détermination des sections des caniveaux (140 x140)

Pour le calcul des sections des caniveaux on se référera à la formule de Manning Strickler qui

Est :

$$Q = K_s \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Avec

Q : le débit en m<sup>3</sup>/s

K<sub>s</sub> : le coefficient de rugosité qui est de 70 pour le béton armé

S : la section mouillée du caniveau en m<sup>2</sup>

R<sub>h</sub> : le rayon hydraulique en m

I : la pente en m/m

$$\text{On } S = Y \cdot b ; P = 2y+b \text{ et } R_h = \frac{S}{P} = \frac{y \cdot b}{2y+b}$$

Nous avons procédé par itération pour obtenir les sections des caniveaux en variant la hauteur et la largeur correspondantes ou plus au débit de crue calculé plus haut. Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau x : dimensions des sections

Pk	Pente	Y(m)	b(m)	$R_h^{2/3}$	Q(m <sup>3</sup> /s)	Section Caniveaux (cm)
1	0,0335	1	1	0,48	6,16	100x100
2	0,0407	1,2	1,2	0,54	11,04	120x120
3	0,0402	1	1	0,48	6,75	100x100
4	0,0689	0,8	0,8	0,41	4,87	80x80
5	0,0271	1	1	0,48	5,54	100x100
6	0,0257	1,4	1,4	0,60	13,23	140x140
7	0,0246	1	1	0,48	5,28	100x100
8	0,033	0,8	0,8	0,41	3,37	80x80
9	0,0433	1	0,8	0,43	5,05	100x80
10	0,0437	0,8	0,8	0,41	3,88	80x80
11	0,0596	1,2	1	0,50	10,24	120x100
12	0,0712	0,8	0,8	0,41	4,95	80x80
13	0,0569	0,8	0,8	0,41	4,43	80x80

Tous ces caniveaux seront aménagés de part et d'autre de la chaussée comme il est prescrit

Dans le marché nous adopterons une section minimale de 80x80 et une section maximale de 140x140.

## Dimensionnement structurel

### ✚ Principe de calcul

Les éléments porteurs (dallettes, voile, radier) du caniveau seront étudiés indépendamment en fonction des différentes charges appliquées.

- En premier les dalles seront calculées en flexion simple sous l'action d'une charge Concentrée d'une roue isolée de 10T conformément au fascicule 62 titre II) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français.
- Ensuite le piédroit sera calculé en flexion composée sous l'action de l'effort transmis par les dalles chargées et de la poussée des terres d'une part et sous l'action des efforts engendrés par la roue Br placé à 30 cm du caniveau, de la poussée de terre d'une autre part.
- Enfin le radier sera calculé en flexion simple sous l'action de son poids propre, du Poids propre des piédroits et des moments d'encastrement sur appuis à gauche et à Droite du radier.

Les calculs ont été faits sur la base du cours du Dr. MESSAN sur le « Cours de béton Armé 1 » et de M. TAMBOURA « Ponts : Ouvrages d'art ».

### ✚ Pré dimensionnement

Les caniveaux sont couverts par des dalles de couvertures aux endroits très sollicités par la population et au droit des entrées de propriétés et relayés par des dalots en béton armé au niveau des franchissements des amorces de chaussées. Les dalles de couverture reposent sur 2 appuis correspondants aux voiles du caniveau. Les voiles sont encastrés dans le radier.

En chaque élément se comporte comme une poutre en flexion, par conséquent les épaisseurs doivent justifier la relation suivante :  $e \geq L/10$

Avec la plus grande section (140x140) on a les valeurs suivantes :

- Radier + dalle de couverture :  $e \geq \frac{L}{10} = \frac{140}{10} = 14\text{cm}$  on retiendra la valeur de 15cm.
- pieds :  $e \geq \frac{H}{10} = \frac{140}{10} = 14\text{ cm}$  on retiendra la valeur de 14 cm.

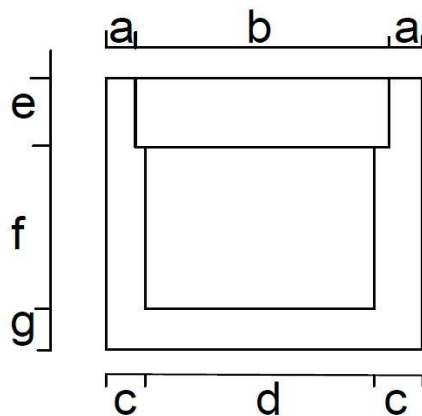
### Note de calcul

### ✚ HYPOTHÈSES



- Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II du fascicule 61(Conception, Calcul et Epreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français.
- Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL 91 modifié 99.
- Fissuration considérée préjudiciable

### SCHEMA DE PRINCIPE



### DONNEES

- **Géométrie**

Épaisseur de la lèvre de feuillure	$a = 0,08 \text{ m}$
Portée de la dalle	$b = 1,24 \text{ m}$
Épaisseur du voile	$c = 0,14 \text{ m}$
Épaisseur de la dalle	$e = 0,15 \text{ m}$
Hauteur libre du caniveau	$f = 0,15 \text{ m}$
Ouverture du caniveau	$d = 1,12 \text{ m}$
Épaisseur du radier	$g = 0,15 \text{ m}$
Redent de la feuillure	$h = 0,15 \text{ m}$
Largeur d'une dalle	$l = 0,5 \text{ m}$

- **MATERIAUX**

#### Béton

- Dosage : 350kg/m<sup>3</sup> de CPA 45 ou de classe équivalente
- Poids volumique :  $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ Kn/m}^3$
- Résistance à la compression a 28 jours :  $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Résistance à la traction a 28 jours :  $f_{t28} = 0.6 + 0.06f_{c28} = 2.1 \text{ MPa}$

- Coefficient de sécurité  $\gamma_b=1.5$
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU :  $f_{bu}=0.85f_{c28}=14.16\text{MPa}$
- Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS  $f_{bc}=0.6f_{c28}=15\text{MPa}$

### Acier

- 1) Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE400
- 2) Limite d'élasticité  $f_e=400\text{Mpa}$
- 3) Coefficient de sécurité  $\gamma_s=1.15$
- 4) Coefficient d'adhérence :  $\eta=1.6$
- 5) Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable :  $\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3}f_e; \max(110\sqrt{n \times f_{t28}}; 0,5f_e)\right) = 201,63\text{MPa}$
- 6)  $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348\text{MPa}$

### Sol

- Poids volumique des terres  $\gamma=20\text{kN/m}^3$
- Coefficient de poussée des terres :  $k_a=0.33$

## ✚ CALCUL DES ARMATURES

### 1-Dalette

Les charges à considérer sur la dalle :

- Le poids propre de la dalle.
- La charge concentrée d'une roue isolée de 10T (voir Titre II de Fascicule 61) : Dans tout ce qui suit, cette roue est désignée par Br.

La dalle sera dimensionnée en flexion simple

### Calcul des charges

Poids propre  $P_{pd} : 25 \times 0,15 \times 1 = 3,75\text{ kN/ml}$

Poids de la roue  $P_{Br} : 100 \times 1 = 100\text{ kN/ml}$

### Moments

$$M_{Pd} = P_{pd} \times \frac{l^2}{8} = 0,53\text{ kN/m}$$

$$M_{Br} = P_{Br} \times \frac{l}{4} = 28\text{ kN/m}$$

### Efforts tranchants

$$T_{Pd} = P_{pd} \times \frac{l}{2} = 2,10\text{ kN}$$

$$T_{Br} = \frac{P_{Br}}{2} = 50 \text{ kN}$$

#### Calcul à l'ELU

$$Mu = 1,35 \times M_{pd} + 1,5 \times M_{Br} = 42,72 \text{ kN/m}$$

Moment réduit du béton

$$U_u = \frac{Mu}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{42,72 \times 10^{-3}}{1 \times (0,9 \times 0,15)^2 \times 14,17} = 0,165$$

$$U_u < U_{AB} = 0,186 \quad \text{donc pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques

$$A_{st} = \frac{Mu}{Z_u \times \sigma_s}$$

$$Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2U_u}) = 0,23$$

$$Z_u = 0,135 \times (1 - 0,4 \times 0,23) = 0,12 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{42,72 \times 10^{-3}}{0,12 \times 348} \times 10^4 = 10,23 \text{ cm}^2$$

#### Calcul à l'ELS

$$M_{ser} = M_{pd} + M_{Br} = 0,53 + 28 = 28,53 \text{ kN/m}$$

Moment résistant

$$M_{serb} = 0,5 \times y_{ser} \times f_{bc} \times Z_{ser}$$

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$$

$$\alpha_{ser} = \frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,135 = 0,07 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,135 - \frac{0,07}{3} = 0,11 \text{ m}$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 0,07 \times 15 \times 0,11 = 0,058 \text{ MN.m/ml}$$

$$M_{ser} < M_{serb} \quad \text{Pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques

$$A_{st} = \frac{28,53 \times 10^{-3}}{0,12 \times 201,63} \times 10^4 = 11,79 \text{ cm}^2$$

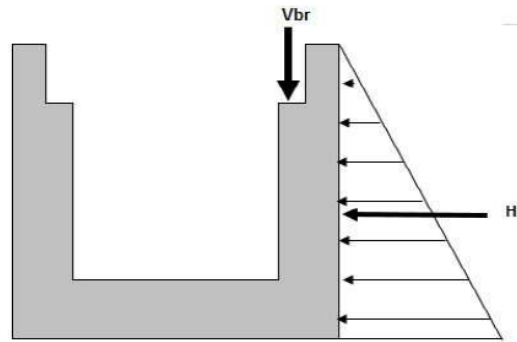
Aciers réels

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(A_{st_{elu}}, A_{st_{els}}) = 11,79 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : **11HA12** = 12,44 cm<sup>2</sup>/ml avec un espacement de 15 cm

### 1) Pieds droits

- a) **CAS 1** : La roue Br est sur le pied droit. Le pied droit est alors calculé sous l'action de la roue Br et la poussée des terres, donc en flexion composée.



### Calcul des charges

Effort normal du aux dalles

$$V_{pd} = \frac{T_{pd}}{h} = \frac{2,10}{0,5} = 4,20 \text{ kN/ml}$$

Effort dû à la roue Br

$$V_{Br} = \frac{T_{Br}}{h} = \frac{50}{0,5} = 100 \text{ kN/ml}$$

Poussée des terres

$$P_T = K_a \times \gamma_s \frac{h_t^2}{2} = 0,33 \times 20 \times \frac{1,4^2}{2} = 6,47 \text{ kN/ml}$$

Moment dû à la charge de remblai

$$M_{pt} = P_T \times \frac{1}{3} = 2,16 \text{ kN.m/ml}$$

### Calcul à l'ELU

$$Nu = 1,35V_{pd} + 1,5V_{Br} = 155,59 \text{ kN/ml}$$

$$Mu = 1,35M_{pt} = 2,92 \text{ kN.m/ml}$$

$$Vu = 1,35P_T = 8,73 \text{ kN/ml}$$

ELS

$$Ns = V_{pd} + V_{Br} = 104,20 \text{ kN/ml}$$

$$Ms = M_{pt} = 2,16 \text{ kN.m/ml}$$

$$Vs = P_T = 6,47 \text{ kN/ml}$$

Calcul de l'excentricité e :

$$e = e_1 + e_a + e_2$$

$e_1$  : excentricité (dite du premier ordre)

$$e_1 = \frac{Mu}{Nu} = \frac{2,92}{155,59} = 0,02 \text{ m}$$

$e_a$  : excentricité additionnelle traduisant les imperfections géométriques initiales

$$e_a = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{l}{250}\right) = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{100}{250} = 0,4\right) = 2 \text{ cm}$$

$e_2$  : excentricité due aux effets du second ordre, liés à la déformation de la structure

$$e_2 = \frac{3l_f^2}{10^4 h} (2 + \alpha\phi)$$

$$\alpha = \frac{Mu}{Mu + Mser} = 0,57$$

$$l_f = 0,7H = 0,7 \times 1,4 = 0,98 \text{ m}$$

$$\phi = 2$$

$$e_2 = \frac{3 \times 0,98^2}{10000 \times 1} \times (2 + 0,57 \times 2) = 0,09 \text{ cm}$$

$$e = 0,04 \text{ m}$$

Calcul de l'effort de compression centré maximal supportable par le béton  $N_{bmax}$

$$N_{bmax} = b \times h \times f_{bu} = 1 \times 0,14 \times 14,17 = 1,98 \text{ MN}$$

Calcul du coefficient de remplissage du diagramme de contrainte :

$$\Psi_1 = \frac{Nu}{N_{bmax}} = \frac{0,155}{1,98} = 0,08 < 0,81$$

Calcul de l'excentricité critique relative  $\zeta$

$$\Psi_1 < \frac{2}{3} \text{ donc } \zeta = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4(3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})} = 0,16$$

Calcul de  $e_{NC}$

$$\Psi_1 < 0,81 \quad e_{NC} = \zeta \times h = 0,16 \times 0,14 = 0,022 \text{ m}$$

$e > e_{NC}$  on a une section partiellement comprimée

Calcul de  $Mu_{fictif}$

$$Mu_{fictif} = Nu \times e_A \text{ avec } e_A = e + (d - 0,5h) = 0,04 + (0,135 - 0,5 \times 0,15) = 0,10 \text{ m}$$

$$Mu_{fictif} = 0,155 \times 0,10 = 0,02 \text{ MN.m/ml}$$

Calcul de  $U_u$

$$U_u = \frac{0,02}{1 \times (0,9 \times 0,15)^2 \times 14,17} = 0,08 < U_{AB} \text{ Pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques

$$Ast = \frac{Mu_{fictif}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}}$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,08}) = 0,11$$

$$Zu = 0,135 \times (1 - 0,4 \times 0,11) = 0,13 \text{ m}$$

$$Ast = \frac{0,02}{0,13 \times 348} \times 10^4 = 4,4 \text{ cm}^2$$

Condition de non-fragilité

$$A_{min} = \max\left(\frac{bh}{1000}; 0.23bd \times \frac{f_{t28}}{f_e}\right) = 1,63 \text{ cm}^2$$

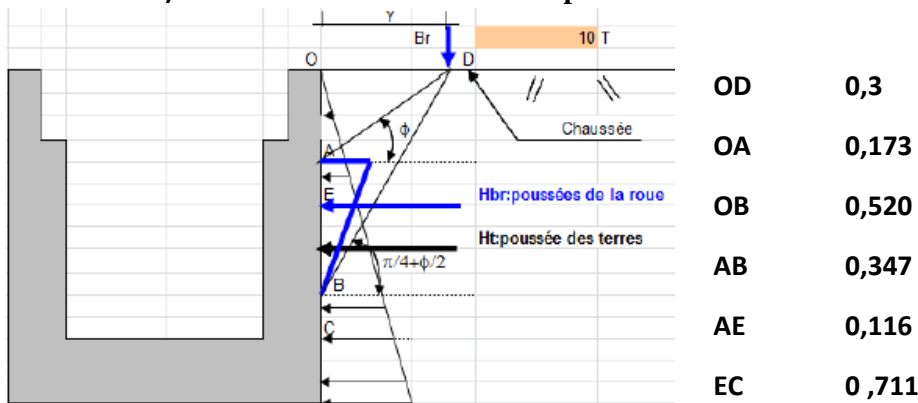
Calcul des aciers réels

$$A_s = A_{st} - \frac{Nu}{\sigma_{su}} = 4,4 - \frac{0,155}{348} * 10^4 = -0.05$$

donc on est en surabondance d'aciers d'ou l'on prendra les aciers minimaux soit  $1,63 \text{ cm}^2$

Nous choisissons

**b) CAS 2 : Piédroit soumis aux poussées latérales de terre et à l'influence de Br**



Calcul des efforts dus à :

La roue Br :  $H_{br} = 100 \times \frac{AB}{2} = 17,35 \text{ kN}$

La poussée des terres :  $H_t = 3,3 \text{ kN}$

**Moments d'encastrement**

$$M_{H_{br}} = H_{Br} \times EC = 12,33 \text{ kN/ml}$$

$$M_{H_t} = 1,1 \text{ kN.m/ml}$$

**Calcul à l'ELU**

$$M_u = 1,35 \times 1,1 + 1,5 \times 12,33 = 19,98 \text{ kN.m/ml}$$

$$N_u = 0$$

$$V_u = 1,35 \times 17,35 + 1,5 \times 3,3 = 28,37 \text{ kN}$$

Moment réduit

$$U_u = \frac{20 \times 10^{-3}}{1 \times 0,135^2 \times 14,17} = 0,08 < U_{AB} \text{ pas d'aciers comprimés}$$

**Aciers théoriques**

$$A_{st} = \frac{20 \times 10^{-3}}{0,13 \times 348} \times 10^4 = 4,42 \text{ cm}^2$$

### Calcul à l'ELS

$$N_{ser} = 0$$

$$M_{ser} = M_{Hbr} + M_{Ht} = 1,1 + 12,33 = 13,43 \text{ kN.m/ml}$$

$$V_{ser} = H_{Br} + H_t = 3,3 + 17,35 = 20,65 \text{ kN/ml}$$

$$\alpha_{ser} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,135 = 0,07 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = 0,135 - \frac{0,07}{3} = 0,112 \text{ m}$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,112 \times 15 \times 0,07 = 0,0588 \text{ MN.m/ml}$$

$M_{ser} < M_{serb}$  donc pas d'aciers comprimés

Aciers théoriques

$$A_{st} = \frac{13,43 \times 10^{-3}}{0,112 \times 201,63} \times 10^4 = 5,96 \text{ cm}^2$$

Aciers réels

$$A_{ciers \text{ retenus}} = \text{Max}(A_{st_{elu}}, A_{st_{els}}) = 5,96 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers

4HA14 espacés de 15 cm

### Condition de non-fragilité

$$A_{min} = 0,23 \times 1 \times 0,135 \times \frac{2,1}{400} = 1,6 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{min}$  OK

## 2) Radier

**CAS 1** : On admet qu'il existe un cas où la nappe inférieure du radier est tendue. Et c'est le cas où la roue Br est sur le pied droit.

### Calcul des charges

$$\text{Poids propre des pieds droits } Pp_{pd} = \frac{25 \times (1,25 - 0,8 \times 0,15)}{1,4} = 20,17 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Poids de la roue Br } P_{Br} = \frac{Br}{l+2c} = \frac{100}{1,4} = 71,43 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Poids propre radier } Pp_r = 25 \times 0,15 \times 1 = 3,75 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Poids propre max } Pp_{max} = Pp_{pd} + Pp_r = 20,17 + 3,75 = 23,93 \text{ kN/ml}$$

### Calcul à l'ELU

$$P_u = 1,35 Pp_{max} + 1,5 P_{Br} = 139,45 \text{ kN}$$

$$M_u = P_u \times \frac{l^2}{8} = 139,45 \times \frac{1,4^2}{8} = 34,17 \text{ kN.m/ml}$$

Moment d'encastrement à gauche du radier ( $M_{gu}$ )= Moment à l'ELU (CAS 1 pieds droits) = 2,92  $kN.m/ml$

Moment d'encastrement à droite du radier  $M_{du}$  := Moment à l'ELU (CAS 2 pieds droits) =19,98 = 20  $kN.m/ml$

Moment appliqué sur le radier

$$Mr = \frac{M_{gu} + M_{du}}{2} + Mu = \frac{2,92 + 20}{2} + 34,17 = 45,63 \text{ kN.m/ml}$$

Moment réduit  $Uu$

$$Uu = \frac{Mr}{b_o \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{45,63 \times 10^{-3}}{1 \times (0,15 \times 0,9)^2 \times 14,17} = 0,177 < U_{AB} \text{ Pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques

$$Ast = \frac{45,63 \times 10^{-3}}{0,13 \times 348} \times 10^4 = 10,09 \text{ cm}^2$$

### Calcul à l'ELS

Moment d'encastrement à gauche du radier ( $M_{gs}$ )= Moment à l'ELS (CAS 1 pieds droits) = 2,92  $N.m/ml$

Moment d'encastrement à droite du radier  $M_{ds}$  := Moment à l'ELS (CAS 2 pieds droits) = 13,43  $kN.m/ml$

$$P_{ser} = P_{p_{max}} + P_{Br} = 95,36 \frac{kN}{ml}$$

$$M_{ser} = P_{ser} \times \frac{l^2}{8} = 95,36 \times \frac{1,4^2}{8} = 23,36 \text{ kN.m/ml}$$

Moment appliquée sur le radier

$$Mr = \frac{M_{gs} + M_{ds}}{2} + M_{ser} = \frac{2,92 + 13,43}{2} + 23,36 = 31,54 \text{ kN.m/ml}$$

$$\alpha_{ser} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,135 = 0,07 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = 0,135 - \frac{0,07}{3} = 0,112 \text{ m}$$

$$M_{serb} = 0,105 \text{ MN.m/ml}$$

$$Mr = 0,03154 < M_{serb} \text{ pas d'aciers comprimés}$$

### Aciers théoriques

$$Ast = \frac{31,54 \times 10^{-3}}{0,112 \times 201,63} = 0,001397 = 13,97 \text{ cm}^2$$

### Aciers réels

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(Ast_{elu}, Ast_{els}) = 13,97 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers



### 13HA12 de 14,71 espacés de 15 cm

#### Condition de non-fragilité

$$A_{min} = 0,23 \times 1 \times 0,135 \times \frac{2,1}{400} = 1,63 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{min} \text{ OK}$$

**CAS 2 :** Lorsque la roue Br est située à 30 cm du caniveau, la nappe supérieure du radier est plus sollicitée.

#### Calcul à l'ELU

$$M_{du} = 20 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{gu} = 2,92 \text{ kN.m/ml}$$

$$P_{p_{max}} = 23,93 \text{ kN}$$

$$P_u = 1,35 \times P_{p_{max}} = 32,31 \text{ kN}$$

$$M_u = 32,31 \times \frac{1,4^2}{8} = 7,92 \text{ kN.m/ml}$$

Moment appliqué sur le radier

$$M_r = \frac{M_{gu} + M_{du}}{2} + M_u = \frac{2,92 + 20}{2} + 7,92 = 19,38 \text{ kN.m/ml}$$

Moment réduit  $U_u$

$$U_u = \frac{M_r}{b_o \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{19,38 \times 10^{-3}}{1 \times (0,15 \times 0,9)^2 \times 14,17} = 0,08 < U_{AB} \text{ Pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques

$$A_{st} = \frac{19,38 \times 10^{-3}}{0,13 \times 348} \times 10^4 = 4,28 \text{ cm}^2$$

#### Calcul à l'ELS

Moment d'encastrement à gauche du radier ( $M_{gs}$ ) = Moment à l'ELS (CAS 1 pieds droits) = 2,92 kN.m/ml

Moment d'encastrement à droite du radier  $M_{ds}$  : = Moment à l'ELS (CAS 2 pieds droits) = 13,43 kN.m/ml

$$P_{ser} = P_{p_{max}} = 23,93 \text{ kN}$$

$$M_{ser} = P_{ser} \times \frac{l^2}{8} = 23,93 \times \frac{1,4^2}{8} = 5,86 \text{ kN.m/ml}$$

Moment appliqué sur le radier

$$M_r = \frac{M_{gs} + M_{ds}}{2} + M_{ser} = \frac{2,92 + 13,43}{2} + 5,86 = 14,035 \text{ kN.m/ml}$$

$$\alpha_{ser} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,135 = 0,07 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = 0,135 - \frac{0,07}{3} = 0,112 \text{ m}$$

$$M_{serb} = 0,586 \text{ MN.m/ml}$$

$$M_r = 0,14 < M_{serb} \text{ pas d'aciers comprimés}$$

### Aciers théoriques

$$A_{st} = \frac{14,035 \times 10^{-3}}{0,112 \times 201,63} \times 10^4 = 6,21 \text{ cm}^2$$

### Aciers réels

$$A_{ciers \text{ retenus}} = \text{Max}(A_{st_{elw}}, A_{st_{els}}) = 6,21 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers

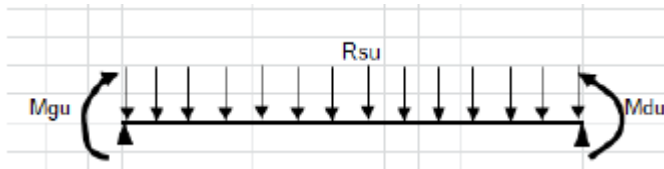
### 8HA10 espacés de 10 cm

### Condition de non-fragilité

$$A_{min} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{400} = 2,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{min} \text{ OK}$$

### Vérification de la contrainte admissible



$$R_{su} = 1,35 P p_{max} = 32,31 \text{ kN/ml}$$

$$M_{du} = 20 \text{ kN.m} \quad M_{gu} = 2,92 \text{ kN.m}$$

Calcul de la réaction d'appui à gauche par la formule

$$R_{gu} = \frac{-R_{su} \times \frac{l}{2} + (M_{du} - M_{gu})}{l} = 5,64 \frac{\text{kN}}{\text{ml}} = 0,625 \text{ t/ml (Bars)} < 1,5 \text{ Bars (Contrainte admissible sol)}$$

Donc le sol peut supporter notre structure.

## ANNEXE 5 : ETUDES COMPLEMENTAIRES

Dans cette partie de notre projet nous présenterons l'aménagement du giratoire présent au pk 5+690, les études d'impacts environnementaux, les signalisations, sécurité routière et éclairages publics et enfin évaluer le coût global du projet.

### 1- AMENAGEMENT DU CARREFOUR GIRATOIRE

Un carrefour est un croisement routier comportant des intersections. Plus généralement il s'agit de la zone dans laquelle des véhicules se déplaçant sur des routes différentes qui se coupent à angle quelconque, peuvent se rencontrer.

On distingue :

- Les carrefours à niveau, ou carrefours plans dans lesquels il n'existe aucune dénivellation de courants. Le carrefour à niveau est le lieu de l'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau.
- Les carrefours dénivelés, ou carrefours à niveaux séparés, dans lesquels certains courants sont dénivelés.

Le terme carrefour employé seul désignera toujours un carrefour à niveau.

Le terme carrefour dénivelé est réservé au cas de deux routes (ou deux rues) à statut ordinaire.

Lorsque l'une des deux routes dénivelées est une autoroute ou une route express le dispositif correspondant et appelé diffuseur.

Dans le cadre de notre projet on s'intéresse surtout à l'étude des carrefours plans ou à niveau, car les routes concernées sont au même niveau.

Le carrefour est situé sur le tronçon du Pk 5+290.

#### a) Type de carrefour

Tout carrefour est une partie importante d'une route. L'efficacité, la vitesse, la sécurité, le coût d'exploitation et la capacité en dépendent. On classe les carrefours en quatre types :

- Le carrefour à trois branches,
- Le carrefour à quatre branches,

- Le carrefour à branches multiples et ;
- Le carrefour giratoire dont les branches ne se croisent pas mais sont raccordées entre elles par une chaussée continue à sens unique, de forme ovale ou circulaire.

Vu l'importance du projet, le niveau de sécurité et de confort qu'on veut attribuer aux usagers et le nombre de chaussée qui converge en ce point est de 3(trois), on est amené à faire le choix d'un **carrefour giratoire a 3 branches**.

**Analyse des variantes : Béton bitumineux et béton armé**

critères	Béton bitumineux ( BB)	Béton armé (BA)	Variante retenue
Faisabilité d'exécution	Mise en œuvre nécessite des engins spéciaux	IL n'exige pas de moyens importants de mise en œuvre.	<b>BA</b>
visibilité	Les chaussées en bitume ne présentent pas les avantages d'une surface de couleur claire	Les chaussées en béton présentent les avantages d'une surface de couleur claire	<b>BA</b>
Impact environnemental	Impact plus ou moins faible	Impact plus ou moins faible	<b>BB, BA</b>

**Après analyse des différentes variantes nous retenons le béton armé pour le carrefour giratoire.**

**a) LES PRINCIPAUX CRITERES DE CHOIX :**

Le choix d'un carrefour est essentiellement basé sur les points suivants :

➤ **Sécurité :**

C'est un critère prioritaire. Sur une route principale, le **giratoire** présente toujours un meilleur niveau de sécurité qu'un carrefour plan ordinaire : le nombre et la gravité des accidents sont en général beaucoup plus faibles.

➤ **Coût**

Les coûts des carrefours plans sont très variables selon les contraintes locales, leur niveau d'équipement, la réalisation de voies de rabattement, etc.

Le coût d'amélioration d'un carrefour plan ordinaire se révèle souvent nettement inférieur à l'aménagement d'un giratoire. Cependant, il faut considérer que la modération des dimensions d'un giratoire en réduit considérablement le coût.

➤ **Le temps perdu**

Ce critère est également important sur les axes où circule un trafic de longue ou moyenne distance (rarement prédominant mais que l'on peut décider de privilégier). Il faut aussi tenir compte du trafic d'intérêt local sur les axes d'importance secondaire.

➤ **Cohérence globale des aménagements le long de l'axe**

Tout aménagement de carrefour doit être examiné dans le cadre d'une réflexion globale sur l'ensemble d'une section d'itinéraire, sans laquelle un programme d'opérations d'investissements ne serait été vraiment optimisé.

**b) Les éléments propres au carrefour giratoire**

Les carrefours giratoires sont constitués :

☐ **La chaussée annulaire** : partie circulaire où circulent les véhicules, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, autour de l'îlot central.

☐ **L'îlot central** : aménagement circulaire, construit ou marqué selon la catégorie du carrefour, situé à l'intersection des voies et autour duquel circulent les véhicules.

☐ **La bande franchissable** : Espace aménagé sur le pourtour de l'îlot central, pouvant être utilisé par les véhicules lourds au moment de manœuvres de virage.

☐ **Les îlots séparateurs** : Espaces surélevés ou marqués séparant les voies d'entrée et de sortie d'une branche et pouvant servir de refuge aux piétons et aux usagers vulnérables durant leur traversée.

☐ **Les lignes de « Cédez le passage »** :

Lignes de marquage qui indiquent l'endroit où les véhicules entrants doivent céder le passage à tous les véhicules circulant sur la chaussée Annulaire.

Le dimensionnement optimal du carrefour giratoire est obtenu en ajustant l'ensemble des caractéristiques géométriques qui le composent. La détermination de la taille du carrefour est un processus interactif, et la modification d'une variable influe sur l'ensemble du concept.

Les dimensions du carrefour giratoire doivent être adaptées aux éléments de son environnement tels que le milieu, le débit de circulation, la classification de la route, l'emprise disponible, le nombre de branches et la topographie des lieux. L'expérience démontre que plus la taille d'un carrefour giratoire est modeste, plus le gain en sécurité augmente.

Surdimensionné un carrefour giratoire accroît les risques pour tous les usagers, mais surtout pour les piétons et les cyclistes.

### c) Les caractéristiques géométriques du carrefour giratoire

- Le rayon de giration ( $R_g$ )** : distance entre le centre du carrefour et la limite extérieure de la chaussée annulaire.
- Le rayon intérieur ( $R_i$ )** : C'est le rayon de l'îlot central incluant la bande franchissable.
- La largeur de l'anneau** : C'est la largeur de la chaussée annulaire délimitée par les limites extérieures des rayons extérieur et intérieur.
- Les rayons d'entrée ( $R_e$ ) et de sortie ( $R_s$ )** : Ces sont des rayons intérieurs des voies d'entrée et de sortie.
- La largeur des entrées ( $L_e$ ) et des sorties ( $L_s$ )** : Ces sont des largeurs de voies d'entrée et de sortie mesurée entre la bordure du côté droit et la ligne de marquage du côté gauche, perpendiculairement à leur jonction avec l'anneau.
- La largeur des approches** : C'est la largeur des voies de circulation en amont du carrefour avant tout changement à la géométrie.

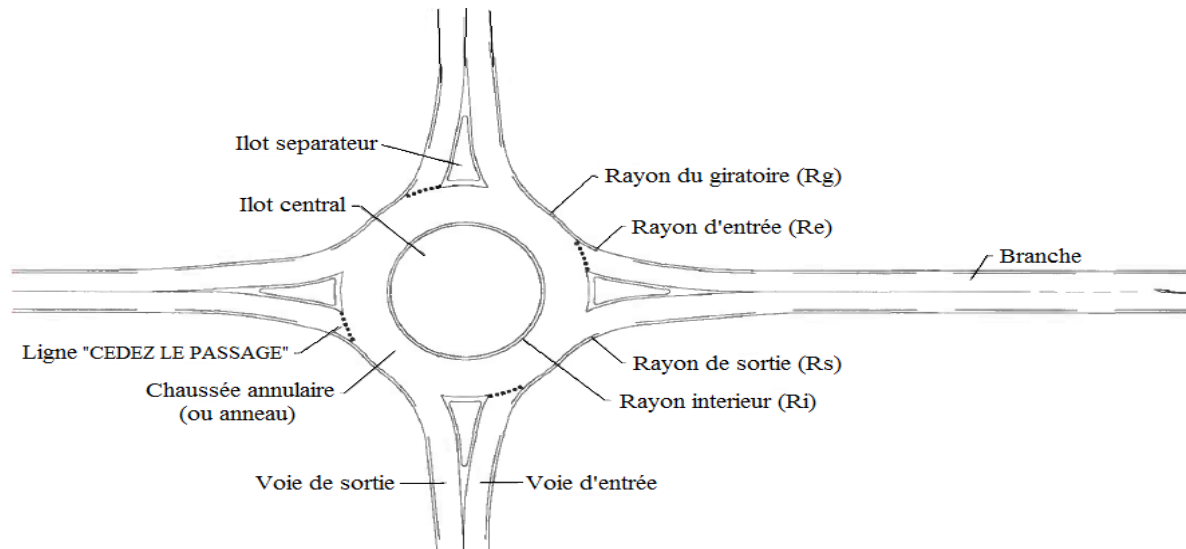


figure: Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire.

### Principes généraux d'aménagement d'un carrefour giratoire

L'aménagement des carrefours a pour but de permettre l'écoulement des débits de circulation dans des conditions normales de sécurité.

Les données essentielles à considérer en vue de l'aménagement d'un carrefour sont les suivantes:

- La fonction des itinéraires et la nature du trafic qui les emprunte ;
- L'intensité est la composition des différents courants de circulation ;
- Les vitesses d'approche des véhicules affluents ;
- Les informations concernant le nombre, le type, l'emplacement et les causes des accidents qui ont pu se produire au carrefour considéré ;
- Les conditions topographiques et notamment l'incidence sur la visibilité en plan et en profil en long
- Les caractéristiques et les projets d'aménagement des sections adjacentes et des carrefours voisins.

#### -La visibilité :

Dans toute la zone d'approche du carrefour, on doit assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicules et sur les îlots. Il importe, en outre, de tenir compte de l'augmentation des distances d'arrêt en pente.

En cas où la visibilité est insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (îlots séparateurs.)

#### **-La vitesse**

La géométrie du carrefour doit inciter les véhicules en provenance des voies affluentes à ralentir en fonction de la visibilité, en particulier pour les courants non prioritaires s'ils ont à respecter un signal d'arrêt.

#### **-La sécurité**

La convergence ou la divergence des courants doivent se faire tangentiellement.

#### **-Signalisation :**

Il convient d'apporter une grande importance à la signalisation verticale et horizontale. Cette signalisation, qui doit être cohérente avec les hypothèses ayant servi de base à l'aménagement du carrefour, devra être particulièrement claire de manière à éviter toute hésitation perturbatrice. L'éclairage nocturne s'impose.

#### **d) Dimensions des composants du giratoire**

Nous n'avons qu'un (1) seuls carrefours giratoires à aménager. Il est situé au PK 5+290. C'est un carrefour à 3 branches dont deux (02) branches en 2x2 voie et une (01) branche en 1x2voies.

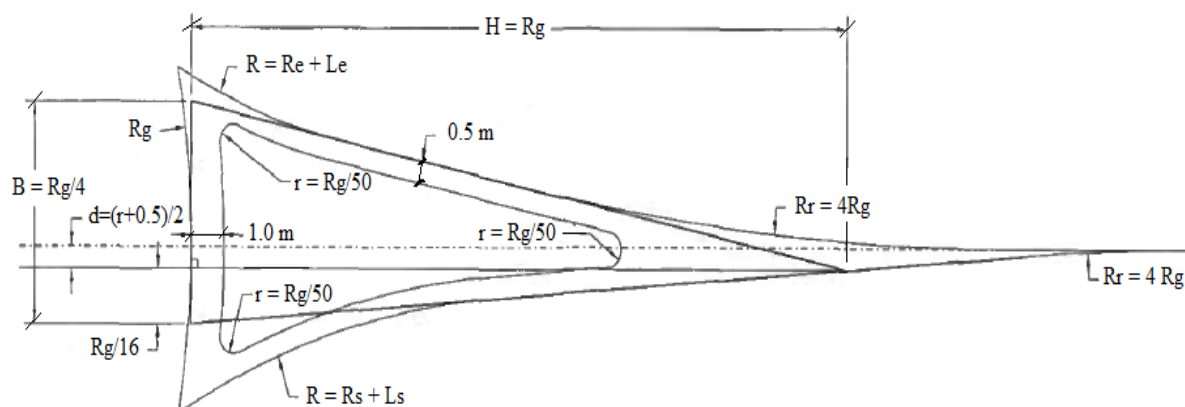
Le tableau suivant nous donne un récapitulatif des différents éléments du giratoire et leurs dimensions :



Tableau: Récapitulatif des dimensions des éléments du carrefour giratoire

	Notations	Paramétrage	Valeur courante (en m)			
			$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Rayon de giration	$R_g$	$12\text{ m} \leq R_g \leq 25\text{ m}$	$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Largeur de l'anneau	$L_a$	$6\text{ m} \leq L_a \leq 9\text{ m}$	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	$S_{if}$	$1.5\text{ m}$ si $R_g \leq 15\text{ m}$	1.5	1.5	-	-
Rayon intérieur	$R_i$	$R_g - L_a - S_{if}$	3.5	6.5	13	18
Rayon d'entrée	$R_e$	$10\text{ m} \leq R_e \leq 15\text{ m}$ et $< R_g$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	$L_e$	$L_e = 4\text{ m}$	4	4	4	4
Rayon de sortie	$R_s$	$15\text{ m} \leq R_s \leq 30\text{ m}$ et $> R_i$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	$L_s$	$4\text{ m} \leq L_s \leq 5\text{ m}$	4	4	4.5	5
Rayon de raccordement	$R_r$	$R_r = 4R_g$	48	60	80	100

Aménagement de l'îlot séparateur :



## 2-SIGNALISATIONS ET SECURITE ROUTIERE

*Récapitulatif des panneaux de signalisation*

<b>Panneau A18</b>	<b>Circulation dans les deux sens</b>	
<b>Panneau B14</b>	<b>Limitation de vitesse. Ce panneau notifie l'interdiction de dépasser la vitesse indiquée</b>	
<b>Panneau B33</b>	<b>Fin de limitation de vitesse</b>	
<b>Panneau B14</b>	<b>Limitation de vitesse. Ce panneau notifie l'interdiction de dépasser la vitesse indiquée</b>	
<b>Panneau B33</b>	<b>Fin de limitation de vitesse</b>	
<b>Panneau AB4</b>	<b>Arrêt à l'intersection</b>	
<b>Panneau A14</b>	<b>Autres dangers. La nature du danger pouvant ou non être précisée par un panneau</b>	
<b>Panneau A1b</b>	<b>Virage à gauche</b>	
<b>Panneau A1a</b>	<b>Virage à droite</b>	
<b>Panneau A3</b>	<b>Chaussée rétrécie</b>	
<b>Panneau A2b</b>	<b>Ralentisseur de type dos-d'âne</b>	
<b>Panneau A15a1</b>	<b>Passage d'animaux domestiques</b>	

Type	Nom	Utilisation dans le projet	Panneaux
------	-----	----------------------------	----------

A13a	Traversée d'enfants	Ecoles	
A13b	Passage piétons	Avant l'intersection d'une rue	
A15a1	Passage bovins	sur le projet	
A15a2	Passage ovins	sur le projet	
A17	Feux tricolores	Intersection avec une rue	
AB4	Stop	au niveau des accès directs à la voie	
B1	Sens Interdit	à droite des accès directs à la voie	
B14	Limitation à 50 km/h	sur le projet.	
B2c	virage interdit de faire demi-tour	Aux extrémités des TPC	
B22a	Piste cyclable	à droite de la voie indiquée	
C27	Positionnement dos d'âne	à droite des accès directs à la voie	

## -Signalisation horizontale

Ce mode de signalisation est constitué par des marquages au sol avec :

- Les lignes d'axe (ligne continue, discontinue) ;
- Les lignes de rive de chaussée ;
- Les marquages des ralentisseurs.

### Caractéristiques des flèches directionnelles

On distingue les flèches directionnelles simples et les flèches directionnelles mixte :

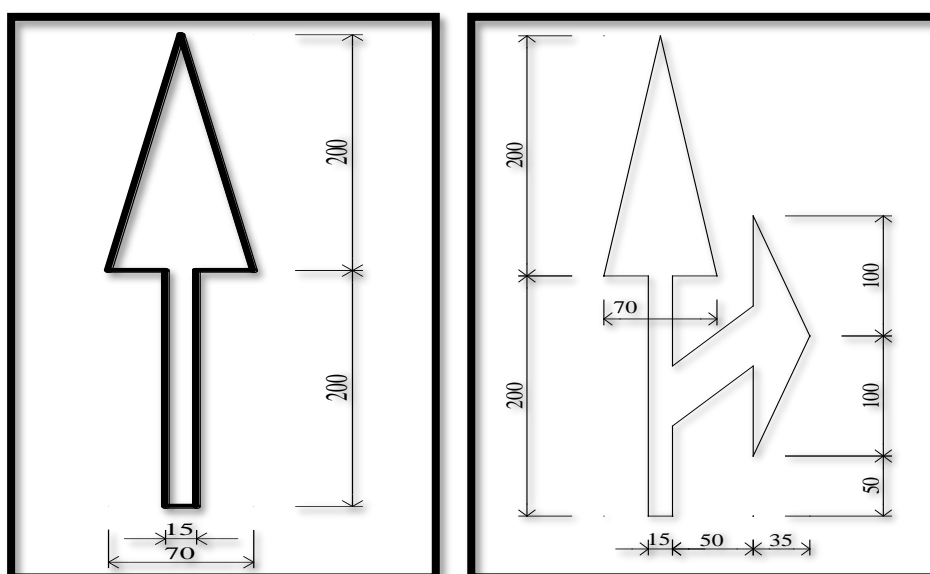


Figure \* Flèches directionnelles

Ligne continue (15 cm de largeur)

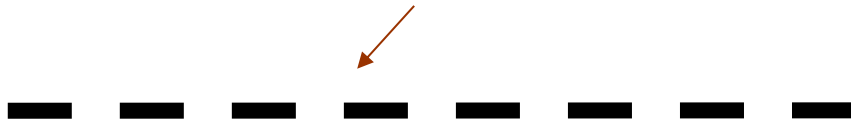


Lignes discontinues

T'1 (Longueur : 1,5m ; Largeur : 0,15m ; Intervalle entre deux lignes : 5m)



T'3 (Longueur : 20m ; Largeur : 0,15m ; Intervalle entre deux lignes : 6m)



Ligne de stop T'2 (Longueur : 0,5m ; Largeur : 0,5m ; Intervalle entre deux lignes : 0,5m)

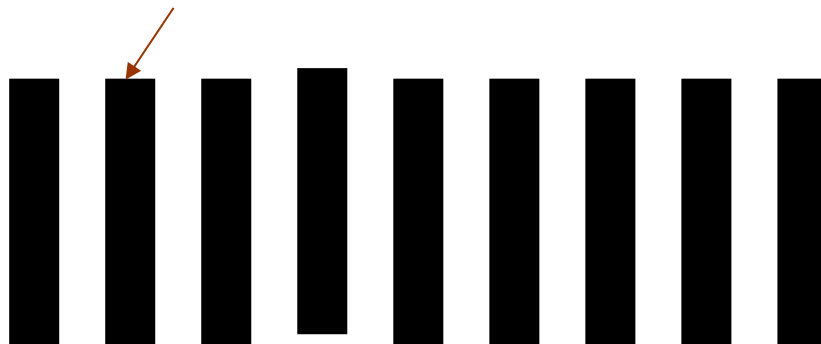


Passage piéton (0,5 m x 3 m)

Figure\*:

Marquages

Au sol



## - SECURITE ROUTIERE

L'objectif du concepteur dans le domaine de la sécurité est de prémunir au mieux, par l'aménagement proposé, les processus qui conduisent à l'accident.

Les exigences concernant la sécurité ne s'expriment pas sous une forme simple, elles doivent prendre en considération tous les aspects du fonctionnement et du dysfonctionnement des systèmes homme – véhicule - environnement et plus largement du système de circulation.

L'objectif de ce paragraphe est de mettre en exergue les exigences concernant la sécurité de la route tout en prenant en compte du niveau d'aménagement et le budget alloué aux travaux. Ces exigences sont entre autre :

- La visibilité,

- La lisibilité,
- L'adéquation aux contraintes de dynamique des véhicules,
- La possibilité d'évitement de récupération,
- La limitation de la gravité des chocs,
- Et la cohérence de tous les éléments de la route et de l'environnement.

### 3-Etudes d'impact environnemental et social (EIES)

Impact en phase de construction

Tableau\*\* : *Impacts environnementaux en phase de construction*

<b>Composante du milieu</b>	<b>Impacts</b>	<b>Critère</b>	<b>Importance</b>
<b>Qualité des sols</b>	Insalubrité des sites de chantier	Nature : Négatif Intensité : Faible Etendue : Locale Durée : Temporaire	Mineure
	Perturbation des sols lors des travaux	Nature : Négatif Intensité : Faible Etendue : Locale Durée : permanente	Mineure
<b>Qualité des eaux</b>	Risque de pollution suite à un déversement accidentel de polluant	Nature : Négatif Intensité : Forte Etendue : variable Durée : Temporaire	Moyenne
	Approvisionnement en eau	Nature : Négatif Intensité : Moyenne	Moyenne

		Etendue : Locale Durée : temporaire	
<b>Qualité de l'air</b>	Augmentation des concentrations de la poussière contaminant dans l'air à proximité des zones de travaux et des voies de circulation	Nature : Négatif Intensité : Faible Etendue : Locale Durée : temporaire	Mineure
<b>Ambiance sonore</b>	Accroissement des niveaux de bruit ambiant (utilisation de la machinerie et des camions, présence des travailleurs)	Nature : Négatif Intensité : Faible Etendue : Locale Durée : temporaire	Mineure

### **Impact en phase d'exploitation**

**Tableau \*\*:** *Impacts environnementaux en phase d'exploitation*

<b>Composante du milieu</b>	<b>Impacts</b>	<b>Critère</b>	<b>Importance</b>
<b>Qualité des sols</b>	Déversement des polluants liquides sur les aires de stationnements	Nature : Négatif Intensité : moyenne Etendue : variable Durée : Temporaire	Moyenne
	Risque de déversement accidentel des polluants	Nature : Négatif Intensité : Faible Etendue : variable Durée : permanente	Mineure

<b>Qualité des eaux</b>	Risque de pollution suite à un déversement accidentel de polluant	Nature : Négatif Intensité : Faible Etendue : variable Durée : permanente	Majeure
<b>Qualité de l'air</b>	Dégradation de la qualité de l'air le long de la voie	Nature : Négatif Intensité : Moyenne Etendue : Locale Durée : permanente	Moyenne
<b>Ambiance sonore</b>	Accroissement des niveaux de bruit ambiant	Nature : Négatif Intensité : selon l'accroissement Etendue : Locale Durée : temporaire	Selon l'accroissement

### MESURES D'ATTENUATIONS :

Les mesures d'atténuation visent à prévenir ou à réduire l'importance des impacts négatifs potentiels sur l'environnement. Nous récapitulons ces mesures dans le tableau ci-après en faisant la synthèse dans les deux phases de cette étude.

**Tableau \*\*:** *Synthèse des impacts et leurs mesures d'atténuation*

<b>Composante du milieu</b>	<b>Impacts</b>	<b>Mesure d'atténuation</b>
	Insalubrité des sites de chantiers	Éviter l'entreposage de la machinerie sur des superficies autres que celles définies comme



<b>Qualité des sols</b>	Perturbation des sols lors des travaux	essentiels pour les travaux. Prévoir une identification claire des limites de ces superficies.
	Risque de pollution des sols	<p>Utiliser si possible les sites d'emprunt existants.</p> <p>Favoriser l'exécution des travaux en dehors de la période d'hivernage.</p> <p>Avant les travaux, vérifier la contamination des sols à l'intérieur ou à proximité d'équipements existants.</p> <p>Éviter l'accumulation de tous types de déchets hors et sur le site des travaux ; évacuer vers les lieux d'élimination prévus à cet effet.</p> <p>Prendre toutes les précautions nécessaires lors du ravitaillement des véhicules de transport et de la machinerie afin d'éviter d'éventuels déversements.</p> <p>Équiper les aires d'entreposage de produits contaminants avec des dispositifs permettant d'assurer une protection contre tout déversement accidentel.</p> <p>Garder sur place une provision de matières absorbantes ainsi que les récipients étanches bien identifiés, destinés à recevoir les résidus pétroliers et les déchets en cas de déversement.</p>
<b>Qualité de l'eau</b>	Risque de pollution suite à un déversement accidentel de polluants	<p>Ensemble des mesures proposées pour les sols ;</p> <p>Éviter d'obstruer les cours d'eau, les fossés ou tout autre canal. Enlever tous débris qui entravent l'écoulement normal des eaux de surfaces ;</p> <p>Afin d'éviter une éventuelle contamination du réseau de caniveaux, interdire le ravitaillement des véhicules de transport et de la machinerie à moins de 60 m des caniveaux</p>
	Approvisionnement en eau	Approvisionnement en eau à des sites désignés ayant une grande capacité de production.

<p><b>Qualité de l'air</b></p>	<p>Augmentation des concentrations des poussières contaminants dans l'air à proximité des zones de travaux et des voies de circulation</p>	<p>Arroser ou étendre un abat-poussière dans les secteurs où la poussière pourrait devenir une nuisance pour certains résidents ;</p> <p>Maintenir les véhicules de transport et la machinerie en bon état de fonctionnement afin d'éviter les fuites d'huile, de carburant ou de tout autre polluant, et minimiser les émissions gazeuses et le bruit;</p> <p>À proximités des zones habitées, éviter la circulation de véhicules lourds et la réalisation de travaux bruyants en dehors des heures normales de travail.</p>
<p><b>Ambiance sonore</b></p>	<p>Accroissement des niveaux de bruit ambiant (utilisation de la machinerie et des camions, présence des travailleurs)</p>	<p>L'entrepreneur devra prendre les dispositions pour prévenir les impacts des panneaux arrière des camions à benne ;</p> <p>L'ensemble des équipements à moteur devra être muni de silencieux performants et être en bon état ;</p> <p>Les compresseurs, marteaux piqueurs ou autres équipements bruyants devront être munis de silencieux ou enceintes acoustiques ; les marteaux hydrauliques devront être munis de dispositifs antibruit ; les alarmes de recul devront être à intensité variable.</p>

## 5- ECLAIRAGE PUBLIC

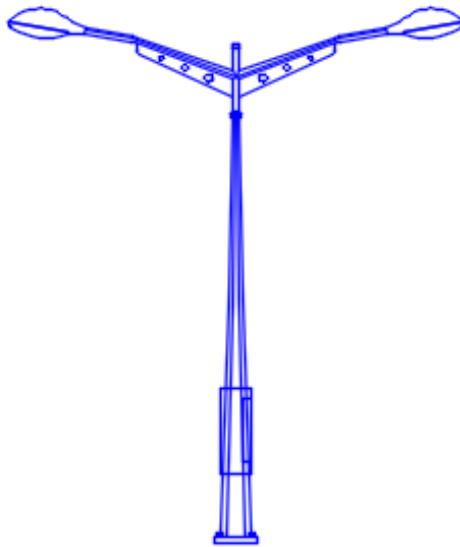


Figure : Type de candélabre

#### - Luminaires

Les caractéristiques sont les suivantes :

- Luminaires à appareillage incorporé pour lampe sodium haute pression de 250 W ;
- Bloc optique en aluminium raffiné traité contre la corrosion par métallisation sous vide ;
- Capot en polypropylène injecté, teinte sable dans la masse, traité anti U.V ;
- Bloc appareillage en polyamide injecté renforcé de fibre de verre teintée en noir, comprenant la douille, le serre câble, le bornier de raccordement (2 plots P+N) et l'appareillage 230 V/50 Hz ;

Vasque en méthacrylate injecté avec joint d'étanchéité en élastomère solidaire de la vasque et munie d'agrafes de fixation en acier inoxydable.

#### 6- DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N° Prix	Désignation des prix	U	Quantité	PU (FCFA)	Montant (FCFA)
	<b>Série 000 – INSTALLATION DE CHANTIER</b>				
001	Installations générales de chantier	Ff	1	255 395 000	255 395 000
002	Amenée et repli du matériel et des engins	Ff	1	192 628 000	192 628 000
	<b>Sous total série 000</b>				<b>448 023 000</b>
	<b>Série 100 – MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALE</b>				
101	Plantation et entretien d'arbres	U	2 800,00	9 750	27 300 000
102	Mise en œuvre et suivi	Ens	1,00	27 300 000	27 300 000
	<b>Sous total série 100</b>				<b>54 600 000</b>
	<b>Série 200 DEGAGEMENT DES EMPRISES ET PREPARATION DE TERRAIN</b>				
201	Préparation du terrain et nettoyage des emprises	m <sup>2</sup>	406 800	95	38 646 000
202	Abattage d'arbres de circonférence >1m	U	76	105 000	7 980 000
203	Démolition des constructions	m <sup>2</sup>	9 400	6 500	61 100 000
	<b>Sous total série 200</b>				<b>107 726 000</b>
	<b>Série 300 – TERRASSEMENTS</b>				
301	Déblai meuble mis en dépôt	m <sup>3</sup>	494 070,00	2 850	1 408 099 500
302	Déblai rocheux	m <sup>3</sup>	606,88	70 000	42 481 600
303	Déblai mis en remblai (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	111 163,00	4 600	511 349 800
304	Remblai d'emprunt (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	246 940,48	4 700	1 160 620 256
305	Plus-value pour transport de matériaux pour remblai d'emprunt d > 2 km (m <sup>3</sup> xkm)	m <sup>3</sup> x km	259 288	210	54 450 376

306	Réglage et compactage de la plateforme	m <sup>2</sup>	360 136	400	144 054 400
	<b>Sous total série 300</b>				<b>3 321 055 932</b>
	<b>Série 400 CORPS DE CHAUSSEE</b>				
401	Fourniture, mise en œuvre des matériaux latéritiques pour couche de fondation (20 cm) et réglage:	m <sup>3</sup>	67 760,00	5 175	350 658 000
402	Plus-value pour Transport sur d>5 km	m <sup>3</sup> xk m	0,00	450	0
403	Fourniture et mise en œuvre de la couche de base en grave concassée (25 cm)	m <sup>3</sup>	67 760,82	42 990	2 913 037 652
	<b>Sous total série 400</b>				<b>3 263 695 652</b>
	<b>Série 500 REVETEMENT DE CHAUSSEE, TPC, ACC</b>				
501	Imprégnation au 0/1 (fourniture, préparation et mise en œuvre)	m <sup>2</sup>	339 299,00	1 600	542 878 400
502	Revêtement de chaussée en BB épaisseur 7cm (préparation et mise en œuvre)	m <sup>2</sup>	210 850,00	6 700	1 412 695 000
503	Revêtement piste cyclable en enduit superficiel bicouche (préparation et mise en œuvre)	m <sup>2</sup>	44 520,00	1 750	77 910 000
504	Revêtement TPC, Anneaux et Accotements en enduit superficiel monocouche (préparation et mise en œuvre)	m <sup>2</sup>	50 113,00	3 000	150 339 000
505	Fourniture et transport de gravillons 10/14 pour BB	m <sup>3</sup>	10 520,00	24 400	256 688 000
506	Fourniture et transport de gravillons 6/10 pour ES	m <sup>3</sup>	445,20	24 400	10 862 880
507	Fourniture et transport de gravillons 4/6 pour ES	m <sup>3</sup>	757,06	24 400	18 472 264

508	Plus-value pour transport de gravillons sur D>5km	m3xk m	459 493,56	190	87 303 776
509	Fourniture et transport du bitume	T	1 710,45	540 000	923 643 000
510	Fourniture et pose de bordures TPC et Ilots	Ml	28 856,88	21 554	621 971 381
511	Fourniture et pose de bordures pour trottoir T2 ( piste cyclable - accot)	Ml	14 840,00	17 625	261 559 509
	<b>Sous total série 500</b>				<b>4 364 323 211</b>
	<b>Série 600 DRAINAGE - ASSAINISSEMENT</b>				
601	Exécution de caniveau en maçonnerie C80 x80	Ml	1 118	60 224	67 330 043
602	Exécution de caniveau en maçonnerie C100 x 100	Ml	6 113	74 030	452 542 402
603	Exécution de caniveau en maçonnerie C120 x 100	Ml	2 297	88 884	204 165 415
604	Exécution de caniveau en maçonnerie C140 x140	Ml	380	102 963	39 126 039
605	Fourniture et pose de perré en maçonnerie pour protection des talus	m <sup>2</sup>	2860,97	29 043	83 090 184
606	Fourniture et pose de Dalle en BA				
606a	D 80 x 80	Ml	390,00	102 943	40 147 757
606b	D 120 x 120	Ml	80,00	126 453	10 116 202
606c	D 120 x 100	Ml	44,00	156 511	6 886 483
606d	D 140 x140	Ml	24,00	221 167	5 307 997
	<b>Sous total série 600</b>				<b>908 712 524</b>
	<b>Série 7 00 - OUVRAGES HYDRAULIQUES</b>				
	Exécution de dalot en BA				
701	Fouilles	m3	897,71	9 691	8 699 664
702	Enrochement de Protection aval	m3	174,16	61 059	10 634 098
703	Gabions de protection amont	m3	435,40	86 221	37 540 671

709	<i>( 1 x 2,00 x 1,00 )</i>				
709a	Corps de dalot	Ml	24,97	1 226 140	30 616 714
709b		U	3,00	1 168 235	3 504 704
710	<i>( 1 x 1.50 x 2.00 )</i>				
710a	Corps de dalot	Ml	25,48	1 374 664	35 026 431
710b		U	2,00	1 330 511	2 661 023
711	<i>( 1 x 2.50 x 2.00 )</i>				
711a	Corps de dalot	Ml	46,95	1 467 800	68 913 217
711b		U	1,00	1 366 534	1 366 534
712	<i>1x 1.50 x 1.50)</i>				
712a	Corps de dalot	Ml	48,17	2 420 161	116 579 142
		U	4,00	1 885 312	7 541 249
713	<i>( 1 x 2.00 x 2.00 )</i>				
713a	Corps de dalot	Ml	25,00	3 389 403	84 735 064
		U	3,00	2 440 115	7 320 346
	<b>Sous total série 700</b>				<b>415 138 857</b>
	<b>Série 800- SIGNALISATION</b>				
801	Marquage à la peinture blanche ligne axiale T'1 2u	m <sup>2</sup>	1 038,4	6 500	6 749 275
802	Marquage ligne de délimitation du TPC	m <sup>2</sup>	4328,53	6 500	28 135 445
803	Marquage à la peinture blanche pour piéton	m <sup>2</sup>	2 220	6 500	14 430 000
804	Panneaux de signalisation A, B, AB	U	50	150 000	7 500 000
805	Panneaux de signalisation D E	U	10	250 000	2 500 000
806	Balise de tête J5	U	40	40 000	1 600 000
807	Balise J1	U	25	35 000	875 000
808	Bornes Pentakilométriques	U	4	35 000	140 000
809	Glissière de sécurité	Ml	975	60 000	58 500 000
	<b>Sous total série 800</b>				<b>120 429 720</b>
	<b>Série 900 ECLAIRAGE PUBLIC</b>	Ens	1		1 201 903 974

	<b>TOTAL GENERAL HORS TOUTES TAXES</b>				<b>14 205 608 869</b>
	<b>TVA (18%)</b>				<b>2 557 009 596</b>
	<b>TOTAL GENERAL TOUTES TAXES COMPRISES</b>				<b>16 762 618 466</b>





ANNEXE 6 : ELEMENTS CARACTERISTIQUES DE L'AXE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG

ANNEXE 7 : PLANS

