Thème

ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA' EN GUINEE BISSAU, INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922.

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE

MASTER

SPECIALITE Génie Civil – Bâtiment et Travaux Publics

Présenté et soutenu publiquement le 22 Janvier 2026 par

Franck Orel NGUEKIE TEYOUDIO (20220061)

Directeur de mémoire : Pr Adamah MESSAN, Professeur Titulaire (CAMES), 2iE

Encadrant 2iE : Dr Seick Omar SORE, Maître-Assistant (CAMES), Université Nazi BONI (UNB) de Bobo

Maître de stage : Mr Alioune OUEGRAOGO, Ingénieur en Génie Civil, AGEIM-IC

Structure d'accueil du stage : **AGEIM - IC**

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : **Dr (MC) Angelbert Chabi BIAOU**
Membres : **Dr Césaire HEMA**
Dr Arnaud L S-N OUEDRAOGO

Promotion 2025- 2026

DEDICACE

Ce présent rapport est dédié à :

Ma grande famille TEYOUDIO, je vous exprime tout mon respect, mon amour, ma gratitude et ma reconnaissance pour les sacrifices consentis afin d'assurer mon éducation.

Que le Seigneur tout-puissant vous comble sans cesse de ses grâces !

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce document est le fruit des efforts conjoints de nombreuses personnes. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à tous ceux et celles qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce travail. Nous adressons tout particulièrement nos remerciements à :

- **M. Tiraogo Hervé OUEDRAOGO**, Directeur Général de la structure AGEIM Ingénieurs Conseils, pour nous avoir offert l'opportunité de réaliser notre stage au sein de son agence ;
- **Pr El Hadji Bamba DIAW**, Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), l'administration et tout le corps enseignant, pour tous les efforts consentis à faire de nous des acteurs clés et utiles pour le développement de la société ;
- **Pr Adamah MESSAN**, notre Directeur de mémoire, pour les multiples conseils et la confiance qu'il nous a accordée ;
- **Dr Seick Omar SORE**, Enseignant chercheur à l'Institut International 2iE et l'Université Nazi BONI (UNB) de Bobo D, notre Encadrant, pour son approche pédagogique, le temps qu'il nous a consacré et pour son accompagnement tout au long de ce projet ;
- **M. Alioune OUEDRAOGO**, notre maitre de stage, pour sa disponibilité, ses orientations éclairées et ses multiples conseils tout au long de ce stage ;
- **M. Arouna YONABA** Ingénieur en Génie Civil, à AGEIM-IC, pour sa disponibilité, ses remarques et suggestions dans le but d'aboutir à des résultats fiables ;
- l'ensemble du personnel de l'agence **AGEIM Ingénieur-Conseil**, pour l'accueil chaleureux et l'environnement de travail convivial qui ont marqué notre stage ;
- nos amis et camarades de classe, pour leur collaboration sincère et leur soutien indéfectible ;

Enfin, nous exprimons notre profonde reconnaissance à toutes les personnes dont les noms n'ont pas été mentionnés, mais qui, de près ou de loin, ont contribué, par leur soutien et leurs encouragements, à la réussite de ce projet.

RESUME

Ce mémoire présente la conception et l'étude technique d'un pont routier et de ses voies d'accès, dans le cadre du programme de modernisation des voiries de la ville de Bissau. L'ouvrage franchit le cours d'eau Oio sur l'axe Bissau–Nhacra et vise à proposer une solution techniquement fiable, économiquement viable et compatible avec les contraintes hydrauliques et environnementales.

Pour ce faire, suite aux études hydrologiques et hydrauliques, une analyse multicritère de différentes variables ont conduit au choix d'un **pont à poutres en béton armé (PSIBA)**, **d'une longueur totale de 180 m**, composé de **neuf (09) travées indépendantes de 20 m chacune**. Il est constitué des appuis (appuis piles) de forme cylindrique de diamètre **1,4 m** et de hauteur variable, qui se repose sur **des semelles en béton armé de 1,2 m de hauteur**. Les fondations utilisées sont des **fondations profondes constituées de pieux allant à 30 m dans le sol**. L'étude structurale de ce pont, réalisée à l'aide du logiciel Robot Structural Analysis pour la modélisation et le calcul des sollicitations, a permis de définir les sections géométriques et les armatures du tablier. Les poutres principales présentent une section en I de 146 cm de hauteur, un entraxe de 180 cm et une âme de 30 cm, avec des armatures principales en HA 32 et 25, des armatures de peau en HA 14, de montage en HA 16 et des armatures transversales en HA 12 espacées de 20 cm. Les entretoises ont une section rectangulaire de 110 × 35 cm², avec des armatures principales en HA 20 aux appuis et HA 12 en travée, des armatures de peau en HA 12 et des armatures transversales en HA 8 espacées de 20 cm. Enfin, l'hourdis de 14,5 × 20 m² est armé en HA 25 espacées de 15 cm en nappe inférieure, et en HA 25 et 20 espacées de 15 cm en nappe supérieure.

Les voies d'accès, d'une longueur totale de 3 743 m, comprennent un tronçon urbain et un tronçon rural, dimensionnés selon les normes d'une route de catégorie R, avec des vitesses de référence de 60 km/h en agglomération et de 80 km/h en rase campagne. Compte tenu d'un trafic T3 et d'un sol S4, la structure de chaussée retenue comprend 5 cm de BBSG en couche de roulement, 10 cm de de Grave-Bitume (GB2) en couche de base, 15 cm de graves latéritiques améliorées au ciment en couche de fondation et 15 cm de graves latéritiques non traitées (GL2, module 240 MPa) en couche de forme.

Une évaluation environnementale et sociale a permis l'élaboration d'un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) visant à maîtriser les impacts du projet. Par ailleurs, l'estimation financière globale du projet s'élève à **cinq milliards huit cent cinquante-cinq millions quarante-huit mille six cent vingt-deux francs CFA** (5 855 048 622), toutes taxes comprises.

Mots clés :

- étude technique ;
- hydraulique ;
- voies d'accès ;
- pont à poutre en béton armé, environnement.

ABSTRACT

This thesis presents the design and technical study of a road bridge and its access roads, as part of the road modernisation programme in the city of Bissau. The structure crosses the Oio River on the Bissau–Nhacra axis and aims to provide a technically reliable, economically viable solution that is compatible with hydraulic and environmental constraints.

To this end, following hydrological and hydraulic studies, a multi-criteria analysis of various variables led to the choice of a reinforced concrete beam bridge (PSIBA), with a total length of 180 m, composed of nine (09) independent spans of 20 m each. The structural study of this bridge, carried out using Robot Structural Analysis software for modelling and stress calculations, made it possible to define the geometric sections and reinforcement of the deck. The main beams have an I-section 146 cm high, a centre-to-centre distance of 180 cm and a web 30 cm thick, with main reinforcement in HA 32 and 25, skin reinforcement in HA 14, assembly reinforcement in HA 16 and transverse reinforcement in HA 12 spaced 20 cm apart. The spacers have a rectangular cross-section of 110 × 35 cm², with main reinforcement in HA 20 at the supports and HA 12 in the span, skin reinforcement in HA 12 and transverse reinforcement in HA 8 spaced 20 cm apart. Finally, the 14.5 × 20 m² hollow core slab is reinforced with HA 25 bars spaced 15 cm apart in the lower layer, and HA 25 and 20 bars spaced 15 cm apart in the upper layer.

The access roads, with a total length of 3,743 m, include an urban section and a rural section, designed in accordance with Category R road standards, with reference speeds of 60 km/h in built-up areas and 80 km/h in open country. Taking into account T3 traffic and S4 soil, the chosen road structure comprises 5 cm of BBSG as the wearing course, 10 cm of Gravel-Bitumen (GB2) as the base layer, 15 cm of cement-treated lateritic gravel as the foundation layer and 15 cm of untreated lateritic gravel (GL2, modulus 240 MPa) as the sub-base layer.

An environmental and social assessment led to the development of an Environmental and Social Management Plan (ESMP) aimed at controlling the project's impacts. In addition, the overall financial estimate for the project is five billion eight hundred and fifty-five million forty-eight thousand six hundred and twenty-two CFA francs (5,855,048,622), including all taxes.

Keywords:

- technical study;
- access roads;
- hydraulic;
- reinforced concrete beam bridge;
- environment.

ABREVIATIONS ET SIGLES

AGEIM-IC	:	Agence d'Etude d'Ingénierie de Maitrise d'œuvre –Ingénieurs Conseils
SARL	:	Société à Responsabilité Limité
BADEA	:	Banque Arabe pour le Développement Economique en Afrique
TDR	:	Termes de Références
DAO	:	Dossier d'Apple d'Offre
APD	:	Avant-Projet Détaillé
TPC	:	Terre-Plein Central
CEBTP	:	Centre Expérimental de Recherche et d'Etude de Bâtiment et Travaux Publics
CBR	:	Californian Bearing Ratio
ARP	:	Aménagement des Routes Principales
LCPC	:	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
CAM	:	Coefficient d'Agressivité Moyen
BBSG	:	Béton Bitumineux Semi Grenu
BTP	:	Bâtiment et Travaux Publics
HA	:	Haute Adhérence
TMJA	:	Trafic Moyen Journalier Annuel
ORSTOM	:	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
CIEH	:	Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
BCEOM	:	Bureau d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer
PHE	:	Plus Haute Eau
SETRA	:	Service d'Etude Techniques de Routes et Autoroutes
BA	:	Béton Armé
BAEL	:	Béton Armé aux Etats Limites
EIES	:	Etude d'Impact Environnementale et Sociale
NIES	:	Notice d'Impact Environnementale et Sociale
PES	:	Prescription Environnementale et Sociale
f_{c28}	:	Valeur caractéristique de résistance à la compression du béton à 28 jours
ELU	:	Etat Limite Ultime
ELS	:	Etat Limite de Service
TVA	:	Taxe sur la Valeur Ajouté

TABLE DES MATIERES

Dédicace i

Remerciements ii

Résumé iii

Abstract iv

Abréviations et sigles v

Table des matières vi

Liste des tableaux x

Liste des figures xii

INTRODUCTION GENERALE 1

Chapitre I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET 3

Introduction 3

I.1. Présentation de la structure d'accueil 3

I.1.1. Historique 3

I.1.2. Domaine d'intervention 3

I.1.3. Objectifs et missions 4

I.1.4. Organigramme 5

I.2. Présentation du projet 6

I.2.1. Contexte générale 6

I.2.2. Justification et objectif 6

I.2.3. Description du projet 6

I.2.4. Localisation du projet 7

I.2.5. Etat des lieux du projet 9

I.2.6. Présentation des données de base 10

Conclusion 13

Chapitre II. ETUDE GEOMETRIQUE ET STRUCTURELLE DES VOIES D'ACCES 14

Introduction 14

II.1. Etude géométrique de la route 14

II.1.1. Conception géométrique de route 14

II.1.2. Type de route 15

II.1.3. Catégorie de la route 15

II.1.4. Tracé en plan 17

II.1.5. Profil en long 17

II.1.6. Profil en travers 18

II.1.7. Aménagement des carrefours 21

II.1.8. Signalisation et éclairage routière 23

II.2. Etude du trafic et dimensionnement structural de la chaussée 25

II.2.1. Indice de portance du sol support 25

II.2.2. Etude du trafic 25

II.2.3. Détermination de la nature et des épaisseurs des différentes couches de chaussée 27

II.2.4. Vérification sur Alizé LCPC de la variante retenue 29

Conclusion 33

Chapitre III. ETUDE STRUCTURALE DU PONT EN BETON ARME 34

Introduction 34

III.1. Etudes hydrologiques et hydrauliques 34

III.1.1. Etude hydrologique du projet 34

III.1.2. Etude hydraulique du projet 37

III.2. Conception du pont 39

III.2.1. Généralité sur les ponts 39

III.2.2. Choix du type d'ouvrage d'art : analyse multicritère des variantes du pont 41

III.2.3. Variantes de solutions retenues 43

III.2.4. Etude préliminaire des solutions retenues 44

III.2.5. Analyse multicritère des solutions retenues 46

III.2.6. Pré-dimensionnement du pont à poutre en béton armé (PSIBA) 47

III.3. Etude technique du pont à poutre en béton armé 53

III.3.1. Rappels des normes et des référentiels de calcul 53

III.3.2. Durabilité de l'ouvrage 53

III.3.3. Caractéristiques des matériaux 54

III.3.4. Action et sollicitation 55

III.3.5. Calcul des charges et surcharges 57

III.3.6. Modélisation et calcul du tablier 59

Conclusion 64

Chapitre IV. APERÇUS D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL ET EVALUATION FINANCIERE DU PROJET 65

Introduction 65

IV.1. Aperçus d'impact environnemental et social 65

IV.1.1. Cadre législatif et réglementaire et de la Guinée-Bissau 65

IV.1.2. Présentation sommaire de l'état de référence du milieu récepteur 66

IV.1.3. Principaux enjeux environnementaux et sociaux du projet 68

IV.1.4. Principaux impacts du projet 69

IV.2. Evaluation financière du projet 70

IV.2.1. Avant-métré 70

IV.2.2. Estimation financière du projet 71

Conclusion 72

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS 73

Conclusion générale 73

Recommandations 74

Bibliographie 75

Annexes 77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 : Donnée de base sur le trafic de la route (Source : AGEIM –IC) 12

Tableau I-2 : Synthèse des investigations faites sur la plateforme (Source : AGEIM –IC) 12

Tableau I-3 : classe de portance des sols en fonction du CRB selon le CEBTP [1] 12

Tableau I-4 : Différentes hauteurs de marée de 1980 à 2009 (Source : AGEIM – IC) 13

Tableau II-1 : classification du type et de la catégorie de route d'après l'ARP [3] 16

Tableau II-2 : paramètres géométriques du tracé en plan d'après l'ARP [3] 17

Tableau II-3 : paramètres géométriques du profil en long d'après l'ARP [3] 17

Tableau II-4 : paramètres géométriques du profil en travers d'après l'ARP [3] 18

Tableau II-5 : Panneaux de la signalisation verticale utilisé dans le projet 23

Tableau II-6 : types de modulations de lignes longitudinales utilisés pour le projet 24

Tableau II-7 : classe de trafic en fonction du nombre cumulé de poids lourds selon le CEBTP [1] ... 27

Tableau II-8 : Proposition des variantes de structure de chaussée selon le guide CEBTP [1] 28

Tableau II-9 : comparaison du coût global des chaussées en Grave bitume et Grave ciment 29

Tableau II-10 : Résultats du calcul des contraintes admissibles 30

Tableau II-11 : structure de chaussée admissible 31

Tableau II-12 : structure de chaussée optimale retenue 32

Tableau III-1 : caractéristique du bassin versant 34

Tableau III-2 : Calcul du débit de crue décennale par la méthode d'Orstom 35

Tableau III-3 : coefficient de l'équation pour la détermination de l'expression du débit de point Q10 par la méthode CIEH [5] 36

Tableau III-4 : Calcul du débit de crue décennale par la méthode CIEH 36

Tableau III-5 : Calcul du débit centennal du projet 37

Tableau III-6 : Caractéristique du tablier 41

Tableau III-7 : mode de réalisation des ouvrages 43

Tableau III-8 : caractéristiques géométriques de la poutrelle métal enrobée de béton armé.....44

Tableau III-9 : caractéristiques géométriques du pont à poutre en béton armé (PSIBA).....45

Tableau III-10 : caractéristiques géométriques d'un pont à poutre préfabriquées à fils (PRAD) 45

Tableau III-11 : analyse multicritère des solutions retenues du pont 46

Tableau III-12 Récapitulatif du pré-dimensionnement de la superstructure (poutre, entretoise, hourdis) 48

Tableau III-13 : Résultats du pré-dimensionnement des appuis du pont (piles et culés) 51

Tableau III-14 : Résultats du pré dimensionnement des fondations.....52

Tableau III-15 : Calcul de l'enrobage selon la méthodologie adoptée dans le logiciel LEO 54

Tableau III-16 : Charges permanentes des éléments de la superstructure 56

Tableau III-17 : récapitulation du calcul des charges permanentes du tablier.....57

Tableau III-18 : Récapitulatif des paramètres du profil en travers du pont 58

Tableau III-19 : Récapitulatif du calcul des surcharges d'exploitation 58

Tableau III-20 : Tableau récapitulatif des sollicitations internes obtenues sur le logiciel Robot.....61

Tableau III-21 : Récapitulatif des sections d'aciers des poutres principales 62

Tableau III-22 : récapitulatif des sections d'acier des entretoises 62

Tableau III-23 : Résultats des sections d'acier du dimensionnement de l'hourdis.....63

Tableau IV-1 : ratio d'armatures des éléments en béton armé de l'ouvrage de franchissement 71

Tableau IV-2 : Devis estimatif du projet 72

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : Organigramme de la structure AGEIM -IC 5

Figure I-2 : Carte de la division administrative de la Guinée Bissau 7

Figure I-3 : localisation de la zone d'étude : route à étudier Bissau – Nhacra : du quartier Antula-Bono au quartier Quidè (Source : AGEIM – IC) 8

Figure I-4 : carte de la localisation de la zone d'étude 9

Figure I-6 : représentation du fond topographique (Source S : AGEIM – IC) 11

Figure II-1 : résultat du tracé en plan et profil en long (tracé combiné) 18

Figure II-2 : profil en travers type en déblais et en remblais (route en agglomération) 19

Figure II-3 : profil en travers type en déblais et en remblais (route en rase campagne) 19

Figure II-4 : profil en travers courant route en agglomération 20

Figure II-5 : profil en travers courant route en rase campagne 20

Figure II-6 : Carrefour giratoire en début d'axe 22

Figure II-7 : Carrefour plan ordinaire 22

Figure II-8 : valeur des contraintes et déformation calculées de la structure de chaussée 30

Figure II-9 : valeur des contraintes et déformations après ajustement de la structure de chaussée 31

Figure II-10 : contraintes et déformations de la structure de chaussée optimale 32

Figure III-1 : domaine d'emploi des principaux types d'ouvrage courant [8] 42

Figure III-2 : coupe transversale d'un pont en poutrelle métal enrobée de béton armé 44

Figure III- 3 : coupe transversale d'un pont à poutre en béton armé 45

Figure III-4 : coupe transversale d'un pont à poutre préfabriquées à fils (PRAD) 45

Figure III-5 : représentation de la poutre en I 47

Figure III-6 : coupe transversale du pont à poutre en béton armé 50

Figure III-7 : coupe longitudinale de l'appuis de rive (culée) 52

Figure III-8 : Coupe transversale de la fondation du pont 53

Figure III-9 Modélisation des éléments du tablier : (a) vue en plan de la disposition des poutres sur les entretoises ; b) disposition des poutres sur les entretoises ; c) perspective des poutres) 60

Figure III-10 : Représentation de la poutre en Té 61

Figure III-11 : représentation du panneau de dalle (hourdis) 63

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures routières constituent un levier essentiel du développement économique d'un pays. Elles facilitent la majorité des échanges commerciaux, soutiennent la croissance économique et contribuent à la réduction de la pauvreté. Cependant, dans de nombreux pays, la dégradation des routes non aménagées, l'absence d'ouvrages de franchissement et les mauvaises conditions de circulation entraînent une hausse progressive des coûts de transport. Cette situation accentue l'isolement des populations et l'enclavement des zones agricoles à fort potentiel.

Conscient de ces enjeux, le gouvernement de la Guinée-Bissau, avec l'appui financier de la Banque Arabe pour le Développement Économique en Afrique (BADEA), a lancé un vaste programme d'urgence visant la modernisation du réseau de voirie de Bissau et de ses environs. Ce projet vise à dynamiser les activités économiques, à renforcer les échanges nationaux et internationaux, et à améliorer le cadre de vie ainsi que les conditions de transport dans la capitale.

Pour relier efficacement les communes métropolitaines au centre-ville, désengorger le trafic, faciliter les déplacements et renforcer la sécurité routière, plusieurs actions majeures ont été engagées : la construction d'une rocade sud de Bissau de longueur 12,90 km, la construction d'une route entre Bissau et Nhacra de 9,25 km ainsi qu'une bretelle vers Cuméré de 4,85 km, la réalisation d'un pont de 180 m sur le fleuve Oio et l'amélioration du réseau d'assainissement des eaux pluviales de la capitale.

C'est dans cette dynamique que s'inscrit le présent projet de fin d'étude intitulé : **« Étude technique de la nouvelle route reliant les villes de Bissau et Nhacra en Guinée-Bissau, incluant un ouvrage de franchissement (pont) en béton armé sur le fleuve Oio : cas du tronçon PK 0+000 au PK 3+922»**. Ce projet s'intègre dans une démarche globale d'amélioration de la mobilité, de la sécurité routière et de la fluidité du trafic dans la région de Bissau.

L'objectif principal de cette étude est de concevoir et de réaliser les études techniques détaillées de la nouvelle route d'environ 4 km entre Bissau et Nhacra, ainsi que d'un pont en béton armé franchissant le fleuve Oio. De manière spécifique, il s'agit de :

- réaliser la conception géométrique de la route et proposer une structure de chaussée à partir des données géotechniques et des caractéristiques du trafic ;
- proposer une conception géométrique du pont sur la base des données hydrologiques et hydrauliques et établir les différents plans d'exécution des éléments du tablier ;
- présenté un aperçu d'impact environnemental et social ainsi qu'une estimation financière complète du projet .

Le présent document, qui regroupe l'ensemble des résultats obtenus, est organisé en quatre grand chapitres :

Chapitre 1 : présentation de la structure d'accueil et du projet ;

Chapitre 2 : étude géométrique et structurelle des voies d'accès ;

Chapitre 3 : étude structurelle du pont en béton armé ;

Chapitre 4 : aperçu d'impact environnemental et social, et évaluation financière du projet.

CHAPITRE I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET

Introduction

Ce chapitre vise à présenter la structure d'accueil ainsi que le projet au cœur de cette étude. Dans un premier temps, il mettra en avant l'entreprise **AGEIM Ingénieurs Conseil**, en soulignant ses domaines d'expertise, ses missions et son rôle essentiel dans le développement des infrastructures au Burkina Faso et dans la sous-région. Dans un second temps, il abordera l'étude technique de la **nouvelle route reliant Bissau à Nhacra en Guinée-Bissau**, comprenant la conception d'un **pont en béton armé sur le fleuve Oio**, en détaillant ses objectifs, ses caractéristiques techniques et son importance socio-économique.

I.1. Présentation de la structure d'accueil

I.1.1. Historique

L'Agence d'Etude d'Ingénierie de Maitrise d'œuvre - Ingénieurs Conseils (AGEIM-IC), fondée en janvier 2000, est une agence multidisciplinaire spécialisée dans les études d'ingénierie et la gestion des projets. Constituée en SARL (Société à Responsabilité Limitée), elle se consacre au développement économique et social, avec un capital social de 2 000 000 F CFA. Le siège social de la structure est situé à :

- cité 1200 Logements, 64 Rue 14.10 Villas n°205 et 206 ;
- 10 BP 13478 Ouagadougou 10 – Burkina Faso ;
- téléphones : (226) 50 36 91 98 / 50 36 97 11 Fax :(226) 50 36 34 03 ;
- e-mails : ageim@fasonet.bf / ageim@ageim-ic.com ;
- site web : www.ageim-ic.com .

I.1.2. Domaine d'intervention

AGEIM-IC intervient dans trois grands secteurs : les infrastructures de transport, les aménagements hydrauliques et environnementaux, ainsi que les bâtiments et ouvrages d'art.

- **Infrastructures de transport** : L'agence réalise des études, du contrôle et de la surveillance pour :
  - les routes, voiries et réseaux divers ;
  - les pistes rurales ;

- la réhabilitation d'infrastructures de transport ;
- les relevés topographiques.

➢ **Aménagement hydraulique et environnement** : Consciente de l'importance d'une gestion durable de l'eau, AGEIM-IC développe des infrastructures pour son stockage, son transport et son usage rationnel. L'expertise de l'agence couvre :

- les aménagements hydro-agricoles ;
- les barrages ;
- la gestion environnementale ;
- l'hydrologie et l'hydrogéologie.

➢ **Bâtiments et ouvrages d'art** : AGEIM-IC met un accent particulier sur la conception et la réalisation d'infrastructures fiables et durables. Ses prestations incluent :

- les structures métalliques ;
- les bâtiments publics ;
- les ouvrages d'art ;
- la géotechnique ;
- l'expertise technique et la réhabilitation.

L'agence étend ses services dans plusieurs pays africains, notamment le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Tchad et d'autres. Forte d'une équipe composée de 21 ingénieurs et environ 40 techniciens spécialisés, AGEIM-IC jouit également d'une reconnaissance auprès des bailleurs de fonds et institutions internationales.

I.1.3. Objectifs et missions

Les principales missions de l'agence sont :

➢ identifier et évaluer les projets ;
➢ effectuer des reconnaissances de sites ;
➢ mener des études préliminaires et techniques approfondies ;
➢ préparer des dossiers pour consultations ;
➢ assurer la supervision et le contrôle des travaux ;
➢ évaluer l'impact environnemental des projets ;
➢ proposer des solutions de gestion durable des ressources naturelles ;
➢ offrir des formations en entreprise ou en inter-entreprises ;
➢ organiser des séminaires et concevoir des programmes de formation.

I.1.4. Organigramme

L'organigramme d'AGEIM-IC est structuré comme suit : en tête, nous avons une Direction Générale qui inclut un Directeur Général Adjoint, un Assistant de Direction et un Secrétariat ; ensuite, nous avons une Direction de la Communication et des Ressources Humaines ; suivie d'une Direction Administrative et Financière comprenant un Département Administratif et un Département Financier ; et enfin nous avons une Direction Technique qui regroupe plusieurs départements spécialisés, notamment en transport, hydraulique, structures et topographie.

L'organigramme de la structure AGEIM IC est présenté à la Figure I-1.

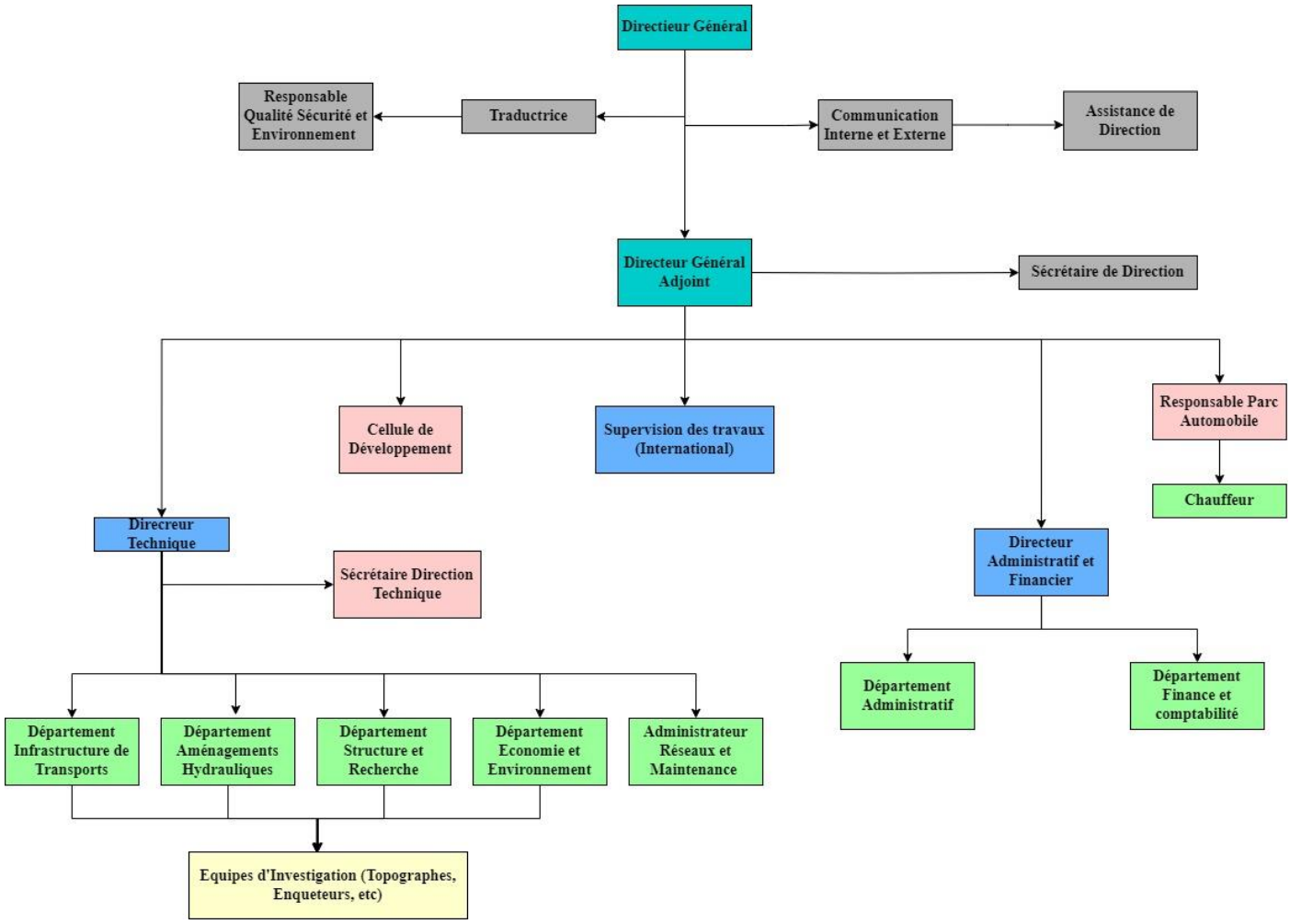


Figure I-1 : Organigramme de la structure AGEIM -IC

I.2. Présentation du projet

I.2.1. Contexte générale

Dans le cadre de la modernisation des voiries de Bissau et de ses environs, le gouvernement de Guinée-Bissau a lancé un projet d'urgence visant la construction d'une rocade sud et d'un second accès à la capitale. Financé par la Banque Arabe pour le Développement Économique en Afrique (BADEA), ce projet a pour objectif de créer des infrastructures durables, sûres et adaptées aux conditions locales hydrologiques et géotechniques.

Il contribuera à l'amélioration du cadre de vie et des transports pour les habitants de Bissau, tout en soutenant l'Objectif de Développement Durable n°9, consacré aux infrastructures résilientes, à l'industrialisation durable et à l'innovation.

I.2.2. Justification et objectif

Dans le cadre de ce projet, des termes de référence (TDR) ont été élaborés en vue de l'actualisation des études techniques détaillées (APD), l'élaboration du Dossier d'Appel d'Offres (DAO) et le contrôle et supervision des travaux de la construction. Dans le cadre de notre étude, ces travaux portent principalement sur la construction « d'une route entre "Bissau" et "Nhacra" d'une longueur d'environ 4 km, en deux voies de 3,50 mètres chacune, deux accotements de 1,50 mètre de large en rase compagne et de 2,00 mètres en agglomération, la construction d'un pont d'environ 180 mètres de long et 8 mètres de large sur la rivière Oio, construction et équipement d'un poste de pesage a "Nhacra" ».

Ces travaux permettront principalement de :

- relier les communes métropolitaines de la capitale avec le centre-ville ;
- désengorger le trafic sur la seule route menant au nord du pays et au Sénégal voisin, passant par l'aéroport de la capitale ;
- développer les échanges commerciaux entre la capitale administrative avec l'est et le sud du pays, les pays voisins ;
- faciliter l'entrée et la sortie du centre de la capitale, notamment aux heures de pointe ;
- relier le trafic Bissau et la province voisine de l'Oio à travers la construction d'un pont sur la rivière Oio ;
- développer le réseau d'assainissement des eaux pluviales de la capitale.

I.2.3. Description du projet

Ce projet porte principalement sur la conception et l'étude technique détaillée du pont en béton armé d'environ 180 m de long qui permettra de relier 'Bissau' et 'Nhacra' sur le fleuve Oio. Il

comprend également la construction d'une route de longueur d'environ 4,00 km en deux voies de 3,50 mètres chacune, deux accotements de 1,50 mètre de large en rase compagne et de 2,00 mètres en agglomération sans trottoirs. Pour le réseau de drainage, des caniveaux de section carré en béton seront installés sur la voie en agglomération ainsi que des fossés en terre sur la voie en rase campagne. En outre, le projet comprendra des panneaux de signalisations, des marquages au sol pour signalisation, la sécurité et l'éclairage public.

I.2.4. Localisation du projet

Le projet se situe en Guinée Bissau qui est un pays de l'Afrique de l'Ouest, avec une superficie de 36 125km². Le pays s'étend sur 200 km du nord au sud (10°55' – 12°41'W) et 335 km d'est à l'ouest (13°37' – 16°43'W). Elle fait frontière au nord avec la république du Sénégal et à l'est et sud avec la République de Guinée et est baignée par l'océan Atlantique à l'ouest. Elle est subdivisée en 09 grandes régions (Cacheu, Oio, Biombo, Bissau, Bafatà, Gabu, Quinara, Tombali, Bolama) et le projet se localise principalement dans la région de Bissau (dans la ville de Bissau) et dans la région de Oio (dans la ville de Nhacra). La figure I-2 présente une carte de la division administrative de la Guinée Bissau mettant en lumière les villes du projet.

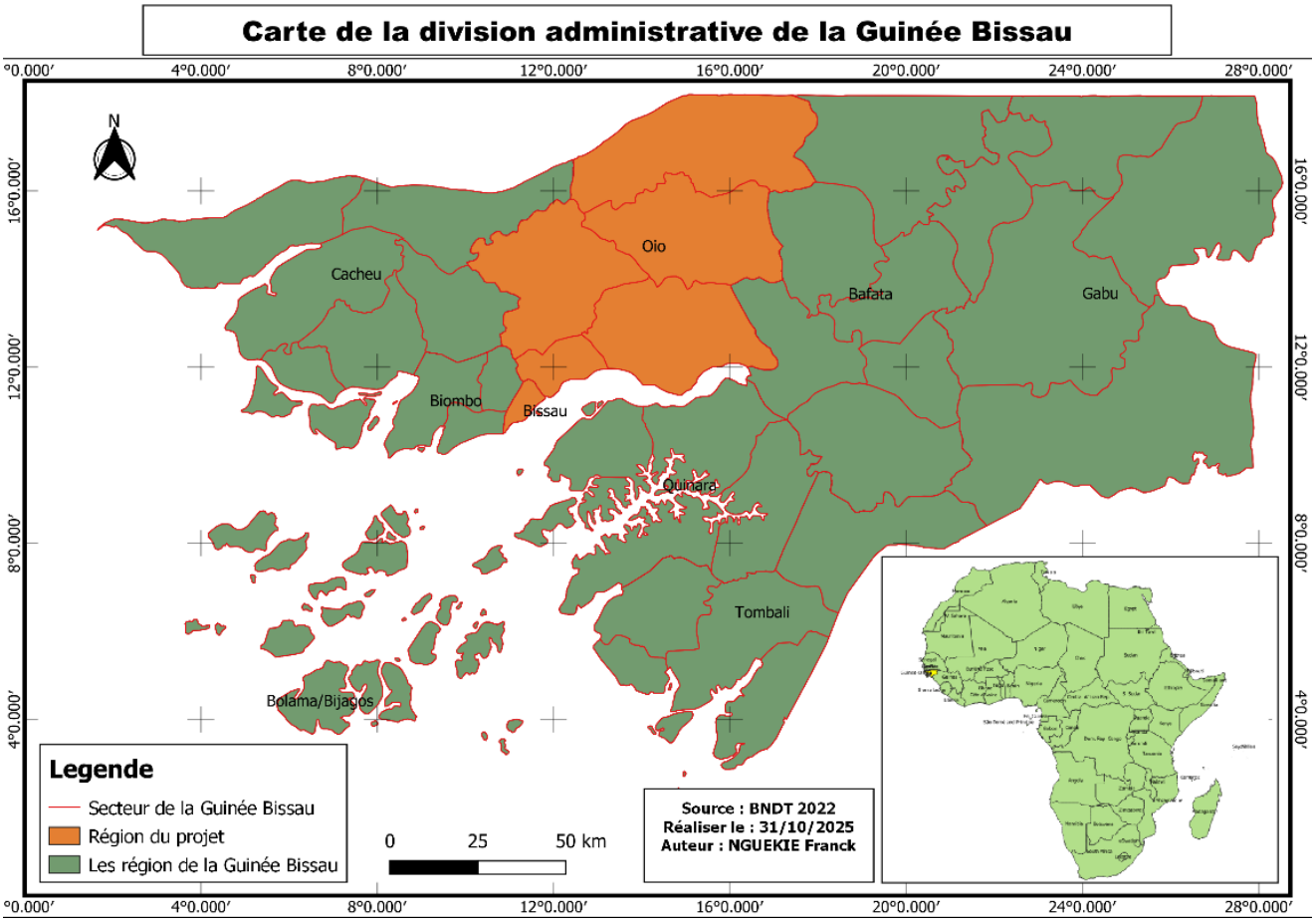


Figure I-2 : Carte de la division administrative de la Guinée Bissau

Le projet d'urgence de modernisation des voiries de la ville de Bissau et ses environs est situé dans la zone urbaine sud de la capitale « Bissau » et dans la banlieue nord-est de celle-ci au niveau de la localité « Nhacra ». Le tronçon de la nouvelle route débute dans le quartier Antula-Bono puis passe par Quidè et Birte jusqu'à Nhacra mais **le tronçon de notre étude se limitera à Quidé (PK 0+000 au PK 3+922).**

La localisation du site est présentée dans les figures I-3 et I-4.

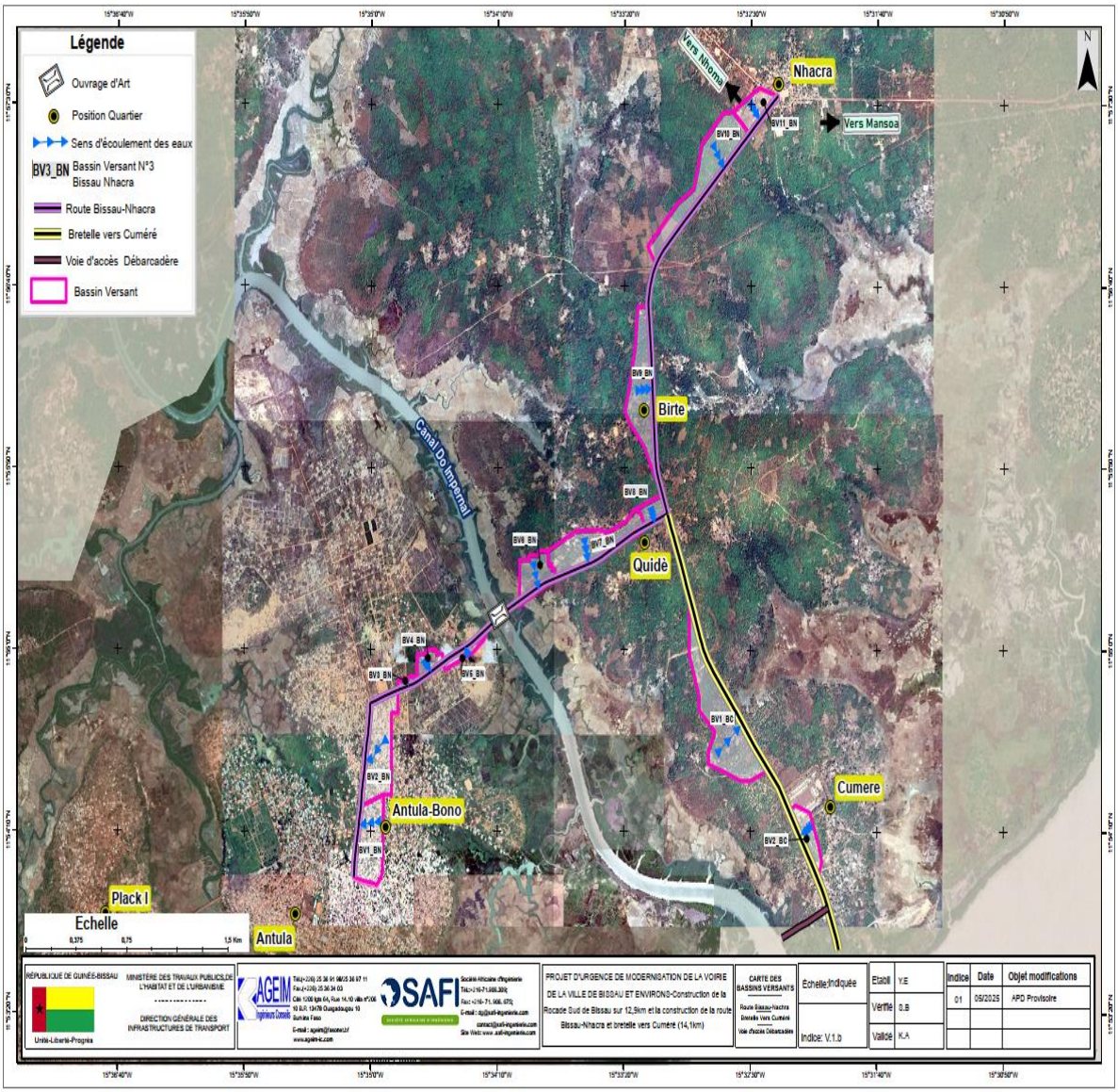


Figure I-3 : localisation de la zone d'étude : route à étudier Bissau – Nhacra : du quartier Antula-Bono au quartier Quidè (Source : AGEIM – IC)

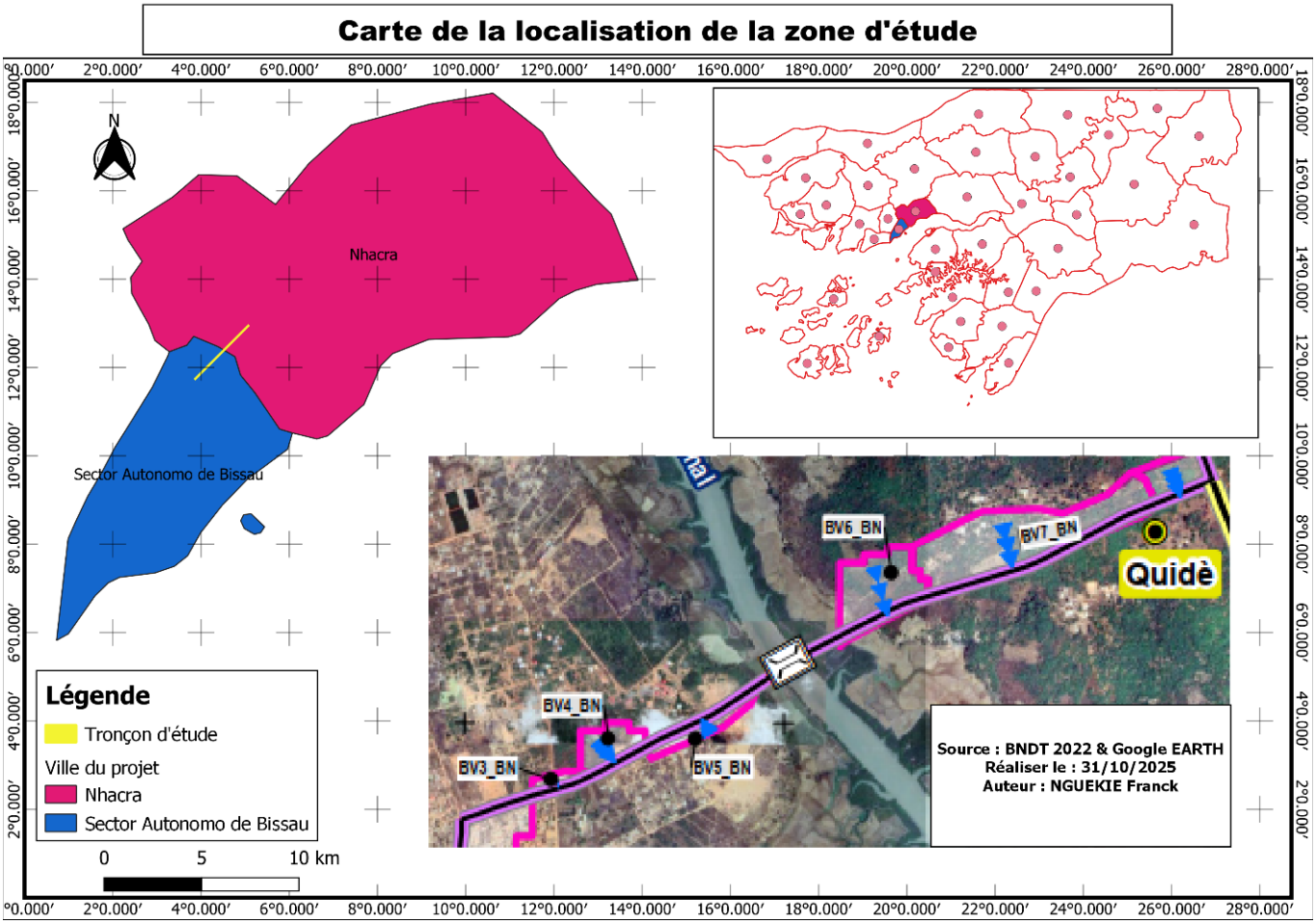


Figure I-4 : carte de la localisation de la zone d'étude

I.2.5. Etat des lieux du projet

La route nationale existante reliant Bissau à Nhacra fait face à des défis majeurs en matière de capacité et de sécurité en raison de l'augmentation significative du trafic. Cette voie, non bitumé (route en terre) de prêt de 7 m de large, est largement congestionnée, rendant la circulation souvent chaotique, surtout aux heures de pointes.

Sur notre tronçon, on ne retrouve aucun ouvrages hydrauliques ou d'assainissement (dalots, caniveaux, buses, etc).

Au niveau du fleuve Oio, il n'existe aucun ouvrage de franchissement et les populations utilisent des pirogues pour le franchissement de ce fleuve. Notre étude prendra donc en compte le dimensionnement d'une nouvelle structure de chaussée pouvant répondre aux exigences actuelles.

La figure I-5 présente quelques images de l'état actuel de notre zone d'étude.

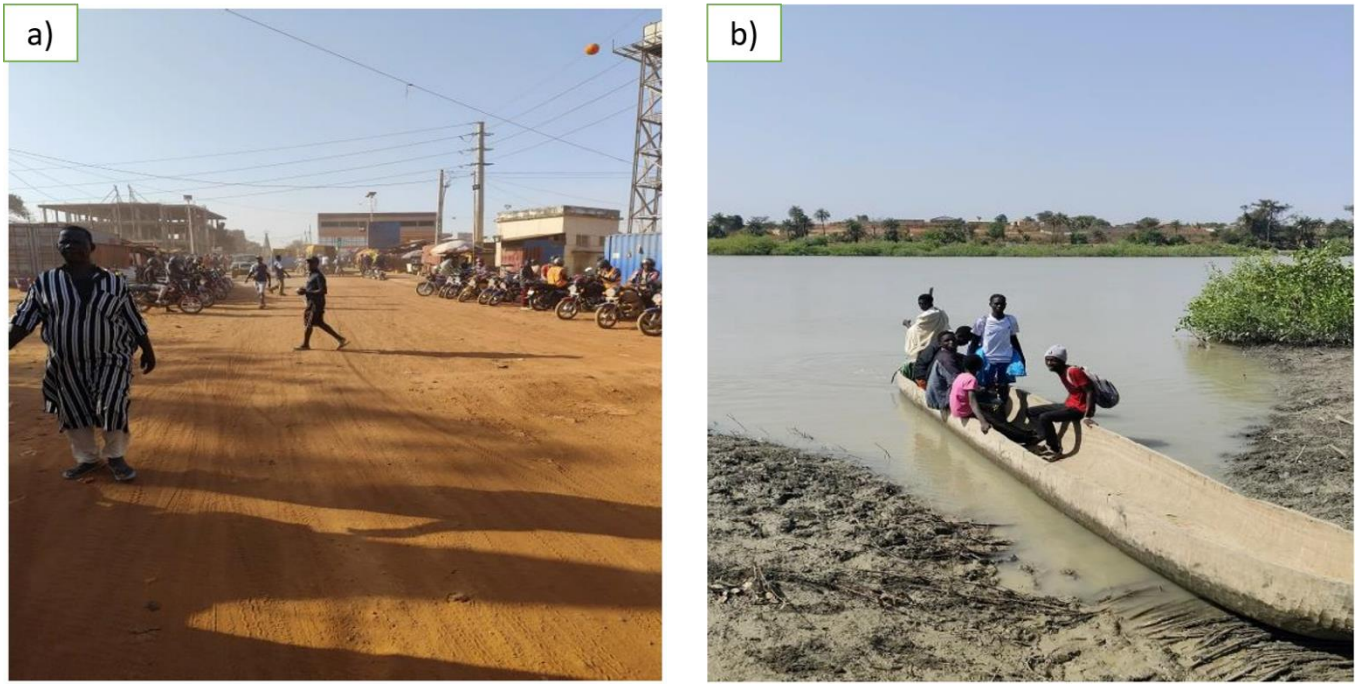


Figure I-5 : Etat actuel de notre zone d'étude : a) aperçus de la route en terre existante ; b) aperçus de la zone de franchissement du fleuve Oio

I.2.6. Présentation des données de base

Cette section présente les données recueillies auprès de la structure d'accueil **AGEIM-IC** dans le cadre de cette étude. Elles comprennent notamment les termes de référence du projet, le fond topographique, les résultats du comptage du trafic, ainsi que les informations sur la nature du sol et les hauteurs de marée.

- **Termes de référence (TDR) du projet**

Le TDR est un document essentiel pour la gestion de projets, notamment dans le milieu associatif où il est souvent exigé pour l'obtention de financements. Élaboré par le ministère des Travaux publics, de l'Habitat et de l'Urbanisme de Guinée-Bissau (Direction Générale des Infrastructures de Transport), il définit les normes techniques à respecter pour assurer la réussite du projet. Les principales informations retenues de ce TDR pour la réalisation du projet sont entre autre :

- l'organisme de financement ;
- la problématique du projet ;
- les objectifs et les missions du projet ;
- la localité du projet ;
- etc.

➢ **Fond topographique**

L'équipe de topographes a effectué le levé général du tronçon routier et du lit du fleuve, recensant les éléments clés du site indispensables à une conception précise et à un dimensionnement optimal, notamment la piste existante, les habitations et concessions, les talus, les regards et les plantations. Cette donnée nous permettra d'analyser le terrain, de planifier l'itinéraire optimal et de concevoir les infrastructures. Elle servira également lors de l'évaluation des impacts environnementaux et l'estimation des coûts des travaux.

La figure I-6 présente une capture du fond topographique

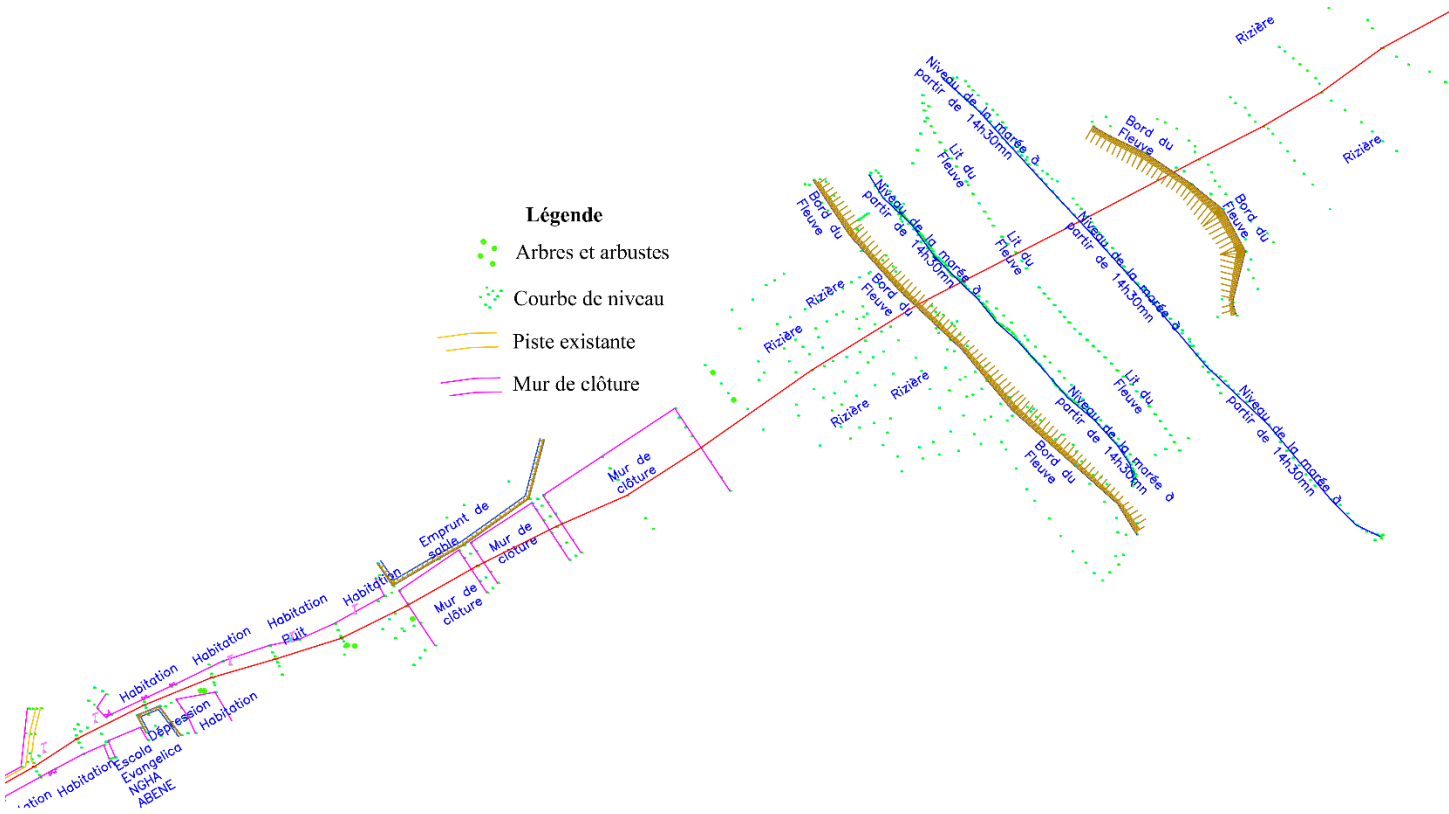


Figure I-6 : représentation du fond topographique (Source S : AGEIM – IC)

➢ **Comptage du trafic**

Cette donnée est essentielle pour la conception et le dimensionnement de la chaussée. Elle fournit le trafic total de l'axe du projet, incluant le nombre, la composition et la destination des véhicules, afin d'anticiper son évolution sur la durée de vie et de garantir le confort et la sécurité aux usagers.

Les données sur le trafic sont présentées dans le tableau I-1 :

Tableau I-1 : Donnée de base sur le trafic de la route (Source : AGEIM –IC)

Désignation	**Valeurs**
Année de comptage	2014
Date de mise en service	2027
Durée de service	15 ans
Trafic moyen journalier des poids lourds pour les voyageurs (dans les 2 sens)	40 PL
Trafic moyen journalier des poids lourds pour les marchandises (dans les 2 sens)	257 PL
Taux de croissance géométrique – voyageurs (Bissau-Nhacra)	7,70 %
Taux de croissance géométrique – marchandises (Bissau-Nhacra)	2,70 %
Année de fin de service	2042
Coefficient de répartition transversale 1x2 voies (largeur supérieure à 6 m)	0,75
Coefficient d'agressivité moyen CAM	1,00
NB : aucune campagne récente de pesage par essieu n'ayant été réalisée pour ce projet, un coefficient d'agressivité moyen (CAM) de 1 a été considéré	

- **Donnée géotechnique**

L'étude géotechnique vise à analyser le sol naturel afin de déterminer la structure de chaussée la plus adaptée. Elle permet de caractériser les sols, essentiels pour un dimensionnement précis, et d'identifier les zones de faible portance nécessitant des purges ou des substitutions.

Lors des premières études en 2011, les essais en laboratoire ont montré que le sol support était en majorité de **classe S4**. Le tableau I-2 présente la synthèse des investigations de plateformes réalisée.

Tableau I-2 : Synthèse des investigations faites sur la plateforme (Source : AGEIM –IC)

Route / Rue	Longueur (m)	Quantité (nombre)				Ratio (sondages/ml)	Classe de plateformes (% du cumulé du tracé)		
		Sondage	AG	LA	CBR		S1 ou S2	S3	S4 ou S5
Bissau-Nhacra	9 250	20	20	20	3	463	36,1	-	63,9

Faute d'étude géotechnique récente, l'actualisation du projet repose sur l'hypothèse que le sol conserve cette même portance **S4**. Le tableau I-3 présente donc les plages de CBR (Californian Bearing Ratio) en fonction de la classe de portance selon le CEBTP (Centre Expérimental de Recherche et d'Etude de Bâtiment et Travaux Publics)

Tableau I-3 : classe de portance des sols en fonction du CRB selon le CEBTP [1]

S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**
CBR < 5	5 < CBR < 10	10 < CBR < 15	15 < CBR < 30	CBR < 30

- **Donnée pluviométrique de la marée**

Les données pluviométriques et de marée, recueillies par le service météorologique de 1980 à 2009, permettront une analyse fréquentielle et un ajustement selon la loi de Gumbel pour une période de retour de 100 ans, afin de déterminer la hauteur maximale des eaux, essentielle à la conception du pont.

Les données des différentes hauteurs de la marée sont présentées dans le tableau I-4 :

Tableau I-4 : Différentes hauteurs de marée de 1980 à 2009 (Source : AGEIM – IC)

Année	Valeur de départ (m)	Année	Valeur de départ (m)
2009	2,60	1994	5,40
2008	2,80	1993	5,60
2007	3,00	1992	5,80
2006	3,10	1991	6,00
2005	3,20	1990	6,20
2004	3,40	1989	6,40
2003	3,60	1988	6,80
2002	3,80	1987	7,00
2001	4,00	1986	7,10
2000	4,20	1985	7,20
1999	4,40	1984	7,30
1998	4,60	1983	7,40
1997	4,80	1982	7,60
1996	5,00	1981	7,80
1995	5,20	1980	8,00

Conclusion

Ce chapitre a brièvement présenté la structure AGEIM-IC, ses domaines d'intervention ainsi que ses objectifs et missions. Il apparaît que AGEIM-IC joue un rôle clé dans le développement des infrastructures au Burkina Faso et dans la sous-région, notamment dans les transports, les aménagements hydrauliques et la construction de bâtiments. Nous avons ensuite présenté le projet de construction de la nouvelle route reliant Bissau à Nhacra en Guinée-Bissau**,** comprenant la conception d'un pont en béton armé sur le fleuve Oio. Enfin, les données de base fournies par la structure d'accueil, essentielles à la réussite du projet, ont été présentées : les termes de référence, le fond topographique, les résultats du comptage du trafic, les informations sur la nature du sol et les hauteurs de marée. Le chapitre suivant abordera les aspects techniques liés à la conception géométrique et au dimensionnement de la chaussée.

CHAPITRE II. ETUDE GEOMETRIQUE ET STRUCTURELLE DES VOIES D'ACCES

Introduction

Dans ce chapitre, nous examinerons l'ensemble des aspects relatifs à la conception et à l'étude structurelle des voies d'accès du pont, dans le respect des normes et réglementations en vigueur. Nous commencerons par présenter les principes de la géométrie routière, depuis la conception de la route jusqu'à son aménagement et sa signalisation. Ensuite, nous traiterons de l'étude du trafic ainsi que du dimensionnement structurel de la chaussée, dont l'objectif principal est de proposer une structure apte à supporter les charges de circulation, notamment celles des poids lourds, tout en assurant la protection du sol support.

II.1. Etude géométrique de la route

L'étude géométrique vise à définir les principales caractéristiques de la route, notamment le profil en long et en travers. Elle commence par la recherche d'un tracé en plan optimal, étape essentielle à la réussite du projet routier. L'objectif est de réduire au maximum les déclivités afin de faciliter les travaux et de limiter les coûts d'exécution.

Pour ce faire, un certain nombre de règles et recommandations doivent être respectées pour réussir ce tracé en plan :

- en alignement droit, chaque demi-chaussée est déversée vers l'extérieur de 2 à 3 % pour les routes revêtues [2];
- prendre la longueur d'un alignement droit à un kilomètre maximum ;
- prendre des rayons supérieurs, si possible, au rayon minimal pour la catégorie retenue ;
- à l'approche du pont, utilisé de grand rayon et un alignement droit minimum correspondant à la distance de freinage (la distance mise par le véhicule pour freiner à un temps t = 3s et roulant à la vitesse de référence choisie) ;
- En moyenne, faire 60% d'alignements droits contre 40 % de courbes, quitte à remplacer les très longs alignements droits par des courbes de grands rayons ;
- etc.

II.1.1. Conception géométrique de route

La conception géométrique d'une route s'articule autour de trois éléments fondamentaux : le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers. Ainsi, pour une bonne conception, il est primordial de faire un choix judicieux des caractéristiques générales de la route telles que :

- **le type de route** : qui fixe notamment les règles de traitement des carrefours, des points d'échange et des accès [3] ;
- **la catégorie de la route** : qui fixe les principales caractéristiques du tracé [3] ;
- **le profil en travers** : qui précise le nombre de voies.

Les choix de conception dépendent de la fonction de la voie et du niveau de performance recherché. Ainsi, celle-ci doit assurer un confort de conduite optimal, une bonne visibilité et un niveau de sécurité adéquat pour les usagers. Les règles de conception géométrique appliquées se réfèrent aux normes de l'ARP (Aménagement des Routes Principales) [3].

II.1.2. Type de route

Sur le plan technique, le type de route est déterminé par un ensemble de contraintes visant à assurer la cohérence entre la route et son environnement, qu'il s'agisse des échanges, des accès ou des traversées d'agglomérations, ainsi que les principales caractéristiques de l'aménagement [2]. On distingue généralement **trois catégories de routes** : **L**, **T** et **R**.

- Les routes de type L : ce sont les routes de grandes liaisons communément appelé autoroute [2];
- Les routes de type T : ce sont des routes express à une chaussée [2];
- Les routes de type R : qui représentent l'essentiel des réseaux des voies principales de rase campagne, et d'agglomération [2].

Dans le cadre de ce projet, il s'agit d'une route de **type R**, correspondant principalement aux voies principales en agglomération et en rase campagne. Ces routes sont multifonctionnelles, jouant à la fois le rôle d'artères interurbaines et de voies de liaison régionales.

II.1.3. Catégorie de la route

Chaque catégorie de route se distingue par des caractéristiques techniques minimales relatives au tracé en plan et au profil en long. Ces variations entraînent des différences de confort pour les usagers, notamment sur les sections courantes situées hors agglomération [2]. Le tableau II-1 présente les différents types et catégories de route d'après l'ARP [3] :

Tableau II-1 : classification du type et de la catégorie de route d'après l'ARP [3]

Types de route	R (routes multifonctionnelles)		T (transit)	L (liaison)
	Routes	Artères interurbaines	Routes express (à une chaussée	Autoroutes
Nombre de chaussées	1 chaussée	2 chaussées	1 chaussée	2 chaussées
Carrefours	plans ordinaires, ou giratoires	Giratoires, ou plans sans traversée du TP.C.	dénivelés	dénivelés
Accès	Selon les cas, sans accès, ou accès possibles.	si accès, pas de traversée du T.P.C.	sans accès riverains.	Sans accès riverains.
Limitation de vitesse hors agglomération	90 km/h	110 km/h ou 90 km/h	90 km/h	1.30km/h ou 110 km/h
Traversée d'agglomérations	oui, éventuellement		non	non
Catégories possibles	R 60 ou R 80		T80 ou T 100	L 100 ou L 120 (L80)
Domaine d'emploi (à titre indicatif)	fonction de 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.	Fonction de liaison à moyenne ou grande distance privilégiée.
Trafic à terme	Trafic fort moyen(1chaussée) trafic(2chaussée)		trafic moyen	fort trafic
Types de "Sécurité des routes et des rues"	Voies principales en milieu rural		Voies isolées de leur environnement	

Le présent projet présente deux différentes zones, ainsi, selon l'ARP, nous avons deux catégories de route :

- une première catégorie R60 avec une vitesse de référence de 60 km/h pour la zone en agglomération ;
- une deuxième catégorie R80 avec une vitesse de référence de 80 km/h pour la zone en rase campagne.

II.1.4. Tracé en plan

Le tracé en plan correspond à la représentation aérienne de la route, constituée approximativement d'une succession d'alignements droits reliés par des arcs et des courbes circulaires, incluant des raccordements progressifs. Ce tracé est conçu conformément aux règles de l'ARP pour les catégories R60 et R80. Les principaux paramètres géométriques recommandés pour ce type de tracé sont présentés dans le tableau II-2 et le tableau résultat de ses paramètres est présenté en **annexe 1**.

Tableau II-2 : paramètres géométriques du tracé en plan d'après l'ARP [3]

Catégorie de route	R60	T80 R80	T100
Vitesse de référence (en km/h)	60	80	100
Rayon minimal : Rm (en m)	120	240	425
Rayon au devers minimal : Rdm (en m)	450	650	900
Rayon non déversé : Rnd (en m)	600	900	1300

II.1.5. Profil en long

Le profil en long correspond à une coupe verticale réalisée le long de l'axe du tracé en plan, fournissant des informations sur les altitudes et les pentes (déclivités) de la route, reliées entre elles par des raccordements paraboliques. Les principaux paramètres géométriques du profil en long, selon la norme ARP, sont présentés dans le tableau II-3.

Tableau II-3 : paramètres géométriques du profil en long d'après l'ARP [3]

Catégorie de route	R60	T80 R80	T100
Déclivité maximale (en %)	7	6	5
Rayon minimal en angle saillant (en m)	1500	3000	6000
Rayon minimal rn angle rentrant (en m)	1500	2200	3000

Les résultats du tracé en plan et du profil en long sont représentés sur les différents tracés combinés comme le montre la figure II-1 et ceux présentés en annexe 8.

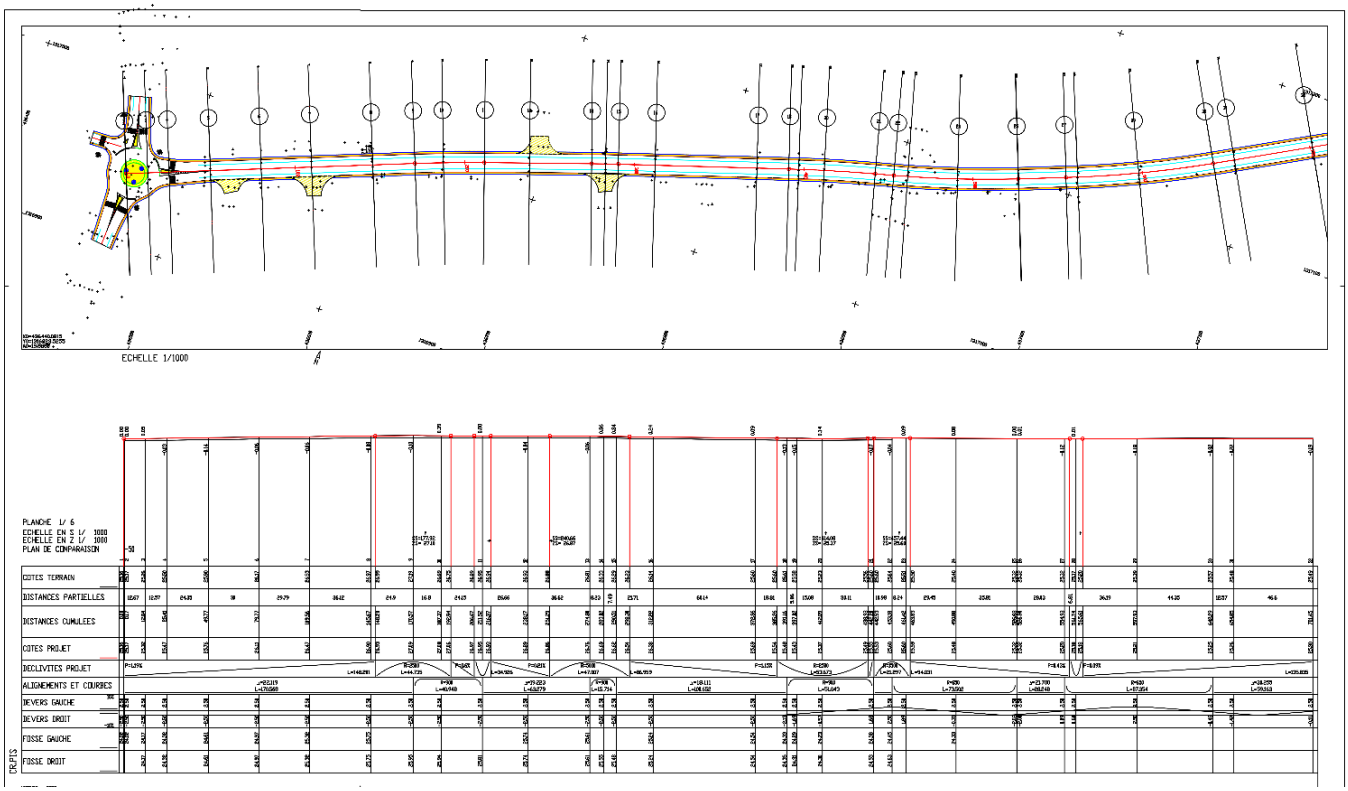


Figure II-1 : résultat du tracé en plan et profil en long (tracé combiné)

II.1.6. Profil en travers

Les profils en travers correspondent à des coupes perpendiculaires à l'axe du tracé en plan et du profil en long. Ils permettent de visualiser les différentes couches de matériaux superposées, et servent à définir à la fois la géométrie de la voie et sa structure. Les principaux paramètres géométriques des profils en travers, selon la norme ARP, sont présentés dans le tableau II-4.

Tableau II-4 : paramètres géométriques du profil en travers d'après l'ARP [3]

Catégorie de route	R60	T80 R80	T100
Dévers maximal (en %)	7	7	7
Dévers minimal (en %)	2,50	2,50	2,50

On distingue deux principaux type de profil en travers :

- **le profil en travers type**

Il s'agit d'un profil standardisé présentant les dimensions et la disposition des éléments d'une section transversale type, regroupant les éléments constructifs de la route, que ce soit en agglomération ou en rase campagne. Les figures II-2 et II-3 présentent les différents profils en travers type du projet.

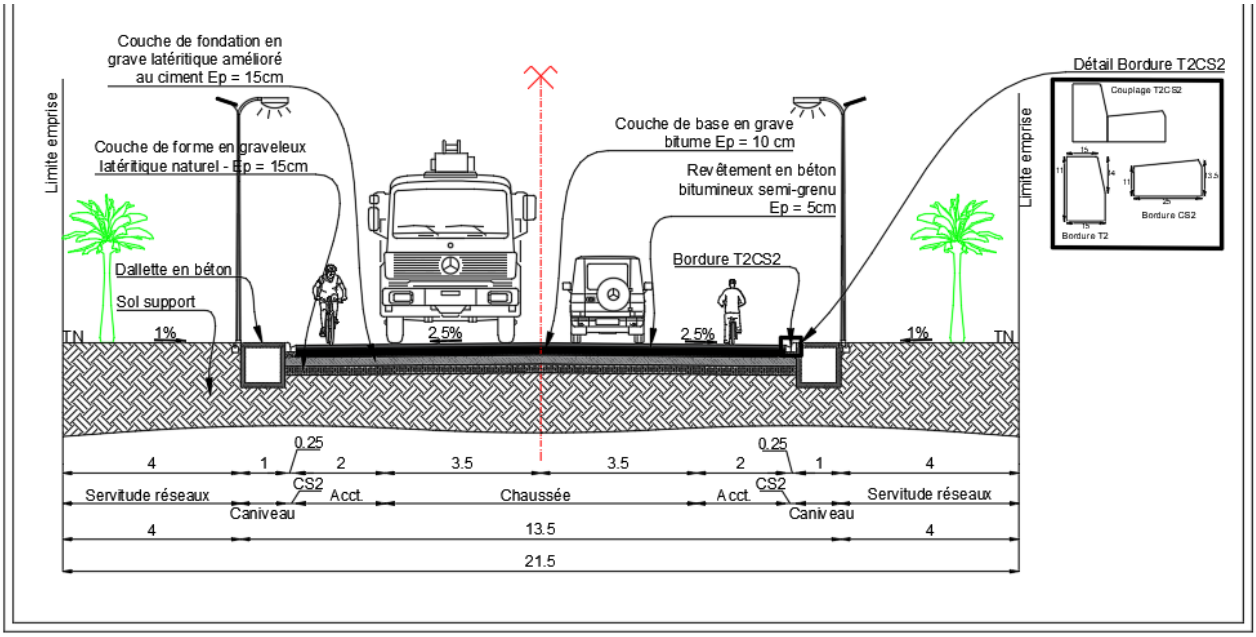


Figure II-2 : profil en travers type en déblais et en remblais (route en agglomération)

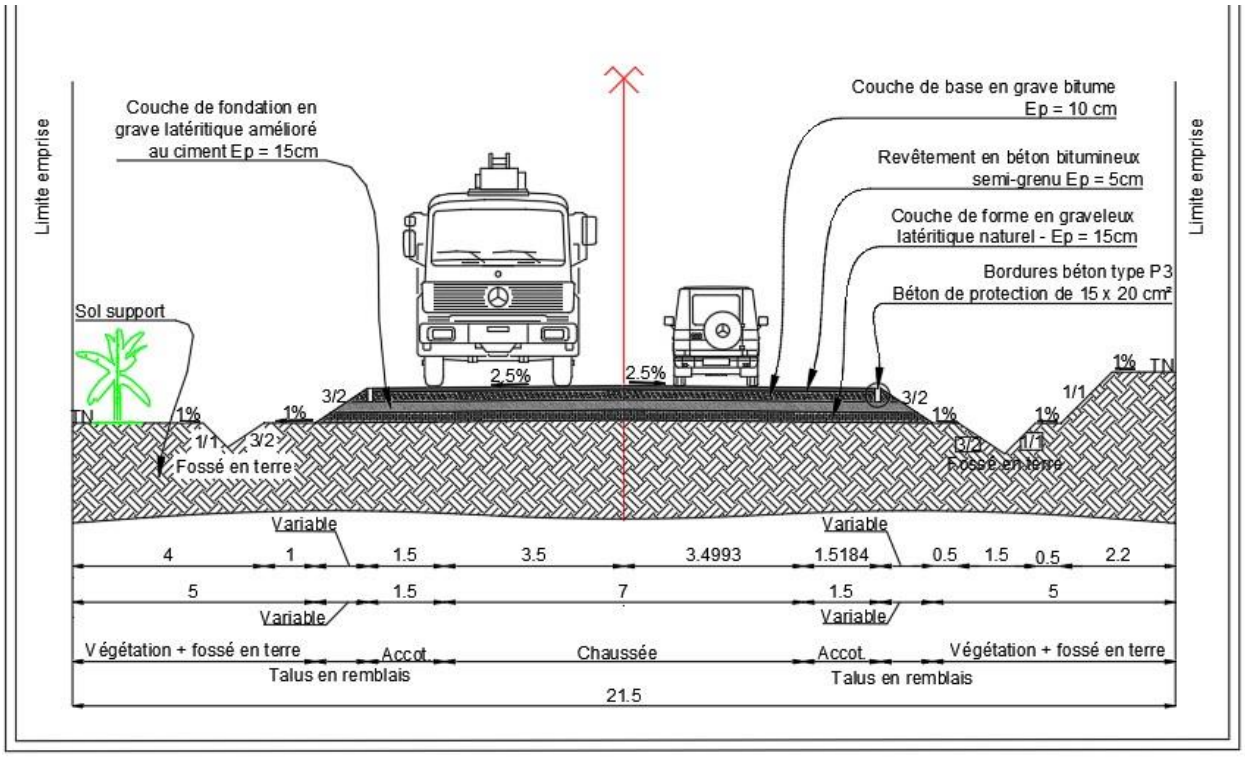


Figure II-3 : profil en travers type en déblais et en remblais (route en rase campagne)

- **le profil en travers courant**

Ce profil reflète la configuration réelle du terrain pour des tronçons spécifiques. En d'autres termes, il s'agit de l'adaptation du profil en travers-type au terrain naturel, réalisée à des intervalles définis ou en suivant les profils topographiques existants. Pour cette étude, les profils ont été

positionnés selon les courbes de niveau, avec une application particulière aux ouvrages et aux points de tangence. Les figure II-4 et II-5 présentent les résultats du profil en travers courant en agglomération et en rase campagne.

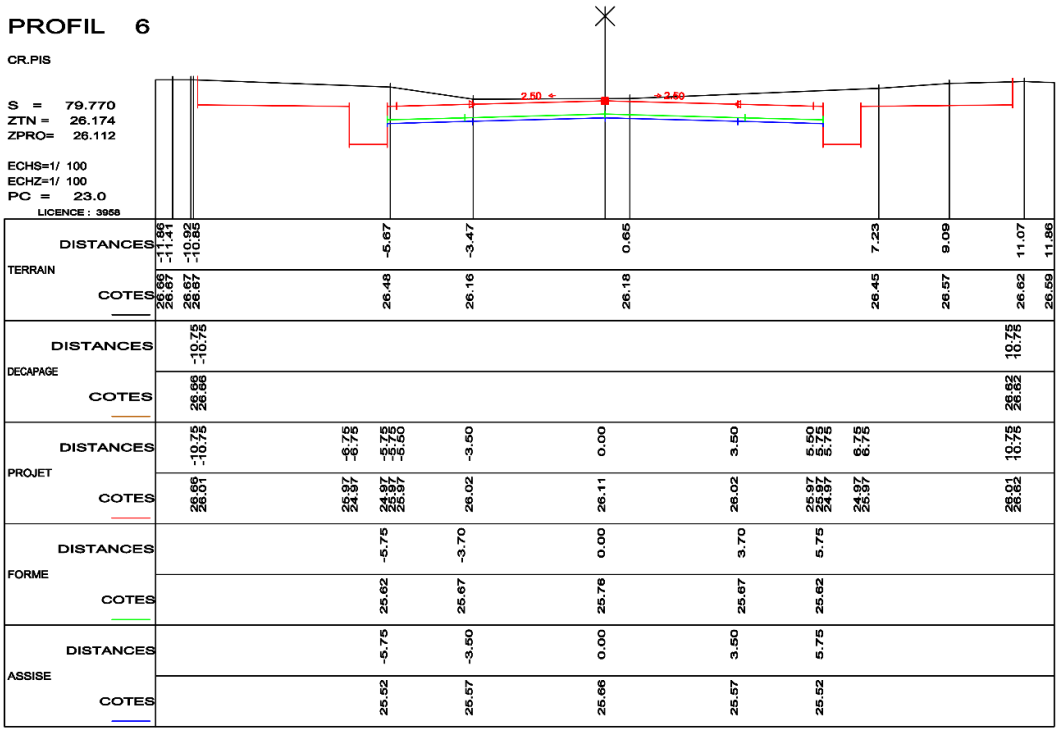


Figure II-4 : profil en travers courant route en agglomération

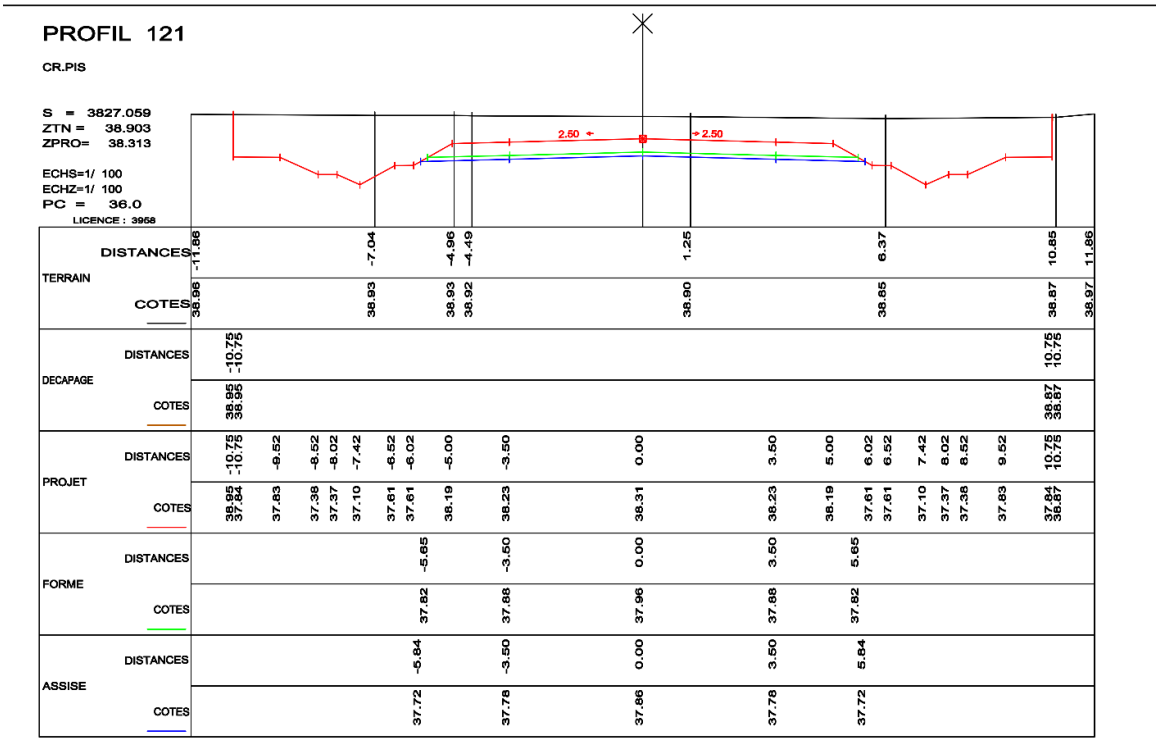


Figure II-5 : profil en travers courant route en rase campagne

II.1.7. Aménagement des carrefours

Un carrefour est un point où se croisent plusieurs voies de circulation [4]. Il concentre des flux de véhicules, de piétons et de cyclistes, ce qui impose une organisation adaptée pour garantir la sécurité et la fluidité. Les carrefours peuvent être aménagés à niveau, avec des échanges sur un même plan, ou dénivelés, lorsque les voies sont séparées par des différences de hauteur afin de réduire les conflits de circulation [4]. Leur conception doit assurer une bonne lisibilité, un haut niveau de sécurité et une intégration cohérente avec l'itinéraire, le type de route et les besoins des usagers.

Comme pour les types de routes, il est essentiel de classer les carrefours en catégories d'aménagements afin d'en faciliter la compréhension des usagers [4]. On distingue généralement deux grandes familles de carrefours :

- les carrefours dénivelés ou échangeurs, dont les échanges sont séparés les uns des autres et gérés en dehors des axes principaux (en vue de limiter au maximum les conflits sécants) ;
- les carrefours plans ou carrefours à niveau, où tous les échanges entre les routes se font sur un même plan ou même niveau. Ces carrefours se divisent en deux types principaux : les carrefours plans ordinaires et les carrefours à sens giratoire, appelés aussi « carrefours giratoires ».

Le choix d'un type de carrefour dépend de plusieurs facteurs : le sécurité (le plus important), le coût, le temps perdu et la cohérence des aménagements le long de l'axe.

Pour ce projet, compte tenu de la topographie du site et des distances disponibles aux emplacements prévus, le choix se porte sur des carrefours à niveau. **L'aménagement prévoit un carrefour giratoire en début d'axe et un carrefour plan ordinaire à son extrémité.**

Le détail concernant les paramètres de conception des différents carrefours (carrefour giratoire et carrefour plan ordinaire) est présenté en annexe 2 du document.

Ainsi, en nous appuyant sur les différents paramètres et terminologies, nous avons pu concevoir le carrefour giratoire présenté sur la figure II-6 et le carrefour plan ordinaire présenté sur la figure II-7.

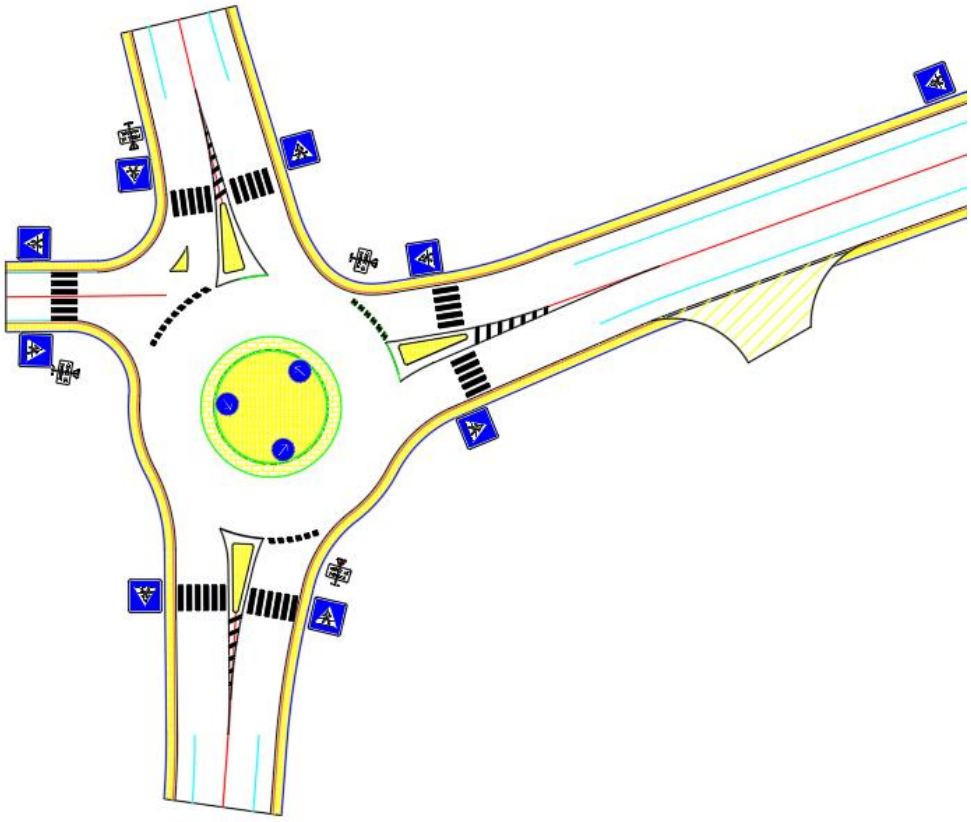


Figure II-6 : Carrefour giratoire en début d'axe

Pour ce carrefour giratoire avec un îlot central circulaire. Les voies d'entrée et de sortie sont bien définies, avec des marquages au sol clairs et des passages piétons sécurisés. La présence de panneaux de priorité « cédez-le-passage » rappelle que les véhicules circulant dans le rond-point ont la priorité, ce qui favorise la fluidité et la sécurité du trafic. Les aménagements comme les îlots et les bandes jaunes hachurées contribuent à guider les conducteurs et à réduire la vitesse à l'approche du rond-point.

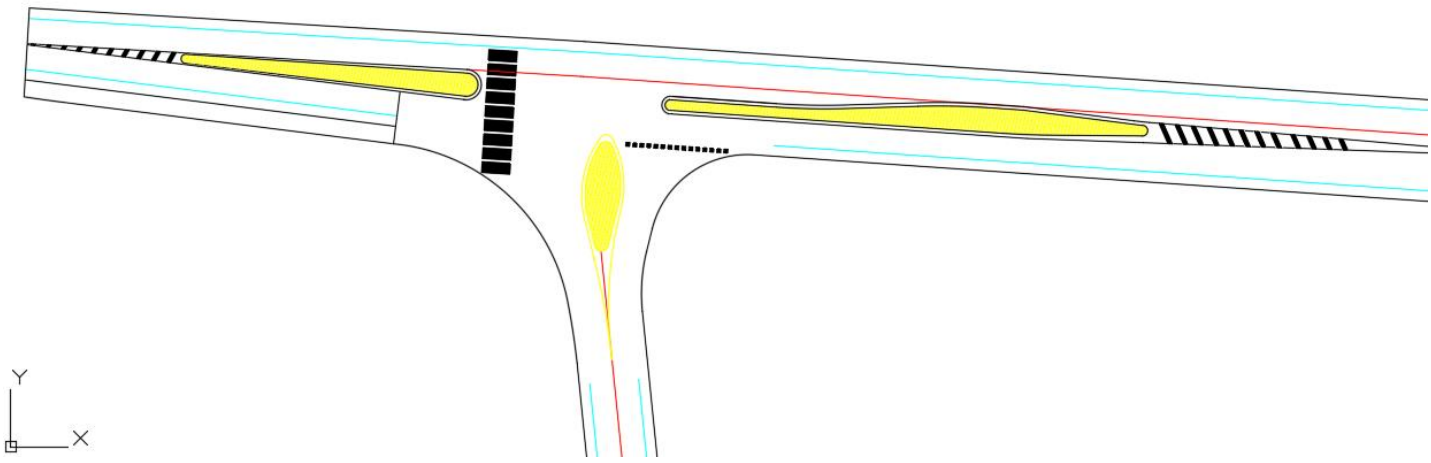


Figure II-7 : Carrefour plan ordinaire

Ce carrefour en T est un exemple typique de carrefour à plan ordinaire. Il comprend une route principale à deux sens et une route secondaire qui s'y connecte. Des aménagements comme les îlots centraux et les passages piétons sont présents pour sécuriser les déplacements des véhicules et des piétons. La signalisation et le marquage au sol organisent la circulation pour éviter les conflits entre usagers.

II.1.8. Signalisation et éclairage routière

La signalisation routière constitue un élément essentiel pour assurer la sécurité des usagers. Elle comprend à la fois une signalisation verticale, sous forme de panneaux avertissant des dangers, et une signalisation horizontale, avec des marquages au sol régulant la circulation.

a) Signalisation temporaire

C'est une signalisation mise en place de manière provisoire, principalement à l'occasion des travaux et d'évènements ponctuels ou de situations d'urgence (accident, déviation, etc). Ces panneaux comprennent en général les informations suivantes : début ou fin de chantier, limitation de vitesse à 30km/h dans une zone de travaux, flèche de déviation, panneau de route barré, sortie de camions, etc.

b) Signalisation définitive

Elle est installée de façon permanente et durable pour organiser la circulation en continue sur le réseau routier. On distingue deux grands types de signalisation définitive : une signalisation verticale qui regroupe des panneaux de prescription et de renseignements et une signalisation horizontale qui met en évidence les marquages conventionnels de la chaussée de toutes prescription nécessaires à la circulation routière

- **Signalisation verticale**

Le tableau II-5 présenté les différents panneaux de signalisation verticale utilisé dans le cadre de ce projet.

Tableau II-5 : Panneaux de la signalisation verticale utilisé dans le projet

Type de panneaux		Caractérisation du message	Représentation	Nombre
Type A : Danger	A2b	Ralentisseur de type dos d'âne		2
	A3	Chaussée rétrécie		1
	A13a	Endroits fréquentées par les enfants		2
	A13b	Passage piéton		6

Type de panneaux		Caractérisation du message	Représentation	Nombre
Type AB : Intersection et régime de priorité	AB3a	Cédez le passage à l'intersection		4
	AB25	Carrefour à sens giratoire		1
Type B : prescription	B14	Limitation de vitesse		4
			Total	20

- **Signalisation horizontale**

Elle représente les marquages sur chaussée qui ont pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers ainsi que dans certains cas la conduite que doivent observer les usagers. Bien que rarement obligatoire, le marquage est nécessaire au bon fonctionnement de la circulation et à la sécurité des usagers. La couleur **blanche** est la couleur qui sera utilisée pour les marquages horizontaux.

- **Catégories de marquages sur chaussée**

Nous avons principalement les lignes longitudinales qui sont continues infranchissables, discontinues axiales ou de délimitation de voies, discontinues de limitation de la chaussée, les lignes transversales qui regroupent ligne continue 'stop' ou 'cédez le passage' et les flèches directionnelles.

- **Principe de valorisation**
  - **Modulation des lignes discontinues**

Pour la bonne compréhension des marquages, différents types de modulations de lignes longitudinales ont été retenus, se différenciant par le rapport des pleins aux vides. Ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou des sous-multiples de 13 m. Le tableau II-6 présente celle utilisé dans notre projet.

Tableau II-6 : types de modulations de lignes longitudinales utilisés pour le projet

Type de marquages	Type de modulation	Longueur de trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapport plein / vide
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3
Rive	T2	3	3,5	1
Transversal	T'2	0,5	0,5	1

- **Largeurs des lignes**

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente selon le type de route. Les différentes valeurs retenues sont les suivantes :

- u = 6 cm : sur routes importantes, notamment les routes à grande circulation ;
- u = 7,5 cm : sur les autoroutes, routes à chaussées séparées, à 4 voies de rase campagnes ;
- u = 3 cm : pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

Pour ce projet, nous optons pour une largeur u = 6 cm.

En ce qui concerne l'éclairage public, nous optons pour un éclairage solaire assuré par des candélabres de type simple poste espacé de 35 m uniquement dans la zone en agglomération et sur l'ouvrage d'art. Des dispositifs de sécurité tels que des glissières seront également installés sur l'ouvrage d'art afin de prévenir les accidents et garantir un environnement routier sûr.

II.2. Etude du trafic et dimensionnement structural de la chaussée

Cette section a pour objectif de concevoir une structure de chaussée capable de supporter les charges des véhicules, en particulier les poids lourds, tout en préservant le sol sous-jacent. Elle consiste à proposer différentes variantes de structures, en termes de nature des matériaux et d'épaisseur des couches, en s'appuyant sur les données géotechniques et le trafic prévu, afin d'assurer leur durabilité et leur résistance aux sollicitations tout au long de leur vie.

Pour ce faire, les structures de chaussée seront dimensionnées selon le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP) [1] et le guide sénégalais de dimensionnement des chaussées [5] . Les résultats obtenus seront ensuite vérifiés par la méthode rationnelle à l'aide du logiciel Alizé LCPC.

II.2.1. Indice de portance du sol support

La portance d'un sol correspond à sa capacité à supporter des charges sans subir de déformations excessives ni de rupture. Elle est généralement caractérisée par l'indice CBR, reconnu comme un critère fiable pour différencier les sols selon leur résistance au poinçonnement. Pour le tronçon étudié, les données disponibles indiquent que le sol support a été classé de type S4, correspondant à un indice CBR compris entre 15 et 30.

II.2.2. Etude du trafic

L'étude du trafic routier permet de dimensionner de manière optimale la chaussée, en déterminant le nombre d'essieux équivalents des poids lourds. Cette analyse garantit que la structure

de la chaussée pourra résister aux charges prévues tout au long de sa durée de vie, sans compromettre ses performances ni entraîner de dégradations prématurées.

- **Trafic de l'année de mise en service**

$$\mathbf{t_n = t_1 \ x \ (1 + i)^{m-1}}$$

Avec t_1 : le trafic moyen journalier de la première année ;

t_n : le trafic moyen journalier de l'année n (année de mise en service) ;

i : le taux de croissance géométrique du trafic ;

m : la différence entre l'année de mise en service et l'année de comptage.

m = 2027 – 2014 = 13 ans

- **Trafic de l'année de mise en service des voyageurs**

$$t_{n/voyageur} = t_{1/voyageur} \ x \ (1 + i_{voyageur})^{13-1} = 40 \ x \ (1 + 0{,}077)^{12}$$

$$\mathbf{t_{n/voyageur} = 97{,}42 \ PL}$$

- **Trafic de l'année de mise en service des marchandises**

$$t_{n/marchandise} = t_{1/marchandise} \ x \ (1 + i_{marchandise})^{13-1} = 257 \ x \ (1 + 0{,}027)^{12}$$

$$\mathbf{t_{n/marchandise} = 353{,}82 \ PL}$$

- **Trafic cumulé sur la durée de vie**

$$N = 365 \ x \ CRT \ x \sum_1^n t_n = 365 \ x \ CRT \ x \ t_n \ x \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right]$$

Avec t_n : trafic moyen journalière de l'année n (année de mise en service) ;

i : le taux de croissance géométrique du trafic ;

CRT : coefficient de répartition transversale ;

n : la durée de service. n = 15 ans

- **Trafic cumulé sur la durée de vie des voyageurs**

$$N_{voyageur} = 365 \ x \ CRT \ x \ t_{n/voyageur} \ x \left[\frac{(1+i_{voyageur})^n - 1}{i_{voyageur}}\right] = 365 \ x \ 0{,}75 \ x \ 97{,}42 \ x \left[\frac{(1+0{,}077)^{15} - 1}{0{,}077}\right]$$

$$\mathbf{N_{voyageur} = 707425{,}95 \ PL}$$

- **Trafic cumulé sur la durée de vie des marchandises**

$$N_{marchandise} = 365 \ x \ CRT \ x \ t_{n/marchandise} \ x \left[\frac{(1+i_{marchandise})^n - 1}{i_{marchandise}}\right]$$

$$= 365 \ x \ 0{,}75 \ x \ 353{,}82 \ x \left[\frac{(1+0{,}027)^{15} - 1}{0{,}027}\right]$$

$$\mathbf{N_{marchandise} = 1762341{,}978 \ PL}$$

- **Trafic cumulé total**

$N = N_{voyageur} + N_{marchandise}$ = 707425,95 + 1762341,978

N = 2 469 768,423 PL

Le trafic cumulé total à considérer sur la durée de vie totale de la route est de 2 469 768 PL

- **Nombre d'essieu équivalent et classe de trafic selon le guide CEBTP**

Le nombre d'essieu équivalent dépend du coefficient d'agressivité moyen (CAM). Il est calculé suivant l'équation 2.1 :

NE = CAM x N. **(2.1)**

Pour un coefficient CAM = 1, le nombre d'essieu équivalent est de **2 469 768 PL**.

Le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP) définit cinq (05) classes de trafic, basées sur le nombre cumulé de poids lourds considérés pour un essieu standard de 13 tonnes. Le tableau II-7 présente cette classification.

Tableau II-7 : classe de trafic en fonction du nombre cumulé de poids lourds selon le CEBTP [1]

Classe de trafic	Trafic en nombre cumulé de poids lourds
T_1	$T < 5 \times 10^5$
T_2	$5 \times 10^5 < T < 1.5 \times 10^6$
T_3	$1,5 \times 10^6 < T < 4 \times 10^6$
T_4	$4 \times 10^6 < T < 10^7$
T_5	$10^7 < T < 2 \times 10^7$

Nous avons donc un trafic en nombre cumulé de poids lourds de **$2,5 \times 10^6$** qui appartient à l'intervalle [$1,5 \times 10^6$; 4×10^6]. **On conclut alors que la catégorie de trafic à considérer est de type T_3.**

II.2.3. Détermination de la nature et des épaisseurs des différentes couches de chaussée

- **Proposition des variantes selon le guide CEBTP**

L'analyse du trafic a identifié une **catégorie T3**, tandis que l'étude géotechnique a classé le sol en **S4**. Selon le **guide CEBTP de dimensionnement des chaussées**, le couplage **T3/S4** permet de proposer **trois variantes de structures de chaussée**, présentées dans le tableau II-8**.**

Tableau II-8 : Proposition des variantes de structure de chaussée selon le guide CEBTP [1]

variante	Couches de chaussée	Matériaux	Epaisseur
variante 1	Revêtement	Béton bitumineux (BB)	5 cm
	Base	Grave bitume (GB)	15 cm
	Fondation	Sable argileux ciment ou graveleux amélioré au ciment ou sable amélioré au bitume	15 cm
variante 2	Revêtement	Béton bitumineux (BB)	4 cm
	Base	Grave bitume (GB)	15 cm
	Fondation	Graveleux naturelle ou concassé o/d	15 cm
variante 3	Revêtement	Béton bitumineux (BB)	7 cm
	Base	Grave ciment (GC)	20 cm
	Fondation	Grave latéritique ou grave naturelle ou concassé o/d (GL1)	20 cm

- **Choix et justification de la variante retenue**

Le choix de la variante la mieux adaptée pour ce projet s'effectuera en deux étapes principales :

- **sélection du matériau de base** : comparaison entre la grave naturelle et le sable amélioré au bitume ou au ciment ;
- **analyse économique** : étude comparative du coût global entre les chaussées en grave-bitume et celles en grave-ciment, sur la base des prix courants figurant dans la mercuriale BTP de la Guinée-Bissau.

En Guinée-Bissau, la disponibilité de la grave latéritique ou naturelle et du sable est sensiblement équivalente. Toutefois, les structures de chaussée en grave naturelle sont largement répandues et faciles à mettre en œuvre, contrairement aux chaussées en sable amélioré au bitume ou au ciment, qui restent rares en raison de la complexité de leur réalisation et de leur entretien. Pour ces raisons, **les chaussées en grave naturelle sont privilégiées dans ce projet.**

Concernant l'étude économique, le Tableau II-9 fournit une estimation du coût global au mètre carré pour une couche de 10 cm d'épaisseur, comparant les chaussées en grave-bitume et celles en grave-ciment.

Tableau II-9 : comparaison du coût global des chaussées en Grave bitume et Grave ciment

Éléments de comparaison	Grave-Bitume (GB2)	Grave-Ciment (GC ou GLa)	Commentaires / Observations
Coût des matériaux (FCFA/m²)	28 000 – 32 000	22 000 – 26 000	Le bitume est plus cher que le ciment.
Coût de mise en œuvre (FCFA/m²)	6 000 – 8 000	5 000 – 6 000	Le grave-bitume demande un malaxage et une pose à chaud.
Coût total initial (FCFA/m²)	34 000 – 40 000	27 000 – 32 000	Le grave-ciment est environ 20–25 % moins coûteux à la construction.
Durée de vie moyenne (ans)	15 – 20	20 – 25	Le grave-ciment a une meilleure tenue dans le temps, surtout en climat chaud et sec.
Entretien périodique (FCFA/m²/an)	1 200 – 1 800	800 – 1 200	Le grave-bitume exige plus d'entretien.
Comportement climatique	Sensible à la chaleur et à l'eau (orniérage, fissuration)	Bonne résistance à la chaleur, mais risque de fissures de retrait	Le ciment résiste mieux aux hautes températures.
Adaptation géotechnique	Adapté aux sols médiocres (bonne flexibilité)	Adapté aux sols moyens à bons (plus rigide)	Le grave-bitume convient mieux aux terrains déformables.
Coût global sur 20 ans (FCFA/m²)	55 000 – 60 000	45 000 – 50 000	Sur le cycle de vie, le grave-ciment reste plus économique.

Au vu de cette analyse, il apparaît que les chaussées en grave-ciment présentent un coût initial inférieur à celui des chaussées en grave-bitume, ce qui pourrait inciter à privilégier la première solution. Cependant, une partie de la zone du projet se situe en rase campagne, caractérisée par des sols plastiques et humides, (favorisés par l'activité agricole), et représentant un environnement difficile pour les chaussées en grave-ciment. Par ailleurs, le tableau montre qu'à court terme, la grave-bitume est plus coûteuse, mais elle offre une meilleure souplesse et une adaptation optimale aux sols médiocres et au trafic élevé. **En conséquence, pour ce projet, nous avons choisi d'améliorer les graveleux avec l'ajout du bitume. La variante 2 représente donc la structure de chaussée la mieux adaptée pour ce projet.**

II.2.4. Vérification sur Alizé LCPC de la variante retenue

La vérification par la méthode rationnelle, réalisée à l'aide du logiciel Alizé LCPC, permet de s'assurer que les sollicitations mécaniques (déformations, contraintes et efforts) générées dans les différentes couches de chaussée par les charges roulantes, notamment les poids lourds, restent inférieures aux seuils admissibles liés aux caractéristiques des matériaux. Autrement dit, cette vérification garantit que la chaussée choisie pourra supporter le trafic cumulé des poids lourds pendant

sa durée de service de 15 ans. Pour ce projet, deux grands critères de vérification admissibles doivent ainsi être respectés :

- **matériaux non traités** : la déformation verticale epsilon z (εz) au niveau du sol support doit être inférieure à sa valeur admissible ;
- **matériaux traités au liant bitumineux** : La déformation horizontale epsilon t (εt) à la base des couches bitumineuses doit être inférieure à ses valeurs admissibles.

a) Calcul des contraintes admissibles

Le tableau II-10 présente les résultats des différentes contraintes admissibles obtenus après calcul sur le logiciel Alizé LCPC.

Tableau II-10 : Résultats du calcul des contraintes admissibles

Désignation	Valeur
allongement admissible ($\varepsilon_{t,adm}$)	
contrainte admissible à la base de la couche de roulement	**176,10 MPa**
contrainte admissible à la base de la couche de base	**137,80 MPa**
Déformation verticale admissible ($\varepsilon_{z,adm}$) à la base de la couche de forme	**457,10 MPa**

b) Vérification de la structure de chaussée

Comme indiqué précédemment, les contraintes et déformations calculées doivent rester inférieures aux valeurs admissibles. Cependant, les calculs effectués révèlent que certaines valeurs dépassent les limites autorisées. La figure II-8 présente les contraintes et déformations calculées après introduction des données de base et des paramètres de la structure de chaussée et choix des différentes interfaces (collé – collé).

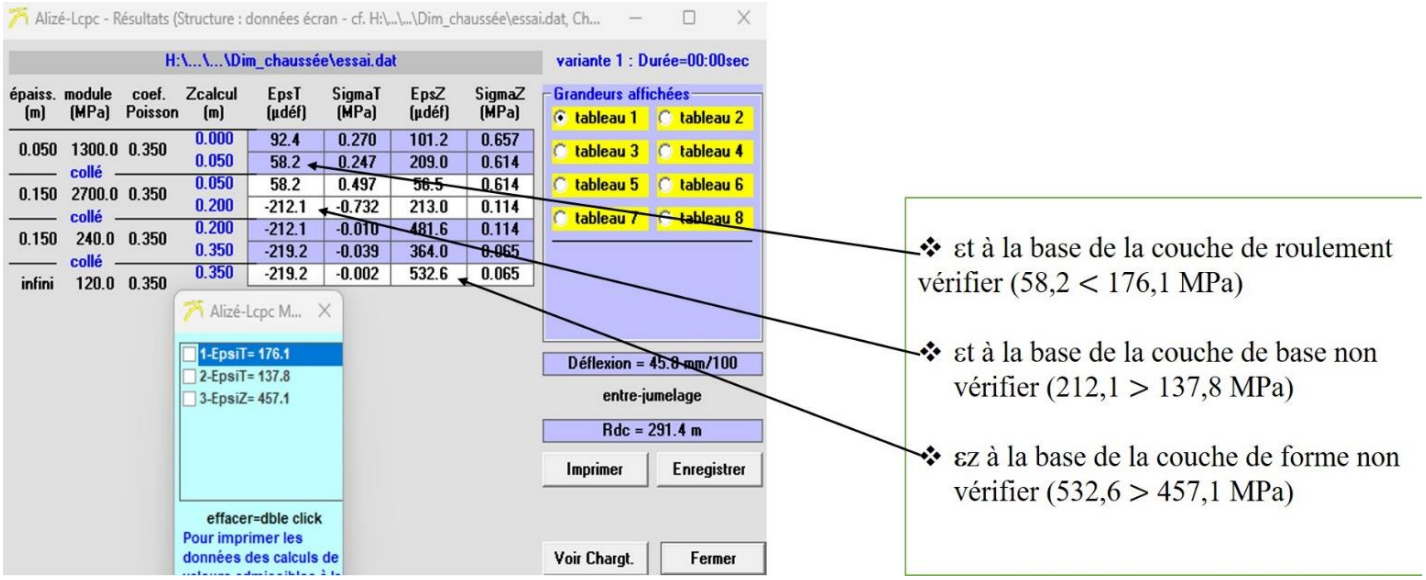


Figure II-8 : valeur des contraintes et déformation calculées de la structure de chaussée

Etant donné que les contraintes et déformations calculées ne respectent pas les conditions de vérification, nous avons fait un ajustement de la structure de chaussée pour que ces conditions soient respectées. Pour ce faire, nous avons augmenté les épaisseurs de la couche de base et de la couche de fondation.

La figure II-9 présente les valeurs des contraintes et déformations calculées après ajustement de la structure de chaussée.

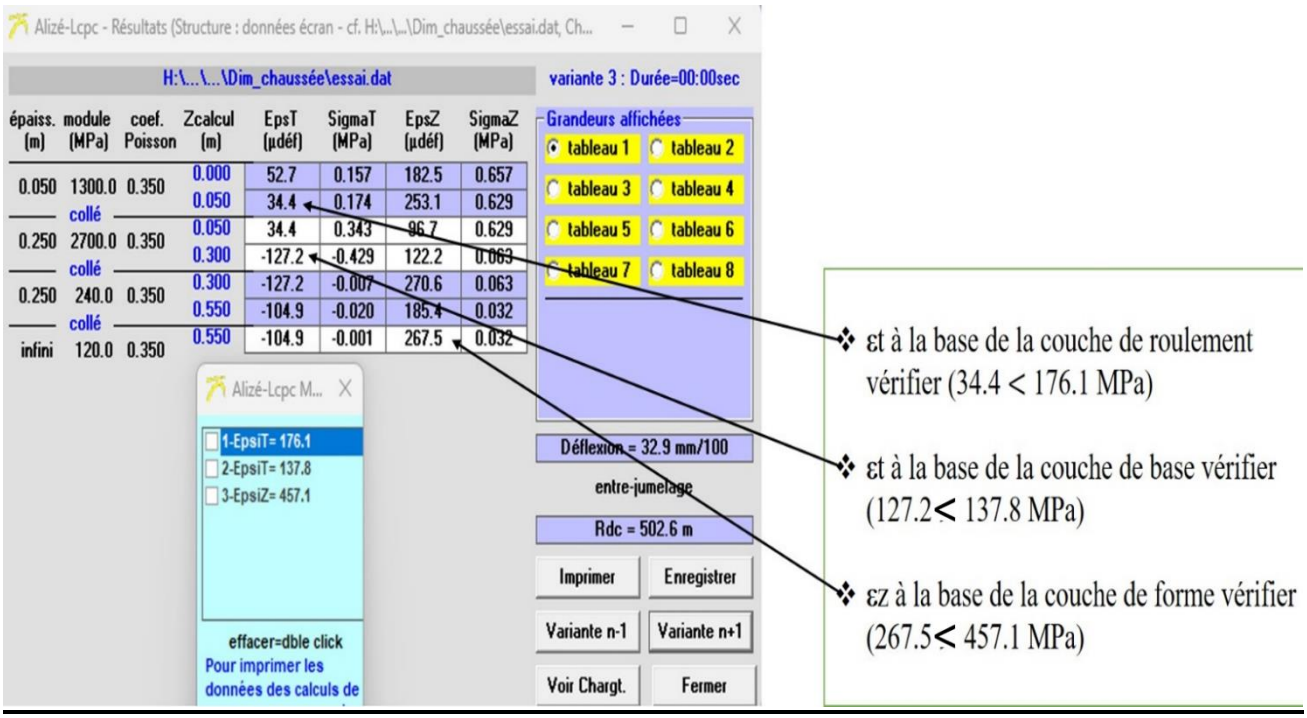


Figure II-9 : valeur des contraintes et déformations après ajustement de la structure de chaussée

Le tableau II-11 présente donc le récapitulatif des épaisseurs des différentes couches de la structure admissible (structure de chaussée dont les contraintes et déformations sont inférieures aux valeurs admissibles).

Tableau II-11 : structure de chaussée admissible

structure de chaussée suivante est admissible		**Commentaire**
Couche de roulement	En BBSG d'épaisseur 5 cm	*Bien que cette structure de chaussée soit structurellement admissible, elle n'est pas économiquement admissible car induit une augmentation du coût du projet (avec une épaisseur de 25 cm de grave bitume, le coût du projet peut doubler).*
Couche de base	En GB2 d'épaisseur 25 cm	
Couche de fondation	En GL2 d'épaisseur 25 cm	

c) Détermination de la structure de chaussée optimale

Pour la structure optimisée, nous allons ajouter une couche de forme en grave latéritique non traitée (GL2) et améliorer la couche de fondation au ciment (GLa).

La figure II-10 présente les résultats concernant les contraintes et les déformations de la structure de chaussée améliorée (structure optimale).

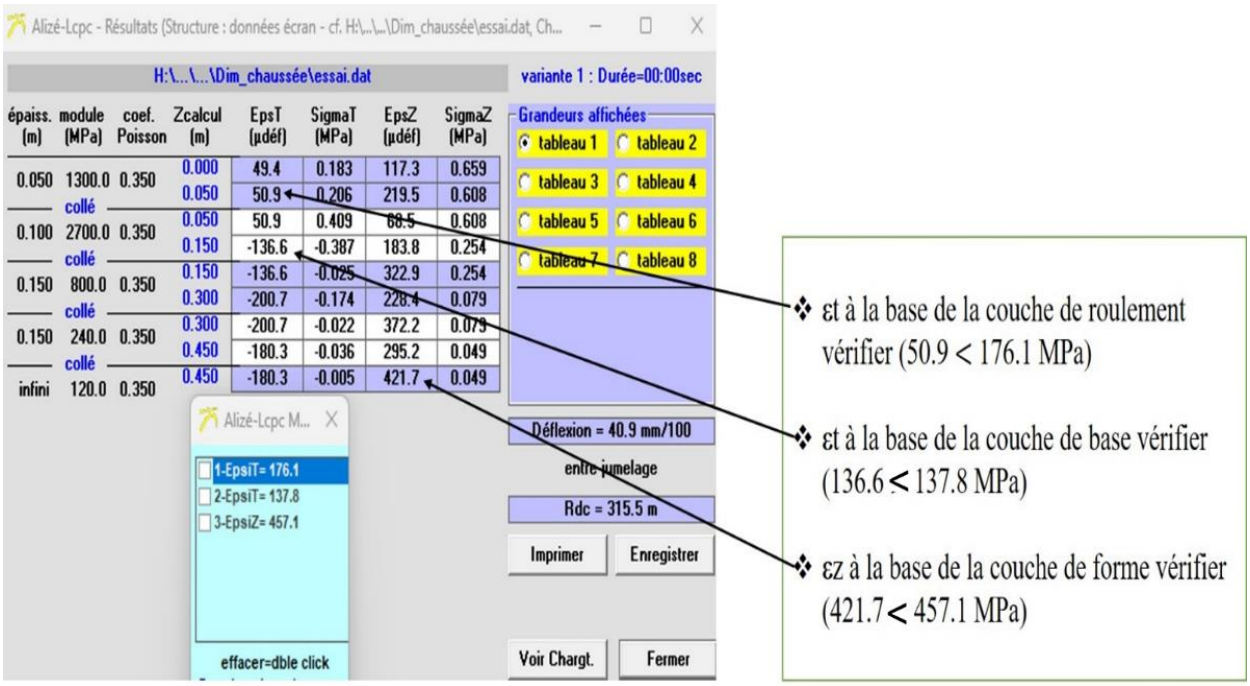


Figure II-10 : contraintes et déformations de la structure de chaussée optimale

Le tableau II-12 présente donc les différentes épaisseurs de la structure de chaussée retenues (structure optimale) pour notre projet.

Tableau II-12 : structure de chaussée optimale retenue

Couche	Matériaux	Epaisseur
Roulement	**béton bitumineux semi-grenu (BBSG)**	5 cm
Base	Grave bitume (Gb2)	10 cm
Fondation	graves latéritiques amélioré au ciment GLa de module 800 MPa	15 cm
Forme	graves latéritiques non traité GL2 de module 240 MPa	15 cm
Sol support	Graveleux Latéritique naturel de module 120 MPa soit CBR = 24	
Epaisseur de la structure de chaussée		**45 cm**

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'étude géométrique et au dimensionnement structurel de la chaussée des voies d'accès. L'objectif principal était de définir les caractéristiques géométriques essentielles de la route, notamment les profils en long et en travers, puis de concevoir la structure de chaussée la plus adaptée aux conditions géotechniques et de trafic du projet.

Sur le plan géométrique, à la suite de l'analyse du tracé et de la recherche du parcours optimal, la route a été classée conformément aux prescriptions de l'ARP en deux catégories : R60 pour les sections situées en agglomération et R80 pour celles en rase campagne, répondant ainsi aux exigences des liaisons interurbaines. Les profils en long et en travers ont été établis afin d'assurer une visibilité suffisante, un confort de conduite satisfaisant et une sécurité maximale pour les usagers. Les rayons de courbure, de même que les profils types, ont été sélectionnés conformément aux normes en vigueur, garantissant une intégration harmonieuse de l'infrastructure dans son environnement. Par ailleurs, la signalisation routière et l'éclairage public ont été prévus afin de renforcer la sécurité et la lisibilité de l'itinéraire.

Sur le plan structurel, la composition et les épaisseurs des différentes couches de la chaussée ont été déterminées sur la base du Guide CEBTP et du Guide du Sénégal, puis vérifiées à l'aide de la méthode rationnelle mise en œuvre via le logiciel Alizé LCPC. En tenant compte des caractéristiques géotechniques du site (sol de classe S4) et du trafic cumulé exprimé en nombre d'essieux équivalents (catégorie **T3**), la structure optimale retenue est la suivante :

- 5 cm de Béton Bitumineux Semi-Grenu (BBSG) pour la couche de roulement ;
- 10 cm de Grave-Bitume (GB2) pour la couche de base ;
- 15 cm de Graves Latéritiques améliorées au ciment (GLa, module 800 MPa) pour la couche de fondation ;
- 15 cm de Graves Latéritiques non traitées (GL2, module 240 MPa) pour la couche de forme.

L'ensemble de ces couches confère à la chaussée une épaisseur totale de 45 cm, garantissant à la fois la durabilité et la performance structurelle de l'ouvrage.

Enfin, le chapitre suivant portera sur l'étude structurelle du pont en béton armé afin de déterminer l'ouvrage le plus adapté selon les contraintes hydrologiques et hydrauliques.

CHAPITRE III. ETUDE STRUCTURALE DU PONT EN BETON ARME

Introduction

Ce chapitre vise à déterminer le type de pont le plus économique et le mieux adapté aux exigences techniques et environnementales du projet. La démarche consiste à concevoir un ouvrage répondant aux critères de franchissement, en identifiant les contraintes, en sélectionnant les types de structures possibles, puis en les comparant pour retenir les variantes pertinentes. Une analyse multicritère permettra ensuite de choisir la solution la plus appropriée, avant de procéder au dimensionnement structurel du tablier selon les normes et les hypothèses de charge en vigueur.

III.1. Etudes hydrologiques et hydrauliques

III.1.1. Etude hydrologique du projet

- **Caractéristique du bassin versant**

Le tableau III-1 présente les caractéristiques du bassin versant obtenue avec le logiciel Global Mapper.

Tableau III-1 : caractéristique du bassin versant

Bassin versant principal (BV)	Lch (km)	Superficie (km²)	Périmètre (km)	Zmax (m)	Zmin (m)	Pente Longitudinale (%)	Pente Transversale (%)
	11,13	105,42	61,946	47	1	2,54	1,39

- **Calcul du débit de crue décennal par la méthode d'Orstom**

Pour les calculs hydrologiques avec la méthode Orstom, nous nous sommes référés au document **« CRUE ET APPORT FAO 54 »** dans laquelle le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est défini par la relation :

$$Q_{r10} = A \cdot P_{10} \cdot K_{r10} \cdot \alpha_{10} \cdot S / Tb_{10}$$

Q_{r10} : débit de pointe de crue décennal (m^3/s)

A : coefficient d'abattement

P_{10} : hauteur de pluie journalière décennale (mm)

K_{r10} : le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale

α_{10} : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale

S : la superficie du bassin versant (km^2)

Tb_{10} : le temps de base correspondant à la crue décennale (s)

- **Calcul des caractéristiques physique du bassin versant**

✓ Indice de compacité (I_{comp}) : $\mathbf{I_{comp}}$ **= 1,701**

✓ Longueur du rectangle équivalent (L) : **L = 27,080 km**

✓ Indice global de pente (Ig) : il caractérise le relief du bassin versant (Ig = D / L) : **Ig = 1,746 m/km**

✓ Indice global de pente corrigée Ig_{cor} : $\mathbf{Ig_{cor}}$ **= 4,78 m/km**

✓ Perméabilité du bassin versant : **classe RI (P3) car nous Mélange en proportions à peu près égales de sols imperméables et de sols perméables**

✓ Hauteur de l'averse ponctuelle de fréquence décennale P10 : **P10 = 168 mm (source_AGEIM)**

✓ Précipitation décennale moyenne sur le bassin (P_{m10}) : $P_{m10} = A \times P_{10}$

Avec A : coefficient d'abattement = **0,808. On obtient donc** $\mathbf{P_{m10}}$ **= 135,744 mm**

✓ Coefficient de ruissellement K_{r10} **:** $\mathbf{K_{r10}}$ **= 23,03 %**

✓ Temps de base Tb_{10} : $\mathbf{Tb_{10}}$ **= 1589,633 minute**

✓ Coefficient de pointe décennale (α_{10}) : $\boldsymbol{\alpha_{10}}$ est pris égale à **2,6** quelle que soit la superficie du bassin.

- **Calcul du débit de pointe de crue décennal**

Le tableau III-2 présente le résultat du calcul du débit de crue décennal par la méthode d'Orstom

Tableau III-2 : Calcul du débit de crue décennale par la méthode d'Orstom

Superficie (m²)	$\mathbf{P_{10}}$ (m)	Coefficient d'abattement A	$\mathbf{K_{r10}}$ (%)	$\mathbf{Tb_{10}}$ (s)	Coefficient de pointe $\boldsymbol{\alpha_{10}}$	$\mathbf{Q_{r10}}$ **(m3/s)**
105420000	0.168	0.808	0.230	95377.973	2.6	**89.884**

➢ **Calcul du débit de crue décennal par la méthode CIEH**

Proposé par Puech et Chabi-Gonni du CEIH en 1983, la méthode CIEH permet de déterminer le débit de projet pour des bassins versants dont la superficie est comprise entre [10 ; 2500] km² pour la zone sahélienne et à la totalité des bassins versants dont la superficie est inférieure à 1500 km² dans la zone tropicale sèche (Cf crues et apports).

La formulation retenue pour retrouver l'expression du débit de pointe Q10 est basée sur un schéma de régressions multiples et se présente sous la forme :

$$\mathbf{Q10 = \alpha \times S^S \times P_{an}{}^p \times I_g{}^i \times K_{r10}{}^k \times D_d{}^d}$$

Où a, s, p, i, k, d… sont des coefficients à déterminer

S : superficie du bassin versant en km² ;

Ig : indice global de pente corrigé en m/km ;

Pan : pluie annuelle moyenne en mm ;

Kr10 : coefficient de ruissellement décennal en % ;

Dd : densité de drainage en km^{-1}

Kr10 : est le coefficient de ruissellement décennal en %

Dd : est la densité de drainage en km^{-1}

Le tableau III-3 présente les coefficients des différentes équations pour le calcul du débit de pointe par la méthode CIEH.

Tableau III-3 : coefficient de l'équation pour la détermination de l'expression du débit de point Q10 par la méthode CIEH [5]

N° d'équation	Description	Constante a	Exposants des paramètres de l'équation					
			S	Ig	Pan	Pm10	Kr10	Dd
Découpage par pays ou groupes de pays								
Afrique de l'Ouest (de 10°E à 10°W)								
25	S, Kr10	1.41	0.542	-	-	-	0.511	-
26	S, Kr10, Pm10	146	0.479	-	-	-0.969	0.457	-
27	S, Kr10, Ig	0.56	0.619	0.279	-	-	0.510	-

Les paramètres n'ayant pas d'exposants sont omis dans le calcul du débit de pointe Q10.

Les exposants des différentes équations sont utilisés pour le calcul de débits différents.

Enfin, la crue de projet final est obtenue en faisant la moyenne des trois crues de projet, obtenues par les formules 25, 26 et 27. Les trois expressions pour le calcul de la crue décennale pour la Guinée Bissau sont les suivantes :

Formule 25 : $\mathbf{Q_{10} = 1.41 \times S^{0.542} \times K_{r10}{}^{0.511}}$

Formule 26 : $\mathbf{Q_{10} = 1.46 \times S^{0.479} \times K_{r10}{}^{0.457}}$

Formule 27 : $\mathbf{Q_{10} = 0.56 \times S^{0.619} \times I_g{}^{0.279} \times K_{r10}{}^{0.510}}$

Le tableau III-4 présente le résultat du calcul du débit décennal par la méthode CIEH.

Tableau III-4 : Calcul du débit de crue décennale par la méthode CIEH

Superficie (km^2)	Icorg	Kr10 (%)	A	P10 (mm)	Pm10	EQ25	EQ27	EQ26	**Débit Q(m3/s)**
105,420	4,784	23,033	0,808	168,000	135,794	87,459	76,710	39,774	**67,981**

➢ **Passage du débit décennal au débit centennal**

Pour effectuer un passage adéquat du débit décennal au débit de crue centennale, on doit se fixer pour hypothèse que, pour un événement de période de retour supérieure à 10 ans, l'ensemble des volumes précipités ruissellent. Ainsi, le débit de crue décennal est calculé suivant l'équation 3.3 :

$$\mathbf{Q_{100} = C \times Q_{10}} \quad \text{Avec : } C = 1 + \frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} \times \frac{\left(T_b/24\right)^{0,12}}{K_{r10}} \qquad (3.3)$$

K_{r10} est le coefficient de ruissellement de la crue décennale exprimé en fraction et non en % ;

T_b est le temps de base en heure ;

P_{100} et P_{10} sont les pluies journalières de fréquence décennale et centennale en mm.

En absence de données, on peut prendre en première approximation :

- en zone sahélienne : ($P_{100} - P_{10}$) / P_{10} = 0,45 ;
- **en zone tropicale : ($P_{100} - P_{10}$) / P_{10} = 0,38 ;**

Le tableau III-5 représente le débit centennal utilisé dans le cadre de ce projet

Tableau III-5 : Calcul du débit centennal du projet

$Q_{10/Orstom}$ (m³/s)	$Q_{10/CIEH}$ (m³/s)	c	$Q_{100/Orstom}$ (m³/s)	$Q_{100/CIEH}$ (m³/s)
89,88	67,98	2,67	239,94	181,47
Débit centennal du projet $Q_{100/Projet}$ (m³/s) = max [$Q_{100/Orstom}$; $Q_{100/CIEH}$]				**239,94**

III.1.2. Etude hydraulique du projet

L'objectif principal de cette étude est de faire un pré-dimensionnement hydraulique du pont en béton armé à travers la détermination de la hauteur totale de l'ouvrage (hauteur sous intrados du pont).

➢ **Détermination de la côte des plus haute eau ($Cote_{PHE}$)**

Le présent pont à construire se trouve sur une marée et connaissant les différentes côtes des hauteurs des marées au fil des années, nous avons faire une analyse fréquentielle à travers un ajustement statistique suivant la loi de Gumbel sur 'Hyfran plus' pour obtenir la côte maximale des plus hautes eaux sur notre période de retour de 100 ans. Donc les plus hautes eaux peuvent aller au cours de la durée de vie jusqu'à une hauteur correspondant à la côte de : **$Cote_{PHE}$ = +10,60 m**

➢ **Détermination du niveau des plus haute eau (PHE)**

PHE = côte du fond du fleuve – côte du niveau des plus hautes eaux

D'après le profil en long, la côte du fond du fleuve est de -23,23m

On obtient donc : **PHE = +10.6 – (-23,23) = 33,83 m (partant du fond du fleuve)**

- **Détermination de la revanche ou du tirant d'air R**

La revanche est la distance verticale entre le plan d'eau et les berges mais dans ce contexte, on parle plus de tirant d'air qui est la hauteur séparant les plus hautes eaux et la partie inférieur du tablier.

Le tirant d'air dépend de la longueur totale du pont et du type de végétation. Ainsi, pour notre zone appartenant à une zone de végétation arbustives dense nous considérons **un tirant d'air de 2m.** De plus, étant donné que le pont a une longueur totale supérieure à 50 m, **R = 2 + 0.5 = 2,50 m**

- **Calcul du remous d'exhaussement maximal (Δh)**

La présence d'un ouvrage maçonné de type pile de pont ou de barrage dans le lit mineur d'un cours d'eau prive ponctuellement la section d'écoulement d'une fraction de surface mouillé, occasionnant un rétrécissement générateur de remous. Dans ce projet, nous allons évaluer les remous dus à l'implantation des piles dans le fleuve.

Le remous de ce projet se calculera par la formule proposée par Bradley car nous avons un écoulement uniforme :$\Delta H = K^* \times \frac{V_a^2}{2g}$

Où Va désigne la vitesse moyenne de l'écoulement dans la section rétrécie sous la hauteur hn (comme s'il n'y avait pas de rétrécissement, ni de pile) **:** $Va = \frac{Q}{B \times hn} = \frac{239.94}{180 \times 33.83} =$ **0,04 m³/s**

K^* est un coefficient déterminé à l'aide des abaques de Bradley comme somme de termes :

$$\mathbf{K^* = K_b + \Delta K_p + \Delta K_e}$$

- K_b dépend du coefficient de la contraction latérale due aux culées M (M = B/L), de la forme des culées et de l'ouverture de l'ouvrage B. K_b **= 2,2**
- ΔK_p dépend du coefficient d'obstruction due aux piles J (J = D/B), de la forme des piles et du rapport de contraction M. $\Delta K_p \approx$ **0**
- ΔK_e dépend de la contraction M et du coefficient d'excentricité due aux culées e. $\Delta K_e \approx$ **0**

On obtiens donc : $K^* = K_b + \Delta K_p + \Delta K_e$ **= 2.2 + 0 + 0 = 2,2**

Après calcul, la hauteur du remous est évaluée à 1,79 x 10^{-4} m soit **ΔH ≈ 0,00 m**

- **Evaluation de la hauteur totale du pont**

H = PHE + tirant d'air + hauteur du remous d'exhaussement maximale

H = 33,83 + 2,5 + 0,00 = 36,33 m

Ainsi, la hauteur totale sous intrados du pont (hauteur prise à partir du fond du fleuve) est de : H = 36,50 m

III.2. Conception du pont

La conception d'un pont repose généralement sur une démarche itérative visant à optimiser techniquement et économiquement l'ouvrage en fonction des contraintes naturelles et fonctionnelles du site [8]. Elle consiste à proposer plusieurs variantes de structures, évaluées au moyen d'une analyse multicritère, afin de retenir la solution la plus adaptée aux exigences du projet.

Un pont est un ouvrage d'art permettant à une voie de circulation routière, ferroviaire, piétonne ou fluviale de franchir un obstacle naturel ou artificiel. Très répandu en Afrique, il peut être construit en acier, en béton armé ou en béton précontraint, et se compose généralement de plusieurs catégories d'éléments structuraux.

III.2.1. Généralité sur les ponts

Un pont comporte en générale les catégories d'éléments suivantes :

a) Les fondations

C'est la partie visible ou non, en contact avec le sol et sur laquelle se fondent les appuis du pont et transmettent les différentes charges du pont au sol support. Il existe trois types de fondations et leur choix dépend d'un certain nombre de facteurs dont le plus important est la portance des sols sous-jacent. Ce sont :

- les fondations superficielles qui peuvent aller jusqu'à 4m de profondeur dans le sol ;
- les fondations semi profondes ou puits qui varient entre 4 à 10 m de profondeur ;
- les fondations profondes ou fondations sur pieux qui vont au-delà de 10m de profondeur.

Dans ce présent projet, nous n'entrerons pas en profondeur en ce qui concerne les fondations

b) Les appuis (culées et piles)

Ils supportent l'ouvrage jusqu'au niveau des fondations. On distingue deux principales types : les culées, qui sont des appuis d'extrémités et les piles, qui sont les appuis intermédiaires. Un appui peut être composé par un ou plusieurs voiles ou par des colonnes surmontées par un chevêtre.

- **Les piles** : en fonction de la typologie des ouvrages et de conception architecturale, on distingue plusieurs morphologies de piles (les piles murs, les piles colonnes) ;
- **Les culées** : elles sont généralement enterrées et protégées. Elles sont constituées de murs en retours ou en aile, muret-cache, mur garde grève, chevêtre ou sommier, mur de front, de dalle de transition et d'appareil d'appuis.

c) Le tablier

Le tablier est la partie horizontale du pont qui supporte le trafic par l'intermédiaire de la couche de roulement et qui repose sur les appuis. Il est généralement en béton armé mais il existe des tabliers en béton précontraint, en bois, en métalliques, en caissons, à nervures, etc…

La partie comprise entre deux appuis constitutifs est appelée travée. Un pont peut comporter un ou plusieurs travées qui peuvent être continues ou indépendantes (travées isostatiques).

- **L'intrados :** désigne la face inférieure du tablier et l'extrados la face supérieure ;
- **La dalle ou hourdis :** est la structures pleine ou évidée qui supporte la chaussée ;
- **Les poutres :** sont les éléments préfabriqués ou non qui supportent la dalle. Elles sont en bétons armé ou précontraintes ;
- **Le balancement d'un pont :** c'est le rapport entre la travée de rive et la travée adjacente ;
- **L'élancement d'un pont :** c'est le rapport entre l'épaisseur du tablier et la portée dominante ou principale ;
- **La portée de la travée :** est la distance entre deux points d'appuis consécutifs des éléments porteurs principaux ;
- **L'ouverture de la travée :** est la distance mesurée entre nus intérieures de deux appuis consécutifs
- **Les équipements ou superstructures**

Ils désignent l'ensemble des éléments qui participent à la pérennité du pont et à la sécurité des usagers. On distingue :

- **les dispositifs de retenu :** sont des éléments métalliques disposés aux extrémités dans le sens de la longueur du pont pour protéger les usagers (les véhicules, et /ou les piétons) ;
- **les joints de chaussée :** sont des éléments transversaux placés entre la culée et le tablier, ou entre deux tronçons du tablier, pour permettre les déplacements relatifs, dus principalement aux variations de température, en assurant la continuité de la surface de la chaussée ;
- **les gargouilles ou dispositifs d'assainissement du tablier :** sont des tubes de diamètre variable par lesquels les eaux de ruissellement sont évacuées hors du tablier. Elles sont placées verticalement ou horizontalement dans le tablier ;
- **les corniches :** sont des éléments en béton qui permettent la fixation des gardes corps et de cacher les irrégularités du tablier ;
- **les trottoirs :** c'est la partie de la surface du tablier réservée au passage des piétons ;

- **la couche d'étanchéité :** ce sont des membranes étanches qui servent à drainer les eaux et qui évite les infiltrations d'eau qui sont susceptibles d'oxyder les aciers du tablier ;
- **la couche de roulement :** c'est la partie aménagée du pont qui permet la circulation et participe à la protection du tablier.

d) Les appareils d'appuis

Le tablier repose sur les appuis à l'aide des appareils d'appuis qui permettent les déplacements horizontaux et verticaux du tablier sous l'effet des charges. On distingue :

- des appareils d'appuis en élastomère fretté (le plus utilisé) ;
- des appareils d'appuis à lot ;
- des appareils d'appuis fixes à balanciers (moins répandus)
- des appareils d'appuis mobiles à rouleau simple ou à balancier et rouleaux multiples (moins répandus).

III.2.2. Choix du type d'ouvrage d'art : analyse multicritère des variantes du pont

Après analyse des données du projet, la longueur de la brèche à franchir est évaluée à 180 m. Nous fixons une portée principale totale de 20 m au droit des appuis. Le détail de l'évaluation de quelques caractéristiques du projet en se référant aux données de base et aux hypothèses de calcul peut être synthétisé dans le tableau III-6.

Tableau III-6 : Caractéristique du tablier

Caractéristiques du projet	**Mesures**
Largeur du tablier	14,5 m
Longueur du tablier	180 m
Section totale de tablier prévue	**2610 m²**
Largeur totale de la portée principale	**20 m**

A partir des informations reçues, des calculs permettent de nous rendre compte que la surface du tablier (2610 m²) est supérieure à 1200 m², et la portée maximale de l'ouvrage (20 m) est inférieure à 40 m. Ces informations nous permettent donc de nous référer pour le choix de solutions à la catégorie des ouvrages d'art courants malgré le fait que nous avons une superficie de tablier supérieure à 1200 m² car il n'existe pas d'ouvrage d'art non courant avec une portée maximale de 20 m.

Le paramètre fondamental du choix du type d'ouvrage est la portée principale (plus grande distance entre deux appuis), qui est de 20 m pour ce projet. Le guide SETRA nous préconise une gamme d'ouvrages d'art courant (pont courant) utilisable en fonction de la portée principale présentée à la figure III-1 :

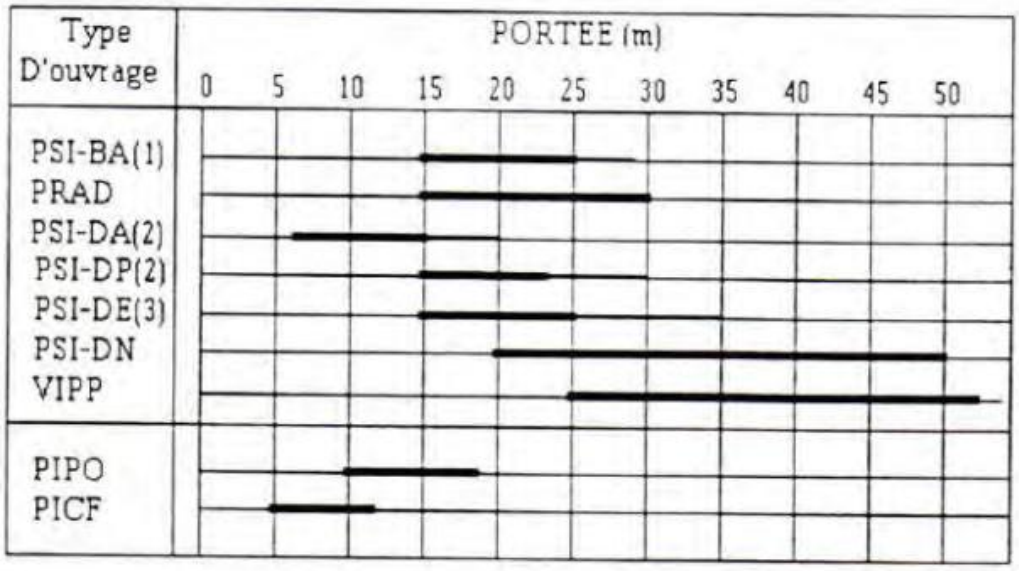


Figure III-1 : domaine d'emploi des principaux types d'ouvrage courant [8]

Pour cette gamme de portée, l'ensemble des solutions adaptables d'ouvrage d'art courant répondant à un bon rapport vis-à-vis de leurs aspects techniques et économiques est le suivant :

- **Poutrelles métal enrobées de béton armé :** c'est une structure mixte composée d'un tablier en béton armé renforcé longitudinalement par des poutrelles en acier laminé (HEA, HEB) fortement rapprochées. Il est utilisé pour des ponts ferroviaires ou routiers de portée modérée.
- **Poutrelles ajourées précontraintes transversalement (P.S.I.P.A.P) :** il est composé de poutrelles en béton armé ou précontraint dont l'âme est ajourée (évidée) pour alléger la structure tout en conservant une rigidité optimale. Contrairement aux ponts à poutres classiques où les éléments sont simplement juxtaposés, les PSIPAP utilise des câbles ou des barres de précontraintes qui traversent les poutrelles perpendiculairement à l'axe du pont.
- **Pont à poutre en béton armé (P.S.I.B.A) :** ce sont des structures courantes pour des portées modérées, constituées de poutres longitudinales parallèles (âme pleine) supportant u, hourdis en béton armé. Ils reprennent les charges principalement par flexion, avec des poutres solidarisées transversalement par des entretoises. Très répandus, ils sont souvent coulés en place ou préfabriqués.
- **Pont – dalle pleine en béton précontraint (P.S.I.D.P) :** ce sont des ouvrages courants, particulièrement adaptés aux passages supérieurs ou inférieurs de portées moyennes (jusqu'à 20-30 m). Ils sont constitués d'une dalle de hauteur constante coulée en place ou préfabriquée, et précontraint longitudinalement pour optimiser la résistance du béton et limiter les fissures.
- **Pont – dalle en béton précontraint à larges encorbellements (P.S.I.D.P) :** c'est un ouvrage courant notamment pour les passages supérieurs, caractérisé par une dalle de hauteur constante,

précontrainte longitudinalement et équipée de larges encorbellement latéraux pour élargir la chaussée.

- **Pont à béquille en béton précontraint (P.S.B.Q) :** c'est une structure dont le tablier est soutenu par des appuis obliques (les béquilles), solidarisées au tablier pour former un cadre rigide. L'utilisation du béton précontraint permet d'optimiser la légèreté et la portée de l'ouvrage en comprimant artificiellement le béton via des câbles d'acier haute résistance.
- **Pont à poutres préfabriquées à fils ou torons adhérents (P.R.A.D) :** ce sont des ouvrages courants en béton précontraint par pré-tension, idéals pour des portées de 15 à 30 mètres (parfois jusqu'à 50 m). Fabriquées en usine, les poutres utilisent des armatures actives tendues avant le bétonnage, qui adhérent au béton après durcissement. Cette technique économique et rapide est idéale pour les passages supérieurs.

III.2.3. Variantes de solutions retenues

Le choix des variantes à retenir se basera sur les solutions techniques inventoriées plus haut mais surtout sur le mode de réalisation de chaque typologie d'ouvrage présenté dans le tableau III-7 :

Tableau III-7 : mode de réalisation des ouvrages

Typologie d'ouvrage	Mode de réalisation	conclusion
Poutrelles métal enrobées de béton armé	Lançage des poutres ou grutage	Adapté
Poutrelles ajourées précontraintes transversalement	Utilisation non courante / entretient fastidieux	
Pont à poutre en béton armé	Coulage en place ou préfabrication	Adapté
Pont – dalle pleine en béton précontraint	Coulage en place uniquement	Non adapté car construction sur l'eau
Pont – dalle en béton précontraint à larges encorbellements	Coulage en place uniquement	Non adapté car construction sur l'eau
Pont à béquille en béton précontraint	Utilisation non courante	
Pont à poutres préfabriquées à fils ou torons adhérents	Préfabrication	Adapté

Ainsi, 3 types d'ouvrages sont retenus au final. Il s'agit notamment de :

- Poutrelles métal enrobées de béton armé ;
- Pont à poutre en béton armé (P.S.I.B.A) ;
- Pont à poutres préfabriquées à fils ou torons adhérents (P.R.A.D).

III.2.4. Etude préliminaire des solutions retenues

Cette partie vise essentiellement à fournir un aperçu de la morphologie d'une typologie choisie. Elle permet également d'apprécier les possibilités esthétiques d'une proposition vis-à-vis d'une autre, et de pouvoir se faire une idée sommaire sur le niveau de technologie nécessaire à la réalisation de chaque type de tablier.

L'objectif étant de faciliter la prise de décision par la maîtrise d'ouvrage en fournissant **des détails sur les variantes proposées par une visualisation graphique des possibilités de rendu final**.

Les caractéristiques géométriques connues de chaque proposition, issues du pré-dimensionnement, pour chaque variante sont les suivantes :

❖ **Solution 1 : Poutrelles métal enrobées de béton armé**

Le tableau III-8 présente les principales caractéristiques des poutrelles métal enrobé de béton armé et la figure III-2 est une représentation de sa coupe transversale.

Tableau III-8 : caractéristiques géométriques de la poutrelle métal enrobée de béton armé

Balancement optimale	1
Type de travée	Travée indépendante
Longueur de brèche couverte	180 m (20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20)
Nombre de pile nécessaire	8
Elancement	1/33
Epaisseur du tablier	0,65 m (0.6060)

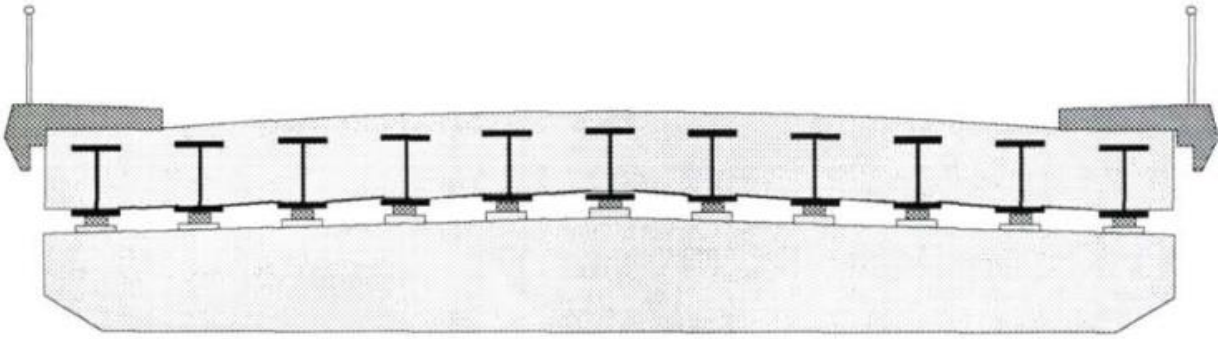


Figure III-2 : coupe transversale d'un pont en poutrelle métal enrobée de béton armé

❖ **Solution 2 : Pont à poutre en béton armé (P.S.I.B.A)**

Le tableau III-9 présente les principales caractéristiques du pont à poutre en béton armé et la figure III-3 est une représentation de sa coupe transversale.

Tableau III-9 : caractéristiques géométriques du pont à poutre en béton armé (PSIBA)

Balancement optimale	1
Type de travée	Travée isostatique
Longueur de brèche couverte	180 m (20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20)
Nombre de pile nécessaire	8
Elancement	1/15
Epaisseur du tablier	1,35 m (1,3333)

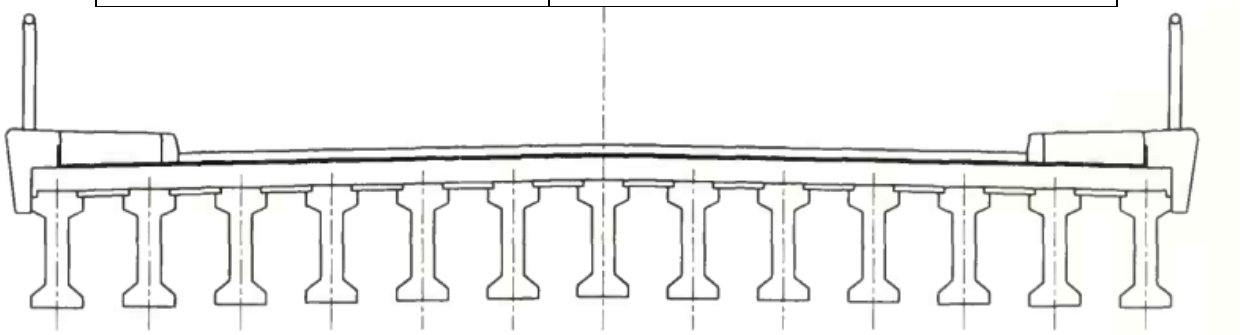


Figure III- 3 : coupe transversale d'un pont à poutre en béton armé

❖ **Solution 3 : Pont à poutres préfabriquées à fils ou torons adhérents (P.R.A.D)**

Le Tableau III-10 présente les principales caractéristiques du pont à poutre préfabriqué à fils ou torons adhérents et la figure III-4 est une représentation de sa coupe transversale

Tableau III-10 : caractéristiques géométriques d'un pont à poutre préfabriquées à fils (PRAD)

Balancement optimale	1
Type de travée	Travée isostatique – pré tension
Longueur de brèche couverte	180 m (20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20)
Nombre de pile nécessaire	8
Elancement	1/20
Epaisseur du tablier	1 m

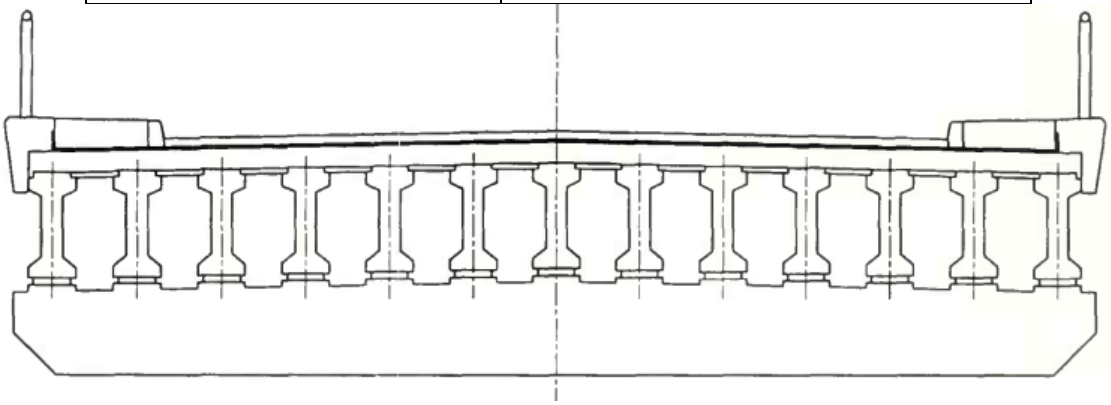


Figure III-4 : coupe transversale d'un pont à poutre préfabriquées à fils (PRAD)

III.2.5. Analyse multicritère des solutions retenues

L'analyse multicritère est une méthode d'évaluation et de prise de décision permettant de comparer différentes options ou solutions en s'appuyant sur plusieurs critères tels que les dimensions techniques, économiques, environnementales ou esthétiques. Le tableau III-11 présente le récapitulatif de l'analyse multicritère des différentes solutions retenues.

Tableau III-11 : analyse multicritère des solutions retenues du pont

	Variantes		
	Poutrelles enrobées	**P.S.I.B.A**	**P.R.A.D**
Avantages	+ Construction simple + peut être réalisé par des entreprises compétentes pas nécessairement spécialisé + faible épaisseur de tablier + pas besoin de cintres + profilé facilement accessible + exécution rapide + les caractéristiques mécaniques sont élevés	+ construction très simple + coût des travaux moins élevé (x2) + pas besoin de cintre pour la réalisation (grutage) + transport plus simple + exécution très rapide + ouvrage moins technique	+ durée de vie élevé + nécessite peut d'entretient + ne nécessite pas de cintre + fabrication en usine + facilité de transport + caractéristiques mécaniques très élevé
Note	**+7**	**+7**	**+6**
Inconvénients	-coût élevé (x2) -délais de livraison des profils très long -entretient complexe -problème de transport	-grande utilisation de coffrage -tablier trop épais (ouvrage pas esthétique) -efficacité mécanique moins élevé (durée de vie faible)	-technicité élevé -coût de réalisation élevé (x2) -travaux chronophages -peut esthétique
Note	**-5**	**-4**	**-5**
Pertinence globale	**+2**	**+3**	**+1**

En conclusion, la solution n° 2, correspondant au **pont à poutre en béton armé,** apparait comme la solution la plus avantageuse pour ce projet. Cette option sera retenue pour les études détaillées à venir.

III.2.6. Pré-dimensionnement du pont à poutre en béton armé (PSIBA)

Les détails concernant tous les calculs de dimensionnement de tous les éléments en béton armé (poutre, entretoise, hourdis, chevêtre, appuis, semelle, etc) sont présentés en **annexe 6** du document.

a) Pré-dimensionnement des éléments du tablier (poutres, entretoises, hourdis)

La figure III-5 est une coupe transversale des poutres du tablier et le résultat du pré-dimensionnement des éléments de la superstructure (poutre, entretoise, hourdis) sont présentés dans le tableau III-12.

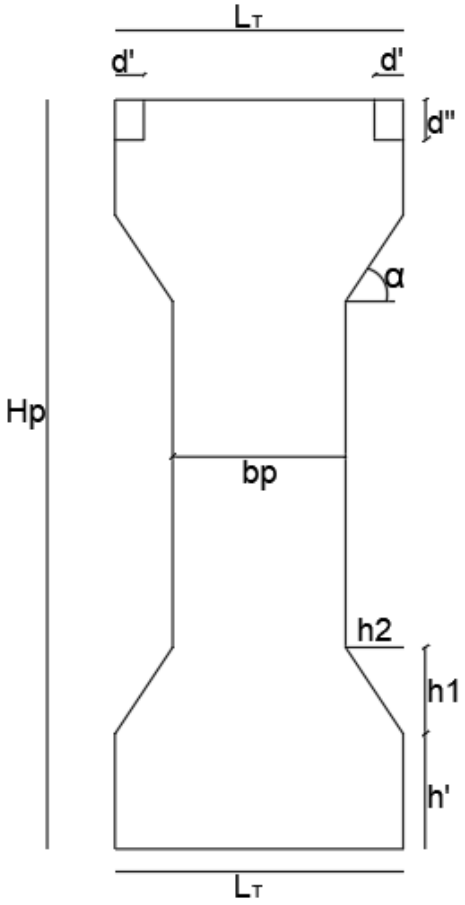


Figure III-5 : représentation de la poutre en I

Tableau III-12 Récapitulatif du pré-dimensionnement de la superstructure (poutre, entretoise, hourdis)

Eléments	Caractéristique		
Poutre	Type	**Poutre en I à membrures symétrique**	
	Hauteur	Hp	**1,30 m**
	Epaisseur de l'âme	bp	**0,30 m**
	Base du talon	l_T	**0,50 m**
	Epaisseur du talon	h'	**0,20 m**
	Nombre de poutre	N	**8 poutres**
	Entraxe	bo	**1,80 m**
	Distance h2		**0,10 m**
	Hauteur h1		**0,15 m**
	Tangente de l'angle α		**1,50**
	Distance d'		**0,05 m**
	Hauteur d''		**Hauteur de prédalle**
Entretoise	Longueur	Le	**1,30 m**
	Hauteur	he	**1,10 m**
	Epaisseur	Ee	**0,35 m**
	Nombre	Ne	**0,3 entretoises par travée**
Hourdis	Epaisseur	**0,16 m**	
	Prédalle	**0,07 m**	
	Epaisseur totale	Hd	**0,23 m**
Encorbellement	Le	**Compris entre 0,15 m et 0,90 m**	

b) Equipement du tablier

➢ Les dispositifs de retenu

Le choix d'une barrière de sécurité pour la retenue dépend principalement du type de véhicule [9]. On a des barrières de niveau N pour les véhicules légers, les barrières de niveau H2 ou H3 pour les véhicules lourds et les gardes corps pour les piétons.

Etant donné que le pont sera dimensionné pour supporter les poids lourds, le dispositif de retenu choisir pour les véhicules est une barrière de niveau H2 communément appelé BN4. En ce qui concerne

la protection des piétons, nous optons pour des gardes corps de type S8 ou S7 car non seulement nous avons la présence de trottoir sur notre ouvrage [9] mais également parce qu'elles sont plus économiques que les BN4.

- **Les joints de chaussée**

Le choix d'un joint de chaussée adapté à un ouvrage donné et à son environnement dépend de nombreux paramètres qu'il convient de prendre en compte pour garantir un fonctionnement adéquat du joint, une durabilité optimale et son adéquation avec les besoins spécifiques de l'ouvrage [10]. Le paramètre le plus déterminant est le déplacement du tablier : le joint doit pouvoir reprendre le souffle (déplacement relatif maximale prévisibles) tant en déplacement longitudinal qu'en mouvement transversale et vertical. Nous avons d'autres paramètres comme : la sécurité des usagers, la géométrie du tracé de la route, la tenue sous trafic (type et densité de circulation), les conditions de réalisation et d'entretien, etc.

Pour ce projet, nous n'allons pas déterminer le souffle de joint de chaussée.

- **Les gargouilles ou dispositifs d'assainissement du tablier**

Les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales du tablier seront réalisés en utilisant des gargouilles positionnées aux extrémités du tablier, juste avant les bordures de trottoir. Pour éviter le colmatage tout en facilitant leur intégration dans le ferraillage, leurs diamètres seront compris entre 100 mm et 250 mm et déboucheront à l'air libre car le pont se trouve sur un cours d'eau.

- **Les corniches**

Elles seront en béton armé préfabriqué et ainsi, il faut prévoir un scellement par une contre corniche [11]. Le poids est donc de 0,2 à 0,3 t/ml.

- **La couche d'étanchéité et de roulement**

L'étanchéité de ce projet se fera par des feuilles préfabriquées revêtues d'asphalte et de bitume, d'une épaisseur de 3 cm. La couche de roulement, quand t a elle sera une continuité de celle du corps de chaussée, soit une couche de roulement en béton bitumineux semi-grenu de 5 cm d'épaisseur.

La figure III-6 présente une coupe transversale du tablier du pont mettant en lumière les éléments de la superstructure et les différents équipements du pont.

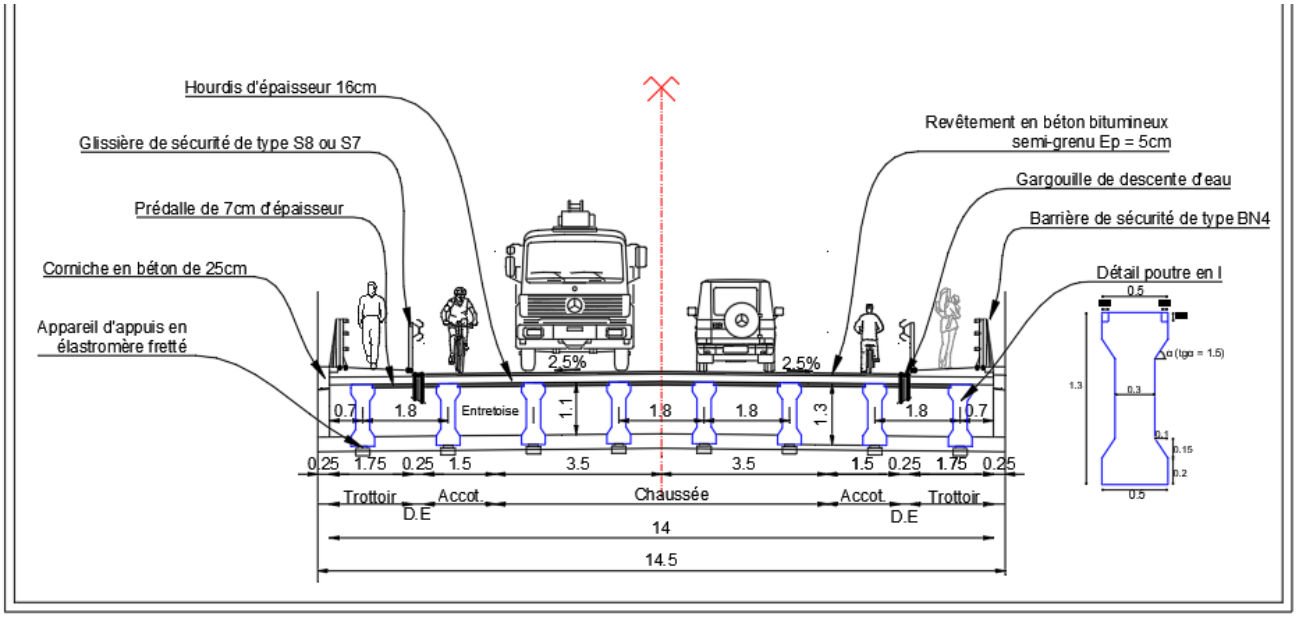


Figure III-6 : coupe transversale du pont à poutre en béton armé

c) Pré-dimensionnement des bossages et appareils d'appui

Le bossage sous l'appareil d'appui est nécessaire puisque des charges concentrées assez importantes agissent sur le point de contact entre la poutre et l'appui. Il sera en béton armé et aura une section de **50 x 40 cm²** pour ce projet.

Les appareils d'appui quant à eux seront en élastomère fretté. D'après le projet de construction des ponts Calgaro[12], les appareils d'appuis ne doivent pas être implanté trop prêt du bord extérieur du sommier de façon à pouvoir disposer correctement le ferraillage. La distance minimale est de 10 cm. **Pour ce projet, nous avons une distance de 15 cm.**

De plus, l'appareil d'appui doit être bien cadré sur son bossage. Ainsi, une distance minimale de 5 cm de chaque côté est exigée entre le bord du bossage et l'appareil d'appuis. Nous avons donc obtenu une section d'appareils d'appuis de **40 x 30 cm².** D'après le guide SETRA pour les appareils d'appui en élastomère fretté, la hauteur réglementaire pour des appuis de 40 x 30 cm² est de 47 mm [13], **soit une épaisseur de 50 mm**.

d) Pré-dimensionnement du chevêtre

Le chevêtre est un élément en béton armé qui reçoit les appareils d'appuis sur lesquels repose le tablier. Il sera porteur et ainsi permettra de réduire le nombre de colonnes ou de poteau à utiliser (les colonnes ou poteaux ne se disposerons plus au droit des appareils d'appuis).

- **Hauteur du chevêtre : h_c = 1,9m ;**
- **Longueur du chevêtre : $Longueur_{chevetre}$ = 15,5 m ;**
- **Largeur du chevêtre : $Largeur_{chevetre}$ = 1,5 m.**

e) Pré dimensionnement des appuis

Le tableau III-13 présente les résultats du pré-dimensionnement des appuis (appuis piles et appuis culés).

Tableau III-13 : Résultats du pré-dimensionnement des appuis du pont (piles et culés)

Appuis Piles	Type, forme et matériaux	Pile colonne de forme cylindrique en béton armé	
	Diamètre	1,4 m	
	hauteur	15,5 m	
	espacement	3,5 m	
Appuis Culée	**Sommier d'appuis**	Longueur	14,5 m
		Largeur	1,30 m
		Epaisseur	1,20 m
		Pente	2%
	Dalle de transition	Epaisseur	30 cm
		Largeur	3 m
		Longueur	14,5 m
		Pente	5%
	Mur garde grève	Hauteur	1,81 m
		Epaisseur	30 cm
	Mur en retour	Epaisseur	40 cm
		Longueur	12 m
		Largeur	4 m
	Mur de front	Epaisseur	1 m
		Hauteur	11 m
	Muret cache	Matériau	Béton banché
		Epaisseur	20 cm
	Corbeau d'appuis	Hauteur	30 cm
	Bossage	Matériaux	Béton
		Hauteur	15 cm
		Section	50 x 40 cm²
	About du tablier	50 à 70 cm	

La figure III-7 représente une coupe longitudinale de l'appuis de rive (culé) mettant en lumière les différents éléments obtenus après pré-dimensionnement.

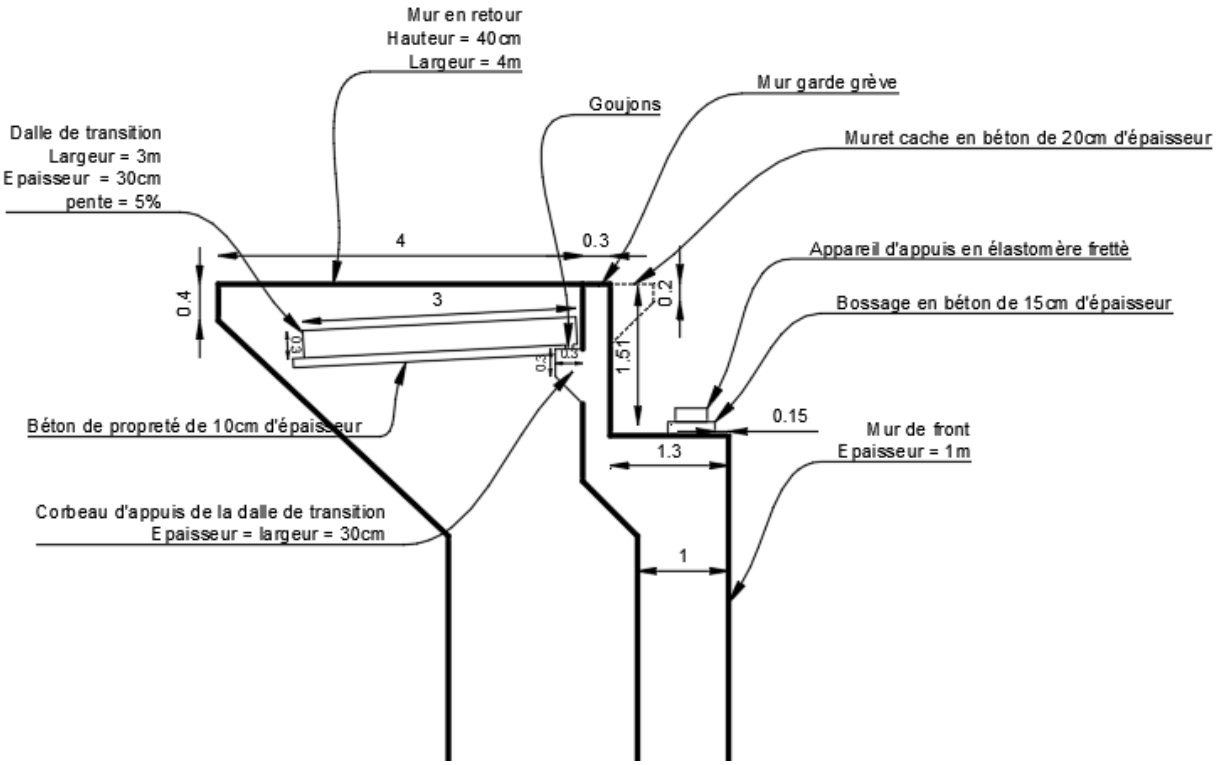


Figure III-7 : coupe longitudinale de l'appuis de rive (culée)

f) Pré dimensionnement des fondations

Le tableau III-14 présente les résultats du pré dimensionnement des fondations du pont.

Tableau III-14 : Résultats du pré dimensionnement des fondations

Semelle	Forme et matériaux	Rectangulaire en béton arme
	Hauteur	1,20 m
	Largeur	5,50 m
	Longueur	15,50 m
Nervure	***pour les fondations profondes, on n'a le plus souvent pas besoin de rôle de raidisseur des nervures, en raison des épaisseurs courantes des semelles sur les pieux (épaisseur assez importante)*** [14]	
Fondation	Type de fondation	Profonde par pieux
	Type de pieux	Pieux préfabriqué en béton armé
	Diamètre des pieux	1,00 m
	Espacement des pieux	3,50 m
	Profondeur des pieux (donnée de l'entreprise)	30,00 m

Profondeur d'ancrage des semelles dans le sol : pour les semelles sans nervure reposant sur les pieux, le guide SETRA préconise une profondeur d'ancrage de 50 cm [14]. Cependant, il est conseillé de décaper le mauvais sol de surface et d'éviter que la semelle ne soit visible à l'œil nu. **Ainsi, nous descendons d'une profondeur de 1,50 m pour l'implantation de notre semelle.**

La figure III-8 est une coupe transversale des différents éléments de la fondation du pont.

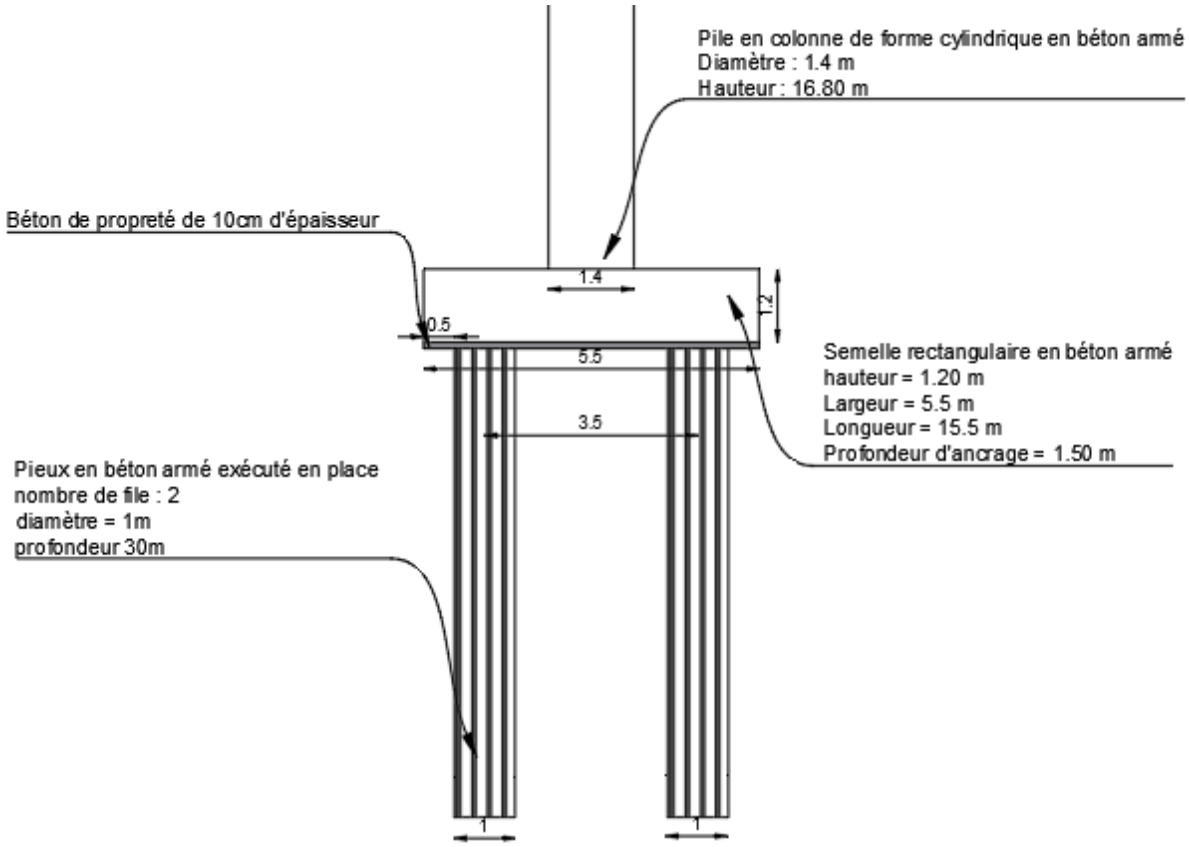


Figure III-8 : Coupe transversale de la fondation du pont

III.3. Etude technique du pont à poutre en béton armé

Les détails concernant cette étude sont présentés en annexe 6 du document

III.3.1. Rappels des normes et des référentiels de calcul

- Règlement de charges sur le pont : Fascicule 61 titre II – pont route ;
- Justification des ouvrages en béton armé : calcul et justification réalisées sur la base du Fascicule 62 titre I encore appelé Béton Armé au Etat Limite (BAEL) ;
- Justification des fondations : calcul et justification réalisées sur la base du Fascicule 62 titre V.

III.3.2. Durabilité de l'ouvrage

La durabilité d'un ouvrage est sa capacité à conserver dans les conditions prévues les fonctions d'usage pour lesquelles il a été conçu et à maintenir son niveau de fiabilité et son aspect, dans son environnement avec des frais d'entretiens et de maintenance aussi réduit que possible.

Le présent pont à construire se trouve sur le fleuve Oio qui prend sa source dans l'océan atlantique (eau de mer). Ainsi, pour ce projet, nous étudierons la durabilité du tablier à travers **les**

mécanismes susceptibles de conduire à sa dégradation : la pénétration d'agents agressifs, susceptible d'amorcer le développement de la corrosion des armatures.

De ce fait, le tableau III-15 présente le résultat du calcul de l'enrobage (calculé suivant la méthodologie adoptée dans le logiciel LEO) de nos éléments en béton armé qui permettra à l'ouvrage de résister durant sa durée de vie à la corrosion des armatures provoquée par la carbonatation et à la pénétration des ions chlorures.

Tableau III-15 : Calcul de l'enrobage selon la méthodologie adoptée dans le logiciel LEO

Profondeur de carbonatation	
t : durée de vie (en année)	100 ans
Coefficient d'exposition à la carbonatation	0,90
Humidité relative de la zone HR (en %)	0,70
f(HR)	0,88
Résistance caractéristique à la compression du béton R_{c28} (en MPa)	30 MPa
k	0,51
X(t) : enrobage en cm	4,09

Nous retenons un enrobage de 4,5 cm pour les éléments en béton armé de notre projet

III.3.3. Caractéristiques des matériaux

a) Béton

Les caractéristiques du béton pour l'ensemble des éléments de l'ouvrage (tablier, chevêtre, appuis pile, appuis culés...) sont données comme suit :

- Résistance caractéristique du béton à 28 jours : on a un B30 donc $\mathbf{f_{c28} = 30MPa}$
- Résistance caractéristique à la traction à 28 jours :

  Cette résistance à la traction est liée à la résistance en compression

  $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times f_{c28}$

  Soit une résistance à la traction à 28 jours $f_{t28} = 2,40$ MPa
- Coefficient de sécurité du béton : $\gamma_b = 1,50$
- Contrainte limite de compression à l'ELU à 28 jours :

  $$f_{bu} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b}$$

  Avec le coefficient $\theta = 1$ car la durée probable d'application des charges est supérieure à 24 heure

  Soit une contrainte limite de compression du béton $f_{bu} = 17$ MPa

- Contrainte limite à l'ELS à 28 jours :

  $f_{bser} = 0{,}6 \times f_{c28}$

  Soit une contrainte limite à l'ELS f_{bser} = 18 MPa

- Modules de déformation longitudinale à 28 jours :
  - Module de déformation instantané : $E_{i28} = 11\,000 \times (f_{c28})^{1/3} = 34\,180$ MPa
  - Module de déformation différé : $E_{v28} = 3\,700 \times (f_{c28})^{1/3} = 11\,393$ MPa
- Masse volumique su béton armé est égale à 25 kN/m^3
- Coefficient de poisson :

  Il représente la variation relative de dimension transversale d'une pièce soumise à une variation relative de dimension longitudinale. En définitive, la déformation transversale se traduit par le coefficient de poisson (v)

$$V = \frac{\text{Déformation transversale}}{\text{Déformation longitudinale}} = \begin{cases} 0 \ pour\ le\ calcul\ des\ sollicitaion\ (ELU) \\ 0.2\ pour\ le\ calcul\ des\ déformation\ (ELS) \end{cases}$$

b) Acier

Les valeurs de la limite élastique sont les même en traction et en compression. Les aciers utilisés pour le béton sont des armatures courantes à haute adhérence de classe FE E 500, soit une limite d'élasticité **FE = 500 MPa.**

Le module d'élasticité de l'acier est de : **Es = 200 000 MPa**

L'enrobage des armatures passives pris en compte est de **4,50 cm.**

Le coefficient de sécurité de l'acier est $\boldsymbol{\gamma_s}$ **= 1,15**

Type de fissuration : $\begin{cases} \textbf{\textit{préjudiciable pour le tablier}} \\ \textbf{\textit{Très préjudiciable pour les pile et fondation}} \end{cases}$

III.3.4. Action et sollicitation

a) Action permanentes

Les charges de poids propre de l'ouvrage seront évaluées à l'aide des masses volumiques suivantes :

- Masse volumique du béton frais : 26 KN/m^3
- Masse volumique du béton armé : 25 KN/m^3
- Masse volumique du métal : 78.5 KN/m^3

Le tableau III-16 présente les charges permanentes apportées par les équipements et superstructure :

Tableau III-16 : Charges permanentes des éléments de la superstructure

	Poids nominal	Kmax	Kmin
Revêtement de chaussée	24 KN/m^3	1,40	0,80
Etanchéité	24 KN/m^3	1,40	0,80
Corniche	25 KN/m^3	1,03	0,97
Relevé de béton	25 KN/m^3	1,03	0,97
Glissière de sécurité	2,5 KN/ml	/	/
Barrière BN4	6,5 KN/ml	/	/

b) Charges d'exploitation : surcharges civiles, militaires et convoi exceptionnel

Les surcharges d'exploitation qui seront à prendre en compte dans le dimensionnement du tablier sont les suivantes :

- **surcharges A(l) ;**
- **surcharges système BC : composé de camion type ;**
- **surcharge système Bt : composé de groupe de 2 essieux, dénommé essieux tandem ;**
- **surcharge système Bc-Niger ;**
- **surcharge système Br : composé d'une roue isolée ;**
- **surcharges militaires : convoi Mc 120 ;**
- **convoi exceptionnelle : type D et type E.**

c) Effort de freinage

Seules les charges de chaussée des systèmes A(l) et Bc sont susceptibles de développer des réactions de freinage, effort s'exerçant sur à la surface de la chaussée. Ces efforts n'intéressent pas en général la stabilité des tabliers mais sont considérés pour la stabilité des appuis (piles et culées) et pour la résistance des appareils d'appuis.

- **Effort de freinage du système A(l)**

L'effort de freinage du système A(l) est égale à la fraction : $\frac{1}{20 + 0.0035\,S}$

Avec S la surface chargée en m²

- **Effort de freinage du système Bc**

On suppose un seul camion du système Bc freinant simultanément. L'effort de freinage est alors pris égal au poids du camion, soit 300 KN. Cette charge est répartie sur l'ensemble de l'ouvrage et non par travée. Il est à noter que ces efforts de freinage peuvent être négligés en termes de sollicitation sur le tablier, mais indispensables pour le calcul des appareils d'appui.

d) Charge sur trottoir

Elle représente les charges locales qui sont utilisées pour justifier les éléments du tablier et ne sont pas majorées our effet dynamique. Une charge uniforme de 450 Kg/m² soit 450 daN/m² est supportée par les trottoirs de tous les ouvrages, y compris les bandes éventuelles de séparation des chaussées[15].

e) Combinaison d'action

Les combinaisons prises en compte à l'ELS d'après le BAEL [16], sont les suivantes :

$$\mathbf{Q = (G_{max} ; G_{min}) + 1{,}2\ (\delta \times Q_r) + Q_{trot}}$$

Les combinaisons prise en compte à l'ELU d'après le BAEL sont les suivantes :

$$\mathbf{Q = 1{,}35 \times (G_{max} ; G_{min}) + 1{,}6 \times ((\delta \times Q_r) + Q_{Frein} + Q_{trot})}$$ **applicable au surcharge civile ;**

$$\mathbf{Q = 1{,}35 \times (G_{max} ; G_{min}) + 1{,}6 \times ((\delta \times Q_r) + Q_{Frein} + Q_{trot})}$$ **applicable aux surcharges militaires et aux convois exceptionnelle.**

III.3.5. Calcul des charges et surcharges

a) Calcul des charges permanentes

Le tableau III-17 présente le récapitulatif du calcul des charges permanentes du tablier de l'ouvrage

Tableau III-17 : récapitulation du calcul des charges permanentes du tablier

	Poids nominal	Charge permanente [KN/ml]	Kmax	Kmin	Gmax [KN/ml]	Gmin [KN/ml]
Poutre principale	25 KN/m^3	98	1	1	98	98
Entretoise	25 KN/m^3	20,93	1	1	20,93	20,93
Hourdis	25 KN/m^3	55,60	1	1	55,60	55,6
Prédalle	25 KN/m^3	17,50	1	1	17,50	17,50
Charge permanente totale du Tablier [KN/ml]					**192,03**	**192,03**
Revêtement de chaussée	24 KN/m^3	12,60	1,4	0,80	17,64	10,08
Etanchéité	24 KN/m^3	7,56	1,4	0,80	10,584	6,048
Trottoir	25 KN/m^3	11	1	1	11	11
Corniche en béton	25 KN/m^3	6,25	1,03	0,97	6,44	6,06
Barrière de sécurité BN4	6,5 KN/ml	13	/	/	13	13
Glissière de sécurité	2,5 KN/ml	5	/	/	5	5
Relevé de béton	25 KN/m^3	4,38	1,03	0,97	4,51	4,24
Total des charges permanentes complémentaires [KN/ml]					**68,17**	**55,43**
Total des charges permanentes sur l'ouvrage [KN/ml]					**260,20**	**247,46**

b) Calcul des paramètres du profil en travers

Le tableau III-18 présente les résultats du calcul des paramètres du profil en travers du pont.

Tableau III-18 : Récapitulatif des paramètres du profil en travers du pont

Désignation	Valeur numérique
Largeur totale du tablier	14,5 m
Largeur roulable	10 m
Largeur chargeable	9 m
Nombre de voie chargée	3 voies chargées
Largeur de la voie	3 m
Classe du pont	**Pont de classe I**

c) Calcul des surcharges d'exploitation

L'élément le plus important dans le calcul des charges d'exploitation est la détermination du coefficient de majoration dynamique, car toutes les différentes surcharges seront automatiquement appliquées dans le logiciel. Ainsi, le tableau III-19 présente le récapitulatif du calcul des surcharges d'exploitation.

Tableau III-19 : Récapitulatif du calcul des surcharges d'exploitation

Type de surcharge d'exploitation			Charge sur tablier S [KN]	Coefficient de majoration dynamique	Chargement surfacique [KN/m²]
Surcharges civiles	*Surcharge A(l)*		-	-	14,27
	Système Bc	*Une voie chargée*	720	1,10	-
		Deux voies chargées	1320	1,12	-
		Trois voies chargées	1710	1,13	-
	Système Bt	*Une voie chargée*	320	1,10	-
		Deux voies chargées	640	1,10	-
	Système Br		100	1,10	180 KN
	Système Bc-Niger	*Une voie chargée*	930	1,11	-
		Deux voies chargées	1705	1,13	-
		Trois voies chargées	2208,75	1,14	-
Surcharge militaire Mc 120			1100	1,11	200,164
Convoi exceptionnel	*Convoi de Type D*		1400	-	38,567
	Convoi de Type E		2000	-	40,40
Autres charges	*Freinage système A(l)*		-	-	0,56 KN
	Freinage système Bc		-	-	300 KN
	Charge du trottoir		-	-	4,5

III.3.6. Modélisation et calcul du tablier

Pour le calcul des sollicitations du tablier d'un pont à poutres, plusieurs approches peuvent être utilisées, notamment : la méthode des lignes d'influence ; ou la méthode des éléments finis, via la modélisation sur un logiciel de dimensionnement (tel que Autodesk Robot Structural Analysis). Dans le cadre de ce projet, nous retenons la méthode des éléments finis, qui permet de modéliser le tablier afin de reproduire de manière réaliste le comportement de l'ouvrage sous différentes conditions de charge. Cette approche, à la fois précise et rapide, sera mise en œuvre à l'aide du logiciel Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015**.**

a) Modélisation du tablier

Cette étape consiste à modéliser l'ensemble des éléments du tablier dans le logiciel hourdis, poutres et entretoises en respectant les caractéristiques géométriques et mécaniques préalablement définies. Ainsi, les poutres principales ont été représentées par des éléments linéaires, avec leurs sections réelles et les propriétés mécaniques des matériaux, afin d'évaluer les efforts internes et les déformations. Les entretoises ont été modélisées comme des éléments de liaison assurant la répartition transversale des charges et la stabilité du tablier. L'hourdis quant à elle a été modélisé par des éléments surfaciques, permettant de prendre en compte le comportement en flexion et la diffusion des charges vers les poutres principales.

Les charges permanentes et d'exploitation ont été appliquées conformément aux normes en vigueur, et les combinaisons de charges ont permis d'obtenir les sollicitations nécessaires au dimensionnement des différents éléments du tablier.

Étant donné qu'il s'agit d'un pont à travée isostatique, la modélisation portera sur une seule travée de 20 m, appuyée sur des appuis simples et doubles. L'hourdis sera représenté par un élément de type plaque-coque afin d'obtenir un maillage précis dans le calcul par éléments finis. Il sera centré sur la poutre principale pour déterminer directement le moment de dimensionnement maximal après analyse.

La figure III-9 présente les résultats des éléments du tablier (poutre, entretoise et hourdis) après modélisation dans le logiciel.

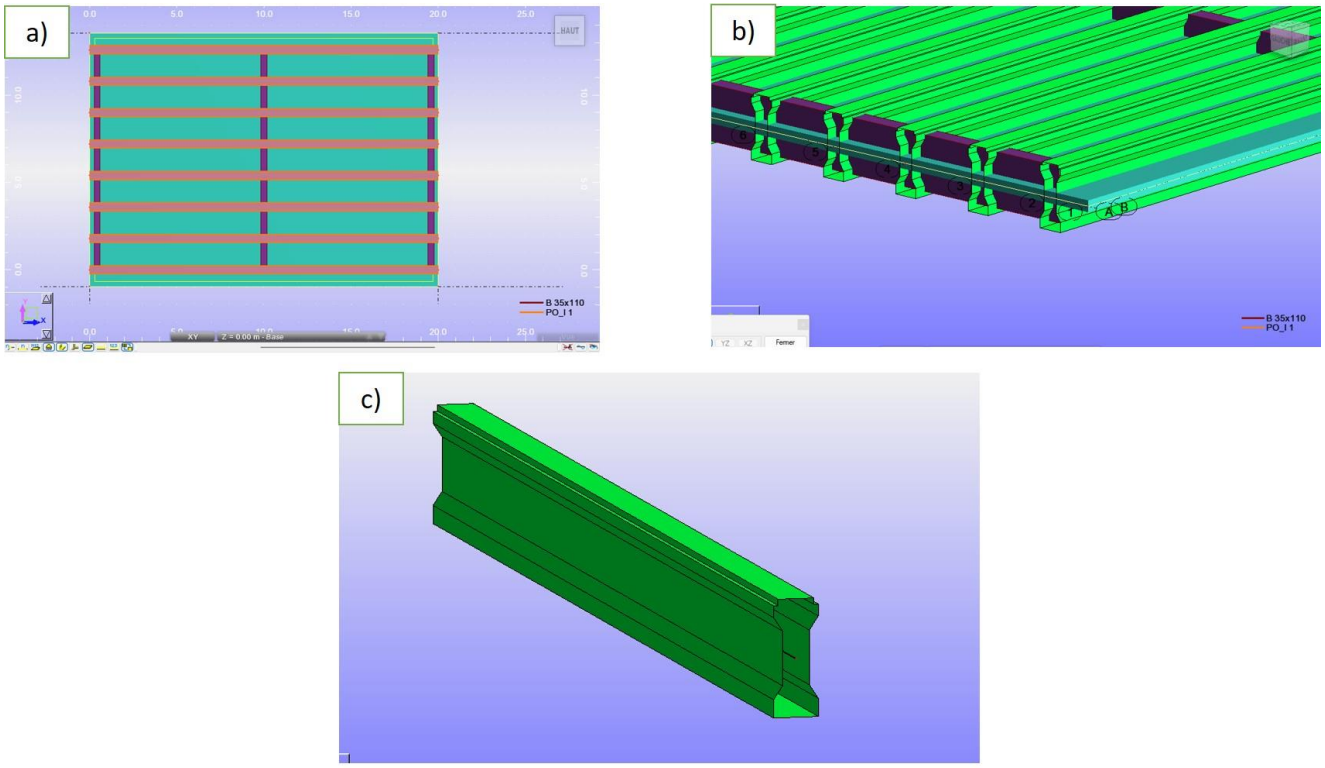


Figure III-9 Modélisation des éléments du tablier : (a) vue en plan de la disposition des poutres sur les entretoises ; b) disposition des poutres sur les entretoises ; c) perspective des poutres)

b) Combinaison d'action

Il est essentiel de combiner correctement les différentes actions agissant sur l'ouvrage afin de déterminer les sollicitations correspondant aux états limites à vérifier. Ces combinaisons traduisent les différentes répartitions des efforts appliqués à la structure, en distinguant les actions permanentes des actions variables, selon leur probabilité d'occurrence et leur intensité maximale. Au total, 24 combinaisons ont été considérées à l'État Limite de Service (ELS) et 24 combinaisons à l'État Limite Ultime (ELU).

c) Résultat après calcul

Une fois la modélisation terminée et les calculs réalisés dans le logiciel, les sollicitations internes notamment les moments fléchissant et les efforts tranchants sont obtenues pour chacun des éléments du tablier (poutres principales, entretoises et hourdis), en fonction des différentes combinaisons d'actions considérées aux états limites ultime (ELU) et de service (ELS).

Le tableau III-20 présente un récapitulatif des sollicitations internes (moment fléchissant et effort tranchant) des éléments du tablier (poutres principales, entretoises et hourdis).

Tableau III-20 : Tableau récapitulatif des sollicitations internes obtenues sur le logiciel Robot

Sollicitations internes		Eléments							
		Poutres principales		Entretoises		Hourdis			
		Travées	Appuis	Travées	Appuis	Suivant xx		Suivant yy	
						Travées	Appuis	Travées	Appuis
Moment fléchissant (kN.m)	ELU	4403,96	183,54	938,37	112,48	117,06	106,49	119,69	98,16
	ELS	3270,84		/		/			
Effort tranchant (kN)	ELU	724,79		400,43		414,59			

d) Dimensionnement des éléments de structure

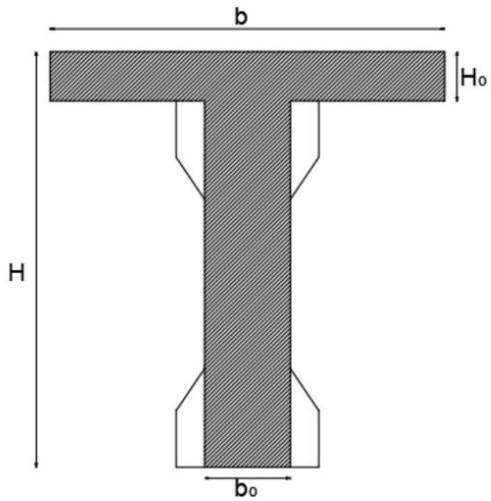
➢ **Dimensionnement des poutres principales à l'ELU**

En règle générale, les poutres principales sont dimensionnées par tranches de longueur (L/10, 2L/10, 3L/10, 4L/10 et 5L/10), chaque segment étant associé à son propre moment de dimensionnement.

Cependant, dans le cadre de ce projet, les sections d'acier seront calculées à partir du moment fléchissant maximal relevé sur la poutre la plus sollicitée à l'ELU, compte tenu du caractère agressif de l'environnement dans lequel se situe le tablier du pont.

En raison de la complexité de la géométrie de la poutre et de sa liaison avec l'hourdis, son dimensionnement sera effectué manuellement, en considérant le cas le plus défavorable et en la modélisant comme une poutre en Té (T).

La figure III-10 représente la section de la poutre en Té considérée.



H représente la hauteur totale de la poutre en TE : H = 146 cm

Ho représente la hauteur de l'hourdis : Ho = 16 cm

bo représente la largeur de l'âme ; bo = 30 cm

b représente l'entraxe des poutres : b = 180 cm

Figure III-10 : Représentation de la poutre en Té

Le tableau III-21 présente le récapitulatif des sections d'acier obtenues après le dimensionnement des poutres principales à l'ELU et la vérification des contraintes à l'ELS.

Tableau III-21 : Récapitulatif des sections d'aciers des poutres principales

Désignation	Section théorique	Choix d'armature	Section réelle
Armatures principales	80,58 cm²	8 HA 32 et 6 HA 20	83,19 cm²
Armature de peau	7,80 cm²	6HA 14	9,24 cm²
Armature de montage	7,95 cm²	4 HA 16	8,04 cm²
Armatures transversales	HA 12 avec un espacement de 20 cm		

Le plan de ferraillage des poutres principales est présenté en annexe 8.

- **Dimensionnement des entretoises**

Les entretoises seront dimensionnées manuellement à partir du moment fléchissant maximal, en considérant comme cas le plus défavorable la situation d'entretien du tablier, lorsque celui-ci est soulevé à l'aide de vérins. Dans ce cas, les entretoises doivent être capables de supporter le poids du tablier ainsi que les efforts induits par cette opération.

Elle se dimensionne comme une poutre rectangulaire de base b_0 = 35 cm et de hauteur H = 110 cm avec un moment fléchissant maximal à l'ELU obtenu après modélisation et calcul sur le logiciel Robot.

Le tableau III-22 représente le récapitulatif des sections d'aciers obtenues après dimensionnement à l'ELU.

Tableau III-22 : récapitulatif des sections d'acier des entretoises

Désignation	Section théorique	Choix d'armature	Section réelle
Armatures principales en appuis	23,93 cm²	8 HA 20	25,13 cm²
Armatures principales en travers	3,83 cm²	4 HA 12	4,52 cm²
Armature de peau	6,60 cm²	6 HA 12	6,79 cm²
Armatures transversales	HA 8 avec un espacement de 20 cm		

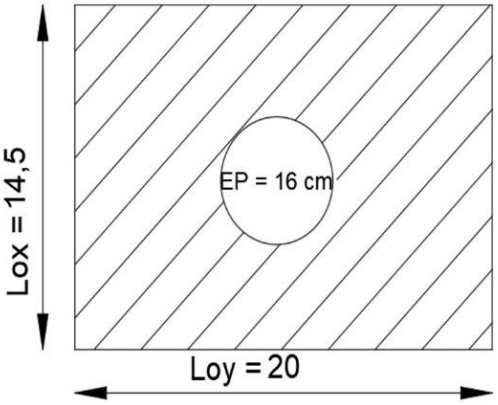
Le plan de ferraillage des entretoises est présenté en annexe 8

- **Dimensionnement de l'hourdis**

L'hourdis se dimensionnera manuellement sur une longueur d'un mètre linéaire et une hauteur de 16 cm avec les différents moments maximaux obtenus suivant X et suivant Y que ce soit en travers

(pour le dimensionnement de la nappe inférieure) ou en appuis (pour le dimensionnement de la nappe supérieure).

La figure III-11 est une représentation du panneau de dalle (hourdis) avec ses dimensions.



$$\alpha = \frac{L_{0x}}{L_{0y}} = \frac{14,5}{20} = 0,725$$

$\alpha > 0,4$ donc la dalle porte dans les deux sens

Figure III-11 : représentation du panneau de dalle (hourdis)

Le tableau III-23 présente le résultat des sections d'acier du panneau de dalle (hourdis) obtenues après dimensionnement.

Tableau III-23 : Résultats des sections d'acier du dimensionnement de l'hourdis

Désignation	Section théorique	Choix d'armature	Section réelle
Armatures nappe inférieure			
Armatures inférieures suivant X	23,62 cm²	HA 25 espacé de 15 cm	29,79 cm²
Armatures inférieures suivant Y	24,36 cm²	HA 25 espacé de 15 cm	29,79 cm²
Armatures nappe supérieure			
Armatures supérieure suivant X	20,93 cm²	HA 25 espacé de 15 cm	29,79 cm²
Armatures supérieure suivant Y	18,81 cm²	HA 20 espacé de 15 cm	19,05 cm²

Le plan de ferraillage de l'hourdis est présenté en annexe **8**

- **Dimensionnement de la prédalle**

Ici, la prédalle est considérée comme un coffrage perdu et ne participe donc pas à la résistance de la structure. Elle est ainsi dimensionnée uniquement pour reprendre son poids propre ainsi qu'une charge d'exploitation de 1,5 kN/m². Compte tenu de son épaisseur de 7 cm, elle est ferraillée avec une seule nappe d'armatures.

Après calcul, la section d'acier obtenue est inférieure à la section minimale requise (0,42 cm² < 1,09 cm²).

Par conséquent, les armatures minimales sont mises en place dans la prédalle, constituées de barres HA 8 espacées de 25 cm, correspondant à une section réelle de 2,01 cm².

Conclusion

Ce chapitre visait principalement à identifier la typologie de pont la plus économique, tout en satisfaisant aux contraintes techniques et environnementales du projet. Il a également permis de dimensionner la structure du tablier selon les normes en vigueur et les hypothèses de charge définies.

Après une présentation générale de l'ouvrage, une analyse multicritère fondée sur les modes de réalisation propres à chaque type de pont a conduit à retenir trois variantes pertinentes : les poutrelles métalliques enrobées de béton, le pont à poutres en béton armé (PSIBA) et le pont à poutres préfabriquées à armatures adhérentes (PRAD). L'examen comparatif de leurs avantages et inconvénients a abouti au choix du PSIBA, considéré comme le plus adapté au projet.

Sur cette base, un pré-dimensionnement complet de la superstructure et de l'infrastructure a été réalisé, suivi d'une étude technique détaillée du tablier. Le recouvrement des armatures a été fixé à 4,5 cm (modèle LEO) pour assurer la durabilité. Les charges permanentes et variables, incluant les coefficients dynamiques, ont été évaluées afin de calculer les sollicitations (moments fléchissants et efforts tranchants) à l'aide du logiciel Autodesk Robot Structural Analysis 2015. Ces résultats ont permis de déterminer les sections d'acier nécessaires pour les différents éléments du tablier.

L'étude structurelle, incluant la modélisation et le calcul des sollicitations sous Robot Structural Analysis, a fourni les résultats suivants concernant les sections géométriques et les armatures du tablier :

- poutres principales de section en Té de 146 cm de hauteur, 180 cm de base, âme de 30 cm. Elle est armée principalement de HA32 et Ø25 mm en travée, de HA Ø14 en armature de peau, HA 16 en aciers de montage. L'ensemble est relié par des aciers transversaux en HA8 espacés de 20 cm.
- entretoises de section rectangulaire 110 cm × 35 cm, armées principalement de HA20 sur les appuis, HA 12 en travée, HA Ø12 en armature de peau. L'ensemble est rélié par des aciers transversaux en HA8 espacés de 20 cm.
- hourdis (14,5 m × 20 m) armés de HA25 espacés de 15 cm pour la nappe inférieure, HA20 espacés de 15 cm pour la nappe supérieure

Enfin, après cette analyse technique et structurelle, il conviendra d'aborder les aspects environnementaux et économiques liés à la construction et à l'exploitation de l'ouvrage. Le chapitre suivant portera sur les impacts environnementaux et l'évaluation financière du projet.

CHAPITRE IV. APERÇUS D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL ET EVALUATION FINANCIERE DU PROJET

Introduction

Ce chapitre présente une analyse détaillée des impacts environnementaux et sociaux du projet, accompagnée d'une estimation financière. Il identifie et évalue les effets positifs et négatifs du projet sur l'environnement et les communautés locales, propose des mesures d'atténuation pour minimiser les impacts négatifs. Ensuite, une évaluation financière permet de déterminer le coût prévisionnel total des travaux, intégrant l'ensemble des dépenses nécessaires à la réalisation du projet.

IV.1. Aperçus d'impact environnemental et social

La mise en œuvre de tout projet d'infrastructure peut avoir des impacts significatifs sur l'environnement et le milieu social. Il est donc essentiel d'identifier, d'évaluer et de gérer ces impacts afin de garantir la durabilité environnementale et sociale du projet, et ce conformément aux exigences réglementaires de le République de Guinée-Bissau en matière d'évaluation environnementale et sociale, ainsi qu'aux principes directeurs de la Banque Arabe pour le Développement Economique en Afrique (BADEA).

Le présent aperçu environnemental et social vise à analyser les principaux effets potentiels du projet, à proposer des mesures d'atténuation pour les impacts négatifs et des mesures d'optimisation pour les impacts positifs.

IV.1.1. Cadre législatif et réglementaire et de la Guinée-Bissau

La Guinée-Bissau dispose d'un cadre législatif et réglementaire pertinent pour encadrer la mise en œuvre des projets d'infrastructures et garantir leur conformité environnementale et sociale. Plusieurs instruments juridiques définissent les principes, règles et procédures applicables au présent projet. Il s'agit notamment de/du :

- la loi de base n°1/2011 du 2 mars 2011 qui fixe les principes généraux de protection, de gestion et de valorisation durable de l'environnement ;
- la Loi n°10/2010 du 24 septembre 2010 sur l'évaluation environnementale qui en son article 7, classe les projets en trois (3) catégories A, B et C selon leur niveau de risque environnemental et social ;
- le décret n°5/2017 du 28 juin 2017 relatif à la participation du public dans le processus d'évaluation environnementales ;

- le décret n°7/2017 du 28 juin 2017 portant réglementation des étapes de l'Etude d'Impact Environnemental et social (EIES)

Conformément à l'article 7 de la loi n°10/2010 du 24 septembre 2010 sur l'évaluation environnementale, les projets sont classés comme ci-après :

- **projets de catégorie A** : Projet soumis à une Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) en raison de leurs impacts potentiellement significatifs sur l'environnement ;
- **projets de catégories B** : Projet soumis à une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES) ;
- **projets de catégories C** : projet faisant l'objet d'une Prescription Environnementale et sociale (PES) car présentant des impacts jugés mineurs ou négligeables.

Ainsi, les travaux de construction de la nouvelle route reliant les villes de Bissau et Nhacra incluant la réalisation d'un ouvrage de franchissement (pont en béton armé sur le fleuve Oio) relèvent de la **catégorie A**, et sont donc soumis à la réalisation préalable d'une Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES). Toutefois, dans le cadre du présent document, il s'agira uniquement de présenter un aperçu environnemental et social du projet, synthétisant les principaux éléments de l'EIES.

IV.1.2. Présentation sommaire de l'état de référence du milieu récepteur

a) Paysage

Le tracé du présent projet traverse deux principaux types de zones, en l'occurrence, une zone urbaine et périurbaine caractérisée par la présence d'habitations, des centres de formation et d'infrastructures diverses et une zone rurale dominée par la présence du fleuve Oio et des espaces de cultures comme l'anacardier.

b) Contexte climatique

La zone du projet, située dans les régions de Bissau et Oio (Guinée-Bissau), bénéficie d'un climat tropical chaud et humide, marqué par deux saisons distinctes :

- une saison sèche s'étendant de décembre à mai, dominée par un vent sec (harmattan) ;
- une saison pluvieuse de juin à novembre, avec des précipitations abondantes sous l'influence des vents du sud-ouest.

c) Qualité de l'air

La qualité de l'air dans la zone d'étude présente actuellement des signes de pollution particulaire, principalement liés aux poussières soulevées par la circulation sur la route en terre existante. Ce phénomène est accentué par les vents forts et les conditions de sécheresse saisonnière. Lors de la mise en œuvre des travaux relatifs au présent projet, il sera noté une augmentation

temporaire des émissions de poussières et de gaz d'échappement provenant des engins et véhicules de chantier. Toute chose qui nécessitera la prise en compte de mesures adéquates.

d) Sol

Les sols rencontrés le long du tracé sont majoritairement sableux en surface, peu perméables et localement sujet au lessivage (entrainement des substances). Dans les zones de bas-fonds, les sols sont hydromorphes (gorgés d'eau), riche en oxydes de fer et d'alumine, favorables aux cultures vivrières. En rase campagne, on observe également la présence d'une zone de cuirasse ferrugineuse d'environ 5 446 m².

e) Ressources hydriques

Deux types de ressources hydriques caractérisent la zone du projet :

- **Les eaux en surface**

Le fleuve Oio constitue la principale ressource en eau de surface observée dans l'environnement immédiat de la zone du projet. Le projet prévoit la construction d'un pont en béton armé d'environ 180 m sur ce cours d'eau. Ainsi, les travaux devront être conduits de manière à prévenir toute pollution accidentelle du fleuve.

- **Les eaux souterraines**

Dans l'environnement immédiat de la zone du projet, on relève la présence d'environ douze forages et un puits destinés à l'alimentation en eau potable, ainsi qu'un château d'eau situé dans la partie urbaine. Ainsi, il sera nécessaire de prendre en compte des mesures adéquates afin de prévenir toute contamination des ressources souterraines lors de la mise en œuvre du projet.

Des aménagements pourront être fait pour améliorer la qualité des eaux et ainsi limiter l'apparition et le développement de certaines maladies.

f) Végétation

La couverture végétale est relativement clairsemée le long du tracé du projet. On y observe principalement quelques arbres isolés, notamment des baobabs, des anacardiers, des rôniers, des caicedrats, des manguiers, ets. Les arbres situés dans l'emprise des travaux devront être abattus pour la réalisation du projet, ce qui entraînera une perte ponctuelle de couvert végétal.

Toutefois, des mesures compensatoires de reboisement seront prévues dans le cadre du projet, afin d'assurer le remplacement des essences abattus et la restauration de paysage végétal.

g) Agriculture

L'agriculture est l'une des principales activités des populations de la zone du projet, notamment dans les secteurs ruraux situés en périphérie du tracé. Les principales spéculations observées sont entre autre le riz dans les bas-fonds aménagés, et l'anacardier en culture de plantation ou de verger.

La mise en œuvre des travaux pourrait entraîner la destruction partielle de centaines superficies agricoles, d'où la nécessité de mesures d'indemnisation et de compensation adéquates pour les exploitants affectés.

h) Infrastructures sociaux économiques

Plusieurs infrastructures socio-économiques sont présentes le long du tronçon de route concerné par le projet, aussi bien en zone urbaine qu'en rase campagne. Certaines d'entre elles pourraient être directement ou indirectement affectées par les travaux. Il s'agit notamment des habitations, des infrastructures commerciales (kiosques, hangars, magasins, etc.) ainsi que des infrastructures socio-communautaires (écoles, pharmacies, terrain sportifs, lieux de culte, etc).

IV.1.3. Principaux enjeux environnementaux et sociaux du projet

Le projet de construction de la nouvelle route reliant les villes de Bissau et Nhacra, ainsi que de l'ouvrage de franchissement (pont en béton armé de 180 m de long) sur le fleuve Oio, présente plusieurs enjeux majeurs, tant sur le plan biophysique que socio-économique. Les principaux enjeux identifiés sont les suivantes :

- la dégradation des sols et le risque d'érosion liés à l'ouverture des carrières, aux mouvements des terre et à la dé végétalisation ;
- la pollution de l'air due aux émissions de poussières et de gaz d'échappement ;
- la pollution des eaux de surface et souterraines par les huiles usées, le ruissellement des eaux de chantier ou les rejets accidentels ;
- la déforestation et la perte de végétation naturelle dans les zones de travaux ;
- la perturbation de la faune locale, notamment aquatique, lors des travaux du pont sur le fleuve Oio ;
- les nuisances sonores et vibratoires pouvant affecter la quiétude des populations riveraines ;
- les risques sanitaires liés à la prolifération des infections sexuellement transmissibles (IST) et du VIH/SIDA, en lien avec la mobilité accrue des travailleurs et transporteurs ;
- les risques d'accidents de travail et de circulation pendant les phases de construction et d'exploitation ;
- le désenclavement des localités et l'amélioration de la mobilité des personnes et des biens ;
- le développement économique local, à travers la création d'emplois directs et indirects et la stimulation des activités commerciales ;
- le renforcement des échanges économiques et du transit entre Bissau et Nhacra.

IV.1.4. Principaux impacts du projet

Comme présenter plus haut, le présent projet de modernisation des voiries de la ville de Bissau et ses environs, engendre de nombreux impacts positifs et négatifs sur son environnement.

- **Principaux impacts négatifs et risque du projet**
  - pollution de l'air par l'émission de poussières et fumées des véhicules causé principalement par la réalisation des travaux de terrassement et la circulation des engins et véhicules sur le chantier ;
  - nuisance sonore et vibratoire ;
  - érosion et pollution des sols ;
  - délocalisation des populations et destruction des biens ;
  - pollution des eaux de surface et eaux souterraines ;
  - développement des maladies sexuellement transmissibles (VIH/SIDA) ;
  - destruction de la végétation ;
  - risque d'accident lors de la réalisation des travaux ;
  - risque de conflit et dégradation du cadre de vie ;
  - etc.
- **Principaux impacts positifs du projet**
  - amélioration des conditions de circulation et du cadre de vie des habitants : qui se caractérise par la réduction de la pollution de l'air (réduisant ainsi l'acquisition de maladie respiratoire) du fait du passage de la route en terre à la route bitumée ;
  - création de nouveau emploi : augmentation d'activités économique par la création d'emplois temporaires (utilisation de la main-d'œuvre locale) et permanents (pour les besoins d'exploitation des nouvelles infrastructures) ;
  - gain de temps du fait de la fluidité de la circulation ;
  - développement du commerce à travers l'écoulement et l'approvisionnement rapide des produits agricoles ;
  - accès facile aux formations sanitaires et scolaires ;
  - amélioration de la sécurité et l'assurance à la traversée du fleuve.

Au vu des différents impacts négatifs et des risques du projet présentés ci-après, des mesures d'atténuation doivent être prise en compte pour compenser, minimiser et/ou bonifier leurs impacts sur l'environnement de celui-ci. **Ces différentes mesures d'atténuation sont regroupées dans le tableau A7-1 présenté en annexe 7.**

IV.2. Evaluation financière du projet

Dans le cadre de l'étude technique d'un projet routier, l'évaluation du coût prévisionnel des travaux constitue une étape essentielle à l'évaluation de sa faisabilité économique. Cette estimation repose sur l'élaboration d'un métré quantitatif détaillé, permettant de recenser l'ensemble des volumes et unités d'ouvrages à réaliser, préalable indispensable à l'établissement d'un devis estimatif fiable.

IV.2.1. Avant-métré

Cette étape consiste à déterminer, à partir des plans d'exécution et des études techniques, les quantités approximatives des différents éléments du projet (terrassements, chaussées, ouvrages d'art, assainissement, signalisation, etc.), afin de préparer les phases ultérieures de planification et de chiffrage.

Pour les armatures des éléments en béton armé du pont, les quantités d'acier seront estimées en appliquant un ratio spécifique au volume total de béton de chaque élément considéré.

a) Calcul du ratio pour les armatures des poutres en I

Section d'une poutre en I : S = 4930,00 cm²

Longueur : L = 1 ml

Acier réel total (acier principaux, acier de peau, acier de montage) : Ast = 100, 47 cm²

Poids volumique de l'acier : ρ_{Acier} = 7850 kg/m^3

Quantité d'acier : Q_{Acier} = Ast x L x ρ_{Acier}

= 100,47 x 10^{-4} x 1 x 7850

= 78,87 kg d'acier

Ratio d'acier d'une poutre : $R_{Acier/poutre} = \frac{Q_{Acier}}{V_{d'une\ poutre}} = \frac{78,87}{4930 \text{ x } 1 \text{ x } 10^{-4}} = 159,97$

Soit un ratio d'armature pour les poutres de 165 kg/m^3

b) Calcul du ratio pour les armatures des entretoises

Section de l'entretoise en béton armé : S = 3850,00 cm²

Longueur : L = 1 ml

Acier réel total : Ast = 36,44 cm²

Poids volumique de l'acier : ρ_{Acier} = 7850 kg/m^3

Quantité d'acier : Q_{Acier} = Ast x L x ρ_{Acier}

= 36,44 x 10^{-4} x 1 x 7850

= 28,61 kg d'acier

Ratio d'acier de l'entretoise : $R_{Acier/entretoise} = \frac{Q_{Acier}}{V_{d'un\ entretoise}} = \frac{28,61}{3850 \times 1 \times 10^{-4}} = 74,30$

Soit un ratio d'armature pour les poutres de 80 kg/m³

c) Calcul du ratio pour les armatures de l'hourdis

Section de la dalle : S = 1 cm²

Epaisseur : H = 16 cm

Acier réel total : Ast = 108, 42 cm²

Poids volumique de l'acier : ρ_{Acier} = 7850 kg/m³

Quantité d'acier : Q_{Acier} = Ast x L x ρ_{Acier}

= 108,42 x 10^{-4} x 1 x 7850

= 85,11 kg d'acier

Ratio d'acier d'une poutre : $R_{Acier/poutre} = \frac{Q_{Acier}}{V_{hourdis}} = \frac{85,11}{1 \times 1 \times 0,15} = 531,94$

Soit un ratio d'armature pour les poutres de 535 kg/m³

Le tableau IV-1 présente le ratio des armatures des autres éléments en béton armé

Tableau IV-1 : ratio d'armatures des éléments en béton armé de l'ouvrage de franchissement

Elément en béton armé	Ratio d'armature
Chevêtre	165 kg/m³
Appuis pile	150 kg/m³
Appuis culé	150 kg/m³
Semelle	90 kg/m³
Fondation sur pieux	5% du volume du béton des pieux x ρ_{Acier} Soit 392,5 kg/m³

IV.2.2. Estimation financière du projet

L'estimation financière constitue le résultat de l'évaluation économique fondée sur les quantités issues du métré. Il est obtenu en multipliant les quantités unitaires de chaque poste par les prix unitaires de référence figurant dans le bordereau applicable au projet. Cette méthode permet de calculer les coûts partiels par catégorie de travaux et d'en déduire le coût global prévisionnel du projet. Le projet comporte principalement huit lots : travaux préliminaires, préparation du terrain, terrassements généraux, réalisation des couches de chaussée, assainissement et drainage, ouvrage de franchissement (pont en béton armé), signalisation et sécurité, ainsi que mesures environnementales et sociales.

Les coûts associés à chacun de ces lots sont détaillés en **annexe 7** du document et sont récapitulés dans le tableau IV-2

Tableau IV-2 : Devis estimatif du projet

LOT	Désignation	Montant
100	Travaux préliminaire	330 000 000
200	Préparation du terrain	23 004 388
300	Terrassement généraux	535 951 502
400	Réalisation des couches de chaussées	475 627 690
500	Assainissement et drainage	489 037 600
600	Ouvrage de franchissement (pont)	2 622 830 340
700	Signalisation et sécurité	134 827 862
800	Mesures environnementales et sociales	187 940 800
TOTAL GENERALE HT (FCFA)		**4 799 220 182**
TVA (18%)		**911 851 835**
Imprévus (3%)		**143 976 605**
TOTAL GENERALE TTC (FCFA)		**5 855 048 622**
Cout kilométrique du projet (FCFA)		**1 492 538**
Arrêté le présent devis à la somme de :		**Cinq milliards huit cent cinquante-cinq millions quarante-huit mille six cent vingt-deux francs CFA**

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'analyse des impacts environnementaux et sociaux du projet, ainsi qu'à l'évaluation financière de sa mise en œuvre.

Sur le plan environnemental, l'étude a été menée conformément aux exigences réglementaires de la République de Guinée-Bissau et aux principes directeurs de la Banque Arabe pour le Développement Économique en Afrique (BADEA). Comme tout projet d'infrastructure, la mise en œuvre du chantier pourra générer des effets positifs et négatifs sur les milieux naturels et les populations riveraines. Des mesures d'atténuation ont donc été proposées afin de réduire, compenser ou maîtriser les impacts négatifs identifiés.

Du point de vue financier, un devis estimatif détaillé a été établi sur la base des prix unitaires applicables en Guinée-Bissau, aboutissant à un coût global prévisionnel de **cinq milliards huit cent cinquante-cinq millions quarante-huit mille six cent vingt-deux francs CFA (5 855 048 622 FCFA)**, représentant l'ensemble des dépenses nécessaires à la réalisation du projet, soit un coût kilométrique d'**Un million quatre – vingt-douze mille cinq cent trente-huit Francs CFA (1 492 538).**

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Conclusion générale

Le présent mémoire avait pour objectif de concevoir et d'étudier techniquement la nouvelle route reliant les villes de Bissau et Nhacra, incluant un ouvrage de franchissement en béton armé sur le fleuve Oio. Ce travail s'inscrit dans le cadre du vaste programme de modernisation des infrastructures routières initié par le gouvernement de la Guinée-Bissau, avec l'appui financier de la BADEA, afin de renforcer la mobilité, la sécurité routière et le développement socio-économique de la capitale et de ses environs.

Dans un premier temps, l'étude géométrique et structurelle des voies d'accès a permis de définir les caractéristiques techniques de la route sur une longueur totale d'environ 3,7 km. Les choix opérés, tant en matière de tracé que de profil en long et en travers, ont été guidés par les normes de l'ARP et par les conditions réelles du site, garantissant la sécurité, la fluidité et le confort de circulation. Le dimensionnement de la chaussée, basé sur les méthodes CEBTP, du guide du Sénégal et la vérification via Alizé LCPC, a conduit à une structure optimisée répondant aux contraintes géotechniques d'un sol de classe S4 et à un trafic de catégorie T3. Soit : 5 cm de BBSG en couche de roulement, 10 cm de de Grave-Bitume en couche de base, 15 cm de graves latéritiques améliorées au ciment en couche de fondation et 15 cm de graves latéritiques non traitées en couche de forme.

Les études hydrologiques et hydrauliques ont constitué un volet essentiel du projet. Elles ont permis de déterminer un débit centennal de 239,94 m^3/s ainsi que la hauteur totale requise de 36,5 m pour l'ouvrage de franchissement. Ces résultats ont fourni les paramètres de base pour le choix du type de pont et pour son dimensionnement structurel. L'étude structurale du pont a ensuite permis, au terme d'une analyse multicritère rigoureuse, de retenir la solution du pont à poutres en béton armé (PSIBA), la plus adaptée du point de vue technique, économique et environnemental. Les calculs réalisés avec le logiciel Robot Structural Analysis ont conduit au dimensionnement détaillé des éléments du tablier, permettant de garantir la stabilité, la résistance et la durabilité de l'ouvrage. Nous avons principalement : Les poutres principales de section en I, présentent des armatures principales en HA 32 et 25. Les entretoises de section rectangulaire, ont des armatures principales en HA 20 aux appuis et HA 12 en travée. Enfin, l'hourdis de 14,5 × 20 m^2 est armé en HA 25 espacées de 15 cm en nappe inférieure, et en HA 25 et 20 espacées de 15 cm en nappe supérieure.

Enfin, l'examen des impacts environnementaux et sociaux a montré que, bien que le projet comporte certains effets négatifs potentiels, ceux-ci peuvent être largement atténués grâce aux mesures prévues dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES). L'évaluation financière a permis

d'établir le coût prévisionnel global du projet, estimé à **Cinq milliards huit cent cinquante-cinq millions quarante-huit mille six cent vingt-deux Francs CFA (5 855 048 622 FCFA)** toutes taxes comprises.

Au terme de cette étude, il apparaît que le projet de construction de la route Bissau–Nhacra et de son pont sur le fleuve Oio est techniquement faisable, économiquement pertinent et conforme aux exigences de durabilité environnementale. Sa réalisation contribuera de manière significative à l'amélioration de la circulation dans la capitale, au désenclavement des zones périphériques, à la sécurité des usagers et au renforcement des échanges commerciaux au niveau local et national.

Recommandations

Au terme de cette étude et en vu d'optimiser la conception, la réalisation et la durabilité du projet de construction de la route Bissau–Nhacra et du pont sur le fleuve Oio, plusieurs recommandations d'ordre technique et environnemental peuvent être formulées :

- **réaliser des investigations géotechniques approfondies** avant la phase d'exécution, notamment au niveau des voies d'accès et des appuis du pont, afin de confirmer les caractéristiques mécaniques des sols et d'ajuster, si nécessaire, les paramètres de dimensionnement ;
- **procéder à une étude bathymétrique complète du fleuve Oio**, afin de valider les hypothèses hydrauliques utilisées et affiner le modèle de comportement du cours d'eau en période de crue ;
- **mettre en place un système de contrôle qualité rigoureux** pour les matériaux de construction, en particulier pour les granulats latéritiques, le béton armé et les enrobés bitumineux, afin de garantir la performance et la durabilité des ouvrages ;
- **prévoir des dispositifs de drainage efficaces** sur l'ensemble du tracé, incluant fossés, et ouvrages de collecte, afin de réduire les risques d'érosion, de stagnation d'eau et de dégradation prématurée de la chaussée ;
- **veiller à la mise en œuvre effective du Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES)**, notamment les mesures de réduction du bruit, de gestion des déchets, de protection des sols et de préservation de la végétation ;
- **mettre en place un système de suivi environnemental**, incluant des inspections régulières et des rapports périodiques.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Ministère de la coopération (France), « Guide pratique dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP) ». Centre expérimental de recherches et d'études du bâtiment et des travaux publics, 2014.

[2] Service d'Etude Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), « aménagement des routes principales ARP. ». Ministère chargé des Transports en France, 1994.

[3] DUPONT L. et al. (STRA), « Aménagement des carrefours interurbains ». Crema/SETRA, 1998

[4] « catalogue de structures de chaussées neuves et de dimensionnement des chaussées au Sénégal ». AGEROUTE (Agence des Routes, Sénégal), 2015.

[5] « CRUE ET APPORT FAO : 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 ». Bulletin FAO Irrigation et Drainage no 54, 1996.

[6] Nguyen Van Tuu (sous la supervision de BCEOM) et participation de Bernard Lemoine & Jacques Pouplard. « Hydraulique Routière ». Ministère de la coopération et du Développement / BCEOM, Paris, 1981.

[7] « conception pont tome 1 J.A CALGARO ». Par JEAN-ARMAND CALGARO et Anne BERNARD-GELY, Cours de l'école national des ponts et chaussées. France, 1994.

[8] Service d'Etude Techniques des Routes et Autoroutes (STRA) « Guide SETRA choix dispositif de retenue ». France, Février 2002

[9] Service d'Etude Techniques des Routes et Autoroutes (STRA) « joints de chaussée ponts routes, guide méthodologique, conception, exécution et maintenance ». France, Mars 2016

[10] Service d'Etude Techniques des Routes et Autoroutes (STRA) « Guide SETRA corniches ». France, Décembre 1994.

[11] « Projet et Construction des Pont CALGARO ». Par J.A. CALGARO et M. VIRLOGEUX. Généralité, Fondation, Appuis, Ouvrages courants (1991, 2e éd).

[12] « Guide SETRA Appareil d'Appui en Elastomère fretté ». France, Juillet 2007.

[13] Service d'Etude Techniques des Routes et Autoroutes (STRA) « PP 73, Appuis des Tablier, Conception et Choix des Pile ». France, Décembre 1977

[14] « Fascicule n°61 - Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art. Titre II : Programmes de charges et épreuves des ponts routes ». Cahier des Prescriptions Communes.

[15] « Béton Armé BAEL 91 Modifié 99 ». Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé selon la méthode des états limites (Fascicule 62, Titre I Section I du CCTG). Avril 1999.

ANNEXES

Annexe 1 : conception géométrique de la route.....78

Annexe 2 : Aménagement des carrefours 799

Annexe 3 : Etude du trafic et dimensionnement structural de la chaussée.....81

Annexe 4 : Etude structurale du pont en béton armé 83

Annexe 5 : Aperçu d'impact environnemental et social et évaluation financière 97

Annexe 1 : conception géométrique de la route

Tableau A1: paramètres du tracé en plan

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0,000	436467,033	1316941,030
D1	ANG = 22,119g	170,568			
			170,568	436627,409	1316999,109
C1	XC= 436933,861				
	YC= 1316152,890	40,948			
	R = -900,000				
			211,516	436666,214	1317012,172
D2	ANG = 19,223g	63,279			
			274,795	436726,630	1317030,990
C2	XC= 436994,277				
	YC= 1316171,708	15,714			
	R = -900,000				
			290,510	436741,674	1317035,532
D3	ANG = 18,111g	100,652			
			391,162	436838,280	1317063,782
C3	XC= 437090,883				
	YC= 1316199,958	51,043			
	R = -900,000				
			442,205	436887,651	1317076,711
D4	ANG = 14,501g	10,977			
			453,182	436898,345	1317079,190
C4	XC= 436751,566				
	YC= 1317712,401	73,502			
	R = 650,000				
			526,684	436968,858	1317099,797
D21	ANG = 25,866g	135,633			
			3485,152	439633,973	1318361,518
C21	XC= 439278,282				
	YC= 1319188,248	95,302			
	R = 900,000				
			3580,453	439719,361	1318403,743
D22	ANG = 32,607g	342,425			
			3922,879	440017,843	1318571,561
LONGUEUR DE L'AXE 3922,879					

Annexe 2 : Aménagement des carrefours

1. Aménagement du carrefour à sens giratoire

Les différents paramètres d'aménagement (voies de sortie et d'entrées) de carrefour giratoire ainsi que les paramètres de construction de l'ilot séparateur de notre projet sont présentés ci-après.

Tableau A2-1 : paramètres de conception du giratoire et de l'ilot séparateur. [4]

Paramètres des voies de sorties et d'entrées						
	Notation	**Paramétrage**	**Valeur courante**			
Rayon giratoire	Rg	12m ≤ Rg ≤ 25m	Rg = 12	Rg = 15	Rg = 20	Rg = 25
Largeur de l'anneau	la	6m ≤ la ≤ 9m	7	7	7	8
Sur largeur franchissable	slf	1,5m si Rg ≤ 15m	1,50	1,50	-	-
Rayon inférieur	Ri	Rg-la-slf	3,50	6,50	13	18
Rayon d'entrée	Re	10m ≤ Re ≤ 15m et ≤ Rg	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	le	le = 4m	4	4	4	4
Rayon de sortie	Rs	15m ≤ Re ≤ 30m et > Ri	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	ls	4m ≤ ls ≤ 5m	4	4	4,50	5
Rayon de raccordement	Rr	Rr = 4Rg	48	60	80	100
Paramètres de construction des ilots						
	Notation	**Paramétrage**	**Valeur courante**			
Rayon giratoire	Rg		Rg < 12	Rg = 15	Rg = 20	Rg = 25
Hauteur du triangle de construction	H	H = Rg	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	B	B = Rg/4	3 à 3,75	3,75	5	6,25
Départ de l'ilot sur l'axe	d	d = (0,5+Rg/50)/2 ou 0	0	0,40	0,45	0,50
Rayon de raccordement des bordures	r	r = Rg/50	0,25	0,30	0,40	0,50

2. Aménagement du carrefour plan ordinaire

- **Aménagement en faveur des mouvements de tourne à gauche**

Les différentes valeurs utilisées dans ce projet pour l'aménagement du carrefour plan ordinaire en faveur des mouvements de tourne à gauche (**avec une largeur de chaussée supérieur à 6 m**) sont les suivantes.

Tableau A2-2 : Valeur des paramètres d'un mouvement de tourne à gauche. [4]

/	Pré signalisation (m)	Départ (m)	Alignement droit	Sifflet (m)	Stockage (m)	a (m)	b (m)
	58,5	16,5 à 22,5	> 10 m	20 à 30	20 à 50	0,25 à 2	3,25 à 5
Valeur considérés	**58,5**	**20**	**11**	**20**	**20**	**1,5**	**3,25**

- **Aménagement de l'ilot principale (goutte d'eau)**

En ce qui concerne l'aménagement de l'ilot principale, (goutte d'eau) les différents paramètres de construction sont présentés ci-après.

Tableau A2-3 : récapitulatif des paramètres de construction de l'ilot principale. Source aménagement des carrefours interurbains [4]

	Notation	Paramétrage	Valeur courante		
Largeur de la chaussée de la voie secondaire	l	$l \leq 7$	5	6	7
Vitesse d'approche	V_{85}	-	40-50	60-70	80-90
Longueur de la pré signalisation de l'ilot	L_p	3L/2	58,7	117	175,5
Paramètres de l'ilot					
Hauteur du triangle de construction	H	4l	20	24	28
Base du triangle de construction	B	H/2 -2l	10	12	14
Demi-base du triangle de construction côté sortie	b_1	0,55l	2,75	3,30	3,85
Demi-base du triangle de construction côté entrée	b_2	1,45l	7,25	8,70	10,15
Rayon de l'ilot en sortie à gauche	R_{is}	2l + a	10 + a	12 + a	14 + a
Rayon de l'ilot en entrée à gauche	R_{ie}	2l + b	10 + b	12 + b	14 + b
Rayon du nez d'ilot	r_n	-	1	1	1
Rayon de raccordement à l'ilot en entrée	R_{re}	~8l	40	48	56
Rayon de raccordement à l'ilot en sortie	R_{rs}	~16l	80	100	110
Paramètres des voies d'entrée/sortie					
Rayon de sortie vers la voie secondaire à gauche	R_s	4l	20	24	28
Rayon d'entrée sur la voie principale à droite	R_e	2l	10	12	14
Largeur de la voie de sortie	l_s	l/2+0,5	3	3,50	4
Largeur de la voie d'entrée	l_e	Sup(l/2 ; 3)	3	3	3,50

Annexe 3 : Etude du trafic et dimensionnement structural de la chaussée

1. Calcul des contraintes admissibles

En ce qui concerne les matériaux bitumineux, ils seront entrés dans le logiciel avec une température de 30°C à 10HZ.

- **Allongement admissible ($\varepsilon_{t,adm}$)**

Pour une couche de matériaux bitumineux soumise à une extension due à la flexion, la déformation admissible à la température équivalente θeq est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$\varepsilon_{t,adm} = \frac{\varepsilon 6(10°C,25Hz) \times \sqrt{E(10°C,20Hz)}}{E(34°C,20Hz) \times \left(\frac{NE}{160}\right) \times b \times Kc \times Kr \times KS}$$

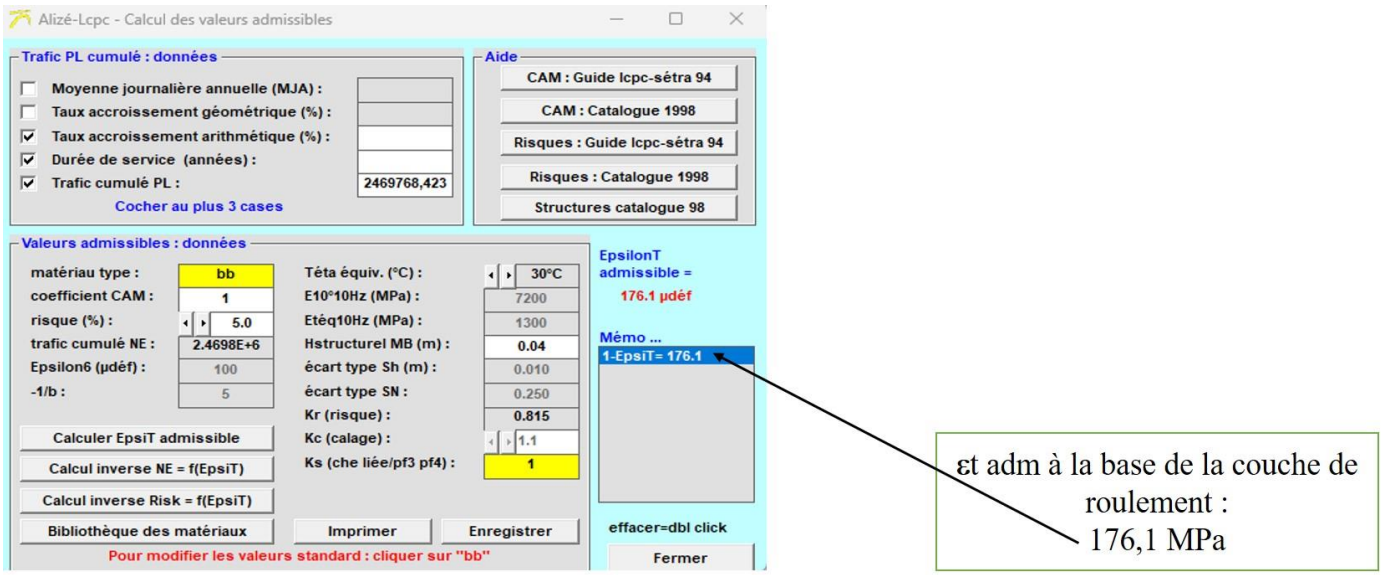


Figure A3-1 : Allongement admissible à la base de la couche de roulement

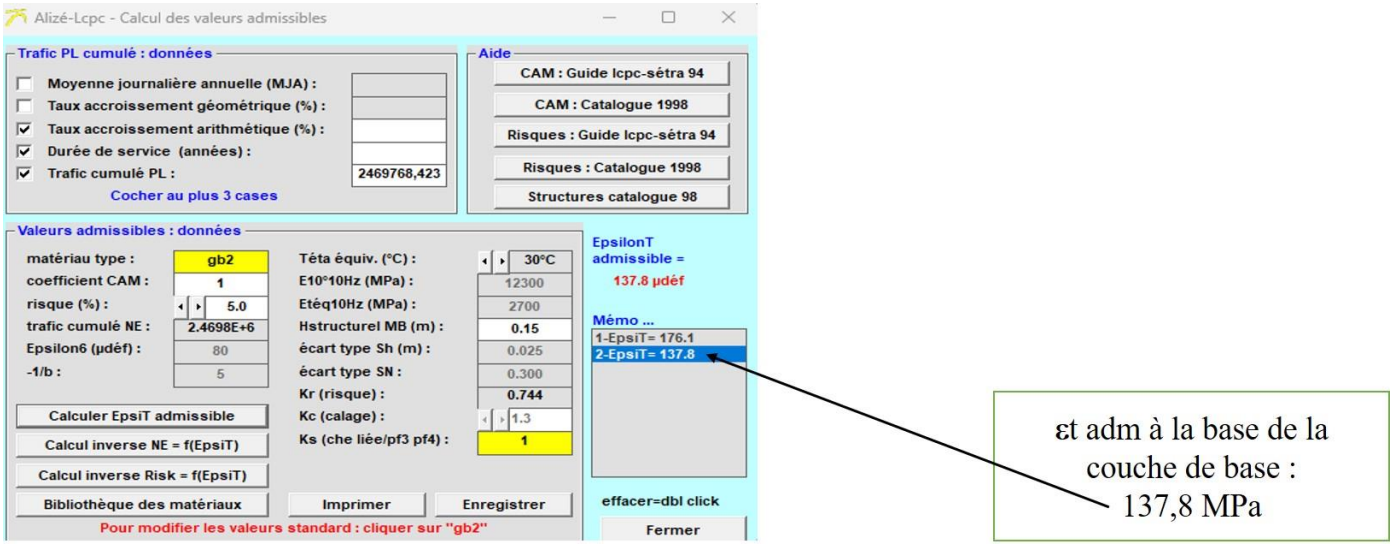


Figure A3-2 : allongement admissible à la base de la couche de base

- **Déformation verticale admissible ($\varepsilon_{z,adm}$)**

Pour les couches de matériaux non traité et le sol support, la contrainte admissible correspondant à la déformation verticale en surface de la couche est calculée comme suit :

$$\varepsilon_{z,adm} = A \times (NE)^{-\frac{1}{45}}$$

Avec : A = 0,016 si NE = 250 000 et 0,012 si NE > 250 000.

Avec ces données d'entré sur le logiciel Alizé, nous obtenons le résultat suivant.

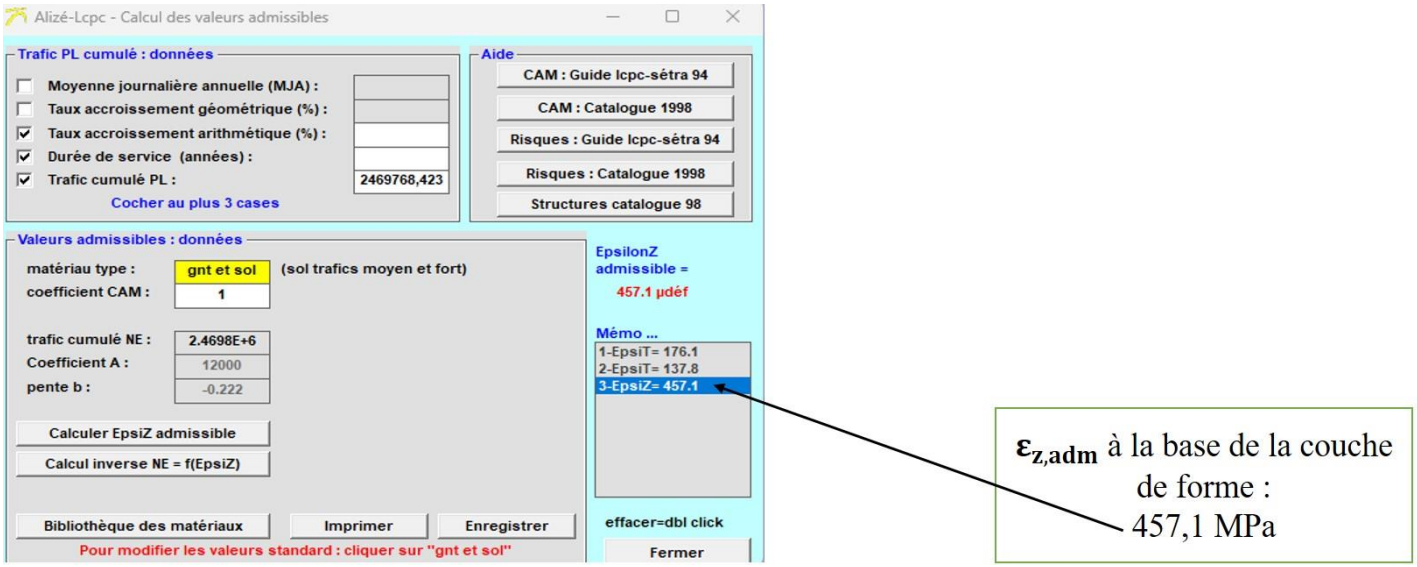


Figure A3-3 : déformation verticale admissible

Annexe 4 : Etude structurale du pont en béton armé

1. Pré dimensionnement du pont à poutre en béton armé (PSIBA)

➢ Calcul du nombre et de la largeur des travées

$$\text{Balancement} = \frac{\text{Longueur travée de rive}}{\text{Longueur travée principale}}$$

Pour des ponts à poutre en béton armé (PSIBA) à travée isostatique, on a un balancement optimal de 1.

Ainsi, pour une travée principale de 20m, un balancement de1 et une longueur de pont de 180m, on obtient **09 travées identiques de 20m.**

9 travées de portée 20 m chacune : 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20 – 20

Pour les ponts à poutre, le nombre, l'espacement et la position des appareils d'appuis sont déterminés par me plan de poutraison. Ainsi, on obtient **144 appareils appareil d'appuis et 8 chevêtres**.

➢ Pré-dimensionnement des poutres

- **Type de poutre**

D'après le guide SETRA de conception PSIBA 77, pour une portée de 15 à 25 m, les types de poutre à considérer sont des poutres en I Constituée de deux membrures (symétriques dans notre cas) et solidarisées par une âme verticale.

- **Hauteur des poutres (Hp)**

$$\frac{L}{17} \leq Hp \leq \frac{L}{15} \quad \rightarrow \quad \frac{20}{17} \leq Hp \leq \frac{20}{15} \rightarrow 1{,}17 \leq Hp \leq 1{,}33$$

Nous retenons une épaisseur Hp = 1,30m

- **Epaisseur de la poutre (épaisseur de l'âme)**

$$\frac{Hp}{5} \leq bp \leq \frac{Hp}{3} \rightarrow \frac{1.3}{5} \leq bp \leq \frac{1.3}{3} \rightarrow 0{,}26 \leq bp \leq 0{,}43$$

Nous retenons une épaisseur de l'âme bp = 30cm

- **Dimension du talon (base et hauteur)**

Le guide SETRA de dimensionnement des PSIBA préconise des talons de dimension : pour la base l_T = 50cm à 60cm et pour la hauteur, h' ≥20cm pour permettre un ferraillage en double nappe.

Donc, nous retenons une base de talon de 50 cm avec une hauteur de 20 cm.

- **Nombre de poutre**

Le nombre de poutre sera pris en fonction de la largeur du tablier et augmenter d'une poutre Dans le but d'optimiser la distribution des charges sans risque d'augmentation des dimensions des poutres.

Tableau A4-1 : nombre de poutre en fonction de la largeur du tablier

Largeur du tablier (m)	<6	6 à 9	9 à 11	11 à 14	>14
N	2	3	4	5	6

- **Espacement entre les poutres (entraxe)**

$$bo = \frac{largeur_{chaussée} - l_T}{N-1} = \frac{14.5 - 0.5}{7-1} = 2{,}33m$$

Etant donné que nous avons un pont en béton armé, de grande portée entre les poutres ne permettra pas une bonne durabilité de l'ouvrage. Ainsi, le guide SETRA préconise une entraxe bo de 1à 2m.

Nous optons pour une entraxe bo = 1.80 m

L'entraxe des poutres ayant diminué, le nombre de poutres augmentera d'une poutre.

En conclusion, nous avons 8 poutres espacé de 1.80 m chacun.

➢ **Pré-dimensionnement des entretoises**

- **Longueur des entretoise**

Le = bo – l_T = 1,8 – 0.5

Soit une longueur d'entretoise de **1,30 m**

- **Hauteur entretoise he**

he = hp – h_{talon} = 1.30 – 0.20 = 1.10m

D'après le guide SETRA, he = 0.8 à 0.9 hp ↔ he = [1.04 à 1.17]

Donc on maintient he = 1,10m

- **Epaisseur entretoise**

Ee = Hp/4 soit une épaisseur de **0,35m**

- **Nombre d'entretoise par travée**

Le nombre d'entretoise par travée Ne = Ent $\left(\frac{largeur_{chaussée}}{6} + 1\right)$. Soit **3 entretoises par travée**

➢ **Pré-dimensionnement des hourdis**

Tableau A4-2 : Epaisseur de l'hourdis en fonction de l'entraxe des poutres

a (m)	2	2,50	3,00	3,50
Eh (cm)	16	18	20	22

L'entraxe des poutres étant de 1,80 m, nous déduisons l'épaisseur du hourdis égale à 16 cm. En prenant en compte les prédalles servant de coffrage perdu (pris égale à 7cm), l'épaisseur totale à mobiliser est de **Hd = 16cm + 7cm = 23 cm**

- **Encorbellement**

La longueur de l'encorbellement « Le » est comprise entre bp/2 et bo/2, soit Le = 0,15 à 0,90.

- **Pré dimensionnement du chevêtre**
  - **Hauteur du chevêtre**

Comme le chevêtre est porteur, il joue donc un rôle actif de transfert de charge et doit être rigide vis-à-vis du tablier. Cela se traduit par la condition : ($\mathbf{h_c \geq 1{,}25 \times h_t}$).

Soit une hauteur de chevêtre h_c = 1,90 m

- **Longueur du chevêtre**

$\text{Longueur}_{\text{chevetre}}$ = n x e + (Φ + 0,1)

Avec : n – le nombre de colonne de pile dans le sens transversal

e – la distance entre les colonnes de pile

Φ – le diamètre des colonnes des piles

Soit une longueur de chevêtre de 15,5 m

- **Largeur du chevêtre**

$\text{Largeur}_{\text{chevetre}} \geq \Phi + 10\text{cm}$. Avec Φ le diamètre des piles

Soit une largeur de chevêtre Lc = 1,50 m

- **Pré dimensionnement des appuis**
  - **Appuis piles**

Etant donné que nous somme sur un cours d'eau, le PP73 préconise des piles colonne ou poteau. Nous optons donc pour des colonnes de forme cylindrique dont le diamètre minimal est de 60cm.

- **Espacement entre les colonnes**

$$\frac{\text{Portée}_{\text{principale}}}{6} \leq \text{esp} \leq \frac{\text{Portée}_{\text{principale}}}{4} \rightarrow 3{,}33 \leq \text{esp} \leq 5$$

Soit un espacement esp = 3,5 m

- **Diamètre des colonnes**

$$h_{\text{semelle}} = 0.5 \times \left(3\Phi - \frac{D_{\text{colonne}}}{2}\right) + d$$

soit un diamètre de colonne D_{colonne} = 1,4m

- **Appuis culées**
  - **Le sommier d'appuis**

- **Pente du sommier** : pente d'au moins 2%.
- Sa longueur dépend de la largeur tablier. **Soit une longueur de 14,5m**
- **Nous fixons sa largeur à 1,30 m**
- Epaisseur du sommier : pour les culées fondées sur pieux, E = 1,2 x Φ
  Soit une épaisseur de **1,2m**

- **La dalle de transition**

La dalle de transition permet de récupérer les efforts (comme les efforts de freinage des véhicules) avant qu'ils accèdent à l'ouvrage. Elle est ancrée dans le corbeau d'appuis par l'intermédiaire de goujons (petites barres d'acier). Elle est directement coulée sur un béton de propreté (de 10cm d'épaisseur) avec **une épaisseur constante de 30cm**.

- ✓ Largeur de la dalle de transition : L = inf [6m ; sup (3m ; 0.6H)]. Avec H la hauteur des remblais **On obtient une largeur de 3m**
- ✓ Longueur de la dalle de transition : sa longueur correspond à la largeur utile du tablier, soit une **longueur de 14,5m**
- ✓ **Pente longitudinale 5%**

- **Mur garde grève**

Le mur garde grève a pour fonction de séparer physiquement le remblai de l'ouvrage. Il s'agit d'un mur en béton armé construit après achèvement du tablier par reprise de bétonnage sur le sommier.

- ✓ Sa hauteur est directement liée à celui du tablier :
  Hauteur = hauteur du tablier + hauteur appareil d'appuis et son bossage.
  Soit une hauteur d'environ 1.81m
- ✓ Son épaisseur est fonction des efforts qu'il doit supporter. A titre de redimensionnement, cette épaisseur est fonction de sa hauteur : **E = sup (0,3 ; h/8)**
  Soit une épaisseur de 0,3m

- **Mur en retour**

Ce sont des voiles en béton armé encastrés sur le mur garde grève. Ils sont destinés à retenir latéralement les terres. La présence de ces murs ne correspond pas à une nécessité mécanique ou fonctionnelle mais elle résulte d'une intention architecturale de faire apparaitre partiellement la structure des appuis d'extrémité.

- ✓ Pour les ouvrages courants, sa hauteur varie de 30 à 45 cm. **nous optons pour une hauteur de 40cm**
- ✓ Sa longueur libre est d'environ **12m.**
- ✓ Sa largeur est comprise entre 2 et 6m. **nous optons pour une largeur de 4m.**

- **Mur de front**

Il est constitué d'un voile frontal supportant le tablier. Il sert aussi de supporter les remblais ainsi que la transmission des charges aux semelle.

- ✓ Epaisseur : 0,80 ≤ E ≤ 1,20. Soit une épaisseur de **1m ;**
- ✓ Sa hauteur est calée en fonction de la hauteur du pont et de la profondeur d'encrage des semelles dans les fondations**. Nous avons une hauteur de d'environ 11m**

- **Les murets cachés**

C'est un mur **d'une vingtaine de centimètre d'épaisseur (20cm)** réalisé en béton banché ou en parpaing et permettent de protéger les appareils d'appuis des terres. Elles ont une fonction esthétique car à cause des coulures d'eau, les abouts des tabliers sont assez disgracieux.

- **Le corbeau d'appuis de la dalle de transition**

Il se trouve à l'arrière du mur garde grève et permet principalement de supporter la dalle de transition. **D'après le projet de construction des pont Calgaro, sa largeur et sa hauteur est de 30cm (dimension minimale).**

- **Pré dimensionnement des fondations**

Nous avons les fondations profondes par pieux dont la profondeur d'encrage est de 30m. les pieux seront en béton armé dont les principaux types sont : les pieux préfabriqués et les pieux exécuté en place.

- **Type de pieux** : le choix du pieux dépend principalement de sa longueur (profondeur d'encrage du pieux)

$$\begin{cases} 5\,m \leq L \leq 8\,m : pieux\ préfabiqués\ battus \\ 8\,m < L \leq 15\,m : pieux\ préfabiqués\ battus\ ou\ exécuté\ en\ place \\ 15\,m < L : pieux\ exécuté\ en\ place \end{cases}$$

Pour notre profondeur d'encrage de 30m, nous avons donc des pieux exécutés sur place

- **Diamètre du pieux** :

Pour les pieux coulé en place, $\Phi \geq \frac{\text{Profondeur}_{\text{pieux}}}{20}$

$$\Phi \geq \frac{30}{20} \text{ soit } \mathbf{\Phi = 1.5\ m}$$

Ce diamètre de pieux peut être ramener avant vérification au diamètre minimale des pieux préfabriqués. Ainsi, nous avons :

Pour les pieux préfabriqué, $\frac{\text{Profondeur}_{\text{pieux}}}{30} \leq \Phi \leq \frac{\text{Profondeur}_{\text{pieux}}}{35}$

$$\frac{30}{30} \leq \Phi \leq \frac{30}{35} \rightarrow 1 \leq \Phi \leq 0.857 \text{ soit } \mathbf{\Phi = 1m}$$

Nous maintenons un diamètre de pieux Φ = 1m

- Nombre de file de pieux : N = 2 files
- Distance entre les pieux : l' ≥ 3Φ soit une distance de 3m

Pour une bonne mise en œuvre et pour augmenter la résistance de la structure, l'axe des colonnes doit coïncider avec l'axe des pieux. **Ainsi nous retenons une distance entre axe des pieux de 3,5m**

➢ **Pré dimensionnement des semelles**

Nous avons une semelle rectangulaire en béton armé. D'après le projet et construction de pont Calgaro, on a :

- Hauteur de la semelle : $\text{hauteur}_{\text{semelle}}$ = 1,2 x Φ. Avec Φ le diamètre des pieux

Soit une hauteur de semelle $h_{semelle}$ = 1,2m

- Longueur de la semelle : $\text{Longueur}_{\text{semelle}}$ = $\text{Largeur}_{\text{tablier}}$ + Φ. Avec Φ le diamètre des pieux

Soit une longueur de semelle $L_{semelle}$ **= 15.5m**

- **Largeur de la semelle :** B = (N -1) x l'+ 2Φ

Soit une largeur de semelle B = 5,5 m

- **Présence de nervure :** pour les fondations profondes, on n'a le plus souvent pas besoin de rôle de raidisseur des nervures, en raison des épaisseurs courantes des semelles sur les pieux (épaisseur assez importante).

Donc dans ce projet, nous n'aurons pas de nervure.

- **Profondeur d'ancrage des semelles dans le sol** : pour les semelles sans nervure reposant sur les pieux, **le guide préconise une profondeur d'ancrage de 50cm.** Cependant, il est conseillé de décapé le mauvais sol de surface et éviter que la semelle ne soit visible à l'œil nue. **Ainsi, nous descendons d'une profondeur de 1,50m pour l'implantation de notre semelle.**

2. Etude technique du pont à poutre en béton armé

➢ **Résistance caractéristique du béton**

- **Caractéristiques de l'environnement**

Le tablier de notre ouvrage se trouve dans deux environnement différents (deux classes d'exposition différentes) à savoir :

✓ **classe d'exposition XC4** (carbonatation provoquant la corrosion du béton et un environnement alternativement humide ou sec) ;

- ✓ **classe d'exposition XS1** (corrosion provoquée par les chlorures qu'on retrouve dans l'eau de mer avec un environnement caractérisé par une exposition aux sels marins transportés par l'air, sans être en contact avec cette l'eau).

  - **Caractéristique du béton**

Tableau A4-3 caractéristiques du béton en fonction des classes d'expositions

Principales caractéristiques	Classe d'exposition	
	XC4	XS1
Rapport E_{eff} / liant (équivalent max)	0,60	0,55
Résistance caractéristique minimale	C25/30	C30/37
Liant équivalent minimal	280 MPa	330 MPa
Addition maximale	0,30	0,15

Au vue de ces caractéristiques, nous retenons une résistance caractéristique du béton de 30 MPa

- ➢ **Dimensionnement des poutres principales à l'ELU**

  - **Moment sollicitant la poutre en TE**

Après modélisation et calcul des sollicitations sur le logiciel Robot 2015, le moment maximal de la poutre à l'ELU est de 4403,96. Donc $\mathbf{M_u}$ **= 4403.96 KN.m**

  - **Moment de référence que la table peut équilibrer**

$M_{Tu} = b \times H_0 \times f_{bu} \times \left(0.9 \times H - \frac{H_0}{2}\right)$ soit $\mathbf{M_{Tu}}$ **= 6041,66 KN.m**

  - **Position de l'axe neutre**

$\mathbf{M_u < M_{Tu}}$ Donc la table est partiellement comprimée (l'axe neutre passe dans la table) $A_{SC} = 0$ et $A_{ST} \neq 0$

  - **Calcul des sections d'armatures**

$A_{ST} = \frac{M_u}{Z_u \times F_{su}}$ on obtient : $\mathbf{A_{ST}}$ **= 80,58 cm²**

Choix d'armature : **8 HA 32 et 6 HA 20 pour une section réelle de 83,19 cm²**

  - **Vérification de la condition de non fragilité ($\mathbf{A_{STmin} \leq A_{ST}}$)**

$A_{STmin} = \frac{I}{\left(d - \frac{H_0}{3}\right) \times V} \times \frac{f_{t28}}{f_e}$ on obtient $\mathbf{A_{STmin}}$ **= 5,704 cm²**

$\mathbf{A_{STmin} < A_{ST}}$ **; donc condition de non fragilité vérifiée.**

  - **Vérification et calcul des armatures de peau**

Les aciers de peau sont disposés dans la retombée de la poutre et elles sont nécessaire si $\mathbf{H \geq h_a}$.

$h_a = 2[80 – fe(MPa)/10]$

Pout un fe E500, $\mathbf{h_a = 60\ cm}$

On a $H > h_a$ donc nous devons disposés des aciers de peau qui sont fonction du type de fissuration.

Pour une fissuration préjudiciable, Apeau = 3 cm² /ml de parement (2 fois la longueur de la retombée)

Apeau = 3 x 2 x 1,30 = 7,80

Apeau = 7,80 cm² soit 6HA14 de section réelle 9,24 cm²

- **Calcul des sections d'armatures du au moment résiduel en appuis**

Le moment résiduel maximal en appuis après calcul des sollicitations sur le logiciel est de **183,54 KN.m**.

$A_{ST} = \frac{M_{Résiduel}}{Z_u \, X \, F_{su}}$; $\mathbf{A_{ST} = 3,22\ cm^2}$

La section d'acier due au moment résiduel est inférieure à la section d'acier minimale ; donc, nous considérons ici la section d'acier minimale : $\mathbf{A_{STmin} = 5,704\ cm^2}$

- **Vérification de la poutre au soulèvement**

Après modélisation de la poutre soumis uniquement à son poids propre, et disposition des appuis à 5 m de part et d'autre pour créer le cas le plus défavorable, le moment maximal en appuis est de : **454,25 KN.m**

$A_{ST/Soulèvement} = \frac{M_{Soulèvement}}{Z_u \, X \, F_{su}}$ on obtient $\mathbf{A_{ST/Soulèvement} = 7,95\ cm^2}$

Cet acier de soulèvement (du uniquement au poids propre de la poutre) est supérieur à l'acier minimale. Ainsi, pour pouvoir reprendre les sollicitations résiduelles et répondre à celle du au levage de la poutre lors de son transport (au soulèvement), nous placerons $A_{ST/Soulèvement}$ comme acier de montage des poutres. **Acier de montage = $\mathbf{A_{ST/Soulèvement} = 7,95\ cm^2}$**

Choix : 4 HA 16 de section réelle 8,04 cm²

- **Armatures transversales des poutres principales**

Après calcul des sollicitations sur le logiciel Robot, l'effort tranchant maximal est de **724,79 KN**

$d_{réel}$ = 133,71 cm

- **Choix de la section d'armature transversal Φ_t**

$$\begin{cases} \Phi_t \leq \min\left(\frac{H}{35}; \frac{bo}{10}; \Phi_L\right) \\ \Phi_t \geq \frac{\Phi_L}{3} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \Phi_t \leq \min\left(\frac{1460}{35}; \frac{300}{10}; 32\right) \\ \Phi_t \geq \frac{32}{3} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \Phi_t \leq 30 \\ \Phi_t \geq 10,66 \end{cases}$$

Soit une section d'armature transversal Φ_t = 12 mm

- **Calcul de τ_u**

$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 \times d_{réel}}$ on obtient $\boldsymbol{\tau_u = 1{,}819}$ **MPa**

- **Valeur de τ_{uL} et vérification**

Pour un béton de résistance caractéristique à 28 jours 30 MPa et une fissuration préjudiciable, $\boldsymbol{\tau_{uL} = 3}$ **MPa**

On a : 1,819 MPa < 3 MPa donc $\tau_u \leq \tau_{uL}$ (vérifiée)

- **Calcul de l'écartement initiale St_0**

$St_0 \leq \frac{0{,}9 \times F_{su} \times At}{(\tau_u - 0{,}3 \times ft_{28}) \times b_0}$; avec At = 4 x section de HA 12 = 4,52 cm²

En se référant à la série de Caquot, nous considérons un espacement $St_0 = 20$ cm

- **Vérification de l'espacement**

1er vérification : $St_0 \leq$ min (0,9 x $d_{réel}$; 40 cm)

Min (0,9 x $d_{réel}$; 40 cm) = 40 cm

On a 20 cm < 40 cm donc $St_0 \leq$ min (0,9 x $d_{réel}$; 40 cm) (vérifiée)

2éme vérification : $\frac{f_e \times At}{St_0 \times b_0} \geq 0{,}4$ MPa

$\frac{f_e \times At}{St_0 \times b_0} = \frac{500 \times 4{,}52 \times 10^{-4}}{0{,}2 \times 0{,}3} = 3{,}77$ MPa

On a ; 3,77 MPa > 0,4 MPa donc $\frac{f_e \times At}{St_0 \times b_0} \geq 0{,}4$ MPa (vérifiée

- **Vérification des contraintes à l'ELS**
  - **Position de l'axe neutre**

$S_T = \frac{b}{2} \times H_0^2 - n \times A_{STRéelle} \times (d_{Réelle} - H_0)$

S_T = -123844,4235 on a : $S_T < 0$ donc l'axe neutre passe dans la nervure. On a : $Y_{ser} > H_0$

- **Calcul de l'axe neutre (Y_{ser})**

$\frac{b \times Y_{ser}^2}{2} - (b - b_0) \times \frac{(Y_{ser} - H_0)^2}{2} - n \times A_{STRéelle} \times (d_{réel} - Y_{ser}) = 0$

D'où Y_{ser} = 43,29 cm

- **Calcul de I_{ser}**

$I_{ser} = \frac{b \times Y_{ser}^3}{3} - (b - b_0) \times \frac{(Y_{ser} - H_0)3}{3} + n \times A_{STRéelle} \times (d_{réel} - Y_{ser})^2$

I_{ser} = 14053529,45 cm⁴

- **Première vérification de contrainte: $\sigma_{bc} \leq \sigma_{bc\,adm}$**

$\sigma_{bc\,adm} = 0{,}6 \times f_{c28} = 0{,}6 \times 30 = 18$ MPa

$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times Y_{ser} = 10{,}075$ MPa

On a : 10,075 MPa < 18 MPa donc $\sigma_{bc} \leq \sigma_{bc\,adm}$ (vérifiée)

- **deuxième vérification de contrainte: $\sigma_{sc} \leq \sigma_{sc\,adm}$**

cette condition est vérifiée car A_{SC} + 0

- **Troisième vérification de contrainte: $\sigma_{st} \leq \sigma_{st\,adm}$**

$\sigma_{st\,adm}$ = fe E500 = 500 MPa

$\sigma_{st} = n \times \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times (d_{réel} - Y_{ser}) \times 10$

= 315,67 MPa

On a : 315,67 MPa < 500 MPa donc $\sigma_{st} \leq \sigma_{st\,adm}$ (vérifiée)

- **Dimensionnement des entretoises**

Elle se dimensionne comme une poutre rectangulaire de base b_0 = 35 cm et de hauteur H = 110 cm avec un moment fléchissant maximal à l'ELU obtenu après modélisation et calcul sur le logiciel Robot de :

$M_{u/appuis}$ = **938,37 KN.m**

$M_{u/travers}$ = **112,48 KN.m**

- **Calcul des sections d'acier en appuis**
  - **Calcul du moment réduit (μ_u)**

$$\mu_u = \frac{M_{u/appuis}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{938{,}37 \times 10^{-3}}{0{,}35 \times (0{,}9 \times 1{,}10)^2 \times 17} = 0{,}161$$

μ_u = 0,161

Les limites de la zone prioritaire ou zone 3 (ligne AB et L) sont : **μ_{AB} = 0,186 et μ_L = 0,37 (fe E500)**

On a : **$\mu_u < \mu_{AB}$; nous sommes en zone de 1 ou 2 encore appelée zone du pivot A** (la section de la poutre est entièrement tendue (donc un tirant), une section d'acier Ast est indispensable pour résister aux efforts de traction dans la zone tendue).

- **Calcul des sections d'aciers**

Comme **$\mu_u < \mu_{AB}$**, on a : Ast ≠ 0 et Asc = 0

$A_{ST} = \frac{M_{u/appuis}}{Z_u \times F_{su}}$ on obtient **$A_{ST/appuis}$ = 23,93 cm²**

Choix d'armature : **8 HA 20 pour une section réelle de 25,13 cm²**

- **Calcul des sections d'aciers en travers**
  - **Calcul du moment réduit (μ_u)**

$$\mu_u = \frac{M_{u/travers}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{112{,}48 \times 10^{-3}}{0{,}35 \times (0{,}9 \times 1{,}10)^2 \times 17} = 0{,}019 \text{ ; } \mathbf{\mu_u = 0{,}019}$$

On a : $\mathbf{\mu_u < \mu_{AB}}$ **; nous sommes également en zone de 1 ou 2 encore appelée zone du pivot**

  - **Calcul des sections d'aciers**

Comme $\mathbf{\mu_u < \mu_{AB}}$, on a : Ast ≠ 0 et Asc = 0

$\mathbf{A_{ST} = \frac{M_{u/travers}}{Z_u \times F_{su}}}$ on obtient $\mathbf{A_{ST/travers} = 2{,}64\ cm^2}$

  - **Vérification de la condition de non fragilité ($A_{STmin} \leq A_{ST}$)**

$A_{STmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$ on obtient $\mathbf{A_{STmin} = 3{,}83\ cm^2}$

On a 3,83 cm² < 18,85 cm² donc $A_{STmin} \leq A_{ST/appuis}$ (vérifiée)

3,83 cm² > 2,64 cm² donc $A_{STmin} > A_{ST/travers}$ (non vérifiée) ; pour les sections d'aciers en travers, nous allons disposer les section d'aciers minimales : $\mathbf{A_{ST/travers} = A_{STmin} = 3{,}83\ cm^2}$

Choix : 4 HA 12 soit une section réelle de 4,52 cm²

- **Vérification et calcul des armatures de peau**

Les aciers de peau sont nécessaire dans les poutre si $\mathbf{H \geq h_a}$, et seront placer au niveau des travers

$h_a = 2[80 - fe(MPa)/10]$

Pout un fe E500, $\mathbf{h_a = 60\ cm}$

On a $H > h_a$ donc nous devons disposés des aciers de peau qui sont fonction du type de fissuration.

Pour une fissuration préjudiciable, Apeau = 3 cm² /ml de parement (2 fois la hauteur de la poutre)

Apeau = 3 x 2 x 1,10 = 6,6

Apeau = 6,6 cm² soit 6HA12 de section réelle 6,79 cm²

- **Armature transversale**

Après calcul des sollicitations sur le logiciel Robot, l'effort tranchant maximal des entretoises est de **400,43 KN**

  - **Calcul de $d_{réel}$**

Après exécution du plan de ferraillage, on obtient : $\mathbf{d_{réel} = 104{,}5\ cm}$

  - **Choix de la section d'armature transversal Φ_t**

$$\begin{cases} \Phi_t \leq \min\left(\frac{H}{35}; \frac{bo}{10}; \Phi_L\right) \\ \Phi_t \geq \frac{\Phi_L}{3} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \Phi_t \leq \min\left(\frac{1100}{35}; \frac{350}{10}; 20\right) \\ \Phi_t \geq \frac{20}{3} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \Phi_t \leq 20 \\ \Phi_t \geq 6{,}67 \end{cases}$$

Soit une section d'armature transversal Φ_t = 8 mm

- **Calcul de τ_u**

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 \text{ x } d_{réel}} = \frac{400{,}43 \text{ x } 10^{-3}}{0{,}35 \text{ x } 104{,}5 \text{ x } 10^{-2}} = 1{,}09$$

τ_u = 1,09 MPa

- **Valeur de τ_{uL} et vérification**

$\tau_{uL} = \min\left(\frac{0{,}15\ x\ f_{c28}}{\gamma_b}\ ; 4\ MPa\right)$ pour les fissuration préjudiciable.

Ainsi, pour un béton de résistance caractéristique à 28 jours 30 MPa et une fissuration préjudiciable,

τ_{uL} = 3 MPa. On a : 1,09 MPa < 3 MPa donc $\tau_u \leq \tau_{uL}$ (vérifiée)

- **Calcul de l'écartement initiale St_0**

$St_0 \leq \frac{0{,}9 \text{ x } \mathbf{F_{su} x\ At}}{(\boldsymbol{\tau_u - 0{,}3 \text{ x } ft_{28}}) \mathbf{x\ b_0}}$; avec At = 2 x section de HA 8 = 1,01 cm²

En se référant à la série de Caquot, nous considérons un espacement St_0 = 20 cm

- **Vérification de l'espacement**

1er vérification : $St_0 \leq$ min (0,9 x $d_{réel}$; 40 cm)

Min (0,9 x $d_{réel}$; 40 cm) = 40 cm

On a 20 cm < 40 cm donc $St_0 \leq$ min (0,9 x $d_{réel}$; 40 cm) (vérifiée)

2éme vérification : $\frac{f_e x\ At}{St_0 \text{ x } b_0} \geq$ 0,4 MPa

$$\frac{f_e x\ At}{St_0 \text{ x } b_0} = \frac{500 \text{ x } 1{,}01 \text{ x } 10^{-4}}{0{,}2 \text{ x } 0{,}35} = 0{,}72 \text{ MPa}$$

On a ; 0,72 MPa > 0,4 MPa donc $\frac{f_e x\ At}{St_0 \text{ x } b_0} \geq$ 0,4 MPa (vérifiée)

➢ **Dimensionnement de l'hourdis**

L'hourdis se dimensionnera manuellement sur 1 mètre linéaire et une hauteur de 16 cm.

$\alpha = \frac{L_{0x}}{L_{0y}} = \frac{14{,}5}{20} = 0{,}725$ on a : $\alpha > 0{,}4$ donc la dalle porte dans les deux sens

- **Calcul des aciers de la nappe inférieure**

Les aciers de la nappe inférieures se calcul avec les moments en travers.

- **Section d'acier de la nappe inférieure suivant x (M_{ox} = 117,06 KN.m)**

$\mathbf{A_{ST/x} = \frac{M_{ox}}{Z_u \, X \, F_{su}}}$ on obtient $\mathbf{A_{ST/x} = 23{,}62\ cm^2}$

- **Section d'acier de la nappe inférieure suivant y ($\mathbf{M_{oy} = 119{,}69}$ KN.m)**

$\mathbf{A_{ST/y} = \frac{M_{oy}}{Z_u \, X \, F_{su}}}$ on obtient $\mathbf{A_{ST/y} = 24{,}36\ cm^2}$

- **Calcul des aciers de la nappe supérieure**

Les aciers de la nappe supérieures se calcul avec les moments en appuis.

- **Section d'acier de la nappe supérieure suivant x ($\mathbf{M_{appuis/x}}$ = 106,49 KN.m)**

$\mathbf{A_{STappuis/x} = \frac{M_{appuis/x}}{Z_u \, X \, F_{su}}}$ on obtient $\mathbf{A_{STappuis/x} = 20{,}93\ cm^2}$

- **Section d'acier de la nappe supérieure suivant y ($\mathbf{M_{appuis/y}}$ = 98,13 KN.m)**

$\mathbf{A_{STappuis/y} = \frac{M_{appuis/y}}{Z_u \, X \, F_{su}}}$ on obtient $\mathbf{A_{STappuis/y} = 18{,}81\ cm^2}$

- **Condition de non fragilité**

$A_{STmin/x} \geq \rho_0 \text{ x } \left[\frac{3-\alpha}{2}\right] \text{ x b x } h_0$ et $A_{STmin/y} \geq \rho_0 \text{ x b x } h_0$

Avec $\boldsymbol{\rho_0}$ **= 0,0006 car on a des aciers haute adhérence de nuance Fe E500**

On obtient : $\mathbf{A_{STmin/x} = 1{,}092\ cm^2}$ et $\mathbf{A_{STmin/y} = 0{,}96\ cm^2}$

- **Vérification et choix d'armature**
  - **Nappe inférieure suivant x**

$A_{ST/x}$ = 23,62 cm² On a : 23,62 cm² > 1,092 cm² donc $A_{ST/x} > A_{STmin/x}$ (vérifiée)

Choix : 5HA25 soit une section réelle de 25,54 cm² et espacé de [(100 – 4,5 – 4,5) /5] = 18,2 cm

Fixons l'espacement à un espacement réglementaire de 15 cm ; on aura 91/15 = 6,067 barres

6,067 barres x (une section de HA 25) = 6,067 x 4,91 = 29,79 cm²

29,79 cm² > 23,62 cm². **Au final, nous retenons des HA25 espacé de 15 cm avec une section réelle de 29,79 cm²**

  - **Nappe inférieure suivant y**

$A_{ST/y}$ = 24,36 cm² On a : 24,36 cm² > 0,96 cm² donc $A_{ST/y} > A_{STmin/y}$ (vérifiée)

Choix : nous maintenons le même choix que les aciers suivant x soient **des HA25 espacé de 15 cm de section réelle 29,79 cm²**

  - **Nappe supérieure suivant x**

$A_{STappuis/x}$ = 20,93 cm² On a : 20,93 cm² > 1,092 cm² donc $A_{STappuis/x} > A_{STmin/x}$ (vérifiée)

Choix : 7HA20 soit une section réelle de 21,99 cm² et espacé de [(100 – 4,5 – 4,5) /7] = 13 cm

Fixons l'espacement à un espacement réglementaire de 12,5 cm ; on aura 91/12,5 = 7,28 barres

7,28 barres x (une section de HA 20) = 7,28 x 3,14 = 22,86 cm²

22,86 cm² > 20,93 cm². **Au final, nous retenons des HA20 espacé de 12,5 cm avec une section réelle de 22,86 cm²**

- **Nappe supérieure suivant y**

$A_{STappuis/y}$ = 18,81 cm²

On a : 18,81 cm² > 0,96 cm² donc $A_{STappuis/y} > A_{STmin/y}$ (vérifiée)

Choix : 6HA20 soit une section réelle de 18,85 cm² et espacé de [(100 – 4,5 – 4,5) /6] = 15,17 cm

Fixons l'espacement à un espacement réglementaire de 15 cm ; on aura 91/15 = 6,067 barres

6,067 barres x (une section de HA 20) = 6,067 x 3,14 = 19,05 cm²

19,05 cm² > 18,81 cm². **Au final, nous retenons des HA20 espacé de 15 cm avec une section réelle de 19,05 cm²**

- **Vérification de l'effort tranchant**

Cette vérification permet d'éviter des aciers transversales (les cadres) dans la dalle. $\boldsymbol{\tau_u \leq \tau_{uL}}$

Pour un béton de résistance caractéristique à 28 jours 30 MPa et une fissuration préjudiciable, $\boldsymbol{\tau_{uL}}$ **= 3 MPa**

$$\tau_{u/x} = \frac{V_{u/x}}{b_0 \text{ x } d} = \frac{414{,}59 \text{ x } 10^{-3}}{1 \text{ x } 0{,}9 \text{ x } 0{,}16} = 2{,}88$$

$\boldsymbol{\tau_{u/x}}$ **= 2,88 MPa**

On a : 2,88 MPa < 3 MPa donc $\boldsymbol{\tau_u \leq \tau_{uL}}$ **(vérifiée)**

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 \text{ x } d_{réel}} = \frac{400{,}43 \text{ x } 10^{-3}}{0{,}35 \text{ x } 104{,}5 \text{ x } 10^{-2}} = 1{,}09$$

$\boldsymbol{\tau_u}$ **= 1,09 MPa**

- **Valeur de $\boldsymbol{\tau_{uL}}$ et vérification**

Pour un béton de résistance caractéristique à 28 jours 30 MPa et une fissuration préjudiciable, $\boldsymbol{\tau_{uL}}$ **= 3 MPa**

On a : 1,09 MPa < 3 MPa donc $\boldsymbol{\tau_u \leq \tau_{uL}}$ (vérifiée)

Annexe 5 : Aperçu d'impact environnemental et social et évaluation financière

1. Aperçu d'impact environnemental et social

Tableau A5-1 : synthèse d'aspect environnemental et social

Composante	Principales activités sources	Impacts négatifs	Mesures d'atténuation			Responsable		Phase du projet
			Compensation	Minimisation	Bonification	surveillance et contrôle	Vérification de la mise en œuvre	
Qualité de l'air	Différant travaux de terrassement	Pollution de l'air par l'émission de poussière	-	-Arrosage régulier des voies de circulation -Limitation ou régulation des vitesses -Suspension des travaux lors des vents violent et protection du personnelle par les masques	-	Maitre d'œuvre	Mission de contrôle Commune	Pendant les travaux
	Circulation des engins et véhicule sur le site	Pollution de l'air par l'émission des fumées de véhicule	-	Entretien régulier des engins et véhicules pour réduire les émissions et propagations des fumées	-	Maitre d'œuvre	Mission de contrôle commune	Pendant les travaux
Bruit	Circulation des engins et véhicule sur le site	Nuisances sonores et vibratoires	-	-Utilisation des engins au normes en matière de bruit -Limité au maximum les travaux de nuits	-	Maitre d'œuvre	Mission de contrôle Commune	Pendant les travaux

Composante	Principales activités sources	Impacts négatifs	Mesures d'atténuation			Responsable		Phase du projet
			Compensation	Minimisation	Bonification	surveillance et contrôle	Vérification de la mise en œuvre	
Qualité des sols	Ouverture des carrières	Erosion et pollution des sols	-	Nettoyage général et complet du site	Installation et aménagement des nouvelles aires pour le stockage des déchets de la population	Maitre d'œuvre	Mission de contrôle	Fin des travaux
Qualité des eaux	-Implantation des fondations du pont sur le cours d'eau -coulage des ouvrages en béton	Pollution des eaux de surface et des eaux souterraines	-	-Localisation des zones d'emprunt loin du cours d'eau et des forages -Collecte et traitement des déchets solides et liquides -Sensibilisation du personnelle et des populations sur le versement des ordures dans le cours d'eau	-Aménagement convenable des différents forages et puits existant -Augmentation si nécessaire du nombre de puis et forage existant	Maitre d'œuvre	Mission de contrôle environnementaliste	Pendant les travaux
Bien des populations	Travaux préliminaire : préparation du site	Délocalisation des populations et destructions des biens	L'indemnisation en nature ou en espèce et la réinstallation de la population affectée par la réalisation du projet	-	Amélioration des clôtures existante et installation de nouvelles clôtures	Maitre d'œuvre	Mission de contrôle Commune environnementaliste	Avant les travaux

Composante	Principales activités sources	Impacts négatifs	Mesures d'atténuation			Responsable		Phase du projet
			Compensation	Minimisation	Bonification	surveillance et contrôle	Vérification de la mise en œuvre	
					autour des établissements			
Santé	Mobilité accrue des travailleurs et transporteurs	Risque sur la santé (maladie respiratoire, IST, VIH/SIDA)	Faire des campagnes de dépistage contre les maladies sexuellement transmissible et accompagnement financièrement des populations malades dans leurs traitements	-Mise à disposition d'une unité de soin pour le personnelle -Sensibilisation du personnelle et des populations sur les IST et VIH/SIDA -Approvisionnement en eau potable pour le personnelle	-Création et amélioration des latrines -Campagne de sensibilisation des populations riveraines sur les violences basées sur le genre	-Ministère de la santé -Maitre d'œuvre	Ministère de la santé La mission de contrôle commune	-Pendant les travaux -A la fin des travaux
Végétation et agriculture	Travaux préliminaire : nettoyage générale du site	Destruction de la végétation	Indemnisation des populations dont le projet a affecté leur culture	-Dressage des inventaires préalables d'arbres existants -Plantation compensatoire d'arbre (planter au moins 05 arbres pour chaque arbre abattu) -Réalisation de campagne de sensibilisation	Accompagnement des populations dans la recherche de nouvelle zone pour délocaliser leur plantation (de rizière, d'anacardier…)	Maitre d'œuvre	Mission de contrôle environnementaliste	-Avant les travaux -Pendant les travaux -A la fin des travaux

Composante	Principales activités sources	Impacts négatifs	Mesures d'atténuation			Responsable		Phase du projet
			Compensation	Minimisation	Bonification	surveillance et contrôle	Vérification de la mise en œuvre	
Sécurité	-Réalisation des différentes phases des travaux -conduite des engins	Risque d'accident	Assurer les différents employés et les accompagné en cas d'accident grave sur le chantier	-Mise en place de panneau de signalisation temporaire sur le chantier -Balisage des zones à risque -Fourniture et sensibilisation du personnelle sur le port constant des équipements de protection individuelle	-	Maitre d'œuvre	Mission de contrôle	Pendant les travaux
	Réalisation du projet	Insécurité des populations et travailleurs	-	-Installation des clôtures autour du chantier -Mettre les agents de sécurité et limiter l'accès au chantier	-	Maitre d'œuvre	Maitre d'œuvre Mission de contrôle	Avant et pendant les travaux
	Emprises et déplacements éventuels	Risque de conflit et dégradation du cadre de vie	-	-Sensibilisation, tolérance, négociation et recherche du meilleur consensus -Adoption d'une hygiène de vie et assainissement du cadre de vie -Respect des coutumes locales	-	-Entreprise -maitre d'œuvre -chef coutumier -Représentant de l'Etat	-Entreprise -Maitre d'œuvre -Chef coutumier -Représentant de l'Etat -commune	Pendant les travaux

2. Evaluation financière

Tableau A5-2 : devis quantitatif et estimatif des travaux du projet

N°	DESIGNATIONS	U	QTE	P.U	MONTANTS
Lot 100: Travaux préliminaire					
100	Installation et repli de l'entreprise du chantier (y compris les différents matériels du chantier)	FF	1,00	300 000 000	300000000
101	Etude, élaboration du dossier d'exécution	EF	1,00	30 000 000	30000000
				SOUS TOTAL LOT 100	**330 000 000**
LOT 200: Préparation du terrain					
200	Abattage des arbres : circonférence comprise entre 1 et 2m	FF	14,00	50 000	700 000
201	Démolition des cultures se trouvant dans l'emprise de la route	m²	43241,93	200	8 648 386
201	Démolition des bâtis se trouvant dans l'emprise de la route	FF	23,00	270 000	6 210 000
202	Nettoyage et débroussaillage de l'emprise de la route	m²	37230,01	200	7 446 002
				SOUS TOTAL LOT 200	**23 004 388**
LOT 300: Terrassement généraux					
300	Décapage de terre végétale (20 cm)	m²	80471,94	900	72 424 746
301	Remblais ordinaire provenant d'emprunts y compris extraction, transport et mise en œuvre	m³	44059,90	7 000	308 419 300
302	Déblais meuble	m³	37654,00	4 000	150 616 000
303	Reprofilage des espaces de l'emprise sur 100 cm	m²	3742,88	1 200	4 491 456
				SOUS TOTAL LOT: 300	**535 951 502**
LOT 400: Réalisation des couches de chaussées					
400	Couche de forme de 15 cm en graves latéritiques non traité GL2 de module 240 Mpa	m³	6456,5	6 500	41 967 250
401	Couche de fondation de 15 cm en graves latéritiques amélioré au ciment GLa de module 800 Mpa	m³	6456,50	6 500	41 967 250
402	Couche de Base de 15 cm en Grave bitume (Gb2)	m³	6456,50	7 000	45 195 500
403	Imprégnation au bitume fluidifié (cut-back)	m²	43043,13	1 000	43 043 130
404	Revêtement de 5 cm en béton bitumineux semi-grenu (BBSG)	T	5057,58	60 000	303 454 560
				SOUS TOTAL LOT: 400	**475 627 690**

N°	DESIGNATIONS	U	QTE	P.U	MONTANTS
LOT 500: Assainissement et drainage					
500	Fournitures et poses des caniveaux en béton armé de 100 x 100	ml	2950,0	70 000	206 500 000
501	Fournitures et poses des dalettes en béton armé pour caniveaux	ml	2950,00	50 400	148 680 000
502	Fouilles des fossés en terre	ml	4535,76	3 500	15 875 160
503	Fourniture et mise en œuvre des bordures en béton de type P3 pour protection des talus	ml	4535,76	6 500	29 482 440
504	Fourniture et mise en œuvre des bordure de type T2+CS2	ml	2950,00	30 000	88 500 000
				SOUS TOTAL LOT: 500	**489 037 600**
LOT600: Ouvrage de franchissement (pont)					
600	Réalisation des fondations sur pieux	m³	1884,0	180 000	339 120 000
601	Béton de propreté B30 pour semelle de classe XS1	m³	85,3	83 000	7 075 750
602	Béton B30 pour semelle de classe XS1	m³	1023,00	180 000	184 140 000
603	Béton B30 pour piles de classe XS1	m³	1002,92	180 000	180 525 600
604	Béton B30 pour culées de classe XS1 (mur de front, mur en retour, mur garde grève, dalle de transition, corbeau d'appuis)	m³	1300,00	180 000	234 000 000
605	Béton B30 pour chevêtre de classe XS1	m³	353,40	180 000	63 612 000
606	Béton armé B30 pour Bossage de 50 x 40 cm² avec 15 cm d'épaisseur de classe XC4	m³	4,32	180 000	777 600
607	Fourniture et pose des appareils d'appuis en élastomère fretté de 30*40*5 cm³	dam³	864,00	45 000	38 880 000
608	Fourniture et pose des corniches préfabriquées en béton armé	ml	360,00	50 000	18 000 000
609	Béton B30 pour poutre de classe XC4	m³	709,92	180 000	127 785 600
610	Béton B30 pour entretoise de classe XC4	m³	150,73	180 000	27 131 400
611	Béton B30 pour Hourdis et prédalle de classe XC4	m³	579,60	180 000	104 328 000
612	Fourniture et pose des gargouille pour descente d'eau	FF	20,00	35 000	700 000
613	Fourniture et pose des barrières de sécurité BN4	ml	360,00	200 000	72 000 000
614	Fourniture et pose des garde-corps de type S8 ou S7	ml	360,00	28 000	10 080 000
615	Fourniture et pose des joints de chaussée	ml	29,00	190 000	5 510 000

N°	DESIGNATIONS	U	QTE	P.U	MONTANTS
616	Couche de revêtement	T	222,08	60 000	13 324 500
617	Couche d'étanchéité	m²	1890,00	8 000	15 120 000
618	Fourniture et pose des pavés pour trottoir	m²	630,00	5 000	3 150 000
619	Armature pour poutre du tablier	kg	117 137	700	81 995 760
619	Armature pour entretoise du tablier	kg	12 058	700	8 440 880
619	Armature pour hourdis du tablier	kg	310 086	700	217 060 200
620	Armature pour chevêtre	kg	58 311	700	40 817 700
621	Armature pour élément en béton armé des appuis (piles)	kg	150 438	700	105 306 600
621	Armature pour élément en béton armé des appuis (culées)	kg	195 000	700	136 500 000
622	Armature pour semelles	kg	99 743	700	69 819 750
623	Armature pour fondations en pieux	kg	739 470	700	517 629 000
				SOUS TOTAL LOT: 600	**2 622 830 340**
LOT 700: Signalisation et sécurité					
700	Fourniture et pose des Panneaux de signalisation	U	20,0	317 000	6 340 000
701	Marquage en peinture blanche retro-fléchissante axiale discontinue T1	ml	3922,9	1 090	4 275 940
702	Marquage en peinture blanche retro-fléchissante de rive discontinue	ml	7845,8	1 090	8 551 922
703	Marquage en peinture blanche retro-fléchissante (passage piéton et marquage spéciaux)	m²	30,0	16 500	495 000
704	Marquage en peinture blanche retro-fléchissante (Zébra)	m²	10,0	16 500	165 000
705	Eclairage public : éclairage solaire (fourniture et pose des candélabres de type simple poste y compris tout accessoires et tout branchement). Espacement des candélabre : 35 m	U	50,00	2 300 000	115 000 000
				SOUS TOTAL LOT: 700	**134 827 862**
LOT 800: Mesures environnementales et sociales					
800	Plantation de reboisement compensatoire de 85 arbres, en compensation des 17 arbres abattus dans l'emprise des travaux coté agglomération	U	85,0	30 000	2 550 000
801	Plantation d'arbres et d'arbustes dans une zone de culture d'anacardiers en rase campagne, en compensation des 220 arbres abattus	U	220,0	30 000	6 600 000

N°	DESIGNATIONS	U	QTE	P.U	MONTANTS
802	Indemnisation des cultures de riz affectées par les travaux	m²	21270,4	2 000	42 540 800
803	Indemnisation des propriétaire des arbres d'anacardiers abattus	U	220,0	50 000	11 000 000
804	Arrosage régulier et systématique du chantier pendant toute la durée des travaux, à la satisfaction des populations riveraines afin de réduire les émission de poussières	FF	1,0	5 000 000	5 000 000
805	Contrôle et visite technique régulière des engins et véhicules de chantier pour réduire les émissions et propagations des fumées	PM	PM	PM	Prérogative de l'entreprise
806	mise en place des systèmes d'insonorisation et entretien régulier des véhicules et engins de chantier dans l'optique de réduire les nuisances sonores	PM	PM	PM	Prérogative de l'entreprise
807	Réalisation de centre de collecte et de tri pour stockage des déchets de la population riveraine	FF	1,0	5 000 000	5 000 000
808	Installation des forages au profit des populations riveraines n'ayant pas accès à l'eau potable, également pour permettre le développement des cultures.	FF	2,0	1 000 000	2 000 000
809	Indemnisation des habitations affectées par les travaux en zone urbaine	U	15,00	5 000 000	75 000 000
810	Indemnisation des infrastructures socio-économiques affectées par le projet (clôture des établissements d'scolaires, magasins, pharmacies, etc)	ml	2950,00	5 000	14 750 000
811	Sensibilisation du personnel de chantier et des populations riveraines sur les consignes de sécurité, les maladies (IST, VIH/SIDA), les violences basées sur le genre et les grossesses non désirées	Séance	3,00	1 000 000	3 000 000
812	Campagne de dépistage contre les maladies sexuellement transmissible et distribution de préservatif pour éviter les maladies	FF	1,00	5 000 000	5 000 000
813	Dotation du personnel de chantier en équipements de protection individuelle	FF	1,00	5 000 000	5 000 000
814	Sensibilisation du personnel de chantier sur les bonnes pratiques environnementales, le port constant des équipements de protection individuelle et le respect de la faune et la flore	Séance	3,00	1 000 000	3 000 000
815	Sensibilisation du personnel de chantier au respect des us et coutumes de la localité	Séance	3,00	1 000 000	3 000 000
816	sensibilisation du personnel de chantier et des populations riveraines sur les consignes de sécurité liées à la circulation sur le site et aux alentours du site des travaux	Séance	3,00	1 000 000	3 000 000

N°	DESIGNATIONS	U	QTE	P.U	MONTANTS
817	Information et salutation des autorités coutumières et locales et réalisation de sacrifices si nécessaire, afin d'assurer le bon déroulement des travaux	FF	1,00	1 500 000	1 500 000
818	Elaboration et mise en œuvre de plan de gestion des déchets de chantier par l'entreprise durant la phase des travaux	PM	PM	PM	Prérogative de l'entreprise
819	Elaboration et application d'un plans de gestion lors de l'exploitation des sites d'emprunt des matériaux	PM	PM	PM	Prérogative de l'entreprise
820	Mise en place d'une mini-unité de santé pour assurer les premiers soins en cas d'accident	PM	PM	PM	Prérogative de l'entreprise
821	Séances d'éducation environnementale et sociale destinées aux populations riveraines et au personnel de chantier sur le respect des différentes mesures environnementales et sociales	PM	PM	PM	Prérogative de l'entreprise
822	Suivi rigoureux des différentes activités et vérification de l'application effective des mesures environnementales et sociales	PM	PM	PM	Prérogative de l'entreprise
				SOUS TOTAL LOT 900:	**187 940 800**
				TOTAL GENERALE HTVA	**4 799 220 182**
				TVA (19%)	**911 851 835**
				Imprévus (3%)	**143 976 605**
				TOTAL GENERALE TTC	**5 855 048 622**

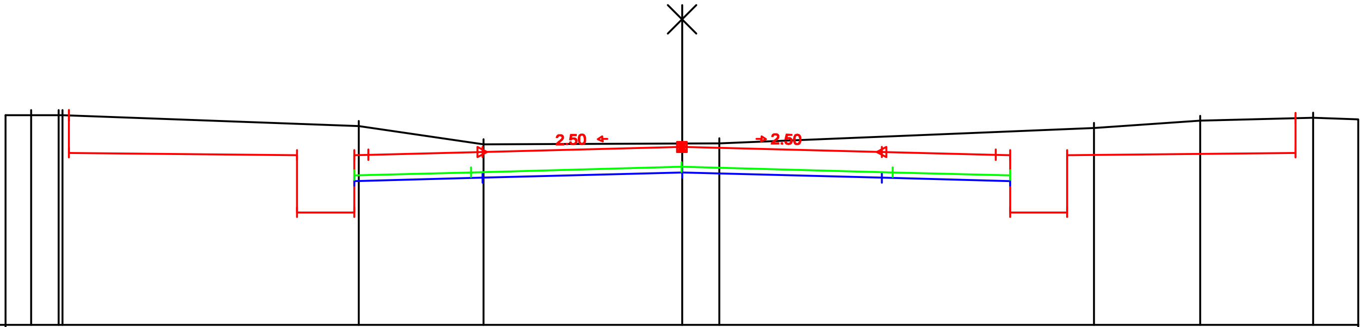
Arrêté le présent devis à la somme de : **Cinq milliards huit cent cinquante-cinq millions quarante-huit mille six cent vingt-deux francs CFA**

PROFIL 6

CR.PIS

S = 79.770
ZTN = 26.174
ZPRO= 26.112

ECHS=1/ 100
ECHZ=1/ 100
PC = 23.0
LICENCE : 3958



		Values
TERRAIN	DISTANCES	-11.86, -11.41, -10.92, -10.85, -5.67, -3.47, 0.65, 7.23, 9.09, 11.07, 11.86
	COTES	26.66, 26.67, 26.67, 26.67, 26.48, 26.16, 26.18, 26.45, 26.57, 26.62, 26.59
DECAPAGE	DISTANCES	-10.75, -10.75, 10.75, 10.75
	COTES	26.66, 26.66, 26.62, 26.62
PROJET	DISTANCES	-10.75, -10.75, -6.75, -6.75, -5.75, -5.75, -5.50, -3.50, 0.00, 3.50, 5.50, 5.75, 5.75, 6.75, 6.75, 10.75, 10.75
	COTES	26.66, 26.01, 25.97, 24.97, 24.97, 25.97, 25.97, 26.02, 26.11, 26.02, 25.97, 25.97, 24.97, 24.97, 25.97, 26.01, 26.62
FORME	DISTANCES	-5.75, -3.70, 0.00, 3.70, 5.75
	COTES	25.62, 25.67, 25.76, 25.67, 25.62
ASSISE	DISTANCES	-5.75, -3.50, 0.00, 3.50, 5.75
	COTES	25.52, 25.57, 25.66, 25.57, 25.52

REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME
- - - - - - - - - - - - -
DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT
- - - - - - - - -
SECRETARIAT GENERAL
- - - - - - - - -
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

AGEIM Ingénieurs Conseils
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Profil en travers courant
Route en agglomération_profil 6

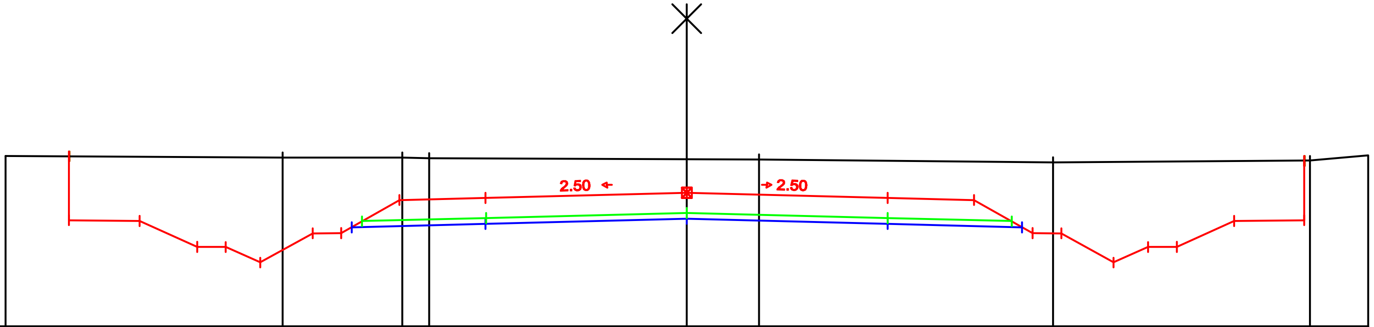
Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4

PROFIL 121

CR.PIS

S = 3827.059
ZTN = 38.903
ZPRO= 38.313

ECHS=1/ 100
ECHZ=1/ 100
PC = 36.0
LICENCE : 3958



TERRAIN

DISTANCES	-11.86	-7.04	-4.96	-4.49	1.25	6.37	10.85	11.86
COTES	38.96	38.93	38.93	38.92	38.90	38.85	38.87	38.97

DECAPAGE

DISTANCES	-10.75	-10.75	10.75	10.75
COTES	38.95	38.95	38.87	38.87

PROJET

DISTANCES	-10.75	-10.75	-9.52	-8.52	-8.02	-7.42	-6.52	-6.02	-5.00	-3.50	0.00	3.50	5.00	6.02	6.52	7.42	8.02	8.52	9.52	10.75	10.75
COTES	38.95	37.84	37.83	37.38	37.37	37.10	37.61	37.61	38.19	38.23	38.31	38.23	38.19	37.61	37.61	37.10	37.37	37.38	37.83	37.84	38.87

FORME

DISTANCES	-5.65	-3.50	0.00	3.50	5.65
COTES	37.82	37.88	37.96	37.88	37.82

ASSISE

DISTANCES	-5.84	-3.50	0.00	3.50	5.84
COTES	37.72	37.78	37.86	37.78	37.72

REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

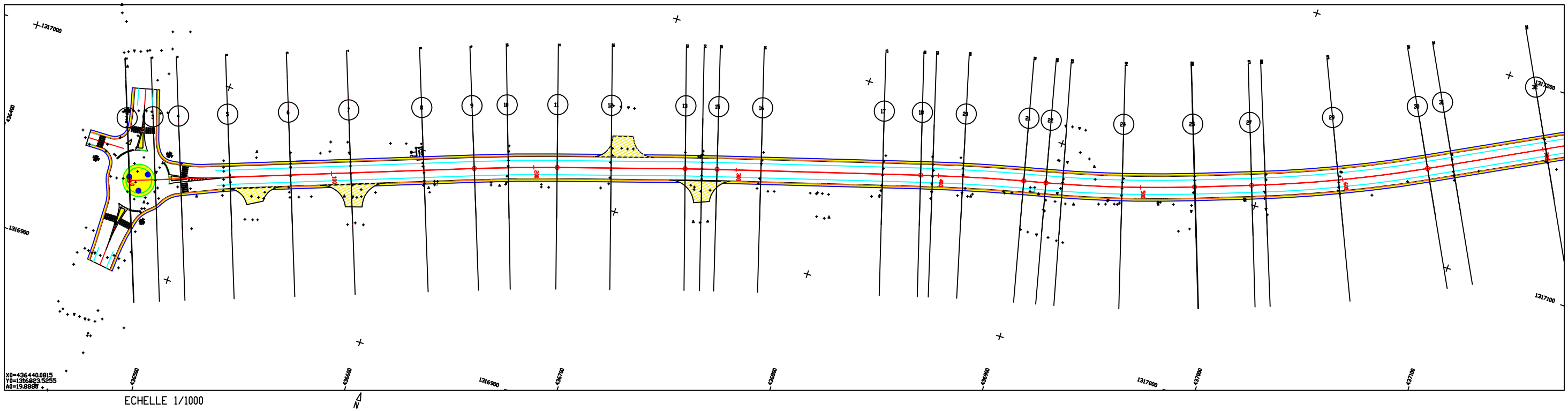
AGEIM Ingénieurs Conseils
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

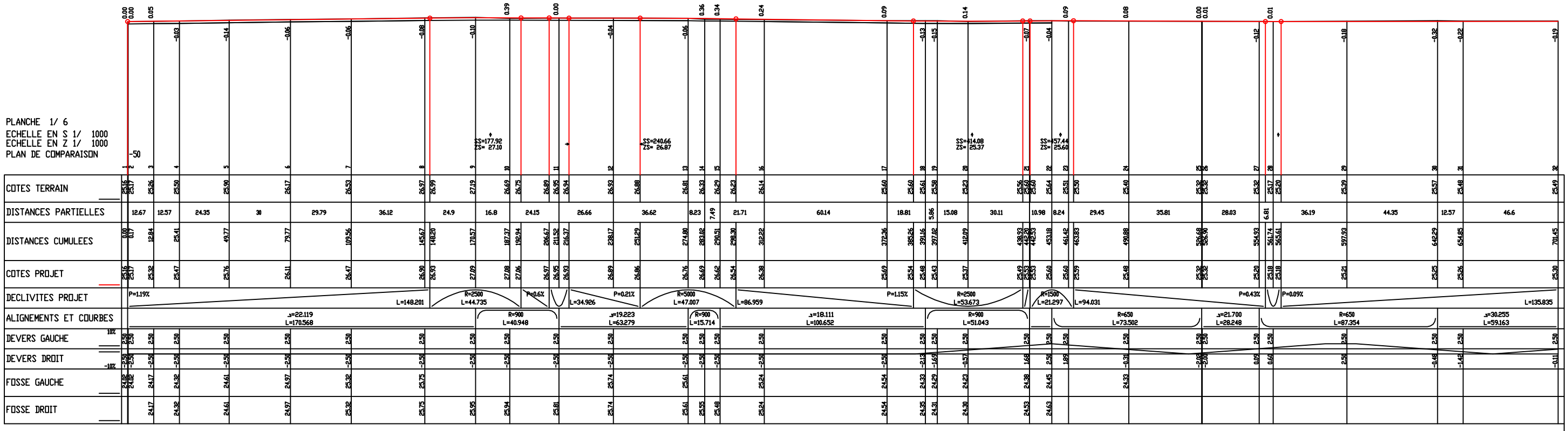
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Profil en travers courant
Route en rase campagne_profil 121

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4





REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU

Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

- - - - - - - - - - - - -

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO

La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

- - - - - - - - -

SECRETARIAT GENERAL

- - - - - - - - -

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

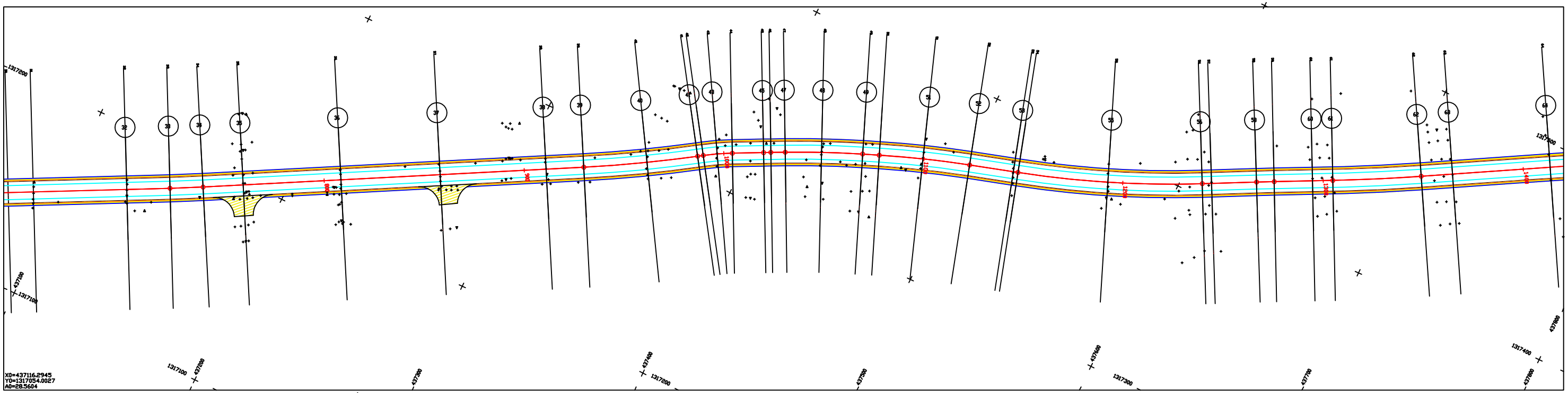
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

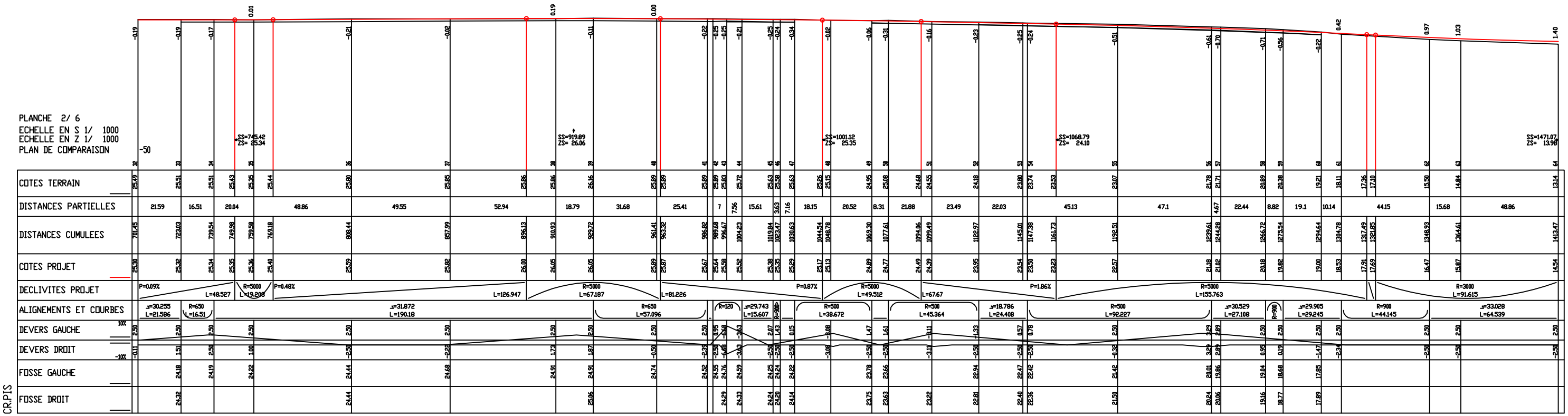
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU, INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Tracé Combiné Aménagement_Profil en long

Vérifier par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifier par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A3





LICENCE : 3958

REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

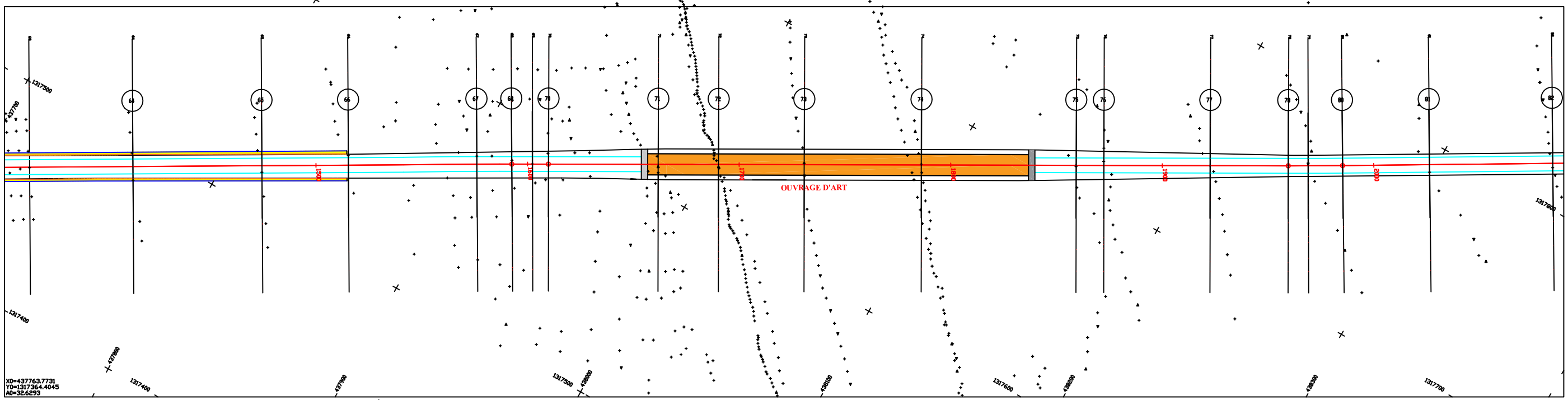
AGEIM Ingénieurs Conseils
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU, INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

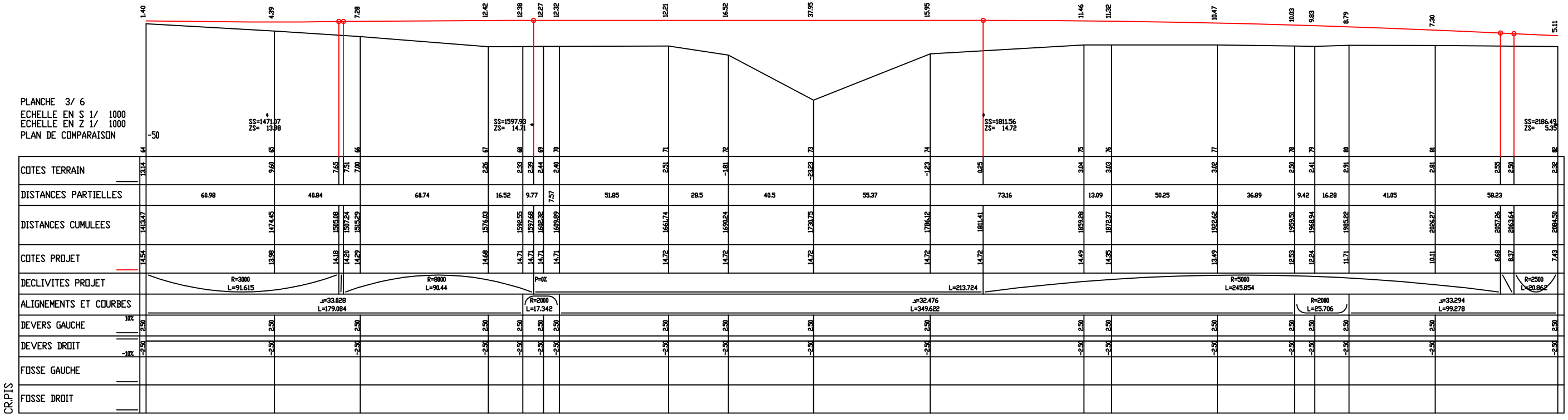
Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Tracé Combiné Aménagement_Profil en long

Vérifier par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifier par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A3



ECHELLE 1/1000



LICENCE : 3998

REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT
SECRETARIAT GENERAL
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

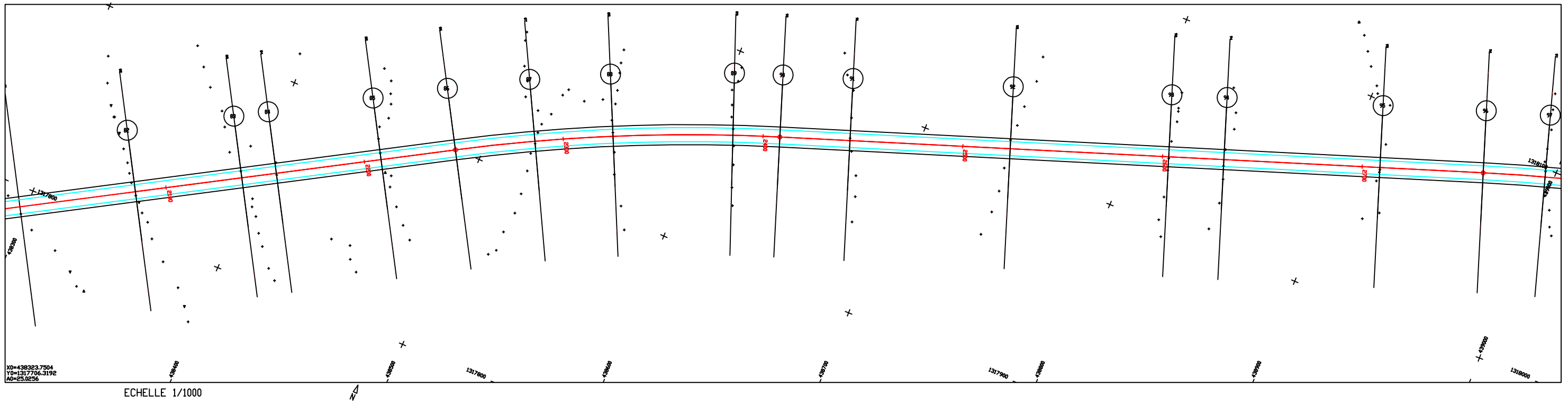
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

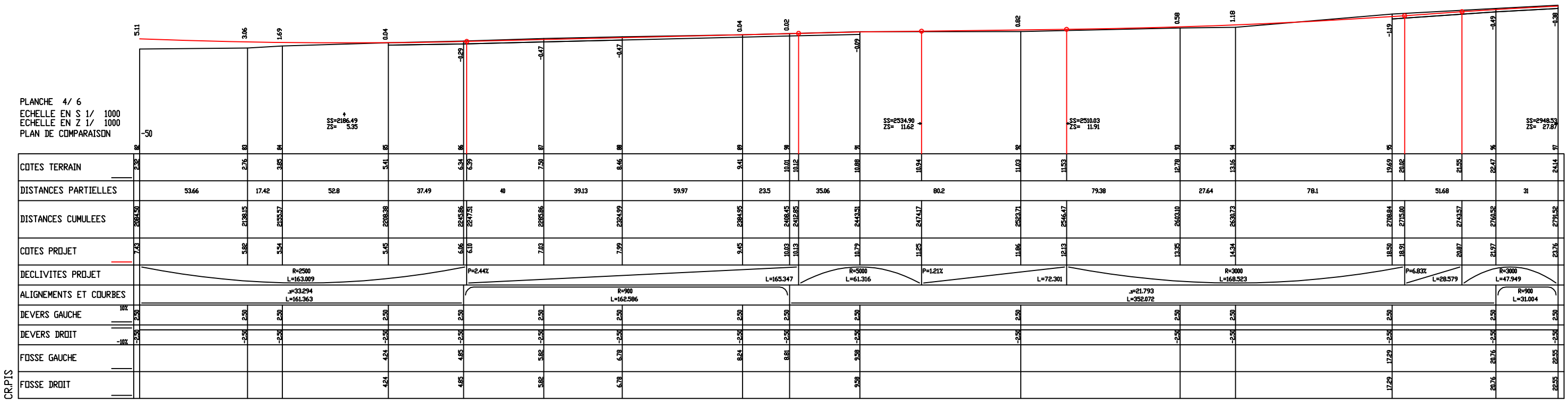
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU, INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Tracé Combiné Aménagement_Profil en long

Vérifier par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifier par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A3





REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU

Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

- - - - - - - - - - - - -

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO

La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

- - - - - - - - -

SECRETARIAT GENERAL

- - - - - - - - -

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

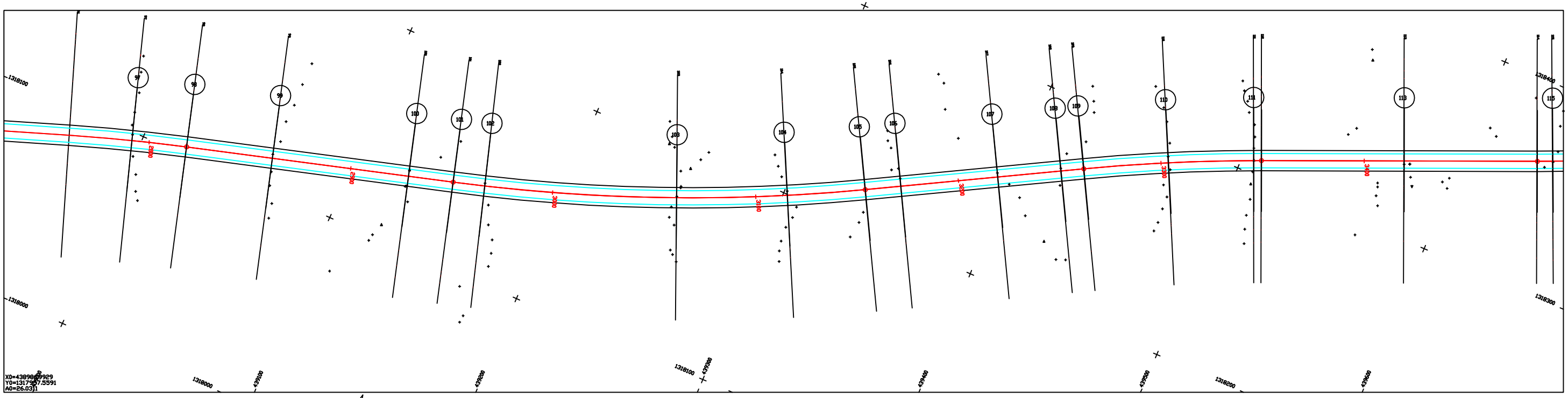
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

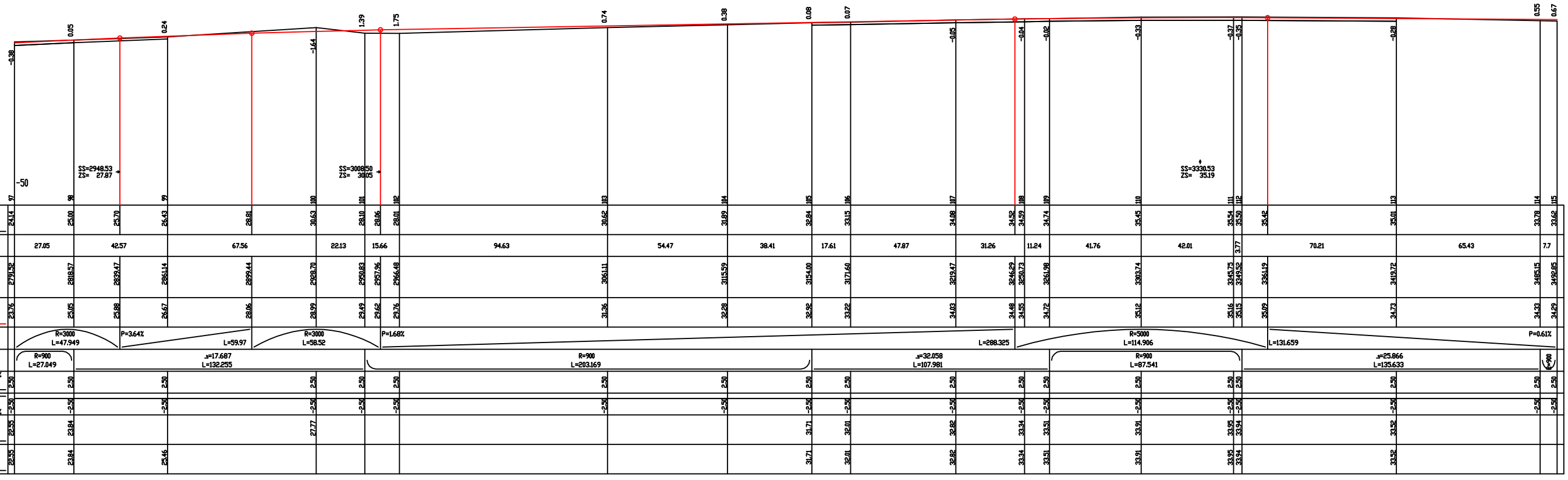
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU, INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Tracé Combiné Aménagement_Profil en long

Vérifier par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifier par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A3





LICENCE : 3958

REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT
SECRETARIAT GENERAL
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

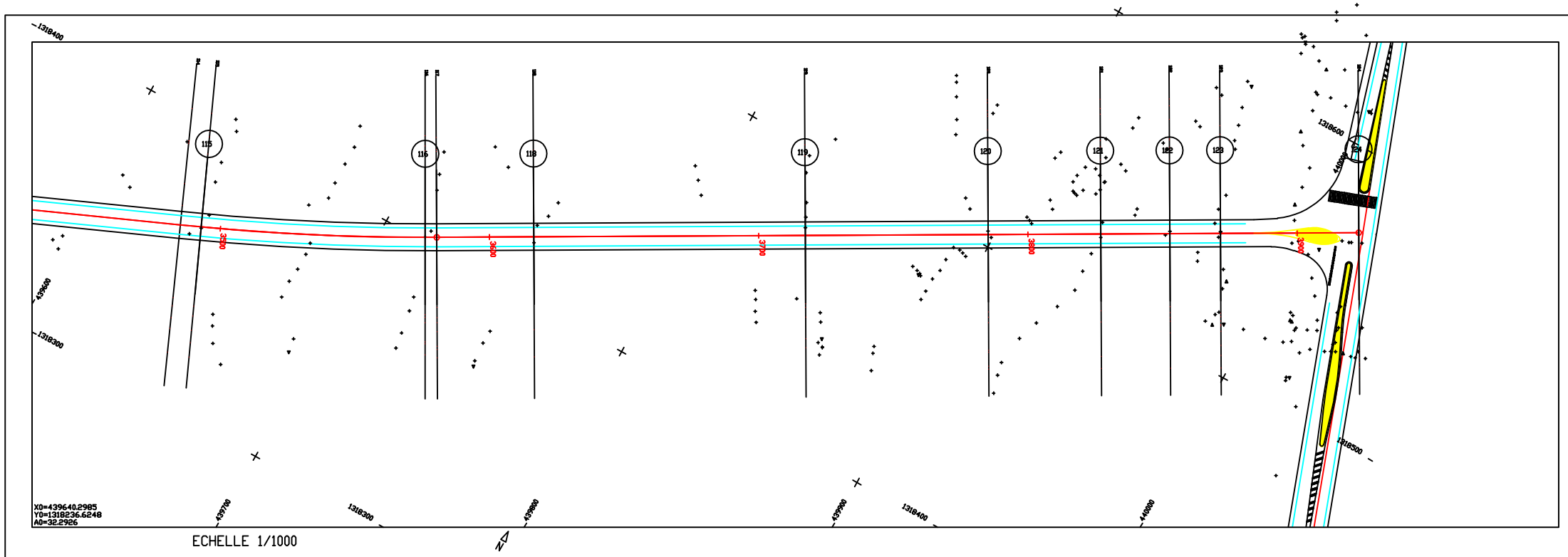
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU, INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

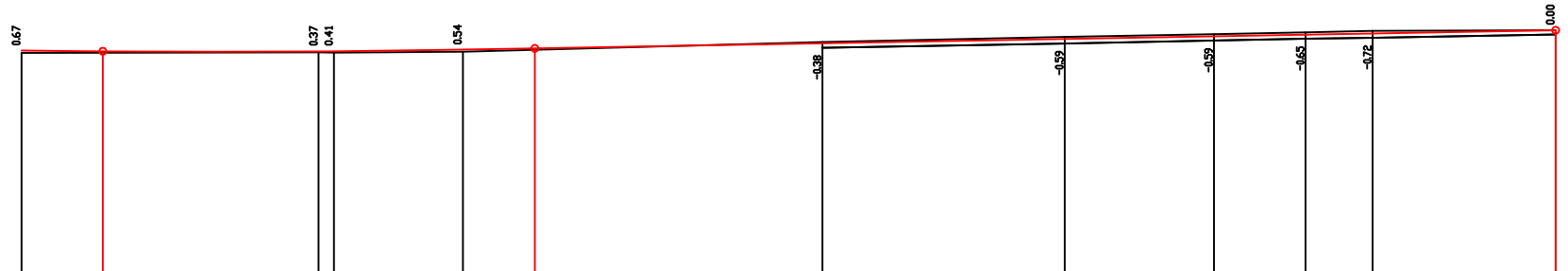
Tracé Combiné Aménagement_Profil en long

Vérifier par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifier par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A3



ECHELLE 1/1000

PLANCHE 6/ 6
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 1000
PLAN DE COMPARAISON



CRPTS		115		116		117		118		119		120		121		122		123		124				
COTES TERRAIN		33.82	33.66	33.78	33.76	34.01	34.55	36.71	38.14	38.90	39.42	39.83	40.05											
DISTANCES PARTIELLES			83.32	4.28	36.05		100.86		67.85		41.84		25.69		18.78		51.36							
DISTANCES CUMULEES		2492.85	2515.62	2576.17	2598.45	3616.51	3636.72	3717.37	3785.22	3827.96	3852.74	3871.52	3922.88											
COTES PROJET		34.29	34.15	34.14	34.17	34.55	34.87	36.33	37.56	38.21	38.78	39.12	40.05											
DECLIVITES PROJET			P=0.61% L=22.778		R=5000 L=121.098		P=1.81%						L=286.156											
ALIGNEMENTS ET COURBES			R=900 L=87.6				α=32.607 L=342.425																	
DEVERS GAUCHE	10%	2.50		2.50	2.50		2.50		2.50		2.50		2.50		2.50		2.50		2.50					
DEVERS DROIT	-10%	-2.50		-2.50	-2.50		-2.50		-2.50		-2.50		-2.50		-2.50		-2.50		-2.50					
FOSSE GAUCHE								35.12		36.34		37.10		37.57		37.91		38.83						
FOSSE DROIT								35.12		36.34		37.10		37.57		37.91		38.83						

LICENCE : 3958

REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME
- - - - - - - - - - - - -
DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT
- - - - - - - - -
SECRETARIAT GENERAL
- - - - - - - - -
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

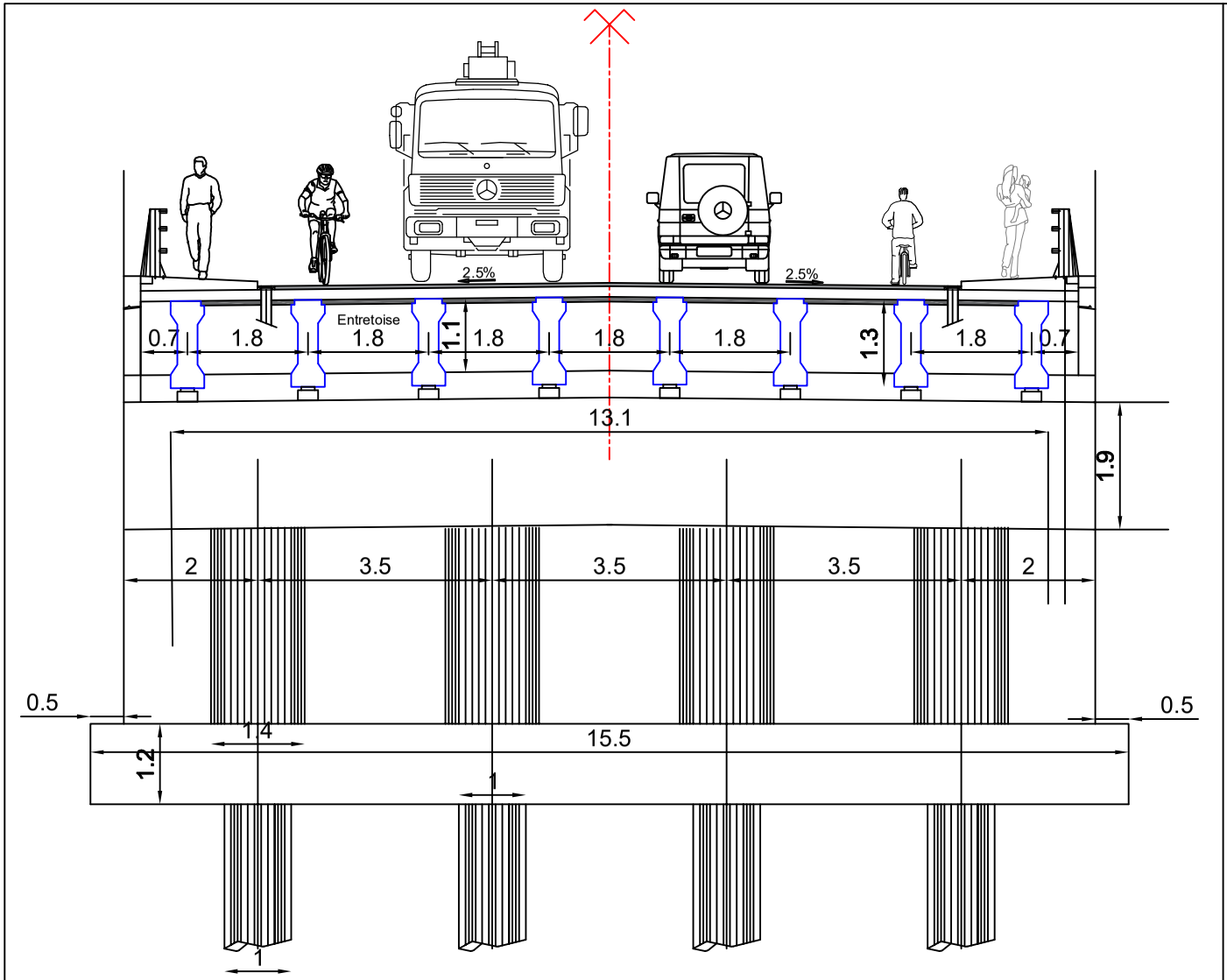
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU, INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

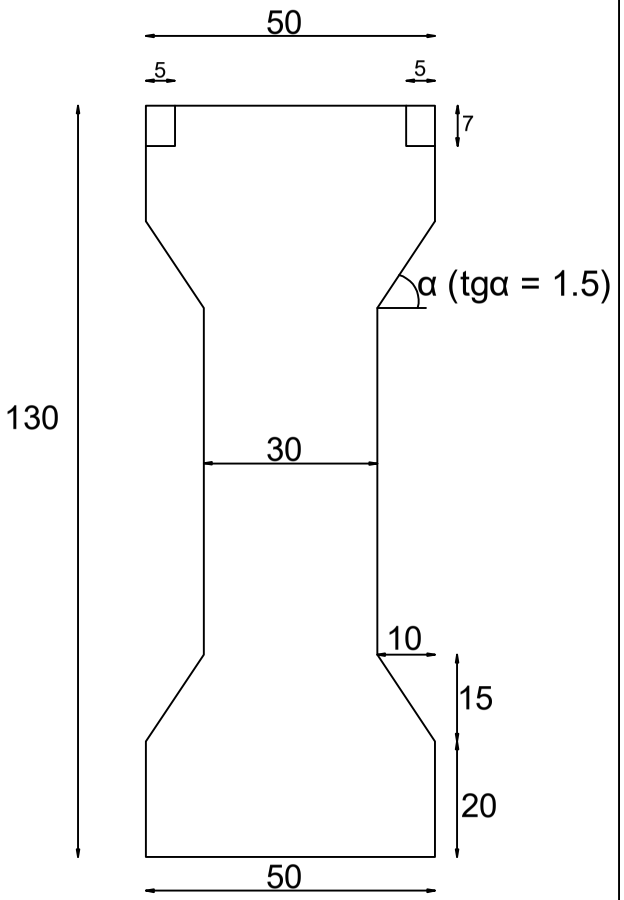
Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Tracé Combiné Aménagement_Profil en long

Vérifier par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifier par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A3



Poutre principale en I



REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

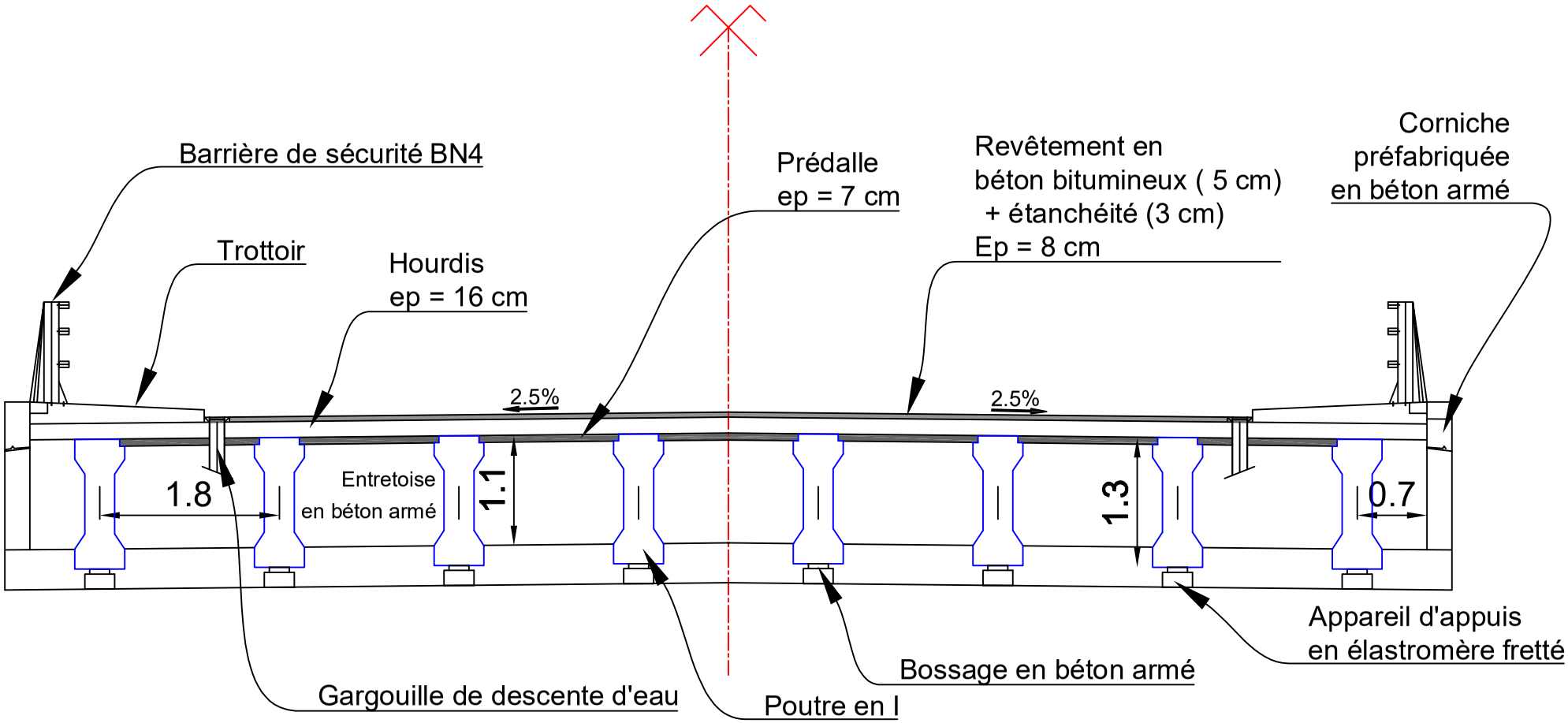
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Coupe transversale du pont

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4



REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

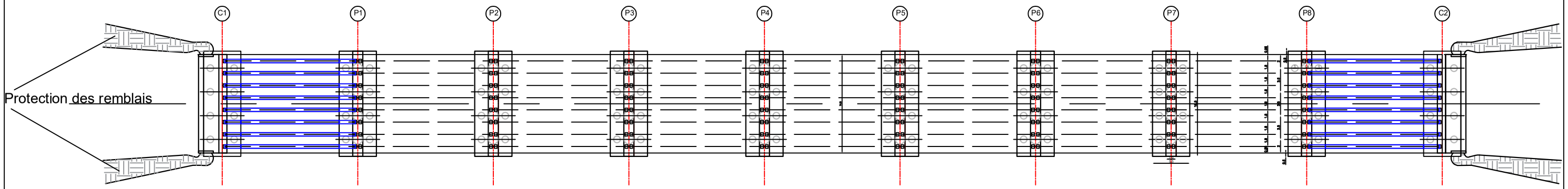
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

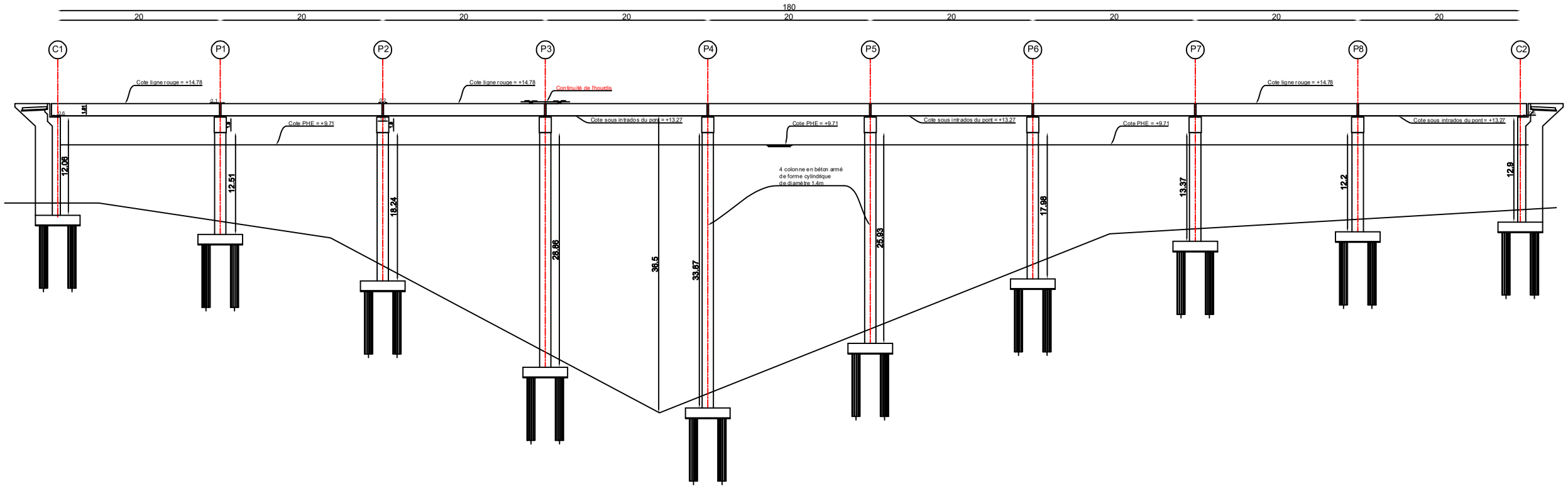
Coupe transversale du tablier

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4

Vue en plan du pont



Profil en long du pont : coupe longitudinale



REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU

Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

BURKINA FASO

La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

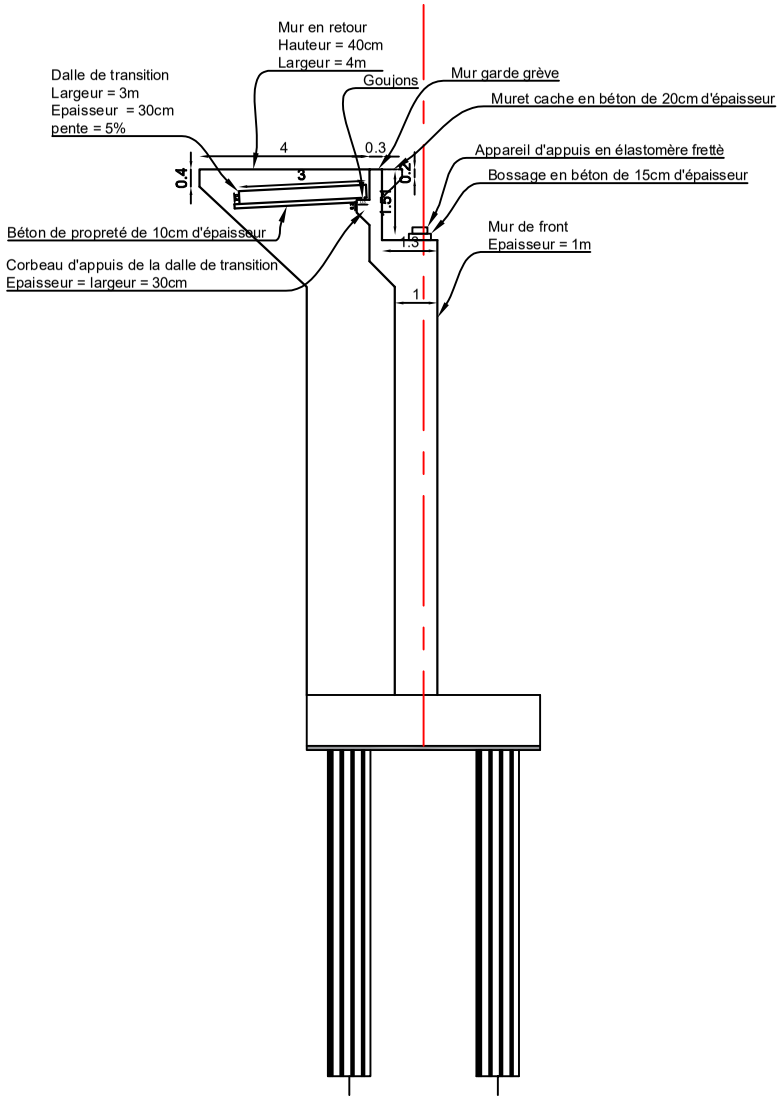
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

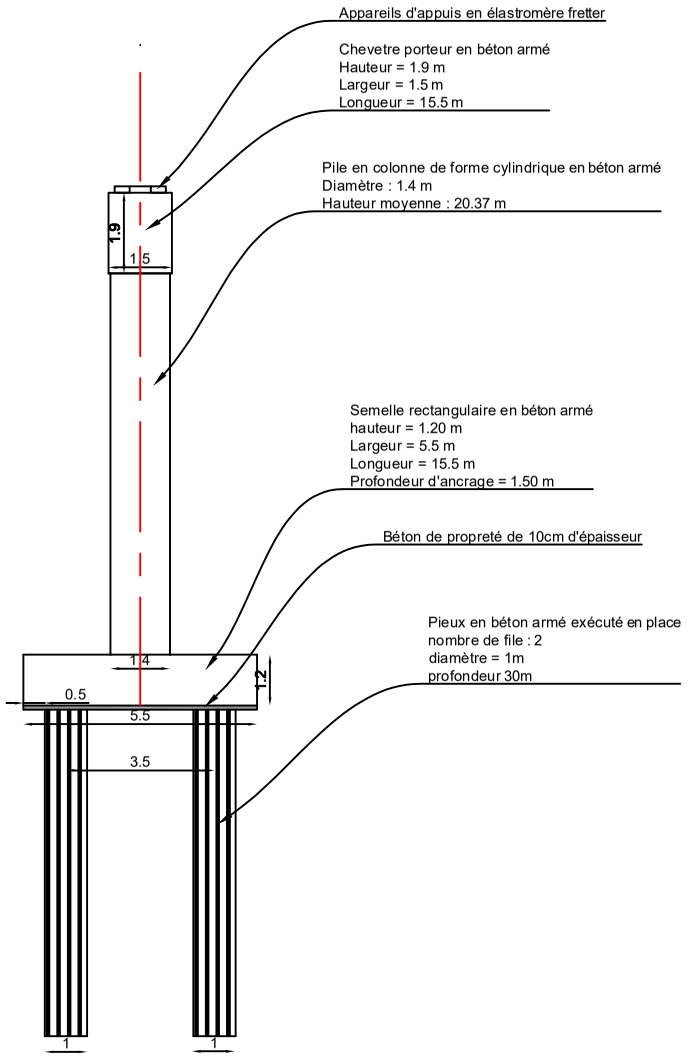
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Vue en plan et coupe longitudinale du pont

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A3





REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

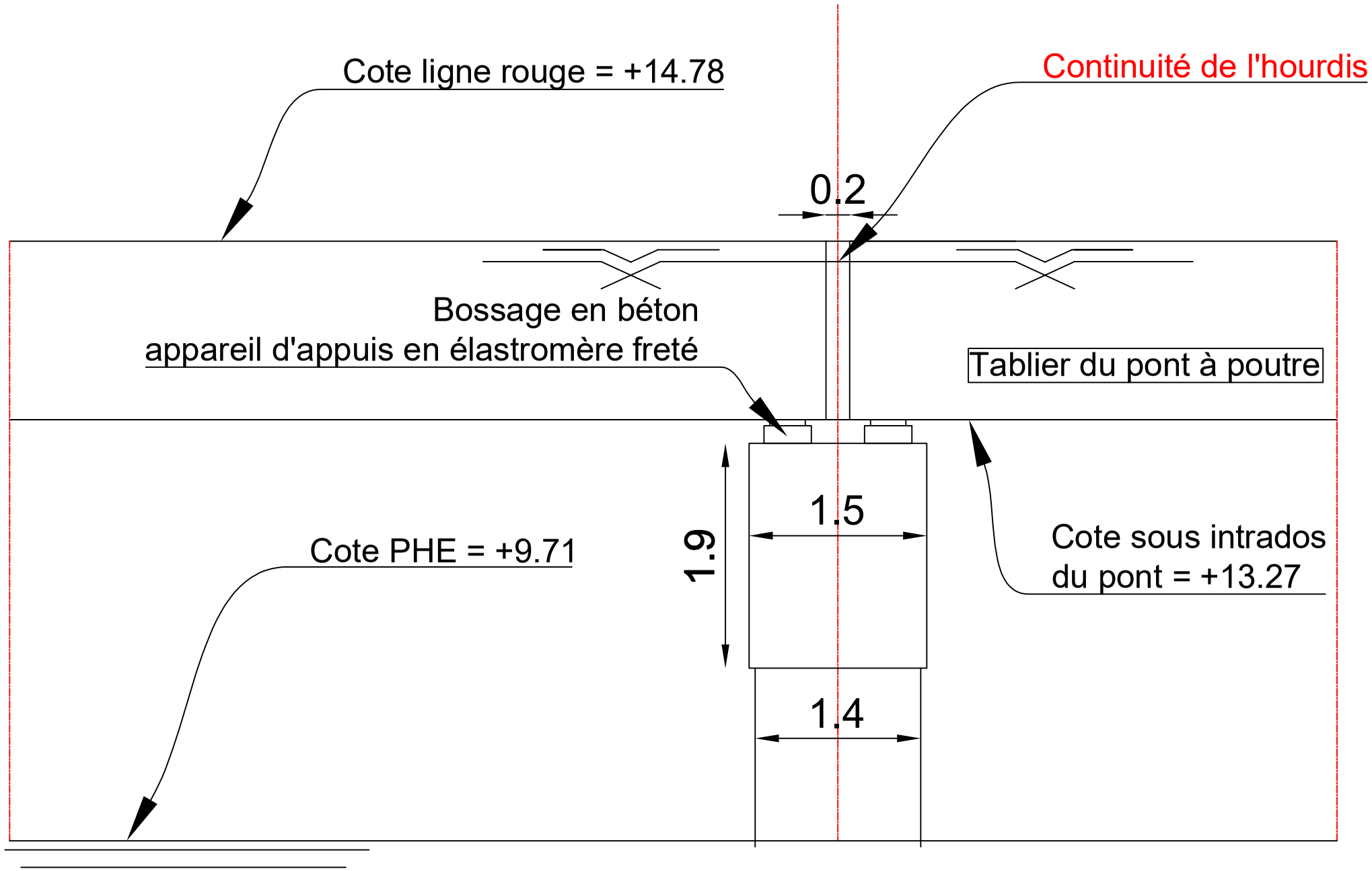
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

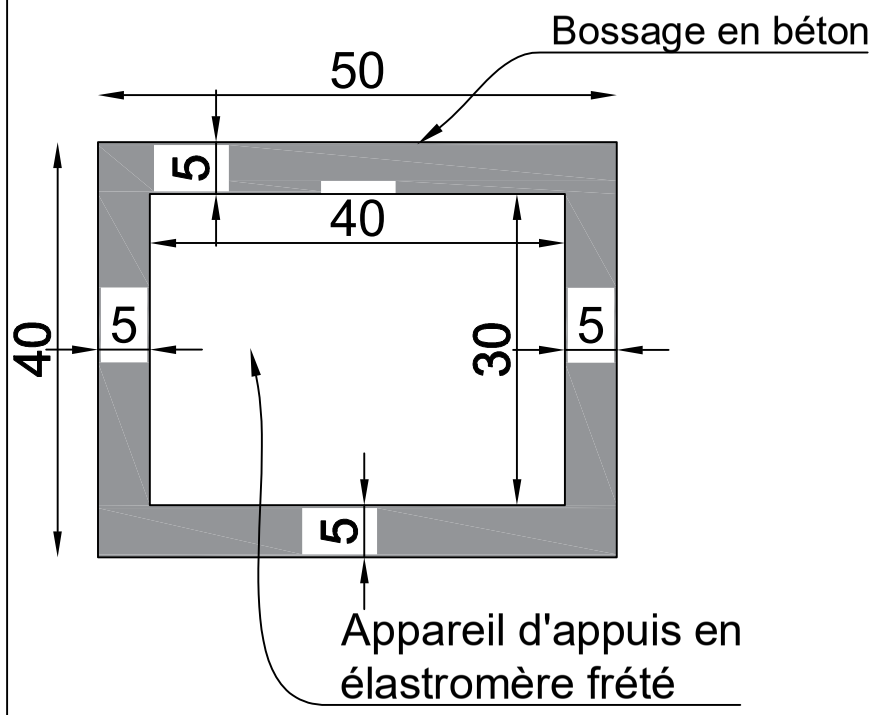
Détails des appuis

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4

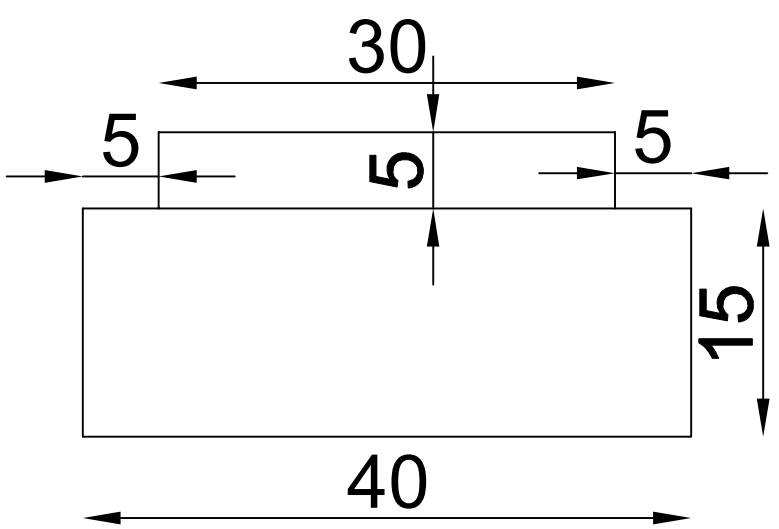
Détail joint de travers



Vue en plan
Bossage et appareil d'appuis



Coupe transversale
Bossage et appareil d'appuis



REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

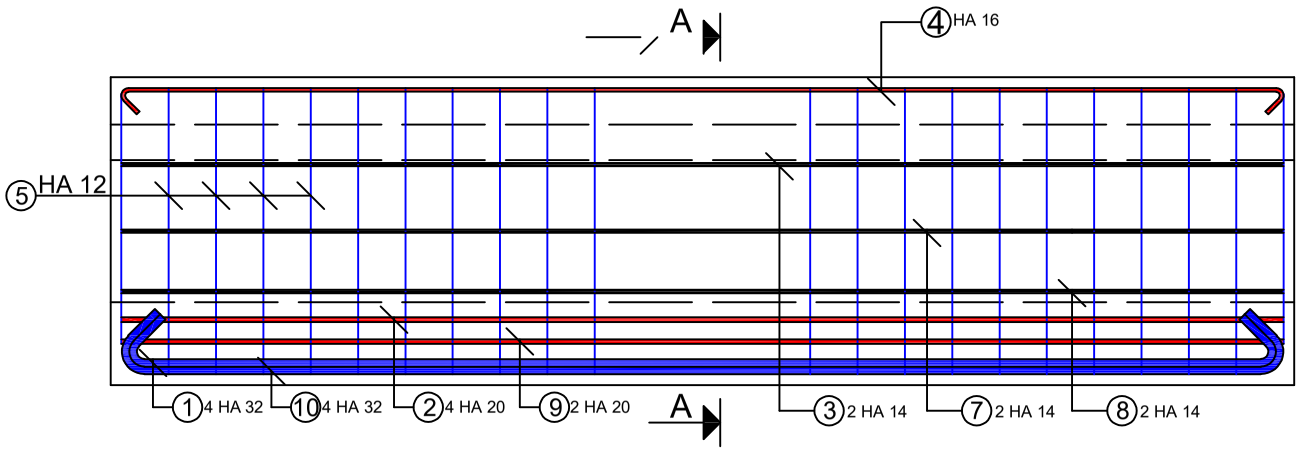
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

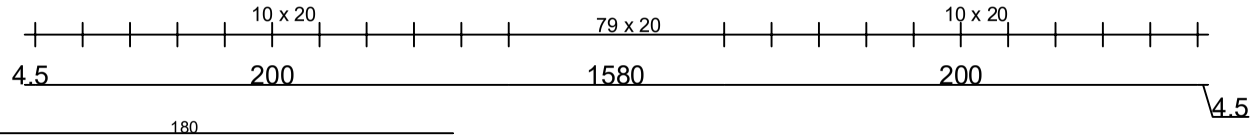
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

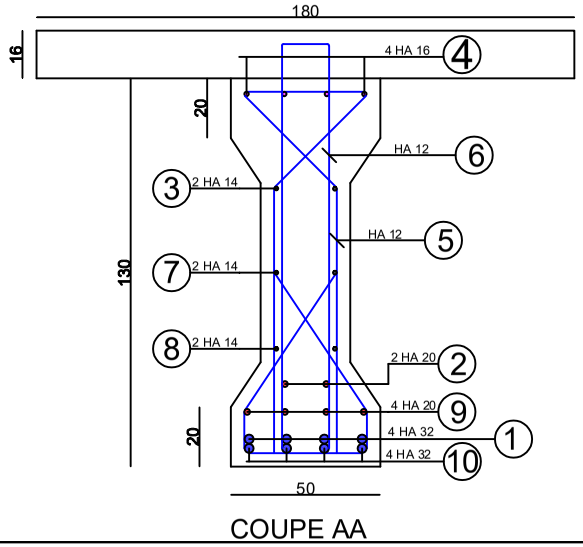
Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Détail sur les joints de travers, bossage et appareil d'appuis

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A3



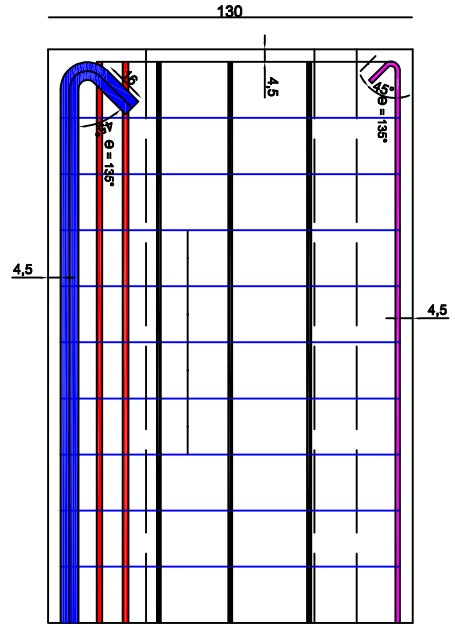


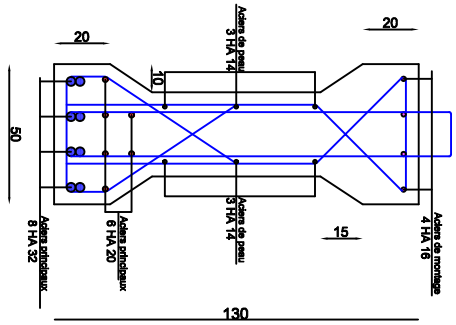


COUPE AA

Pos	Armature		Forme	Nombre
①	HA 32	l = 20.30	HA 32	4
②	HA 20	l = 19.91	HA 20	2
③	HA 14	l = 19.91	HA 14	2
④	HA 16	l = 20.11	HA 16	4
⑤	HA 12	l = 2.95		101
⑥	HA 12	l = 2.9		101
⑦	HA 14	l = 19.91	HA 14	2
⑧	HA 14	l = 19.91	HA 14	2
⑨	HA 20	l = 19.91	HA 20	4
⑩	HA 32	l = 20.30	HA 32	4

Détail férraillage





REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

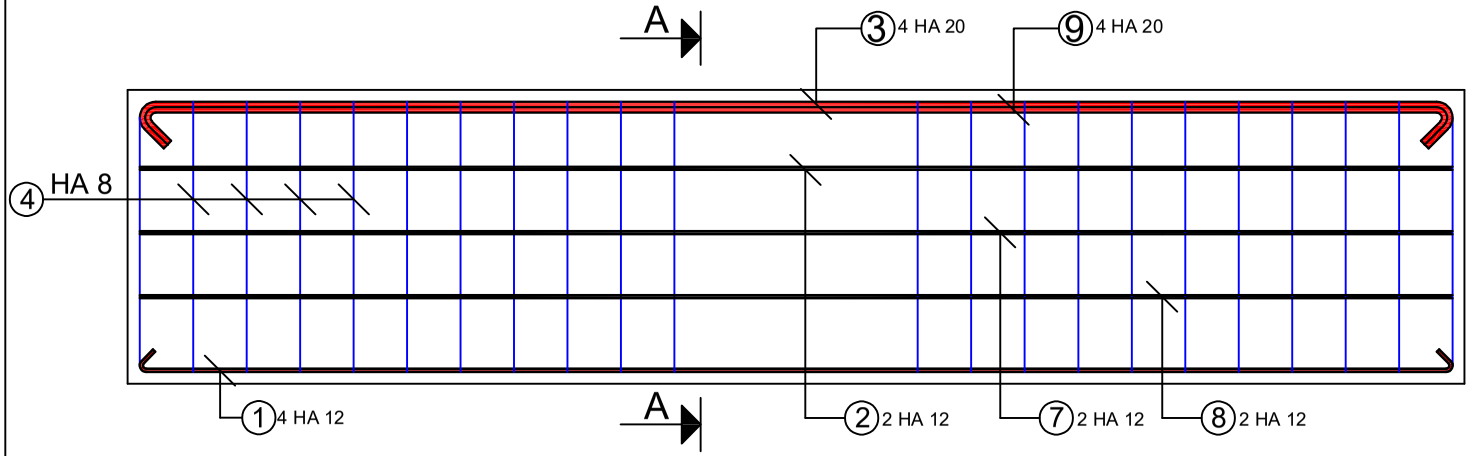
AGEIM Ingénieurs Conseils
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

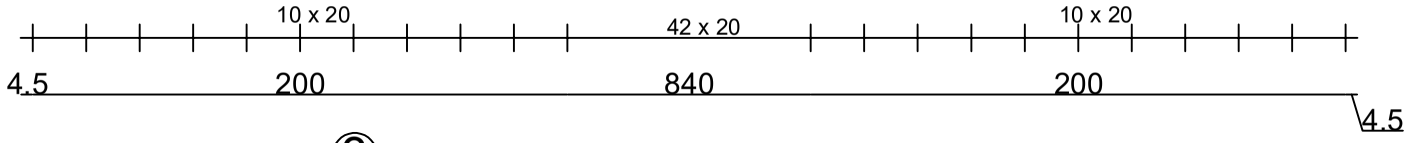
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

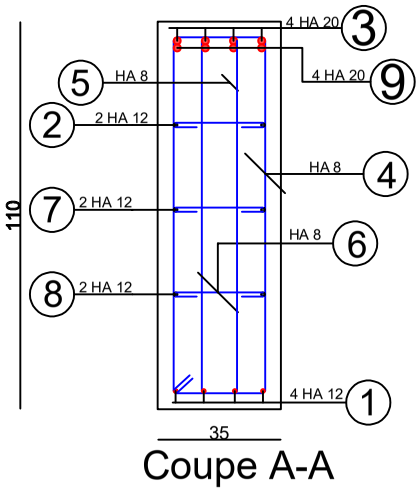
Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Plan de férraillage des poutres

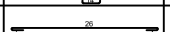
Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4



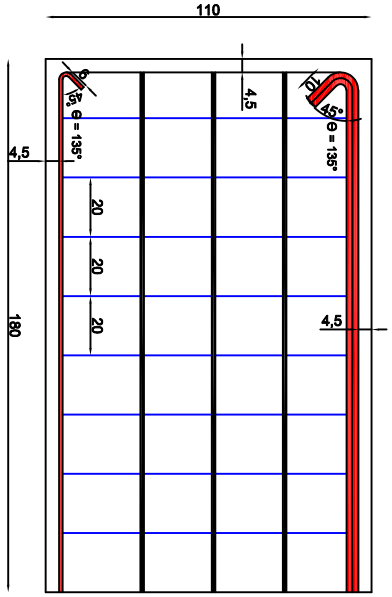


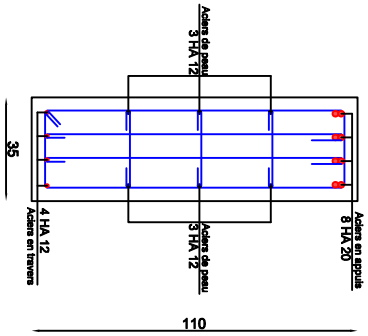


Coupe A-A

Pos	Armature		Forme	Nombre
1	HA 12	l = 12.65	12.65	4
2	HA 12	l = 12.51	12.51	2
3	HA 20	l = 12.75	12.75	4
4	HA 8	l = 2.62		64
5	HA 8	l = 1.09		64
6	HA 8	l = 34		192
7	HA 12	l = 12.51	12.51	2
8	HA 12	l = 12.51	12.51	2
9	HA 20	l = 12.75	12.75	4

Détail férraillage





REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

2iE
Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

AGEIM Ingénieurs Conseils
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

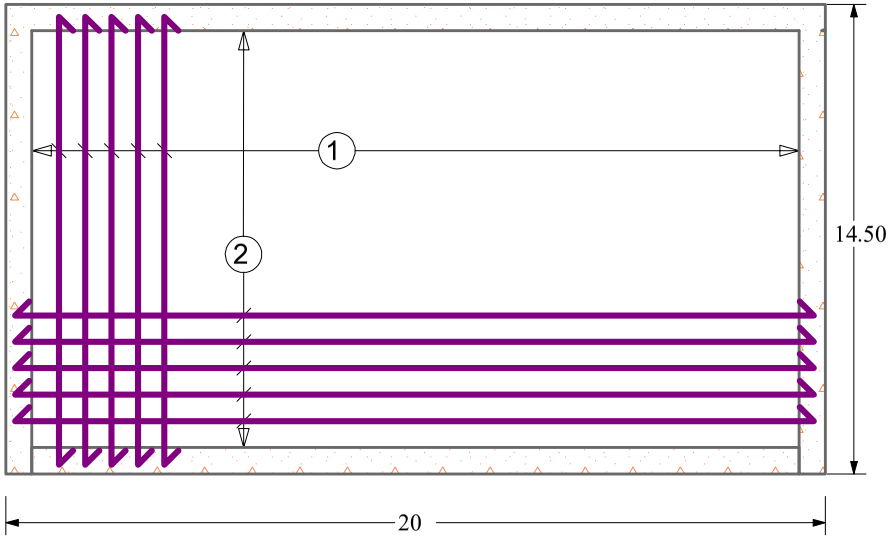
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

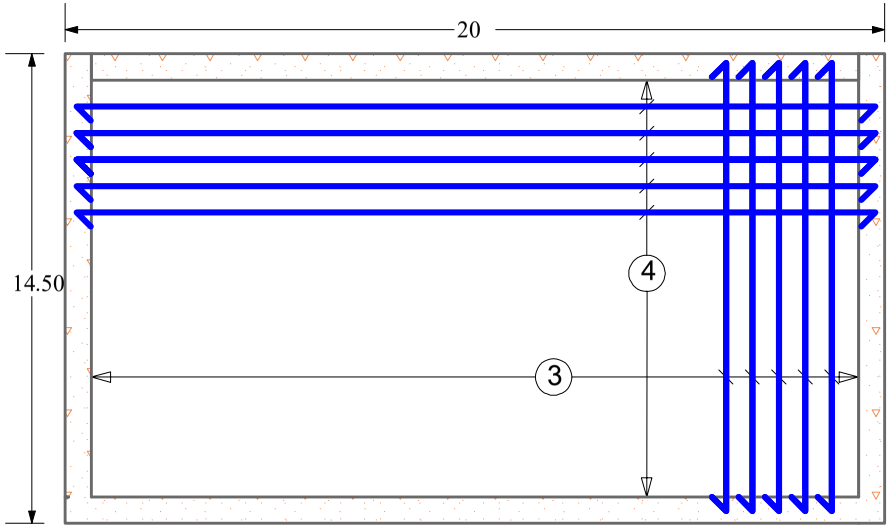
Plan de férraillage des entretoises

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4

Pos.	Armature		Forme	Acier
1	Ø20 Esp=15 cm	l=20	20	HA 500
2	Ø25 Esp=15 cm	l=14,5	14,5	HA 500
3	Ø25 Esp=15 cm	l=20	20	HA 500
4	Ø25 Esp=15 cm	l=14,5	14,5	HA 500



NAPPE SUPERIEURE



NAPPE INFERIEURE

REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

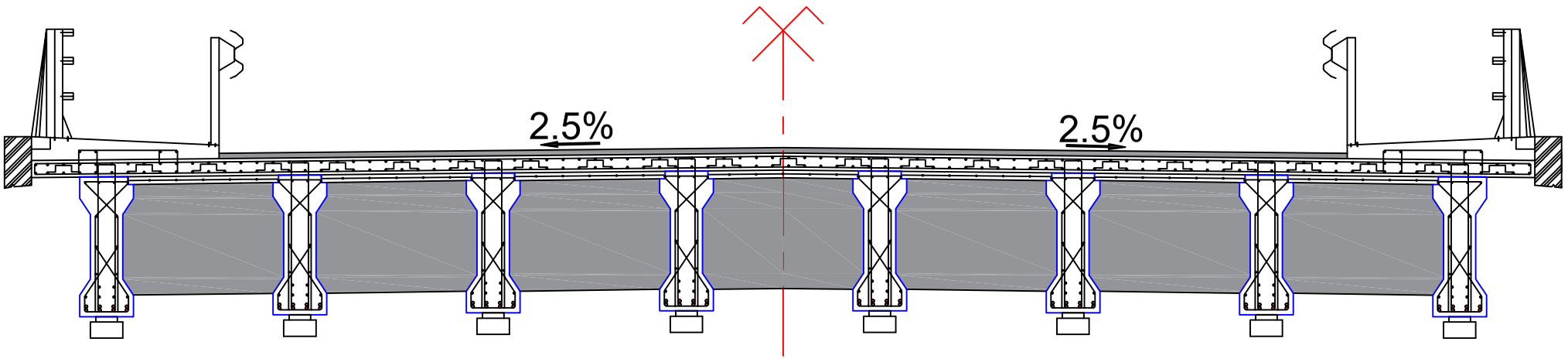
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

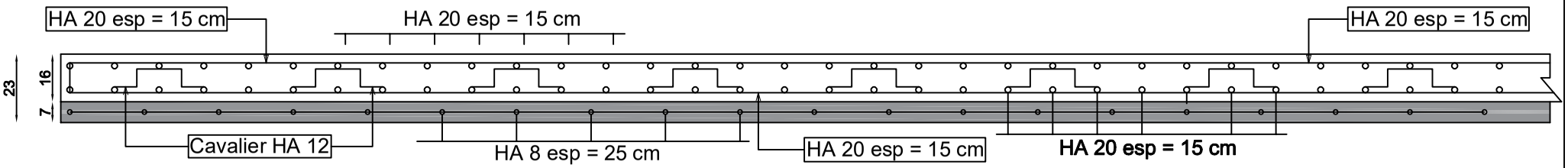
Plan de férraillage de l'hourdis

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4

Ferraillage Coupe transversale



Coupe longitudinale de l'hourdis



REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

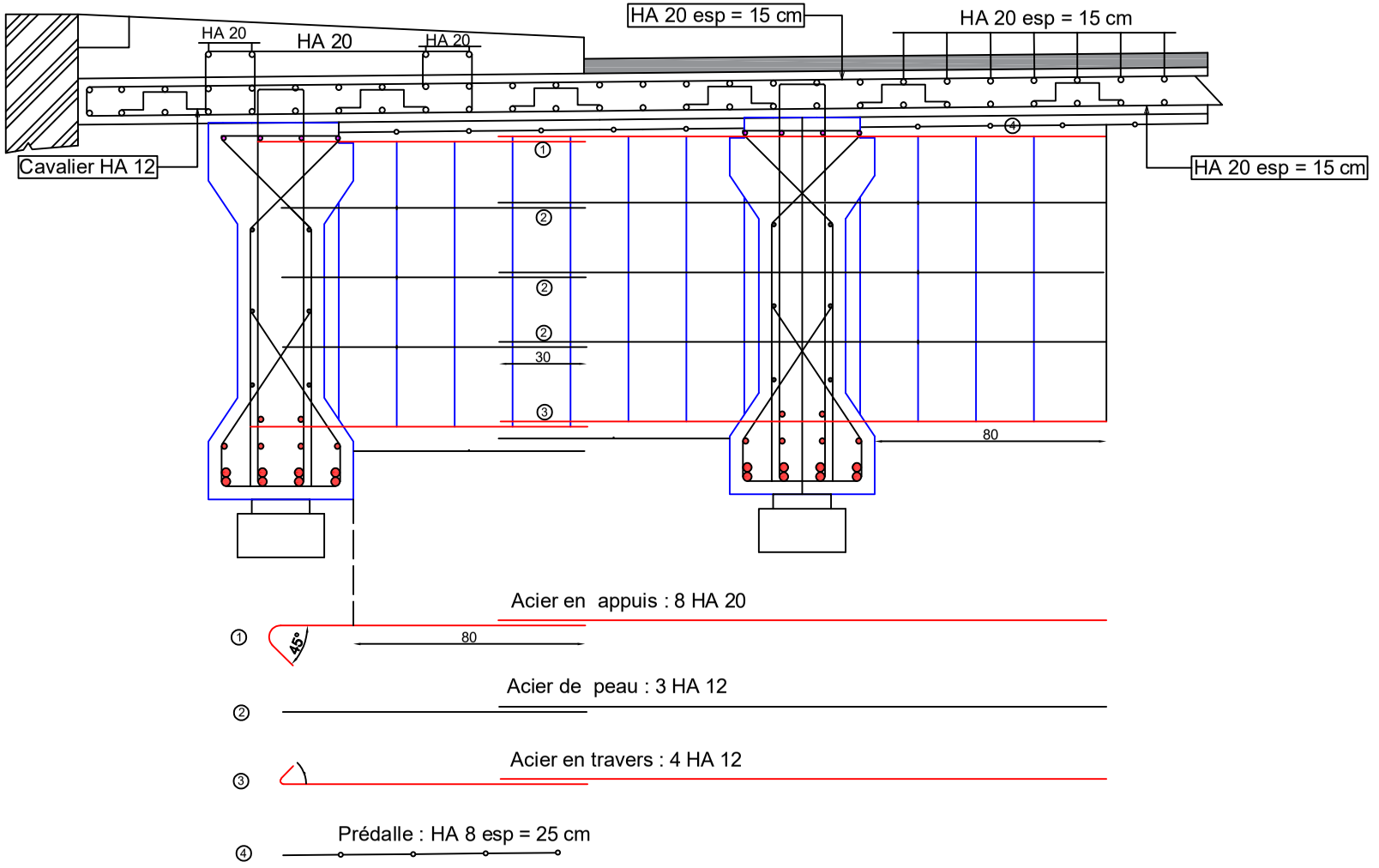
ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

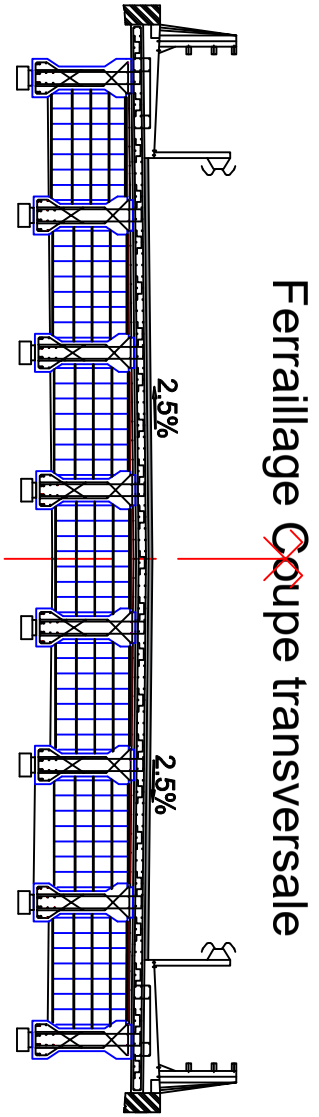
Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Plan de férraillage du tablier

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4

Détail de ferraillage





Ferraillage Coupe transversale

REPUBLIQUE DE GUINEE-BISSAU
Unité - Liberté - Progrès

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME

DIRECTION GÉNÉRALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

BURKINA FASO
La patrie ou la Mort, nous vaincrons

MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DÉSENCLAVEMENT

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA NORMALISATION ET DES ÉTUDES TECHNIQUES

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Rue de la science - 01 BP 594 - Ouaga 01
Tél : (+226) 25 49 28 00
Fax : (+226) 25 49 28 01
E-mail : 2ie@2ie-edu.org / www.2ie-edu.org

AGEIM Ingénieurs Conseils
Cité 1200 Lgmts, Rue 14.10
Villa n° 205 et 206
10 B.P. 13478 Ouaga 10
Tél. (+226) 25 36 91 98
Fax : (+226) 25 36 34 03
E-mail : ageim@fasonet.bf
www.ageim-ic.com

ETUDE TECHNIQUE DE LA NOUVELLE ROUTE RELIANT LES VILLES DE 'BISSAU' ET 'NHACRA', EN GUINEE BISSAU INCLUANT UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (PONT) EN BETON ARME SUR LE FLEUVE OIO : CAS DU TRONÇON PK 0+000 AU TRONÇON PK 3+922

Etablir par : NGUEKIE T. Franck O.
Tél : (+226) 05 61 76 90
Matricule : 20220061
GENIE CIVIL : Route et Ouvrage d'Art

Plan de férraillage du tablier

Vérifié par : M OUEDRAOGO Alioune Tél : (+226) 72 77 04 20	Maître de stage
Vérifié par : Dr Seick Omar SORE Tél : (+226) 70 64 12 99	Encadreur 2iE
Année académique : 2025 - 2026	Annexe : 8
Présentation : Janvier 2026	Format : A4