



ÉTUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE  
BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE URBAINE SUR LE TRONÇON DU BOUCLAGE  
DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU  
(ENTRE LE RONDPOINT DE KOSSODO ET L'ECHANGEUR DU NORD)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
**MASTER**  
**SPECIALITE GENIE CIVIL – BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS**

Présenté et soutenu publiquement le 22 Juillet 2021 par

**OUEDRAOGO Wendpouiré Mathilda Grace .E (20150023)**

**Directeur de Mémoire : Dr Abdou LAWANE GANA, Maitre de conférences (CAMES)**

**Maître de stage : M. KLU Pascal Elom, Ingénieur Génie Rural, AGEIM-IC**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr (MC) Dial NIANG

Membres et correcteurs : Dr Decroly DJOUBISSIE

M. Célestin OVONO MEZUI

**Promotion [2020/2021]**

## DÉDICACES

*A l'éternel,*

*Le tout puissant, pour m'avoir montré le chemin de la vérité et  
de l'amour du prochain.*

*A ma Mère et mon Père*

*Pour leur amour, leur soutien moral et spirituel*

*A mes très chers camarades de classe,*

*Avec qui j'ai passé ces cinq années de formation marquées par  
tant de moments inoubliables.*

## **REMERCIEMENTS**

*Mes remerciements vont à l'endroit de l'ensemble du corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) pour tous les efforts consentis à faire de nous un produit utile pour la société.*

*Je voudrais adresser toute ma gratitude au directeur de ce mémoire, Dr. ABDOU LAWANE GANA Chef de département Génie civil et Hydraulique à l'institut 2IE, pour son entière disponibilité pour nous guider et orienter notre travail dans le souci d'aboutir à des résultats fiables*

*Je présente mes remerciements au Directeur Général de AGEIM-JC, M. Hervé OUEDRAOGO, pour m'avoir accepté comme stagiaire dans sa structure*

*J'adresse mes remerciements à M. KLU Pascal, Ingénieur Génie Civil à AGEIM et encadreur externe de ce mémoire, pour son orientation et ses remarques fructueuses. Merci de m'avoir encadré tout au long de ce mémoire*

*Mes remerciements vont à l'endroit de mes amis et parents pour leur soutien continu Tous ceux qui de près ou de loin ont contribués à la rédaction de ce présent rapport A toute la promotion master GC-BTP 2020-2021.*

## **RESUME**

Le présent projet intitulé étude technique détaillée des travaux de construction du bouclage du boulevard circulaire de la ville de Ouagadougou s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du Plan National de Développement Economique (PNDES) du Burkina Faso. Le projet est situé dans la ville de Ouagadougou et il porte sur un linéaire de 8 km (dont 4 km seront étudiés dans ce document). Cet aménagement vise d'une part, à permettre une bonne structuration du réseau de voirie urbain de la ville de Ouagadougou et d'autre part, à boucler la circulaire.

La présente étude a pour but la conception d'une route qui répondra aux exigences des termes de références pour une durée de vie de 15 ans et l'aménagement des principaux carrefours du tronçon y compris celui de KOSSODO où il sera érigé un passage supérieur. Aussi, elle devra évaluer l'impact environnemental, ainsi que les moyens matériaux et économiques que peuvent engendré un tel projet.

La conception géométrique de cette route a été faite suivant les normes ICTAVRU. Grace au logiciel PISTE, nous avons réalisé l'Axe en plan, les différents profils en long et en travers.

L'étude du trafic et les hypothèses géotechniques émises nous ont permis de dimensionner la structure de chaussée et d'obtenir les résultats suivants : 5 cm de BB pour le revêtement, 20 cm de GLN en couche de base et une couche de Fondation de 25 cm de GLN.

L'assainissement de la route s'est fait grâce à une étude hydrologique et hydraulique qui ont permis le dimensionnement des ouvrages d'évacuations et de franchissement : un (01) dalot 3 x 1.5m x 1.5m, un (01) dalot de 2 x 2m x 2m, deux (02) dalots de 1 x 2m x 2m, un (01) dalot de 1 x 1.8m x 2m tels et des caniveaux de section variables.

Enfin, une étude environnementale a été faite avec pour but d'atténuer les nuisances et conséquences possibles d'un tel projet.

Quant à l'estimation du coût du projet, on obtient un montant de **4 550 387 419** hors taxes.

## **ABSTRACT**

This project, entitled a detailed technical study of the construction works for the looping of the circular boulevard in the city of Ouagadougou, is part of the implementation of the National Economic Development Plan (PNDS) of Burkina Faso. The project is located in the city of Ouagadougou and it covers a linear distance of 8 km (of which 4 km will be studied in this document). This development aims on the one hand to allow a good structuring of the urban road network of the city of Ouagadougou and on the other hand to complete the circular.

The purpose of this study is to design a road that will meet the requirements of the terms of reference for a lifespan of 15 years and the development of the main intersections of the section including that of KOSSODO where an overpass will be erected. Also, it will have to assess the environmental impact, as well as the material and economic resources that such a project can generate.

The geometric design of this road was made according to ICTAVRU standards. Thanks to the PISTE software, we produced the Axis in plan, the various longitudinal and transverse profiles.

The study of the traffic and the geotechnical hypotheses made allowed us to dimension the pavement structure and obtain the following results: 5 cm of BB for the coating, 20 cm of GLN in base layer and a foundation layer of 25 cm from GLN.

The road was cleaned up thanks to a hydrological and hydraulic study which enabled the dimensioning of drainage structures such as scuppers and gutters.

Finally, an environmental study was carried out with the aim of mitigating the nuisances and possible consequences of such a project.

As for the estimate of the cost of the project, we obtain an amount of **4 550 387 419** FCFA without taxes.

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

<b>2iE</b> :	Institut Internationale de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
<b>AGEIM-IC</b> :	Agence d'Études d'Ingénierie et de Maitrise d'œuvre — Ingénieur Conseil
<b>BAEL</b> :	Béton Armé aux États Limites
<b>BCEOM</b> :	Bureau central d'études pour les équipements d'outre-mer
<b>BB</b> :	Béton Bitumineux
<b>GB</b> :	Grave Bitume
<b>CA</b> :	Caniveau
<b>CBR</b> :	California Bearing Ratio
<b>CEBTP</b> :	Centre d'expertise du bâtiment et des travaux publics
<b>VR</b> :	Vitesse de Reference
<b>VRU</b> :	Voie Rapide Urbaine
<b>CIEH</b> :	Comité Interafricain d'Études Hydrauliques
<b>ELS</b> :	État Limite de Service
<b>CAM</b> :	Coefficient d'Agressivité Moyen
<b>GLN</b> :	Grave Latéritique Naturel
<b>HA</b> :	Haute Adhérence
<b>ICTAVRU</b> :	Instructions sur les Conditions Technique d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines
<b>LCPC</b> :	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
<b>EIE</b> :	Etude d'Impact Environnemental
<b>NIE</b> :	Notice d'Impact Environnemental
<b>NE</b> :	Nombre d'essieux équivalent

<b>PL</b>	: Poids lourds
<b>PTAC</b>	: Poids Total Autorisé en Charge
<b>RN</b>	: Route National
<b>SARL</b>	: Société à Responsabilité Limitée
<b>SETRA</b>	: Service d'Études sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements
<b>SRTM</b>	Shuttle Radar Topography Mission
<b>TMJA</b>	: Trafic Moyen Journalier Annuel
<b>TPC</b>	: Terre-plein Central
<b>PSI DA</b>	: Passage Supérieur Inferieur en Dalle Armée
<b>PSI BP</b>	: Passage Supérieur Inferieur en Béton précontraint
<b>A.A</b>	: Appareil d'Appui
<b>LNBTP</b>	: Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics

## Sommaire

### Table des matières

<b>DÉDICACES</b> .....	ii
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	iii
<b>RESUME</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	vi
Sommaire .....	viii
Liste des tableaux .....	xii
Liste des figures .....	xiii
Liste des annexes .....	xiii
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, DU PROJET ET DONNEES DE BASE</b> .....	3
<b>I.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL (AGEIM INGENIEURS CONSEILS)</b> .....	3
I.1.1 Description de la structure d'accueil.....	3
I.1.2 Organisation de la structure.....	3
I.1.3 Domaines d'activités .....	3
I.1.4 Mission et Objectif.....	4
I.1.5 Les Moyens d'AGEIM .....	4
<b>I.2 PRESENTATION GENERALE DU PROJET</b> .....	5
I.2.1 Présentation de la zone d'étude .....	5
I.2.2 Localisation du projet .....	6
I.2.3 Contexte et justification du projet .....	7
I.2.4 Etat des lieux et description du projet.....	8
I.2.5 Objectifs du projet et de l'étude .....	8
<b>I.3 Données du projet.....</b>	9
I.3.1 Données topographique.....	9
I.3.2 Etude géotechnique.....	9
I.3.3 Etude du trafic.....	9
<b>CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DE CALCUL</b> .....	12
<b>II.1 Conception géométrique .....</b>	12
II.2.1 Normes.....	12
II.2.2 Prescriptions des termes de référence .....	12

II.2.3	Le Tracé en plan .....	13
II.2.4	Profil en long .....	13
II.2.5	Profil en travers .....	14
II.2	Dimensionnement de la chaussée .....	14
II.3	Etude Hydrologique .....	15
II.4.1	Définition .....	15
II.4.2	Délimitation des bassins versant Urbain .....	15
II.4.3	Les caractéristiques des Bassins versants .....	15
II.4.3.1	Le coefficient de ruissellement (C) .....	15
II.4.3.2	L'indice de compacité (Icomp) .....	15
II.4.3.3	Le rectangle équivalent .....	16
II.4.3.4	L'indice global de pente (Ig) .....	16
II.4.4	Analyse des données pluviométrique et choix de la période de retour .....	16
II.4.4.1	Analyse des données pluviométriques .....	16
II.4.4.2	Choix de la période de retour .....	17
II.4.5	Les méthodes d'évaluation des débits de crues .....	17
II.4.5.1	La méthode de CAQUOT .....	17
II.4.5.2	La méthode ORSTOM .....	19
II.4.5.3	La méthode CIEH .....	20
II.4	Etude Hydraulique .....	20
II.5.1	Dimensionnement hydraulique des caniveaux .....	20
II.5.2	Dimensionnement hydraulique des Dalots .....	21
II.5.2.1	Type d'écoulement .....	21
II.5.2.2	Pente de Dalot .....	22
II.5.2.3	Vérification de la vitesse d'écoulement .....	22
II.5	Dimensionnement structural des ouvrages Hydraulique .....	23
II.6.1	Dimensionnement structural des Dalots .....	23
II.6.1.1	Pré Dimensionnement .....	23
II.6.1.2	Hypothèses de calcul .....	23
II.6.2	Dimensionnement structural des Caniveaux .....	24
II.6.2.1	Pré dimensionnement des caniveaux .....	24
II.6.2.2	Hypothèses et Normes .....	24
CHAPITRE III : RESULTATS DES ETUDES TECHNIQUES .....		26
III.1	Résultat de l'étude géotechnique de la chaussée .....	26
III.2	Résultat de l'étude géométrique de la chaussée .....	26

III.1.1	<b>Choix de la catégorie de route et la vitesse de référence .....</b>	26
III.1.2	<b>Tracé en plan.....</b>	27
III.1.3	<b>Profil en long .....</b>	27
III.1.4	<b>Profil en travers .....</b>	27
III.2	<b>Résultat des études de trafic et Dimensionnement de la chaussée .....</b>	28
III.2.1	<b>Etude du trafic.....</b>	28
III.2.1.1	<b>Données du trafic.....</b>	28
III.2.1.2	<b>Estimation du trafic .....</b>	30
a)	<b>Trafic à l'année de mise en service .....</b>	30
b)	<b>Trafic en nombre cumulé de poids lourds .....</b>	30
III.2.2	<b>Dimensionnement de la structure de chaussée .....</b>	31
III.2.3	<b>Vérification par Alizée (LCPC) .....</b>	32
III.3	<b>Résultat de l'étude Hydrologique.....</b>	36
III.3.1	<b>Délimitation des bassins versant .....</b>	36
III.3.2	<b>Caractéristiques des bassins versant .....</b>	36
III.3.3	<b>Détermination des Débits de crues du projet.....</b>	37
III.4	<b>Résultat de l'étude Hydraulique .....</b>	38
III.4.1	<b>Dimensionnement hydraulique des caniveaux .....</b>	38
III.4.2	<b>Dimensionnement hydraulique des Dalots .....</b>	41
III.5	<b>Résultat du dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques .....</b>	44
III.5.1	<b>Pré-dimensionnement des ouvrages .....</b>	44
III.5.2	<b>Dimensionnement des ouvrages.....</b>	44
<b>CHAPITRE IV : AMENAGEMENTS ROUTIER ET CONCEPTION ET PRE-ETUDE DU PASSAGE SUPERIEUR .....</b>		46
IV.1	<b>AMENAGEMENT ROUTIER.....</b>	46
IV.1.1	<b>Aménagement des amorces .....</b>	46
IV.1.2	<b>Aménagement des points d'arrêt .....</b>	47
IV.1.3	<b>Aménagements des carrefours .....</b>	48
IV.1.4	<b>Les bordures.....</b>	50
IV.1.4	<b>Les passages piétons.....</b>	50
IV.2	<b>CONCEPTION ET PREDIMENSIONNEMENT DU PASSAGE SUPERIEUR.....</b>	50
IV.2.1.	<b>Généralités sur les ponts .....</b>	51
IV.2.2.	<b>Conception de l'ouvrage.....</b>	51
IV.2.3.	<b>Le tracé en plan et implantation des appuis.....</b>	52
IV.2.4.	<b>Justification du choix de la variante.....</b>	53

<b>IV.2.5. Pré dimensionnement de l'ouvrage</b> .....	54
<b>IV.2.5.1. Vérification de l'implantation des appuis</b> .....	55
<b>IV.2.5.2. Le tablier</b> .....	55
<b>IV.2.5.3. Les appuis</b> .....	56
<b>IV.2.5.4. Conception des fondations</b> .....	57
<b>IV.2.5.5. Les équipements de pont</b> .....	58
<b>IV.2.5.6. Choix de la variante par le Maître d'Ouvrage</b> .....	61
<b>CHAPITRE V : SIGNALISATION, SECURITE, ENVIRONNEMENT ET COUT DU PROJET</b> .....	62
<b>V.1 Signalisation et sécurité routière</b> .....	62
<b>V.1.1 Signalisation verticale</b> .....	62
<b>V.1.2 Signalisation Horizontale</b> .....	64
<b>V.1.3 Sécurité routière</b> .....	65
<b>V.1.4 Eclairage public</b> .....	65
<b>V.2 Etude d'impact Environnemental et Social</b> .....	66
<b>V.2.1 CADRE LEGISLATIF, REGLEMENTAIRE, INSTITUTIONNEL</b> .....	66
<b>V.2.2. OBJECTIFS EN ENJEUX D'UNE EIES</b> .....	67
<b>V.2.3. DESCRIPTION DE L'ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT</b> .....	68
<b>V.2.4. IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT</b> .....	69
<b>V.2.5. MESURES D'ATTENUATIONS</b> .....	70
<b>V.3 Cout du projet</b> .....	71
<b>CONCLUSION</b> .....	73
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	74
<b>ANNEXES</b> .....	I

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution démographique de la ville de OUAGADOUGOU .....	6
Tableau 2: Comptage du trafic .....	10
Tableau 3 : Valeurs limites tracé en plan .....	13
Tableau 4 : Caractéristiques limites profil en long .....	13
Tableau 5 : Les coefficients de Caquot.....	17
Tableau 6 : Les Coefficients de Montana .....	18
Tableau 7 : Temps de concentration.....	18
Tableau 8 : Assemblages des BV en parallèle.....	18
Tableau 9 : Assemblage des BV en série .....	19
Tableau 10 : hypothèses dimensionnement des Dalots .....	23
Tableau 11 : Classification sol support.....	26
Tableau 12 : Eléments du profil en travers de la route .....	28
Tableau 13 : Trafic poids lourds .....	29
Tableau 14 : Données pour le dimensionnement de la structure de chaussée .....	29
Tableau 15 : Classification du trafic poids lourds.....	31
Tableau 16 : Variante des structures de chaussée.....	31
Tableau 17 : Ajustement des épaisseurs et des modules .....	35
Tableau 18 : déformation vérifiée.....	35
Tableau 19 : Caractéristiques des Bassins versants .....	36
Tableau 20 : Débits de crue.....	37
Tableau 21: Assemblage des Bassins versants .....	38
Tableau 22: Dimensionnement hydraulique des caniveaux .....	40
Tableau 23 : Dimensionnement Hydraulique des dalots .....	42
Tableau 24: Pré dimensionnement des Dalots .....	44
Tableau 25 : Pré dimensionnement des caniveaux.....	44
Tableau 26: dimensionnement structural des caniveaux .....	45
Tableau 27 : Caractéristiques géométrique d'un carrefour Giratoire.....	49
Tableau 28 : Caractéristiques géométrique d'un Ilot séparateur .....	50
Tableau 29 : Caractéristiques du PASSAGE SUPERIEUR .....	51
Tableau 30 : Ouvrages possibles en béton en fonction de la gamme de portée.....	54
Tableau 31 : Pré dimensionnement tablier .....	55
Tableau 32 : Pré dimensionnement piles .....	56
Tableau 33 : Pré dimensionnement culée.....	57
Tableau 34: Pré dimensionnement Pieux .....	57
Tableau 35 : Récapitulatif conception PSI-DA .....	60
Tableau 36 : Récapitulatif PSI-BP .....	61
Tableau 37 : Panneaux de signalisation verticale.....	63
Tableau 38 : Récapitulatif Dévis .....	71

## **Liste des figures**

Figure 1 : Localisation de la ville de OUAGADOUGOU .....	5
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (conf Nikiema Emanuel juillet 2010).....	7
Figure 3 : représentation largeur et hauteur mouillée .....	21
Figure 4 : Modélisation de la structure sur alizé .....	33
Figure 5 : vérification Alizée .....	34
Figure 7 : Amorce doubles.....	46
Figure 8 : Amorce simple.....	47
Figure 9 : Plans type de points d'arrêt (DT2711).....	48
Figure 10 : Dimension d'un îlot séparateur de rayon supérieur à 15 m .....	50
Figure 11 : Vue en plan rond point de KOSSODO .....	51
Figure 12 : Atalus 120.....	52
Figure 13 : Implantation des appuis .....	53
Figure 14 : Coupe tablier PSI-DA .....	55
Figure 15 : Bossage.....	58
Figure 16 : illustration des lignes de marquage .....	64
Figure 17 : marquage pour chaussée 2X2 voies avec TPC.....	65

## **Liste des annexes**

ANNEXE 1 : Organigramme d'AGEIM .....	II
ANNEXE 2 : Etude comparative des catégories de voie.....	II
ANNEXE 3 : Dimensionnement de la chaussée .....	III
ANNEXE 4 : Paramètres d'aménagement et Eclairage.....	V
ANNEXE 5 : Données pluviométriques de la ville de OUAGADOUGOU .....	XI
ANNEXE 6 : Calcul des Bassins versants par la méthode de Caquot .....	XIII
ANNEXE 7 : Calcul du Bassin versant A7 par la méthode ORSTOM .....	XV
ANNEXE 8 : Courbe Hypsométrique du Bassin Versant A7 .....	XV
ANNEXE 9 : Calcul du Bassins versant A7 par la méthode CIEH .....	XVI
ANNEXE 10 : Assemblage des Bassins versants.....	XVI
ANNEXE 11 : Abaque de détermination de la profondeur Amont .....	XVII
ANNEXE 12 : Abaque de détermination de la pente critique d'un dalot rectangulaire .....	XVIII
ANNEXE 13 : Abaque de détermination de la vitesse dans un dalot rectangulaire .....	XIX
ANNEXE 14 : Dimensionnement structural des ouvrages hydraulique.....	XX
ANNEXE 15 : Passage supérieur .....	XLV
ANNEXE 16 : Devis .....	LXII
ANNEXE 17 : Dossier des plans.....	LXVI

## **INTRODUCTION**

La route est un des facteurs déterminants dans le développement socio-économique d'un pays. Le développement des infrastructures routière favorise le désenclavement des régions, l'interconnexion entre états, fluidifie la circulation des personnes et des bien, ce qui stimule tant l'activité économique que social. Dans la plupart des pays africains, des investissements importants ont été réalisés pour la construction du réseau routier qui est le secteur clé de l'économie d'un pays.

Le Burkina Faso qui s'est engagé dans une dynamique de développement a mis en place un plan national de développement économique et Social (PNDES) qui accorde une place de choix aux infrastructures routières.

Concernant la ville de Ouagadougou, ce plan national de développement économique et social a entrepris de développer des infrastructures routières urbaines de qualité (30 km) sont entre autres, des chantiers déjà entièrement réalisés.

Notre mémoire de fin d'études dont le thème est « Études technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de 4 km de voirie urbaine sur le tronçon du bouclage du boulevard de la circulaire de Ouagadougou » qui revêt un intérêt stratégique en termes d'échanges commerciaux consiste à déterminer, concevoir et quantifier la nature des interventions et aménagements à appliquer sur cette route pour des travaux d'aménagement et de bitumage.

L'objectif global du projet est d'une part de structurer le réseau de voirie urbain de la ville de OUAGADOUGOU et d'autre part à boucler la circulaire.

En ce qui concerne notre étude, il s'agira de :

- Procéder d'abord à l'Aménagement, la conception et le dimensionnement de la route et de ses carrefours conformément aux spécifications du TDR du projet et des normes ICTAVRU ;
- Proposer et dimensionner les infrastructures d'assainissement et de franchissement de la route ;

- Et enfin d'évaluer le cout du projet en tenant compte de l'impact environnemental et social.

Ce rapport qui restitue le travail de notre mémoire de fin d'étude est composé de six (6) chapitres :

- Le premier chapitre présente la structure d'accueil du stage, le projet soumis à notre étude et les données de base qui ont servies aux dimensionnement des ouvrages ;
- Le deuxième chapitre « Méthodologie de conception et de calcul » traite des hypothèses et des méthodes utilisées ;
- Le troisième chapitre est consacré à l'étude technique des différentes composantes de notre projet et la présentation des résultats obtenus ;
- Le quatrième chapitre quant à lui présente les différents aménagements routiers du tronçon de notre étude ainsi que la conception du Passage supérieur à mettre en place au niveau du giratoire de KOSSODO ;
- Enfin, nous terminerons par le cinquième chapitre qui traite de la signalisation, la sécurité et l'éclairage routier, l'environnement et le cout du projet.

## **CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, DU PROJET ET DONNÉES DE BASE**

Ce premier chapitre s'étendra sur trois points. Premièrement, on procède à la présentation de la structure d'accueil, son organisation ainsi que toutes ces composantes. Le deuxième point concerne la présentation générale du projet soumis à notre étude. Nous terminerons ce chapitre par la présentation des toutes les données de base nécessaire à notre étude.

### **I.1 PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL (AGEIM INGENIEURS CONSEILS)**

#### **I.1.1 Description de la structure d'accueil**

AGEIM Ingénieurs Conseils, Agence d'études d'Ingénierie et de Maitrise d'œuvres est un bureau d'ingénieurs conseils, créé en janvier 2000 dans une perspective pluridisciplinaire. Elle est reconnue sous le statut juridique de société à responsabilité limitée (Sarl) et intervient dans plusieurs pays d'Afrique à savoir le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Mali, le Sénégal, le Togo, le Tchad, le Niger ...

Le siège social d'AGEIM Ingénieurs-Conseils est situé à l'adresse suivante :

Cité 1200 Logements 64 Rue 14,10 Villas n° 205 et 206

10 BP 13 478 Ouagadougou 10 — BURKINA FASO

Tél. (226) 25 36 91 98/50 36 97 11/Fax (226) 25 36 34 03

E-mail : [ageim@fasonet.bf](mailto:ageim@fasonet.bf) ou [ageim@ageim-ic.com](mailto:ageim@ageim-ic.com)

Site web : [www.ageim-ic.com](http://www.ageim-ic.com)

#### **I.1.2 Organisation de la structure**

AGEIM-IC est organisée de la façon suivante :

- **Une Direction Générale**
- **Une Direction de la Communication et des Ressources Humaines ;**
- **Une Direction Administrative et Financière**
- **Une Direction Technique**

Chaque direction est subdivisée en plusieurs branches résumées dans l'organigramme (voir annexe 1)

#### **I.1.3 Domaines d'activités**

AGEIM Ingénieurs-Conseils intervient dans les disciplines suivantes :

- Infrastructures et transports ;
- Aménagements hydrauliques et environnement ;
- Bâtiments et ouvrages d'art.

#### **I.1.4 Mission et Objectif**

Ses missions se concentrent principalement autour de deux points :

- L'Ingénierie technique
- La formation

AGEIM Ingénieurs Conseils a pour objectif principal la satisfaction de sa clientèle dans plusieurs domaines de développement économique et social.

#### **I.1.5 Les Moyens d'AGEIM**

##### **❖ Moyens Humains**

###### **➤ Personnel technique :**

Grâce à la qualité de ses ressources humaines (21 ingénieurs de différentes spécialités du génie civil, du génie rural et de la topographie, et 42 techniciens), AGEIM-Ingénieurs Conseils a pu mettre en place des équipes de professionnels expérimentés et pluridisciplinaires aptes à répondre aux exigences spécifiques de chaque projet.

###### **➤ Personnel administratif et d'appui :**

Pour une bonne exécution des différents projets, une combinaison harmonieuse du personnel administratif, technique (14 cadres et agents de maîtrise) et d'exécution permet chaque jour l'exécution dans les délais et le respect des règles de l'art, les tâches qui leur sont confiées.

##### **❖ Moyens matériels**

###### **➤ Moyens immobiliers :**

Pour mener à bien ses activités tout en répondant aux normes en vigueur, AGEIM Ingénieurs Conseils possède ses propres installations, la direction technique se trouve aux 1200 logements avec des bureaux équipés, des salles polyvalentes (40 postes de travail, une salle de réunion de 20 places et une salle d'archives). AGEIM-IC possède en outre une bibliothèque comportant des ouvrages techniques et des cantines de rapports techniques en format papier et électronique.

###### **➤ Moyens de déplacement**

AGEIM-IC possède un large parc automobile et des engins utilitaires deux roues.

##### **❖ Moyens techniques**

AGEIM-Ingénieurs Conseils dispose d'une large gamme de matériels informatiques et de plusieurs logiciels modernes spécialisés pour des meilleurs traitement et conception des projets. Elle dispose également d'équipement topographique complet et d'équipement géotechnique.

## I.2 PRESENTATION GENERALE DU PROJET

### I.2.1 Présentation de la zone d'étude

#### ❖ Situation géographique

Cette étude s'effectue à OUAGADOUGOU la capitale du BURKINA FASO. La ville de OUAGADOUGOU appelée communément Ouaga, est la capitale et plus grande ville du Burkina Faso, elle est le chef-lieu de la région du Centre, dans la province du Kadiogo. Elle a une superficie de 520 km<sup>2</sup> et est repartie en 55 secteurs. Elle est située dans la zone dite soudanienne entre 12° 21' 58" Nord, 1° 31' 05" Ouest. (Figure 1 : Localisation de la ville de OUAGADOUGOU).



Figure 1 : Localisation de la ville de OUAGADOUGOU

#### ❖ Le climat

La ville est soumise à un climat tropical de savane, comprenant deux saisons :

- La saison sèche de la mi-octobre à la mi-mai
- La saison des pluies de la mi-mai à la mi-octobre avec une pluviométrie annuelle moyenne de 769 mm.

#### ❖ Les sols

Le Burkina Faso est caractérisé par une hétérogénéité pédologique due à la longue évolution géomorphologique et à la diversité de la couverture géologique. Les études déjà

réalisées, notamment par l'ORSTOM, la SOGREAH, la SOGETHA, l'INERA et le BUNASOLS, distinguent neuf classes de sols dominants selon la terminologie CPCS (1967).

❖ **La végétation**

Ouagadougou se situant en zone dite zone soudanienne moyennement arrosée est celle d'une végétation de savane arborée. La majorité des arbres sont des espèces naturelles.

❖ **Evolution démographique**

La ville de OUAGADOUGOU connaît une croissance démographique galopante. En 1960, sa population était de 59 126 habitants. Le dernier recensement en 2015 nous informe que la population de la commune de OUAGADOUGOU est de 2 532 311 habitants avec un taux de croissance annuelle de 7,2% soit l'un des taux les plus élevé dans le monde.

Tableau 1 : Evolution démographique de la ville de OUAGADOUGOU

Évolution de la population						
1960	1975	1985	1996	2006	2012	2015
59 126	172 661	441 514	709 736	1 475 223	1 933 650	2 532 311

**I.2.2 Localisation du projet**

La route étudier constituera le tronçon qui permettra de boucler le Boulevard Circulaire de la ville de OUAGADOUGOU reliant la RN22 à Tampouy et la RN3 à Kossodo. Elle prend son origine au rond-point de l'unité Africaine de Kossodo et rejoins l'échangeur du Nord (Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (conf Nikiema Emanuel juillet 2010)).



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (conf Nikiema Emanuel juillet 2010)

### 1.2.3 Contexte et justification du projet

Le Burkina Faso est un vaste pays de 274 400 Km<sup>2</sup> qui fait partie de l'espace soudano-sahélien. Il est entouré par le Mali au nord-ouest, le Niger au Nord-Est, le Bénin et le Togo au Sud-Est, le Ghana au Sud et la Côte d'Ivoire au Sud-Est. De par sa position géographique, il est un carrefour du Trafic international de transit. Il permet aux pays de l'hinterland d'avoir accès aux différents ports et vice versa. OUAGADOUGOU, la capitale constitue ainsi le point de passage obligé de ce trafic de transit.

De plus, l'extraordinaire croissance de notre capitale avec son corolaire d'encombrement du trafic urbain, fait apparaître dès à présent des difficultés de déplacements et l'élévation des risques d'insécurité routière surtout dans les carrefours les plus importants.

C'est pourquoi, le gouvernement a engagé des actions diverses en vue de l'amélioration des conditions de circulation dans les grandes villes.

Ainsi, dans le cadre de la mise en œuvre du plan national de Développement Economique et social (PNDS), l'Etat Burkinabé entreprends les études techniques détaillées, d'impact environnemental et économique des travaux de construction du Bouclage du Boulevard Circulaire (entre le rond-point de Kossodo et l'Echangeur du Nord).

Dans le souci d'offrir un cadre confortable aux riverains de la zone, sont mises en place des ouvrages d'assainissement nécessaires à l'évacuation des eaux pluviales qui constituent une

source de détérioration du cadre de vie. Les eaux de pluies qui stagnent constituent des risques pour la population et sont source de maladies. Pour éviter les catastrophes terribles comme les inondations, un accent sera mis sur l'assainissement afin d'anticiper de telle situations et ainsi préserver les riverains de danger.

#### **I.2.4 Etat des lieux et description du projet**

Le boulevard circulaire de la ville de Ouagadougou a été construit en partie depuis 1990 dans le but de dévier du centre-ville tous les véhicules de transport de marchandises en transit ou à destination de Ouagadougou. Elle n'avait pas été bouclée par manque de moyens financiers. Elle a subi plus tard la construction du rond-point de Kossodo qui respecte les normes d'érection d'un futur passage supérieur dans le cadre du nouvel aéroport international de Donsin.

Dans le cadre de ce projet, ce Boulevard va connaître cette année, une étude technique et détaillée de sa partie inachevée qui est actuellement une zone habitée "non lotie", et du passage supérieur au niveau du rond-point de KOSSODO en vue de son bouclage. Cette étude se fera par le dimensionnement de la structure de chaussée, l'assainissement complète et l'aménagement de la route. L'interconnexion entre l'Echangeur du Nord et le rond-point de Kossodo va entraîner des déguerpissements des populations qui vivent dans cette zone "non lotie".

#### **I.2.5 Objectifs du projet et de l'étude**

##### **❖ Objectifs du projet**

En plus du but de boucler la circulaire, ce projet vise une meilleure structuration du réseau de voirie urbain de la ville de OUAGADOUGOU. Notons que la zone de KOSSODO qui est fortement industrialisé présente un Traffic très important et constitue un point sensible pour le développement de ce pays.

Cet objectif global peut être décomposé comme suit :

- ✓ Améliorer la desserte de plusieurs quartiers à forte densité de population ;
- ✓ Faciliter l'accès au nouvel aéroport ;
- ✓ Relier les quartiers périphérique tout en favorisant le contournement du centre-ville de OUAGADOUGOU par les véhicules de poids lourds (PL) ;
- ✓ Améliorer la mobilité dans la ville de OUAGADOUGOU ;
- ✓ Améliorer la sécurité des usagers et des riverains de ces grandes voies ;

- ✓ Améliorer le cadre de vie des populations des localités de la ville de OUAGADOUGOU.

#### ❖ **Objectifs de l'étude**

Il sera question de réaliser les études techniques détaillées des travaux de conception et de bitumage du tronçon dit ‘bouclage du Boulevard circulaire’ qui est long d’environ 8km dont nous avons 4 km en charge. Il s’agira d’abord d’Aménager, de concevoir et de dimensionner la route. Ensuite, de Proposer et dimensionner les infrastructures d’assainissement et de franchissement de la route. Et enfin d’évaluer le cout du projet en tenant compte de l’impact environnemental et social.

### **I.3 Données du projet**

#### **I.3.1 Données topographique**

Les données topographiques sont nécessaires afin de matérialiser le relief du tronçon à étudier. Ainsi, Une étude topographique de l’ensemble de la zone du projet a été effectuée conformément aux Termes de Référence. Les données de ce levé en coordonnée X, Y, Z ont été rattaché au Nivellement Général du BURKINA et traité sur ordinateur à l'aide des logiciels COVADIS et AUTOCAD (numérisé en fichier au format dwg). Ce traitement a permis de produire le fond topographique qui nous servira de base pour la géométrie routière.

#### **I.3.2 Etude géotechnique**

Les essais géotechniques ont été réalisés par le LNBTP (Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics) du Burkina Faso.

#### **I.3.3 Etude du trafic**

Le trafic est le paramètre le plus important qui rentre dans le dimensionnement des structures de chaussée, son étude a pour objet d'estimer le flux de véhicules circulant sur la chaussée.

Il sera retenue les données du trafic du prolongement de la liaison RN4-RN3 jusqu'à l'intersection avec le tronçon représentant le tronçon du Bouclage de la circulaire.

- ✓ Années de comptage : 2018
- ✓ Années de mise en service : 2021
- ✓ Durée de vie : 15 ans
- ✓ Coefficient de répartition : 0.5 pour le sens 1 / 0.75 pour le sens 2

- ✓ Coefficient d'agressivité moyen (CAM) : 0.9

- ✓ Taux de croissance : 4%

- ❖ **Comptage du trafic**

La campagne de comptage manuel du trafic s'est déroulée pendant 7 jours consécutifs. Elle a été réalisée par sens de circulation et par tranche horaire.

La plage horaire du comptage a été de 5h à 24h pour les six premières journées (Samedi, dimanche, lundi, mardi, mercredi et jeudi) et de 24h/24 pour la journée du vendredi.

Le poste de comptage en section courante a été placé aux endroits les plus caractéristiques permettant de capter le maximum de trafic.

- ❖ **Résultats du comptage de trafic**

La synthèse du trafic issu du comptage est contenu dans le Tableau 2: Comptage du trafic.

Tableau 2: Comptage du trafic

DESIGNATION	Sens 1	Sens 2	TMJA Normal 2018
véhicule particulier	2 837	2 674	5 511
véhicule tout terrain	1 388	1 551	2 939
Camionnette	205	188	393
Minibus	138	132	270
Tricycle	446	428	874
Bus	74	77	151
Camion 2 Essieux	251	257	508
Camion 3 Essieux	135	159	294
Camion Semi-Remorque	174	147	321
Camion Remorque	4	4	8
Divers	11	17	28
Moto	20 201	19 015	39 216
Vélo	2893	3 033	5 926
<b>TOTAL</b>	<b>28 757</b>	<b>27 682</b>	<b>56 439</b>

Sens 1 : de Kossodo vers le centre-ville , Sens 2 : du centre-ville vers kossodo

La zone d'étude et toutes ses caractéristiques, ainsi que les données de base étant connus, nous passons à la présentation des méthodologies de conception et de calcul que nous utiliserons à chaque étape de notre étude.

## **CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DE CALCUL**

Ce chapitre présentera les différentes méthodologies de conception et de calcul utilisés pour notre étude. La présentation de ces méthodologies sera structurée comme suit :

- Méthodologie de conception géométrique ;
- Méthodologie de l'étude du trafic et dimensionnement de la chaussée ;
- Méthodologie de l'étude hydrologique et hydraulique ;
- Méthodologie de dimensionnement structurales des ouvrages hydraulique.

### **II.1 Conception géométrique**

L'étude géométrique de la route a pour objectif de définir la forme de la route en adoptant les caractéristiques techniques suffisantes pour assurer un trafic sécuritaire et confortable aux usagers. Cette étude permet d'aboutir à l'établissement des documents tels que le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers.

#### **II.2.1 Normes**

L'étude géométrique de la route a été effectuée sur la base d'un certain nombre de normes. Nous avons considéré les normes préconisées par les termes de référence (TDR) et par l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU).

#### **II.2.2 Prescriptions des termes de référence**

Les termes de références nous donnent un certain nombre de prescriptions que nous pouvons listées comme suit :

- L'aménagement de la chaussée principale en 2x2 voies avec piste cyclable et revêtu en Béton bitumineux ;
- L'aménagement de voies de contre allée destinées au trafic riverain de part et d'autre de la chaussée principale ;
- L'aménagement des principaux carrefours du tronçon y compris un passage supérieur au rond-point de l'unité Africaine de Kossodo ;
- L'aménagement de trottoirs piétons revêtu en pavés ;
- L'aménagement des aires d'arrêt bus.

### II.2.3 Le Tracé en plan

Le tracé en plan est une projection de la route sur le plan horizontal. Il est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou non par des clothoïdes. Les rayons du tracé en plans et les dévers associés en section courante sont choisis pour que, dans les conditions conventionnelles retenues, le véhicule ne soit pas conduit à mobiliser plus des deux tiers du frottement transversal mobilisable. Aussi :

- Un véhicule rapide doit pouvoir circuler à grande vitesse
- Un véhicule long doit pouvoir s'insérer dans les courbes
- Les alignements droits doivent avoir une longueur minimale de 50 m et une longueur maximale de 1 km

Les aménagements adoptés respectent les normes géométriques indiquées dans l'ICTAVRU.

Sur les voies de type U, Les valeurs limites du tracé en plan sont dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** :

Tableau 3 : Valeurs limites tracé en plan

Catégorie	U60	U80
Rayon non déversé	200 m	400 m
Rayon minimal	120 m	240 m

### II.2.4 Profil en long

Il est constitué de segments de droite raccordés par des paraboles caractérisées par leur rayon. Pour les segments de droite, on parle de pente ou de rampe suivant que la route descend ou monte dans le sens de la marche. Selon la vitesse de référence les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les caractéristiques limites résumé dans l'extrait du Tableau 4 : Caractéristiques limites profil en long (ICTAVRU).

Tableau 4 : Caractéristiques limites profil en long

Catégorie	U60	U80
Rayon normal en angle saillant	2500 m	6000 m
Rayon minimal en angle saillant	1500 m	3000 m
Rayon normal en angle rentrant	1500 m	2000 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m	1000 m

### II.2.5 Profil en travers

Le profil en travers d'une route est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de la surface définie par l'ensemble des points représentatifs de cette surface. Pour notre étude, nous avons établi le profil en travers de la voie nouvelle voie et des différentes bretelles en tenant compte :

- ✓ Des termes de références
- ✓ Du niveau d'aménagement de la route
- ✓ Des normes de l'ICTAVRU en matière de dimensionnement géométrique de la voirie
- ✓ De la voirie et des aménagements existants notamment du rondpoint de l'unité Africaine ou il sera érigé un passage supérieur
- ✓ De la volonté de générer un trafic fluide
- ✓ Du trafic des deux roues
- ✓ Du trafic piéton
- ✓ D'un réseau d'assainissement efficient

## II.2 Dimensionnement de la chaussée

Le dimensionnement de la structure de la chaussée a pour objet de déterminer le nombre, la portance et l'épaisseur des différentes couches constituant la surface et le corps de chaussée pour le niveau de trafic attendu. Il s'agit surtout de déterminer la structure optimale de la chaussée pour la durée de vie projetée. Pour le dimensionnement de la structure de la chaussée nous allons utiliser le CEBTP « Guide pratique de dimensionnement des chaussées dans les pays tropicaux » qui est utilisé dans notre pays. Il prend en compte le trafic et la portance du sol support de la chaussée.

Enfin, à l'aide du logiciel ALIZE LCPC-Setra nous vérifierons les résistances de la structure choisie. Le principe du calcul consiste à modéliser les structures de manière à évaluer les contraintes et les déformations provoquées par la charge unitaire. La contrainte ou la déformation maximale susceptible d'engendrer la rupture de la structure est ensuite déterminée et comparée à la limite admissible du matériau considéré pour le trafic prévu. Le critère dimensionnant est la contrainte verticale  $\varepsilon_z$  à la surface des couches granulaire, l'élongation transversale et à la base des couche en grave bitume et en béton bitumineux.

## II.3 Etude Hydrologique

### II.4.1 Définition

L'étude hydrologique a pour objectif de déterminer les débits projet qui serviront pour le dimensionnement des ouvrages. Cette étude passe par la caractérisation de nos différents bassins versants, puis par la détermination des débits engendrés par ces bassins. Dans cette partie nous avons utilisé les logiciels Google Earth et Global Mapper et Autocad.

### II.4.2 Délimitation des bassins versant Urbain

Pour la délimitation des bassins versant, les coordonnées GPS sont introduites sur le logiciel Google Earth afin de délimiter le tronçon d'étude. Après avoir délimité le tronçon, il est exporté sur le logiciel Global Mapper afin de délimiter les différents bassins versants. Ce dernier logiciel nous donne la superficie, le périmètre, la pente moyenne.

### II.4.3 Les caractéristiques des Bassins versants

Les caractéristiques des bassins versant déterminées à l'issue de sa délimitation sont les suivantes :

- ✓ Sa Superficie (S)
- ✓ Son Périmètre (P)
- ✓ Le coefficient de ruissellement (C)
- ✓ L'Indice de compacité (Icomp)
- ✓ La Longueur du rectangle équivalent (L)
- ✓ L'Indice global de pente (Ig)
- ✓ La Dénivelée (D)
- ✓ Le Relief (R)
- ✓ La Perméabilité (P)

#### II.4.3.1 Le coefficient de ruissellement (C)

Dans le présent projet, nous avons considéré le coefficient de ruissellement égal à 0,7 qui est une valeur adaptée à la ville de Ouagadougou.

#### II.4.3.2 L'indice de compacité (Icomp)

Appelé également coefficient de forme, il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie :

$$I_{comp} = 0,282 \times P \times S^{-1/2}$$

- ✓ P est le périmètre du bassin en km
- ✓ S : la superficie du bassin en km<sup>2</sup>

#### II.4.3.3 Le rectangle équivalent

C'est un rectangle qui a la même superficie, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant. Sa longueur est donnée par l'expression :

$$L = S^{1/2} \times (I_{comp} / 1,128) \times [1 + (1 - (1,128 / I_{comp})^2)^{1/2}]$$

- ✓ L est exprimée en km
- ✓ I comp est l'indice de compacité sans dimension
- ✓ S est la superficie du bassin versant exprimée en km<sup>2</sup>.

#### II.4.3.4 L'indice global de pente (Ig)

Indice caractérisant le relief d'un bassin. Il est défini par la formule:

$$Ig = \frac{D}{L}$$

- ✓ D représente la dénivellation exprimée en mètres, séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elles ; ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique
- ✓ L est la longueur du rectangle équivalent exprimée en km
- ✓ Ig est exprimé en m/km.

Dans le cas où le bassin versant présenterait de fortes pentes transversales, c'est-à-dire une différence de plus de 20 % entre les pentes transversales et l'indice de pente global Ig, alors on considérera l'indice de pente global corrigé Ig<sub>cor</sub>.

$$Ig_{cor} = [(n - 1) \times Ig + IT] / n$$

- ✓ n = 2 pour L < 5 km,
- ✓ n = 3 pour 5 < L (km) < 25,
- ✓ n = 4 pour 25 < L (km) < 50,
- ✓ n = 5 pour 50 < L (km)
- ✓ IT est déterminé en faisant la moyenne de quatre à six pentes transversales calculées en prenant la ligne de plus grande pente des versants. Il est exprimé en rn/km.
- ✓

#### II.4.4 Analyse des données pluviométrique et choix de la période de retour

##### II.4.4.1 Analyse des données pluviométriques

À l'aide du logiciel de traitement statistique « HYFRAN », cette analyse a été effectuée sur la base d'un échantillon de 33 hauteurs de pluies maximales journalières annuelles enregistrées à une station pluviométrique de Ouagadougou au Burkina Faso de 1989 à 2018. Voir

**ANNEXE 5 : Données pluviométriques de la ville de OUAGADOUGOU.**

#### II.4.4.2 Choix de la période de retour

La période de retour se définit comme étant la durée moyenne au cours de laquelle un évènement d'une même intensité se reproduit. Les projets d'aménagement hydrologique sont définis par rapport à une averse type associé aux fréquences probable d'apparition.

Ce choix dépend de l'importance de l'écoulement intercepté par l'ouvrage, du type d'ouvrage projeté et du niveau d'aménagement adopté pour la route étudiée. Nous avons opté pour une période de retour de 10 ans pour les dalots et les caniveaux.

#### II.4.5 Les méthodes d'évaluation des débits de crues

Pour l'évaluation des débits projet des bassins versants de notre étude, nous allons utiliser les trois méthodes suivantes :

- ❖ La méthode de CAQUOT
- ❖ La méthode CIEH et La méthode ORSTOM. Le débit le plus élevé de ces deux méthodes sera retenue pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

##### II.4.5.1 La méthode de CAQUOT

Elle ne s'applique qu'à des bassins versants urbains dont la superficie est inférieure à 400 ha (4 km<sup>2</sup>). C'est la version améliorée de la méthode rationnelle car elle intègre la capacité de stockage du réseau et un temps de concentration qui est fonction du débit à évacuer.

L'expression générale de la formule de Caquot est la suivante :

$$Q_p = K^{1/U} \times C^{1/U} \times I^{V/U} \times A^{W/U}$$

- ✓ I : La pente du bassin versant
- ✓ C : Coefficient de ruissellement
- ✓ A : Superficie du bassin versant
- ✓ K, U, V, W : Les coefficients de caquot

##### ❖ Les coefficients de Caquot

Les coefficients de Caquot sont donnés par les formules de calcul suivantes :

Tableau 5 : Les coefficients de Caquot

Coefficients de Caquot	K	$\frac{a \times \mu^{(b)}}{6(\beta + \delta)}$
	U	1 - bf
	V	c × b
	W	1 - ε + db

⊕ **a et b : les coefficients de Montana**

Tableau 6 : Les Coefficients de Montana

Coefficients de MONTANA	
a	b
9,4	-0,5

⊕ **L'abattement spatial  $\Sigma = 0.03$**

⊕ **Effet de stockage et d'écrêttement :  $\beta + \delta = 1.4$**

⊕ **Temps de concentration  $\mu, c, d, f$  :**

Tableau 7 : Temps de concentration

Temps de concentration	$\mu$	<b>0.28 x <math>M^{0.84}</math></b>
	c	-0.41
	d	0.51
	f	-0.29

⊕ **L'allongement du bassin  $M$  :  $M = \frac{L}{\sqrt{A}}$**

(L: plus long chemin hydraulique et A: superficie du bassin versant)

La formule de Caquot est donnée pour  $M = 2$  et  $M$  doit être supérieur à 0.8. Pour des valeurs de  $M$  différentes de 2, le débit de pointe  $Q_p$  donné par la formule doit être corrigé par  $m'$  (facteur de correction) :

$$m' = \left(\frac{M}{2}\right)^{0.7b}$$

### ❖ Assemblage en parallèle des Bassins Versant

L'assemblage des BV en parallèle se fait suivant les formules ci-dessous :

Tableau 8 : Assemblages des BV en parallèle

Surface équivalente	$S_{éq}$	$= \sum A_i$
<b>Coefficient de ruissellement équivalent</b>	$C_{éq}$	$= \frac{\sum C_i \cdot A_i}{A_{éq}}$
<b>Pente équivalente</b>	$I_{éq}$	$= \frac{\sum I_i \cdot Q_{pi}}{\sum Q_{pi}}$
<b>Allongement équivalent</b>	$A_{éq}$	$= \frac{L(Q_{pimax})}{\sqrt{\sum A_i}}$

Pour les bassins en parallèle, il peut arriver que :  $Q_{éq} > \Sigma (Qi)$ . On prendra alors :

$$Q_{éq} = \Sigma (Qi).$$

### ❖ Assemblage en série des Bassins versant

L'assemblage des BV en série se fait suivant les formules ci-dessous

Tableau 9 : Assemblage des BV en série

Surface équivalente	$S_{éq}$	$= \Sigma Ai$
Coefficient de ruissellement équivalent	$C_{éq}$	$= \frac{\Sigma Ci \cdot Ai}{A_{éq}}$
Pente équivalente	$I_{éq}$	$= \left( \frac{\Sigma Li}{Li} \right)^2 \frac{1}{\sqrt{\Sigma li}}$
Allongement équivalent	$A_{éq}$	$= \frac{\Sigma Li}{\sqrt{\Sigma Ai}}$

Pour les bassins en série, il peut arriver que:  $Q_{éq} < \text{Max } (Qi)$ . On prendra alors:

$$Q_{éq} = \text{Max } (Qi).$$

#### II.4.5.2 La méthode ORSTOM

Dans cette méthode utilisée pour les BV dont la superficie est supérieur à 4 Km<sup>2</sup>, le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est défini par la relation :

$$Q_{r10} = \frac{A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times S}{T_{b10}}$$

Avec :

- ✓ A : le coefficient d'abattement
- ✓  $P_{10}$  : la hauteur de pluie journalière décennale
- ✓  $K_{r10}$  = le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale
- ✓  $\alpha_{10}$  = le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale
- ✓ S = la superficie du bassin versant
- ✓  $T_{b10}$  = le temps de base correspondant à la crue décennale
- ✓ Ces différents paramètres sont déterminés à l'aide d'abques ou de formules.

On calcul ensuite le débit maximal total Q10 en ajoutant à  $Q_{r10}$  le débit d'écoulement retardé  $Q_{ret10}$  :

$Q_{10} = Q_{r10} + Q_{ret10}$  avec  $Q_{ret10} = 0.03 Q_{r10}$

$$Q_{10} = 1.03 \times Q_{r10}$$

 **Coefficient d'Abattement A :**

$$A = 1 - \left[ \frac{(161 - 0.042) * Pan}{1000} \right] * \log S$$

- ✓ S la superficie du bassin en km<sup>2</sup>
- ✓ Pan la hauteur moyenne de précipitation annuelle en mm

 **Le temps de base  $T_{b10}$  :**

Pour  $S < 7$  km<sup>2</sup>  $T_{b10} = 215 * (S - 0,5)^{0,45} + 300$

Pour  $S > 7$  km<sup>2</sup>  $T_{b10} = 250 * S^{0,35} + 300$

#### II.4.5.3 La méthode CIEH

Cette méthode est également utilisée pour les BV dont la superficie est supérieure à 4Km<sup>2</sup>. Cette méthode présente différentes équations de calcul du débit décennal en fonction des zones. Notre projet se situant au Burkina Faso, nous utiliserons les équations utilisées les équations 40 et 42 pour la détermination de nos débits.

 Equation 40 :  $0.254 * S^{0.462} * Kr_{10}^{0.976} * Ig^{0.101}$

 Equation 42 :  $0.0912 * S^{0.643} * Kr_{10}^{1.019} * Ig^{0.393}$

Le débit final correspondra à la moyenne des deux débits.

## II.4 Etude Hydraulique

Les calculs hydrologiques nous ont permis d'obtenir les débits maximums à drainer latéralement. L'étude hydraulique permettra ainsi à terme de déterminer les sections nécessaires à donner aux ouvrages hydrauliques afin d'évacuer les débits de crues.

#### II.5.1 Dimensionnement hydraulique des caniveaux

Les sections de caniveau s'obtiennent à l'aide de la formule de Manning Strickler donnée par l'expression suivante :

$$Q = Ks \times S^{5/3} \times P^{-2/3} \times \sqrt{I}$$

Avec :

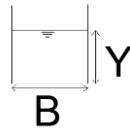


Figure 3 : représentation largeur et hauteur mouillée

B et Y représentent respectivement la largeur et la hauteur mouillée du caniveau.

Q : débit maximal en  $\text{m}^3/\text{s}$  Ks : Coefficient de Manning Strickler

$S = B * Y$  : Surface mouillée ( $\text{m}^2$ )

$P = B + 2Y$  : Périmètre mouillé (m)

I : Pente longitudinale de l'ouvrage.

Les caniveaux sont en béton armé et de forme rectangulaire. Ils sont partiellement couverts de dalles. La vitesse d'écoulement dans l'ouvrage ne doit pas excéder 4 m/s pour les ouvrages en béton.

## II.5.2 Dimensionnement hydraulique des Dalots

Vu les débits de crue et l'importance de notre tronçon, nous avons retenu les dalots comme ouvrage de franchissement transversaux compte tenu du fait qu'ils présentent un avantage particulier sur le volet économique et que leur mise en œuvre est beaucoup plus simple que celle d'un pont ou d'une buse.

La méthodologie de dimensionnement hydraulique des dalots consiste à déterminer ses sections et à vérifier si elles arrivent à évacuer le débit du projet à une vitesse inférieure à la vitesse maximale.

### II.5.2.1 Type d'écoulement

#### ❖ Vitesse maximale admissible

C'est la vitesse maximale à ne pas dépasser à la sortie des sections.

$V_{\text{max}} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$

#### ❖ Détermination de la section minimale

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$Q = V \times S \rightarrow S = Q/V$$

- ✓ Avec S : la section
- ✓ Q : le débit du projet
- ✓ V : la vitesse admissible

❖ **Détermination de la section réelle**

Soit D la hauteur et B la largeur, on fixe les deux paramètres et on détermine la section réelle par la formule suivante :  $S = D \times B$

❖ **Le débit unitaire passant par chaque cellule**

Il est déterminé par la formule suivante :  $q = Q/\text{nombre de cellule}$  (valeur fixé)

❖ **La profondeur d'eau en amont (H1)**

En portant la valeur de  $Q^*$  sur l'axe des abscisses de l'abaque de l'**ANNEXE 11 : Abaque de détermination de la profondeur Amont** et en projetant respectivement sur la courbe A et sur l'axe des ordonnées nous trouvons  $H^*$  et on calcul  $H1$ .

⊕ 
$$Q^* = \frac{q}{A \times \sqrt{2gD}}$$

- ✓ A : section d'une cellule
- ✓ g : la pesanteur

⊕  $H1 = H^* \times D$  et on vérifie la condition  **$H1 < 1.25 \times D$**

**II.5.2.2 Pente de Dalot**

On détermine le débit réduit  $Q_2^* = \frac{Q}{\sqrt{g^* B^5}}$ .

Puis, nous déterminons  $I_c^*$  dans l'**ANNEXE 12 : Abaque de détermination de la pente critique d'un dalot rectangulaire** ce qui nous permettra de calculer la pente critique par la formule ci-dessous :

$$I_c = \frac{(I_c^* \times 10)}{(K^2 \times B^{\frac{1}{3}})}$$

**II.5.2.3 Vérification de la vitesse d'écoulement**

On détermine premièrement le débit réduit  $Q_3^* = \frac{Q}{\frac{8}{K^2 B^{\frac{3}{2}} \sqrt{I}}}$ .

Puis, nous déterminons  $V^*$  dans l'**ANNEXE 13 : Abaque de détermination de la vitesse dans un dalot rectangulaire**, ce qui nous permettra de calculer la vitesse d'écoulement par la formule ci-dessous :

$$V = K \times I^{(1/2)} \times B^{(2/3)} \times V^*$$

**Vérification de la vitesse d'écoulement :**

- ✓ si  $V \leq V_{\max}$  vérifié

- ✓ si  $V \geq V_{max}$  non vérifié

## II.5 Dimensionnement structural des ouvrages Hydraulique

### II.6.1 Dimensionnement structural des Dalots

#### II.6.1.1 Pré Dimensionnement

Pour le pré dimensionnement des dalots, nous avons utilisés les formules suivantes :

$$H < 2m \quad e = 1/10 - 5 \text{ cm}$$

$$2 \text{ m} \leq H < 4 \text{ m} \quad e = 1/10$$

$$4 \text{ m} \leq H < 8 \text{ m} \quad e = 1/10 + 5 \text{ cm}$$

Pour des questions de sécurité nous prendrons  $e \geq 20 \text{ cm}$

Avec

$L$  = la plus grande dimension de la cellule hydraulique du dalot

#### II.6.1.2 Hypothèses de calcul

Les différentes hypothèses de calcul sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : hypothèses dimensionnement des Dalots

Béton	B30
$fc_{28}$	30 Mpa
$ft_{28} = 0.6 + 0.06 fc_{28}$	2.4 Mpa
Acier	FE500
Capacité portante du sol	1.5 bars

Les ouvrages seront dimensionnés conformément aux normes définies par BAEL 91 révisé 99 et Fascicule 61 Titre II : Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art — Programmes de charges et épreuves des ponts routes.

Les charges et surcharges considérées pour le dimensionnement des dalots sont :

- ✓ Leur poids propre
- ✓ Le poids des terres de remblais
- ✓ La poussée des terres sur les piédroits
- ✓ Les surcharges routières

Le dimensionnement des Dalots se feront à l'aide du logiciel CYPE.

## II.6.2 Dimensionnement structural des Caniveaux

### II.6.2.1 Pré dimensionnement des caniveaux

Les caniveaux sont de section rectangulaire et sont constitués de :

- ✓ D'un radier
- ✓ De deux piédroits
- ✓ D'une dallette

Le radier et la dallette seront considérés comme une dalle et les piédroits comme un mur de soutènement.

Les épaisseurs des éléments constitutifs des caniveaux sont pré dimensionnés par la formule suivante :

$$e = \frac{\max(b, h)}{15}$$

N.B : pour des raisons de sécurité nous éviterons les épaisseurs inférieures à 15 cm pour le radier et les piédroits et 20 cm pour la dallette.

### II.6.2.2 Hypothèses et Normes

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- ✓ Le béton : Résistance de B25
- ✓ L'acier : (HA) FeE500
- ✓ Le sol de fondation : Contrainte limite de 0,15 MPa

Les caniveaux seront dimensionnés conformément aux normes suivantes :

- ✓ BAEL 91 révisé 99 ;
- ✓ Fascicule 61 Titre II : Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art — Programmes de charges et épreuves des ponts-routes ;
- ✓ Fascicule 62 Titre V : Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil.

Les charges et surcharges considérées :

- ✓ Le poids propre du caniveau ;
- ✓ Le poids des terres de remblais ;
- ✓ La poussée des terres sur les pieds droits et les ailes ;

- ✓ Les surcharges routières.
- ✓ La surcharge routière considérée est la charge de roue Br, appliquée à mi- portée de la dallette.

Par ce chapitre, nous avons énoncé et détaillés toutes les méthodes que nous utiliserons pour la conception et le dimensionnement de tous les éléments de notre tronçon routier. Nous passons donc à la présentation des résultats obtenus après les études techniques.

## **CHAPITRE III : RESULTATS DES ETUDES TECHNIQUES**

Suivant les différentes méthodologies présentées dans le chapitre précédent, nous feront dans ce présent chapitre une présentation des résultats obtenus à l'issu des études techniques. Il sera structuré comme suit :

- Résultats de l'étude géométrique de la chaussée
- Résultats des études du trafic et dimensionnement de la chaussée ;
- Résultats des études hydrologique ;
- Résultats des études hydraulique ;
- Résultats du dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques.

### **III.1 Résultat de l'étude géotechnique de la chaussée**

Des sondages ont été effectués sur le tronçon et le **CBR** obtenue est de **28**.

D'après le CEBTP il existe cinq classes de sol support possible décrites dans le Tableau 11 : Classification sol support:

*Tableau 11 : Classification sol support*

Classe de sol	CBR
S1	CBR < 5
S2	5 < CBR < 10
S3	10 < CBR < 15
S4	15 < CBR < 30
S5	CBR > 30

Le CBR étant de 28 ( $15 < \text{CBR} < 30$ ), nous adoptons une plate-forme de type **S4**.

### **III.2 Résultat de l'étude géométrique de la chaussée**

#### **III.2.1 Choix de la catégorie de route et la vitesse de référence**

Cette étape de la conception consistera au choix des caractéristiques générales : le type de route qui détermine l'instruction à appliquer, la catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé.

Pour la norme ICTAVRU (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines) on a deux catégories de voies :

- ✓ **Les voies à caractéristiques autoroutières pour les VRU de type A**
- ✓ **Les voies à caractéristiques non autoroutières pour les VRU de type U que l'on retiendra pour notre étude. (voir ANNEXE 2 : Etude comparative des catégories de voies)**

La catégorie choisie pour la voie est celle d'une voie principale de type **U80** ; la vitesse de référence du projet est donc **VR=80 km/h**.

### **III.1.2 Tracé en plan**

Suivant les normes prescrites par l'ICTAVRU, nous obtenons un tracé en plan ayant des rayons variant entre **15 m** et **10000 m**. La valeur de rayon de **15 m** qui se trouve être inférieur au minimum requis, est située au niveau d'un giratoire et se justifie par les faibles vitesses pratiquées au niveau des giratoires qui diminuent les risques d'accident avec des petits rayons.

En ce qui concerne l'axe en plan, il a été tracé de telle sorte à ne pas trop s'éloigner de l'axe TOPO. Nous avons tracé deux axes en plan à cause de la configuration de notre route. Le premier axe débute avant le giratoire de KOSSODO et s'arrête au niveau du carrefour à feu tandis que le deuxième prend naissance à ce même carrefour dans le sens transversal jusqu'à la fin de notre tronçon. **126 profils** ont été créés au niveau de l'**AXE 1** tandis que l'**AXE 2** nous a permis la création de **16 profils**.

*Le profil en plan de notre projet est fourni en ANNEXE 17 : Dossier des plans.*

### **III.1.3 Profil en long**

Tenant compte des recommandations de l'ICTAVRU nous obtenons un profil en long ayant des rayons variant entre **-3 000 m et 4 000 m**. ce profil en long est composé de quatre (4) alignements droits et de trois (03) raccordements.

*Le profil en long de notre tronçon est fourni en ANNEXE 17 : Dossier des plans.*

### **III.1.4 Profil en travers**

Il en résulte les caractéristiques suivantes pour le profil en travers de la voie de bouclage :

- Une Chaussée :  $2 \times 2$  voies
- De pistes cyclable (séparé des voies principales par des bordures T3)
- Des voies de contre-allées de part et d'autre de la chaussée
- Un terre-plein central
- De trottoirs séparant les voies principales des voies de contre-allées
- Des caniveaux de dimensions variables
- De trottoirs de rives

Tableau 12 : *Eléments du profil en travers de la route*

DESIGNATION	DIMENSIONS
<b>Nombre de voies</b>	2X2 voies
<b>Largeur de la chaussée par sens</b>	7.5 m
<b>TPC</b>	2 m
<b>Trottoir</b>	1.5 m
<b>Trottoir (entre voie principale et contre-allée)</b>	2.5 m
<b>Largeur Voie de contre-allée</b>	7 m
<b>Piste cyclable</b>	3.5m

## **III.2 Résultat des études de trafic et Dimensionnement de la chaussée**

### **III.2.1 Etude du trafic**

#### **III.2.1.1 Données du trafic**

Le dimensionnement de la chaussée se faisant qu'avec des poids lourds, le TMJA des Poids Lourds sera considéré comme trafic pour le dimensionnement de la chaussée. Ce trafic est présenté dans le Tableau 13 : Trafic poids lourds.

Tableau 13 : Trafic poids lourds

DESIGNATION	Sens 1	Sens 2	TMJA Normal 2018
<b>Bus</b>	74	77	151
<b>Camion 2 Essieux</b>	251	257	508
<b>Camion 3 Essieux</b>	135	159	294
<b>Camion Semi- Remorque</b>	174	147	321
<b>Camion Remorque</b>	4	4	8
<b>Divers</b>	11	17	28
<b>TOTAL PL</b>	<b>649</b>	<b>661</b>	<b>1310</b>

Le sens 1 présente 649 PL/jr tandis que le sens 2 présente 661 PL/jr.

**Le sens le plus chargé est donc le sens 2. On dimensionnera la structure de chaussée suivant le sens 2.**

Les autres données nécessaires au dimensionnement sont résumées dans le Tableau 14 : Données pour le dimensionnement de la structure de chaussée.

Tableau 14 : Données pour le dimensionnement de la structure de chaussée

<b>Années de comptage</b>	<b>2018</b>
<b>Années de mise en service</b>	2021
<b>Durée de vie</b>	15 ans
<b>Coefficient de répartition</b>	0.5 pour le sens 1 / 0.75 pour le sens 2
<b>Coefficient d'agressivité moyen (CAM)</b>	0.9
<b>Taux de croissance</b>	4%
<b>Classe du sol</b>	S4

### III.2.1.2 Estimation du trafic

Pour l'estimation du trafic de dimensionnement, il est considéré les données de comptage de l'année 2018, l'année de mise en service étant 2021 pour une durée de vie de quinze ans (15) et un taux d'accroissement de trafic de cinq pour cent (4%). Pour le calcul des structures de chaussées, le trafic à prendre en compte doit être exprimé par le nombre cumulé de poids lourd qui passeront sur la voie la plus sollicitée de la chaussée. La formule retenue pour le calcul de trafic traduit une croissance de façon exponentielle du trafic qui se présente comme suit :

$tn = t1 (1+i)^{(n-1)}$
$t1 = N \times CRT$
$365 \cdot \Sigma tn = 365 tn [((1+i)^n - 1)/i]$

Avec :

- ✓  $tn$  = Trafic moyen journalier de l'année  $n$  ;
- ✓  $t1$  = Trafic moyen journalier de la 1ère année ;
- ✓  $i$  = Taux d'accroissement annuel du trafic ;
- ✓  $n$  = intervalle de temps entre l'année de comptage et l'année de mise en service ;
- ✓  $365 \cdot \Sigma tn$  = Trafic cumulé pendant la durée de vie  $n$  de la chaussée.

#### a) Trafic à l'année de mise en service

Le trafic à l'année de mise en service (2021 pour notre projet) est évalué en considérant une croissance exponentielle. Pour ce faire nous allons considérer le trafic moyen journalier des poids lourds du comptage de 2018.

$$-T_{2021} = T_{2018} (1+i)^{(n-1)}$$

- $T_{2021}$  = trafic des véhicules poids lourd de l'année de la mise en service de la route

$$-n = 2021 - 2018 = 3 \text{ ans}$$

$$-T_{2021} = 661 \times 0.75 (1 + 0,04)^{3-1}$$

<b>-T<sub>2021</sub> ≈ 537 PL/jour</b>
--

#### b) Trafic en nombre cumulé de poids lourds

Pour la détermination des structures des chaussées, les trafics à prendre en compte doit être exprimé par le nombre cumulé de poids lourd ou le nombre cumulé d'essieux standards qui passeront éventuellement sur la future voie la plus sollicitée de la chaussée.

$$365.\Sigma tn = 365 \times T2021 \times \frac{((1+i)^n - 1)}{i}$$

$$365.\Sigma tn = 365 \times 537 \times \frac{((1+0.04)^{15} - 1)}{0.04}$$

$365.\Sigma tn = 3,92. 10^6 \text{ PL/jr}$

La classe du trafic est déterminée à partir du trafic poids lourds. Les différentes classes sont définies par les limites données par le .

Tableau 15 : Classification du trafic poids lourds.

Tableau 15 : Classification du trafic poids lourds

Classe de trafic	Nombre cumulé de poids lourds
T1	$N < 5.10^5$
T2	$5.10^5 < N < 1,5.10^6$
T3	$1,5.10^6 < N < 4.10^6$
T4	$4.10^6 < N < 10^7$
T5	$10^7 < N < 2.10^7$

Ainsi, le résultat obtenu du trafic cumulé pendant la durée de vie de quinze (15) ans de la chaussée étant de  $3,92. 10^6 \text{ PL/jr}$ , la classe de trafic attendu est **T3**.

### III.2.2 Dimensionnement de la structure de chaussée

Les paramètres d'entrée pour le choix de la structure sont le trafic et la portance de la plateforme (T3, S4). Nous dimensionnons le corps de chaussée à l'aide du CEBTP qui propose plusieurs structures de chaussée correspondant à ces paramètres d'entrés.

Nous avons donc retenu les structures de chaussée suivantes :

Tableau 16 : Variante des structures de chaussée

	Couche	Matériaux	Epaisseurs (cm)
Choix 1	Revêtement	Béton bitumineux	5
	Base	Graveleux latéritique naturel	20
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	15
Choix 2	Revêtement	Béton bitumineux	4
	Base	Grave bitume	20

	Fondation	Graveleux latéritique naturel ou grave naturel	20
--	-----------	--	----

Les principaux matériaux des variantes proposées sont : le béton bitumineux, le graveleux latéritique naturel et le grave bitume. Le choix des deux variantes s'est fait selon le critère de disponibilité des matériaux dans la zone et donc envisageable pour notre projet à condition que ceux-ci répondent au critère des coûts de réalisation.

Le choix numéro un (01) sera retenu pour le dimensionnement de la chaussée de notre tronçon pour des raisons économiques et à cause de la disponibilité des graveleux latéritique naturel dans les carrières situées non loin du site du projet.

### III.2.3 Vérification par Alizée (LCPC)

Cette méthode permettra essentiellement de vérifier le choix de structure adoptée à partir de la méthode CEBTP. Elle permet de calculer les contraintes et les déformations induites dans les différentes couches de la chaussée choisie.

Les données d'entrée dans la modélisation des différents calculs sont :

- Les épaisseurs de chaque couche
- Les modules d'Young (E) = 5 X CBR
- Le coefficient de poisson ( $\mu$ ) de chaque couche
- Les types d'interface entre les couches (conditions de collage)

#### ❖ Données

- ✓ Trafic T3
- ✓ Plateforme S4 : PF3 ( $E = 120 \text{ Mpa}$ )
- ✓ Couche de Fondation en graveleux latéritique naturel ( $E = 400 \text{ Mpa}$ )
- ✓ Couche de base du premier en graveleux latéritique naturel ( $E = 650 \text{ Mpa}$ )
- ✓ Couche de revêtement en Béton Bitumineux BB ( $E = 1300 \text{ Mpa}$ )
- ✓  $\mu = 0,35$  pour les différents matériaux (coefficient de poisson)
- ✓ Coefficient d'agressivité moyen (CAM) = 0.9

#### ❖ Conditions d'interface

Le modèle prévoit trois types de contact possibles pour caractériser le fonctionnement de l'interface entre les couches :

- ✓ Glissant
- ✓ Semi-collé
- ✓ Collé

Nous choisissons le type d'interface Collé.

### ❖ Vérifications

Les critères de rupture à considérer sont :

- ✓ La déformation verticale  $\varepsilon_z$  à la surface du sol support et des couches non traitées
- ✓ L'allongement  $\epsilon_T$  à la base des couches bitumineuses

Nous comparerons ensuite ces déformations par rapport aux contraintes admissibles afin de s'assurer qu'elles soient inférieures à ces dernières. Dans le cas contraire, nous modifierons les modules ainsi que les épaisseurs des couches afin d'obtenir des déformations inférieures aux contraintes admissibles.

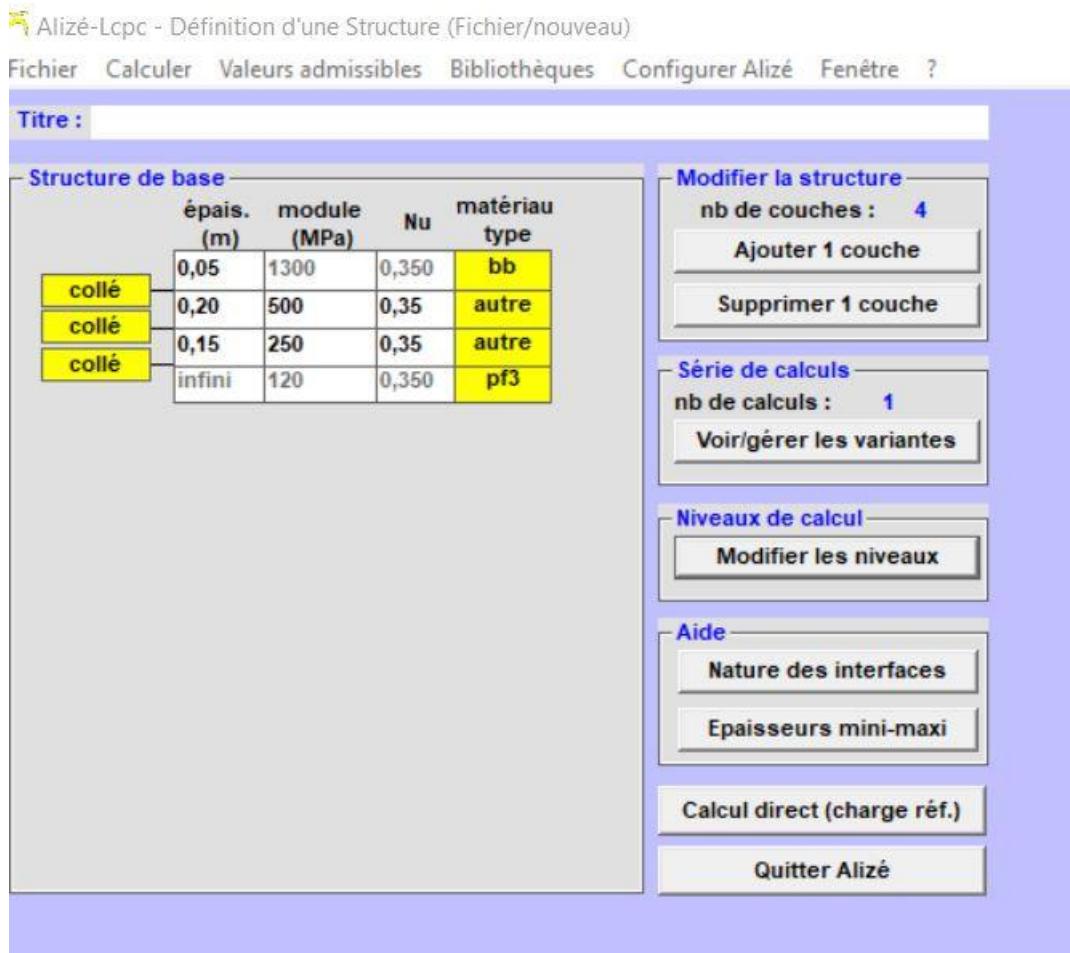


Figure 4 : Modélisation de la structure sur alizé

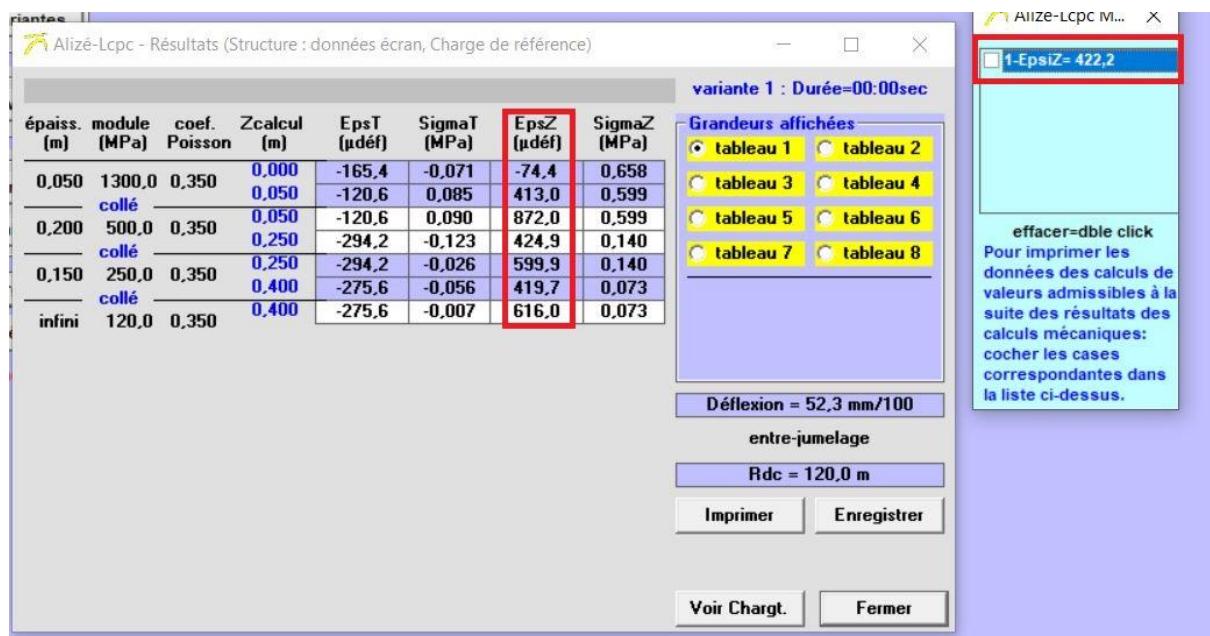


Figure 5 : vérification Alizée

Les déformations verticales dépassent largement la valeur admissible qui est de 422,2 Mpa. Nous ajustons alors les différentes épaisseurs des couches ainsi que les modules afin que les contraintes soient vérifiées.

❖ Ajustement des épaisseurs et des modules

Tableau 17 : Ajustement des épaisseurs et des modules

Alizé-Lcpc - Définition d'une Structure (Fichier/nouveau)  
 Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre :

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,05	1300	0,350	bb
collé	0,20	650	0,35	autre
collé	0,25	400	0,35	autre
	infini	120	0,350	pf3

Modifier la structure

nb de couches : 4

Ajouter 1 couche

Supprimer 1 couche

Série de calculs

nb de calculs : 1

Voir/gérer les variantes

Niveaux de calcul

Modifier les niveaux

Aide

Nature des interfaces

Epaisseurs mini-maxi

Calcul direct (charge réf.)

Quitter Alizé

Tableau 18 : déformation vérifiée

variantes

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdéf)	SigmaZ (MPa)
0,050	1300,0	0,350	0,000	-125,3	-0,045	10,6	0,657
collé				-76,2	0,166	369,6	0,610
0,200	650,0	0,350	0,050	-76,2	0,102	661,9	0,610
collé				-183,7	-0,079	306,2	0,155
0,250	400,0	0,350	0,250	-183,7	-0,018	399,2	0,155
collé				0,500	-0,075	241,4	0,049
infini	120,0	0,350		-178,1	-0,004	418,8	0,049

variante 1 : Durée=00:00sec

Grandeurs affichées

tableau 1  tableau 2

tableau 3  tableau 4

tableau 5  tableau 6

tableau 7  tableau 8

effacer=double click  
 Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

1-EpsiZ= 422,2

Déflexion = 42,4 mm/100 entre-jumelage

Rdc = 161,3 m

Imprimer Enregistrer

Voir Charg. Fermer

La structure définitive de chaussée adoptée pour notre étude est donc :

Choix 1	Couche	Matériaux	Epaisseurs (cm)
	Revêtement	Béton bitumineux	5
	Base	Graveleux latéritique naturel	20
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	25

### III.3 Résultat de l'étude Hydrologique

#### III.3.1 Délimitation des bassins versant

La carte des bassins versants délimités se trouve dans l'**ANNEXE 17 : Dossier des plans**  
**ANNEXE 17 : Dossier des plans**.

#### III.3.2 Caractéristiques des bassins versant

Nous avons au total 26 bassins versants sur notre zone d'étude dont le plus petit a une superficie de 0.205 ha et le plus grand une superficie de 541.8 ha.

Parmi les 26 bassins versants, 25 ont une superficie inférieure à 400 ha ( $4 \text{ km}^2$ ). Seul le bassin versant n°A7 a une superficie supérieure à  $4 \text{ km}^2$ . Les caractéristiques physiques des bassins versants sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 19 : Caractéristiques des Bassins versants

Bassins versants	Surface(km2)	Surface(ha)	Périmètre(km)	coef ruissellement	Pente I	Icompatibilité
<b>BV00</b>	0,051	5,144	0,939	0,7	0,011	1,168
<b>BVA3</b>	0,028	2,812	0,759	0,7	0,010	1,276
<b>BVA5</b>	0,038	3,808	0,902	0,7	0,012	1,304
<b>BVA6</b>	0,057	5,656	1,171	0,7	0,005	1,389
<b>BV1</b>	0,313	31,349	2,632	0,7	0,012	1,326
<b>BV1-1</b>	0,010	1,000	0,499	0,7	0,002	1,407
<b>BV1-2</b>	0,008	0,837	0,427	0,7	0,020	1,316
<b>BV1-3</b>	0,007	0,709	0,410	0,7	0,004	1,373
<b>BV1-4</b>	0,002	0,248	0,205	0,7	0,055	1,160
<b>BV1-5</b>	0,003	0,254	0,212	0,7	0,040	1,186
<b>BV1-6</b>	0,002	0,205	0,184	0,7	0,004	1,147
<b>BV1-7</b>	0,030	3,005	0,749	0,7	0,025	1,218
<b>BV2</b>	0,093	9,256	1,219	0,7	0,010	1,130
<b>BV2-1</b>	0,008	0,780	0,378	0,7	0,004	1,207

<b>BV2-2</b>	0,006	0,626	0,323	0,7	0,003	1,151
<b>BV3</b>	0,221	22,070	0,199	0,7	0,005	0,119
<b>BV3-1</b>	0,013	1,304	0,539	0,7	0,035	1,331
<b>BV3-2</b>	0,013	1,319	0,533	0,7	0,017	1,309
<b>BV3-3</b>	0,007	0,699	0,344	0,7	0,023	1,160
<b>BV3-4</b>	0,008	0,791	0,375	0,7	0,007	1,189
<b>BV4</b>	0,157	15,652	1,652	0,7	0,002	1,178
<b>BV4-1</b>	0,016	1,559	0,606	0,7	0,015	1,369
<b>BV4-2</b>	0,010	1,023	0,439	0,7	0,011	1,224
<b>BV4-3</b>	0,012	1,188	0,480	0,7	0,007	1,242
<b>BV4-4</b>	0,014	1,366	0,492	0,7	0,027	1,187
<b>BVA7</b>	5,418	541,800	8,993	0,7	0,720	1,090

Les autres caractéristiques des Bassins versants seront évaluées suivants les différentes méthodes d'évaluation des débits de crues du projet.

### III.3.3 Détermination des Débits de crues du projet

Les débits de crues de 25 bassins versants ont été calculés avec la méthode CAQUOT et ont permis d'obtenir des débits allant de 0.133 m<sup>3</sup>/s à 9.720 m<sup>3</sup>/s. tandis que le débit du Bassin versant A7 seul a été calculé avec les méthodes CIEH (11,486m<sup>3</sup>/s) et ORSTOM (6,463m<sup>3</sup>/s). Le débit suivant la méthode CIEH étant le plus élevé sera donc retenu pour le dimensionnement des ouvrages hydraulique. Les débits de crues du projet calculés selon la méthode choisie sont résumés dans le tableau ci-dessous :

(Les détails des calculs des différents débits sont en [ANNEXE 6 : Calcul des Bassins versants par la méthode de Caquot](#))

Tableau 20 : Débits de crue

Bassins versants	Surface(km2)	Méthode CAQUOT Débit (m <sup>3</sup> /s)	Méthode CIEH Débit (m <sup>3</sup> /s)	Méthode ORSTOM Débit (m <sup>3</sup> /s)	Débit de crues (T=10 ans)
<b>BV00</b>	0,051	2,188	-	-	2,188
<b>BVA3</b>	0,028	1,449	-	-	1,449
<b>BVA5</b>	0,038	2,366	-	-	2,366
<b>BVA6</b>	0,057	2,726	-	--	2,726
<b>BV1</b>	0,313	9,72	-	-	9,72
<b>BV1-1</b>	0,010	0,504	-	-	0,504
<b>BV1-2</b>	0,008	0,736	-	-	0,736
<b>BV1-3</b>	0,007	0,437	-	-	0,437
<b>BV1-4</b>	0,002	0,304	-	-	0,304
<b>BV1-5</b>	0,003	0,298	-	-	0,298
<b>BV1-6</b>	0,002	0,133	-	-	0,133

<b>BV1-7</b>	0,030	2,124	-	-	-	2,124
<b>BV2</b>	0,093	3,728	-	-	-	3,728
<b>BV2-1</b>	0,008	0,429	-	-	-	0,429
<b>BV2-2</b>	0,006	0,329	-	-	-	0,329
<b>BV3</b>	0,221	5,336	-	-	-	5,336
<b>BV3-1</b>	0,013	1,241	-	-	-	1,241
<b>BV3-2</b>	0,013	1,037	-	-	-	1,037
<b>BV3-3</b>	0,007	0,586	-	-	-	0,586
<b>BV3-4</b>	0,008	0,505	-	-	-	0,505
<b>BV4</b>	0,157	3,397	-	-	-	3,397
<b>BV4-1</b>	0,016	1,179	-	-	-	1,179
<b>BV4-2</b>	0,010	0,707	-	-	-	0,707
<b>BV4-3</b>	0,012	0,728	-	-	-	0,728
<b>BV4-4</b>	0,014	1,117	-	-	-	1,117
<b>BVA7</b>	5,418		-	6,463	-	-
<b>BVA7</b>	5,418		11,486	-	-	11,486

### III.4 Résultat de l'étude Hydraulique

Les calculs hydrologiques nous ont permis d'obtenir les débits maximums à drainer latéralement. A travers l'étude hydraulique nous allons déterminer les sections nécessaires à donner aux caniveaux et aux dalots afin d'évacuer les débits de crues.

#### III.4.1 Dimensionnement hydraulique des caniveaux

##### ❖ Débits à évacués

Pour le dimensionnement des caniveaux, nous avons obtenus les débits à évacués après assemblage des bassins versants.

Tableau 21: Assemblage des Bassins versants

CANIVEAUX	S équ (km <sup>2</sup> )	S équ (ha)	C équ	L équ	I équ	Méqu	m équ	Qp équ	Qp éq corrigé (m <sup>3</sup> /s)
Cani_A = BV00 + BVA3	0,080	7,95	0,7	4,54	0,011	1,61	1,07	2,69	2,90
Cani_B = BVA5 + BVA6	0,095	9,46	0,7	2,19	0,007	0,71	1,43	2,79	4,01
Cani_C = BV1.1 + BV1.2 + BV1.3 + BV1.4	0,028	2,79	0,7	1,85	0,006	1,10	1,23	0,96	1,18
Cani_D = BV1.5 + BV1.6 + BV1.7	0,035	3,46	0,7	1,93	0,015	1,03	1,25	1,46	1,84
Cani_E = BV2.1 + BV2.2	0,014	1,40	0,7	1,27	0,003	1,07	1,24	0,48	0,59
Cani_F = BV3.1 + BV3.2 + BV3.3 + BV3.4	0,041	4,11	0,7	2,59	0,016	1,27	1,17	1,71	2,00
Cani_G = BV4.1	0,016	1,55	0,7	0,67	0,015	0,53	1,58	1,17	1,86
Cani_H = BV4.2 + BV4.3 + BV4.4	0,036	3,57	0,7	2,19	0,012	1,15	1,21	1,41	1,71

❖ **Détermination des sections**

Les caniveaux ont été dimensionnés dans l'objectif d'assurer la sécurité des usagers, lutter contre l'infiltration des eaux dans la structure routière et assurer l'écoulement des eaux. Ce dimensionnement a conduit aux résultats récapitulés dans le tableau 22. Au total nous avons quatre (04) types de caniveaux :

- Un tronçon de section 1 x 1 m
- Un tronçon de section 1 x 1.5 m
- Deux tronçon de section 0.8 x 0.8 m
- Trois tronçon de section 1 x 0.8 m
- Un tronçon de section 0.8 x 1 m

Tableau 22: Dimensionnement hydraulique des caniveaux

Caniveaux																		
Caniveaux	Débit	i (pente)	Ks	largeur au radier B (m)	Hauteur mouillée y (m)	Q/ $\sqrt{i}$	Ks.S^(5/3) . P^(-2/3)	(Q/ $\sqrt{i}$ )- (Ks.S^(5/3) . P^(-2/3))	Surface mouillée	Vitesse	Vmax	V<Vmax	Choix des sections			Revanche		
													Hauteur(m)	B (m)	Y (m)			
Cani_A	2,91	0,01	70,00	1,00	0,89	29,06	29,06	0,00	0,89	3,27	4,00	OK	1,00	1,00	0,89	0,11		
Cani_B	4,02	0,01	70,00	1,50	0,74	40,19	40,18	0,00	1,11	3,62	4,00	OK	1,00	1,50	0,74	0,26		
Cani_C	1,19	0,01	70,00	0,80	0,56	11,86	11,86	0,00	0,45	2,65	4,00	OK	0,80	0,80	0,56	0,24		
Cani_D	1,85	0,01	70,00	0,80	0,80	18,48	18,48	0,00	0,64	2,90	4,00	OK	1,00	0,80	0,80	0,20		
Cani_E	0,60	0,01	70,00	0,80	0,33	5,97	5,97	0,00	0,27	2,24	4,00	OK	0,80	0,80	0,33	0,47		
Cani_F	2,00	0,01	70,00	1,00	0,66	20,03	20,03	0,00	0,66	3,03	4,00	OK	0,80	1,00	0,66	0,14		
Cani_G	1,87	0,01	70,00	0,80	0,80	18,68	18,68	0,00	0,64	2,90	4,00	OK	1,00	0,80	0,80	0,20		
Cani_H	1,71	0,01	70,00	0,80	0,75	17,11	17,11	0,00	0,60	2,86	4,00	OK	1,00	0,80	0,75	0,25		

### **III.4.2 Dimensionnement hydraulique des Dalots**

Les Dalots qui sont des ouvrages de franchissement ont été dimensionnés suivants la méthodologie décrite en chapitre II et les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau 23 : Dimensionnement Hydraulique des dalots. Nous avons au total quatre types de dalots :

- Un dalot 2x2mx2m placé au profil 102
- Deux dalots 1x2mx2m placé aux profils 76 et 50
- Un dalot 1x1.8mx2m placé au profil 40
- Un dalot 3x1.5mx1.5m placé au profil 6

Tableau 23 : Dimensionnement Hydraulique des dalots

	Dalot 1	Dalot 2	Dalot 3	Dalot 4	Dalot A7
<b>Données</b>					
<b>POSITION</b>	Profil 102	Profil 76	Profil 50	Profil 40	Profil 6
<b>Débit du projet</b>	10,920	4,628	5,302	3,778	11,486
<b>Vitesse maximale d'écoulement (m/s)</b>	3,000	3,000	3,000	3,000	3
<b>Nombre de cellules</b>	2,000	1,000	1,000	1,000	3
<b>Hauteur d'une ouverture (D)</b>	2,000	2,000	2,000	1,800	1,5
<b>Largeur d'une ouverture (B)</b>	2,000	2,000	2,000	2,000	1,5
<b>Coefficient de manning du béton</b>	67,000	67,000	67,000	67,000	67
<b>(H1*) Rapport tirant entre le tirant d'eau amont et la hauteur d'une ouverture(abaque)</b>	0,680	0,630	0,690	0,520	0,86
<b>Type d'écoulement</b>					
<b>Débit Unitaire</b>	5,460	4,628	5,302	3,778	3,829
<b>Section minimale d'une ouverture (m<sup>2</sup>)</b>	1,820	1,543	1,767	1,259	1,276
<b>Section d'une ouverture (m<sup>2</sup>)</b>	4,000	4,000	4,000	3,600	2,250
<b>Parametre adimensionnel 1 (Q*)</b>	0,216	0,183	0,210	0,175	0,311
<b>Tirant d'eau en amont du dalot (H1)</b>	1,360	1,260	1,380	0,936	1,290
<b>1,25*D</b>	2,500	2,500	2,500	2,250	1,875
<b>H1 &lt; 1,25*D</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
<b>Type d'écoulement</b>	Sortie dénoyée				

<b>La Pente des DALOT</b>					
Parametre adimensionnel 2 (Q*)	0,305	0,259	0,296	0,211	0,439
Pente étoilée (lc*)	3,100	3,050	3,090	2,800	3,4
Pente critique du dalot (lc)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007
Pente du dalot	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007
<b>Vitesse d'écoulement</b>					
parametre adimensionnel 3 (Q*)	0,173	0,148	0,169	0,126	0,238
Vitesse étoilée	0,380	0,370	0,370	0,350	0,4
Vitesse d'écoulement (m/s)	2,992	2,890	2,909	2,619	2,857
verification de la vitesse d'écoulement si $V \leq V_{max}$ vérifié , si $V \geq V_{max}$ non vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié

## III.5 Résultat du dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques

### III.5.1 Pré-dimensionnement des ouvrages

#### ❖ Les Dalots

Les épaisseurs des radiers, des pied-droit et des tabliers obtenus après pré dimensionnement des dalots sont identiques et résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 24: Pré dimensionnement des Dalots

DALOTS	Nombre d'ouverture	Hauteur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur Remblais (cm)	Epaisseur (cm) (tablier, pied-droit et radier)
D_1	2	200	200	200 ≤ H ≤ 400	20
D_2	1	200	200	200 ≤ H ≤ 400	20
D_3	1	200	200	200 ≤ H ≤ 400	20
D_4	1	180	200	200 ≤ H ≤ 400	20
D_A7	3	150	150	200 ≤ H ≤ 400	20

#### ❖ Les Caniveaux

Le tableau ci-dessous résume les dimensions des caniveaux obtenus après pré dimensionnement :

Tableau 25 : Pré dimensionnement des caniveaux

Caniveaux	Largeur (B)	Hauteur (H)	Epaisseur dalle	Epaisseur Radier et Piédroits
Cani_A	100 cm	100 cm	20 cm	15 cm
Cani_B	150 cm	100 cm	20 cm	15 cm
Cani_C	80 cm	80 cm	20 cm	15 cm
Cani_D	100 cm	80 cm	20 cm	15 cm
Cani_E	80 cm	100 cm	20 cm	15 cm

### III.5.2 Dimensionnement des ouvrages

#### ❖ Les Caniveaux

Le dimensionnement des caniveaux a permis d'obtenir les sections d'armatures suivantes :

Tableau 26: dimensionnement structural des caniveaux

Aciers principaux			Aciers de répartition		
Section (cm <sup>2</sup> /ml)	Choix	Espacement (cm)	Section (cm <sup>2</sup> /ml)	Choix	Espacement (cm)
<b>Ferraillage du caniveau 150 cm x 100 cm (b x h)</b>					
<b>Dallette</b>	12,06	8 HA 14	20	3,02	4 HA 10
<b>Piédroit</b>	1,63	4 HA 8	20	0,41	4 HA 8
<b>Radier</b>	9,19	8 HA 12	20	2,30	4 HA 8
<b>Ferraillage du caniveau 100 cm x 100 cm (b x h)</b>					
<b>Dallette</b>	9,65	9 HA 12	15	3,22	6 HA 8
<b>Piédroit</b>	1,34	3 HA 8	25	0,45	2 HA 8
<b>Radier</b>	6,27	9 HA 10	15	2,09	4 HA 8
<b>Ferraillage du caniveau 80 cm x 80 cm (b x h)</b>					
<b>Dallette</b>	7,96	8 HA 12	10	2,65	6 HA 8
<b>Piédroit</b>	1,33	3 HA 8	25	0,44	1 HA 8
<b>Radier</b>	5,93	8 HA 10	10	1,98	4 HA 8
<b>Ferraillage du caniveau 80 cm x 100 cm (b x h)</b>					
<b>Dallette</b>	7,96	8 HA 12	10	2,65	6 HA 8
<b>Piédroit</b>	1,37	3 HA 8	20	0,46	1 HA 8
<b>Radier</b>	6,11	6 HA 12	10	2,04	4 HA 8

Un exemple de note de calcul décrivant la procédure de dimensionnement du caniveau 150 x100 se trouve en [ANNEXE 14 : Dimensionnement structural des ouvrages hydraulique](#).

### ❖ Les DALOTS

Le dimensionnement à l'aide du logiciel CYPE a conduit à la détermination des plans de ferraillage. Ces plans sont fournis dans le dossier de plans en [ANNEXE 17 : Dossier des plans](#).

Notons que les dalots seront réalisés en demi-chaussée et reliés afin de réduire sa portée.

## CHAPITRE IV : AMÉNAGEMENTS ROUTIER ET CONCEPTION ET PRÉ-ETUDE DU PASSAGE SUPERIEUR

Ce chapitre portera dans un premier temps sur l'aménagement routier général de notre tronçon d'étude. Sa deuxième partie sera consacrée à la pré-étude du passage supérieur qui sera érigé au-dessus du carrefour giratoire de l'unité Africaine de KOSSODO.

### **IV.1 AMÉNAGEMENT ROUTIER**

#### **IV.1.1 Aménagement des amores**

Les amores qui sont des pistes se raccordant à la voie principale et conduisant dans les quartiers seront bitumés sur environ 15 m et le rayon de raccordement est choisi pour faciliter l'insertion de véhicules longs.

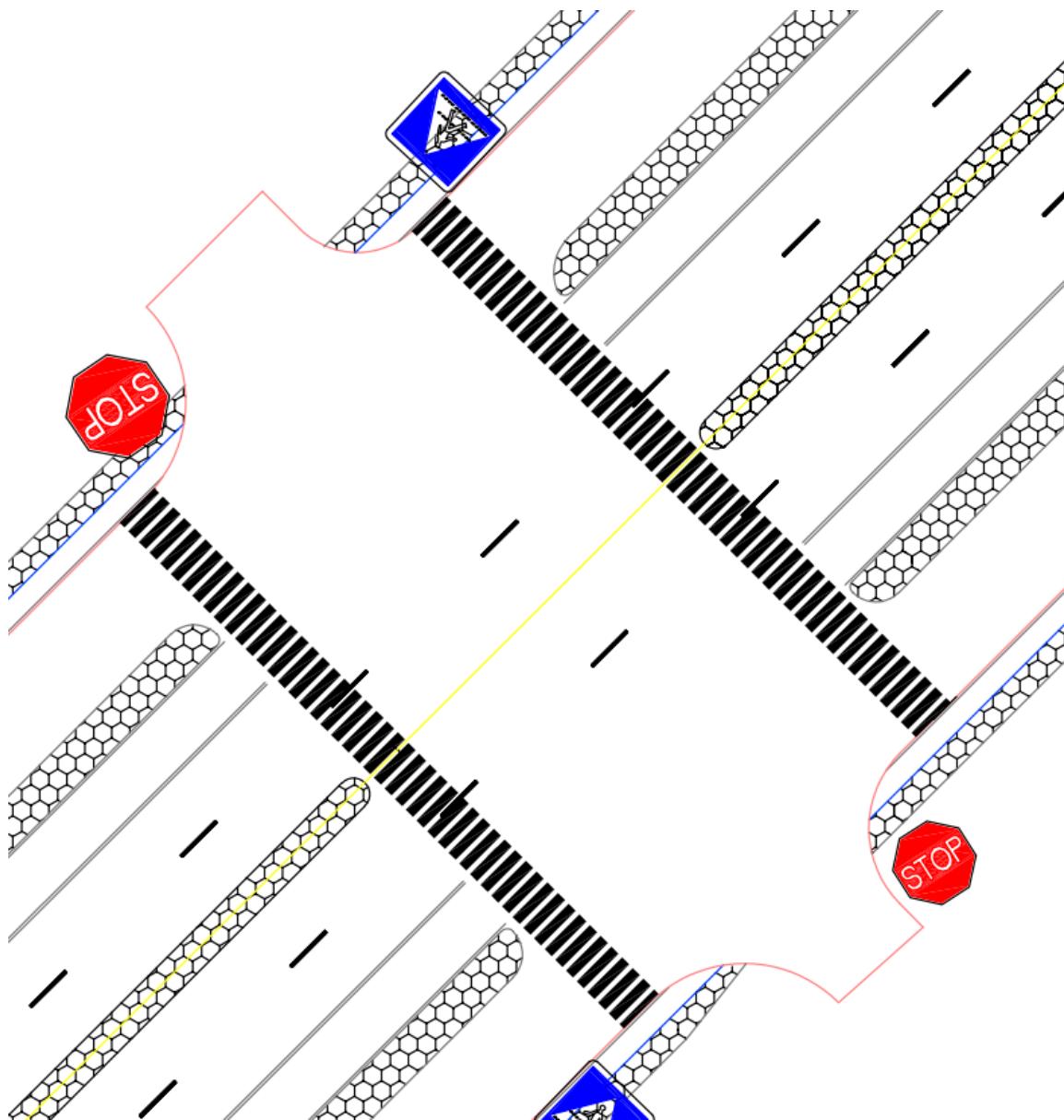


Figure 6 : Amorce doubles

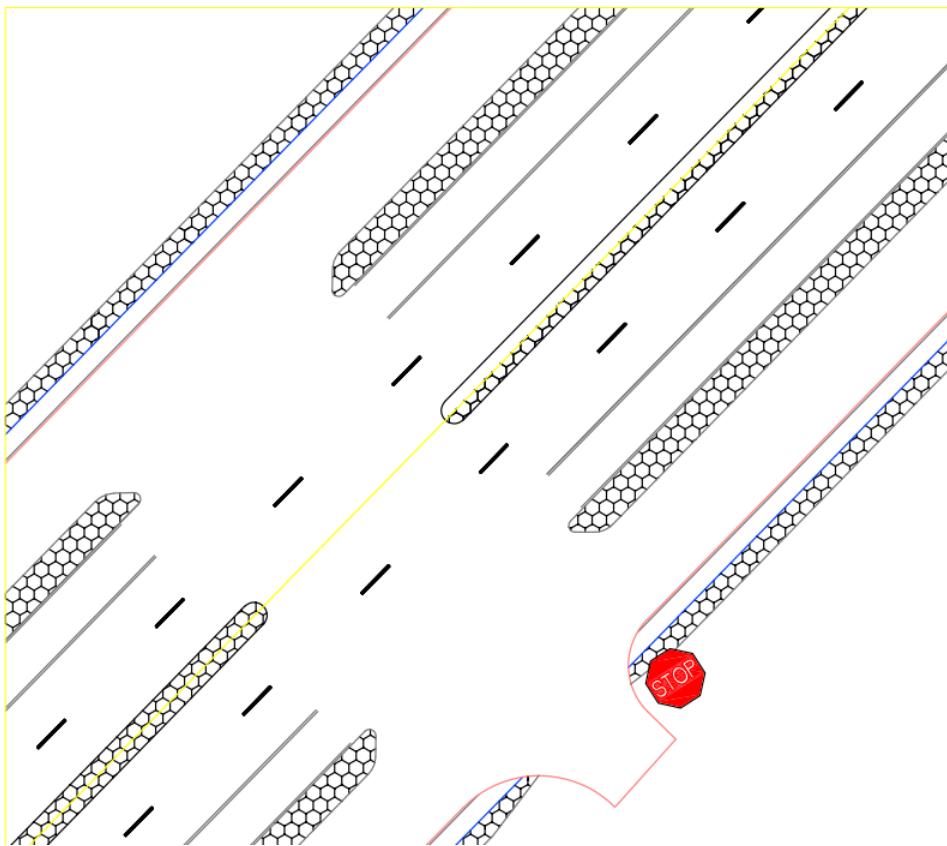
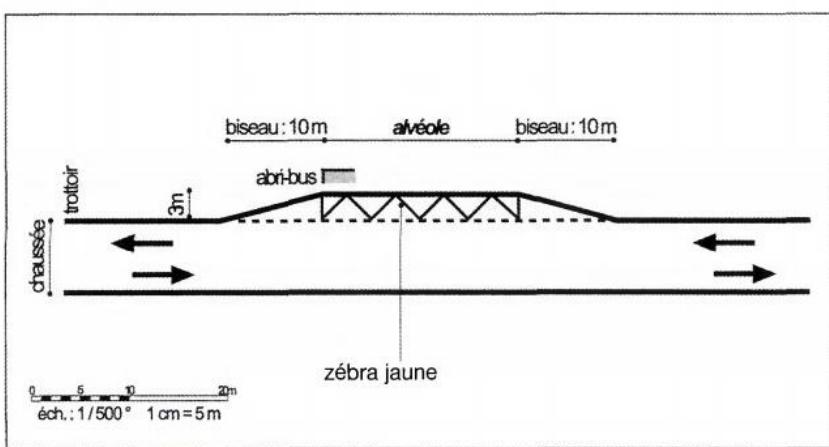


Figure 7 : Amorce simple

#### IV.1.2 Aménagement des points d'arrêt

Il est nécessaire de disposer d'une quarantaine de mètres linéaires pour permettre au bus d'accoster correctement et de ressortir sans gêne de l'alvéole. Les 10 m de biseaux d'entrée et de sortie permettent au conducteur de s'aligner, de s'arrêter sans déjà braquer les roues pour préparer sa sortie et de rester parallèle au quai. La largeur de l'alvéole (3 m) est nécessaire pour « effacer » le bus de la circulation générale. Pour notre étude, nous avons placés les arrêt autobus tous les 700 m. Les plans type de ces arrêts sont présentés par les figures 9 (a et b) ci-dessous.



(a)

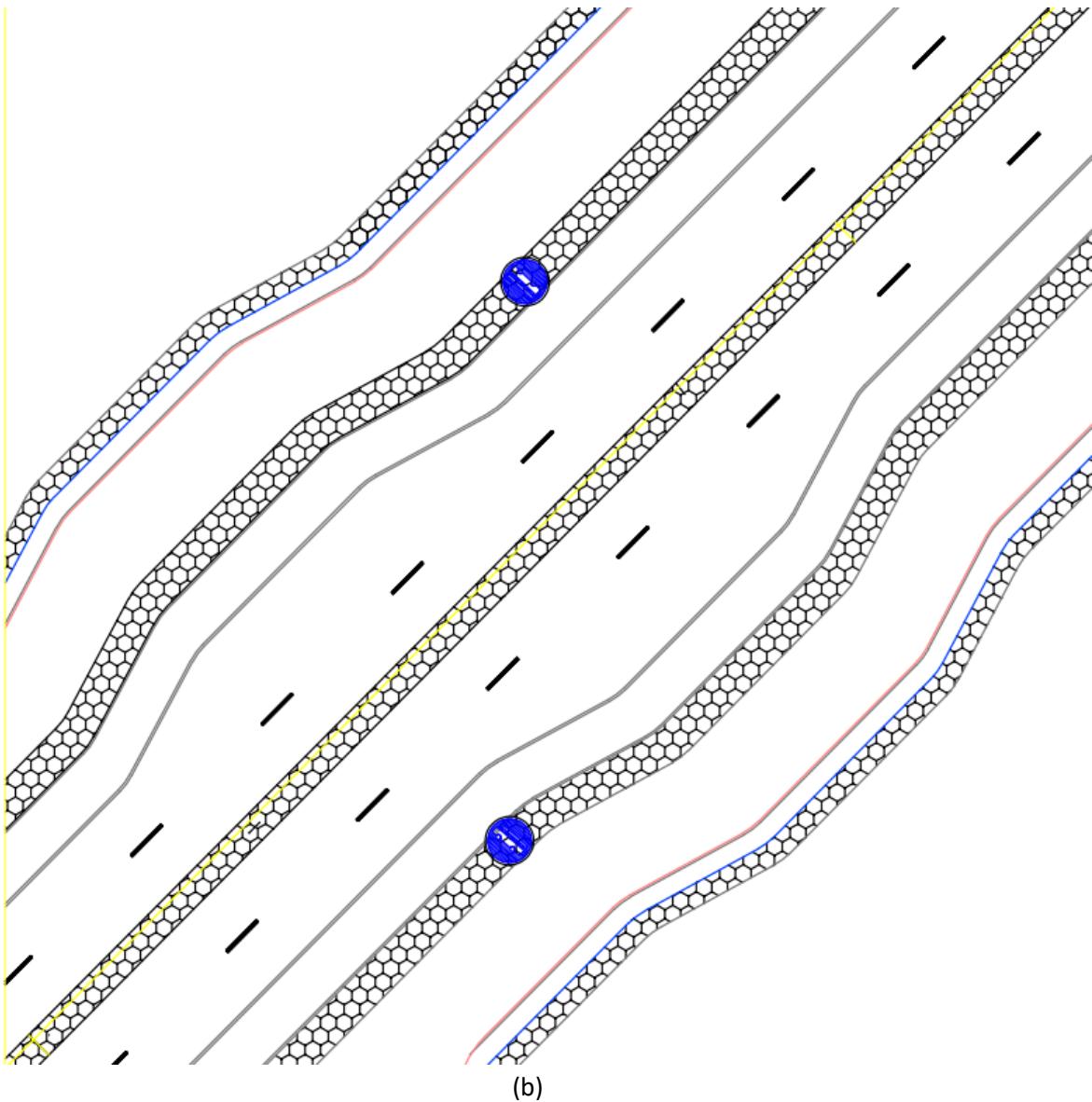


Figure 8 : Plans type de points d'arrêt (DT2711)

#### IV.1.3 Aménagements des carrefours

Un carrefour est un lieu d'intersection de plusieurs routes. Sa conception dépend de plusieurs paramètres tels que le trafic, le type de route qui le porte et son environnement. Sur notre tronçon d'étude, on rencontre deux carrefours giratoire dont le rondpoint de KOSSODO où il sera mis en place un passage supérieur.

Ce premier carrefour giratoire ne fera pas l'objet d'une étude particulière, car sa présence se justifie par une étude préalable. Dans le cadre de notre projet, le travail se limitera à faire la conception du passage supérieur qui sera érigé au-dessus du giratoire de KOSSODO.

Pour le deuxième carrefour, nous ferons sa conception et sa mise en place en suivant les normes de guide d'aménagement des carrefours inter urbains.

### ❖ Les dimensions générales du carrefour Giratoire

Les dimensions géométriques du carrefour tiennent compte des données suivants :

- ✓ Profil en travers de la route et du site
- ✓ L'emprise disponible du projet
- ✓ Du trafic global plus spécifiquement au trafic poids lourds.

Selon les recommandations du guide d'aménagement des carrefours interurbains, toutes les dimensions géométriques d'un carrefour giratoire dépendent de son rayon d'anneau extérieur qui offre les conditions suffisantes aux poids lourds lorsqu'il est compris entre 15 et 25 m.

Dans le cadre de notre projet, étant donné que le trafic poids lourd de la route étudier est important (661 PL/jr), nous avons calé le rayon de Giration à **25 m** afin d'offrir les conditions de confort et de sécurité suffisantes à ces derniers. De même nous nous sommes référés à ce même guide pour définir les paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie du giratoire.

Tableau 27 : Caractéristiques géométrique d'un carrefour Giratoire

	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
			$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Royon du giratoire	$R_g$	$12 \text{ m} \leq R_g \leq 25 \text{ m}$	$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Largeur de l'anneau	$r_a$	$6 \text{ m} \leq r_a \leq 9 \text{ m}$	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	$sl_f$	$1,5 \text{ m} \text{ si } R_g \leq 15 \text{ m}$	1,5	1,5	—	—
Rayon intérieur	$R_i$	$R_g - r_a - sl_f$	3,5	6,5	13	18
Rayon d'entrée*	$R_e$	$10 \text{ m} \leq R_e \leq 15 \text{ m et } \leq R_g$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	$r_e$	$r_e = 4 \text{ m}$	4	4	4	4
Rayon de sortie*	$R_s$	$15 \text{ m} \leq R_s \leq 30 \text{ m et } > R_i$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	$r_s$	$4 \text{ m} \leq r_s \leq 5 \text{ m}$	4	4	4,5	5
Rayon de raccordement	$R_r$	$R_r = 4 R_g$	48	60	80	100

### ❖ Dimensions des îlots centraux

Les paramètres de construction des îlots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon 25m sont donnés par des relations suivantes conformément aux recommandations du guide d'aménagement des carrefours interurbains.

Tableau 28 : Caractéristiques géométrique d'un îlot séparateur

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
			$R_g < 15$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Rayon giratoire	$R_g$					
Hauteur du triangle de construction	$H$	$H = R_g$	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	$B$	$B = R_g / 4$	3 à 3,75	3,75	5,00	6,25
Départ de l'îlot sur l'axe	$d$	$d = (0,5 + R_g/50)/2$ ou 0	0	0,40	0,45	0,50
Rayon de raccordement des bordures	$r$	$r = R_g / 50$	0,25	0,30	0,40	0,50

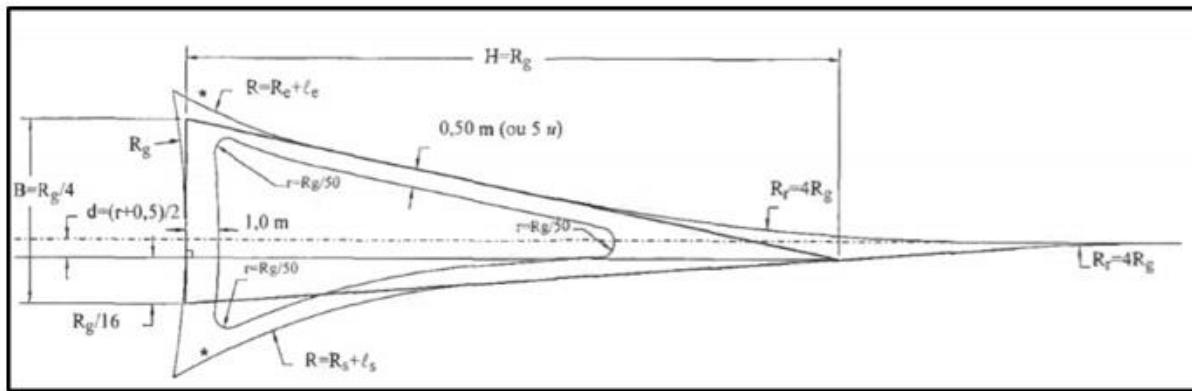


Figure 9 : Dimension d'un îlot séparateur de rayon supérieur à 15 m

Les plans du carrefour giratoire sont fournis en [ANNEXE 17 : Dossier des plans](#).

#### IV.1.4 [Les bordures](#)

Une bordure est un élément vertical ou incliné en béton bordant les zones de circulation des piétons ou des véhicules. Nous avons utilisé plusieurs types de bordures à savoir les bordures T2, T3, CS2, CC2 et p2. (*Caractéristiques des bordures en ANNEXE 4 : Paramètres d'aménagement et Eclairage*)

#### IV.1.4 [Les passages piétons](#)

Un passage piéton est une partie de la route, aménagée afin de permettre aux piétons de circuler en sécurité sur la chaussée, généralement pour la traverser. Il est conçu pour maintenir les usagers groupés dans un espace visible par les automobilistes.

*Voir plans d'aménagements en ANNEXE 17*

## IV.2 [CONCEPTION ET PRÉDIMENSIONNEMENT DU PASSAGE SUPERIEUR](#)

Un choix est à faire entre un pont en Béton Armé et un pont en Béton Précontraint pour cet ouvrage. La conception et le pré dimensionnement en Béton Armé a fait l'objet de notre étude tandis que celui en pré contraint a été confié à un autre stagiaire. C'est après ce choix que l'étude

complète de l'ouvrage sera mené. Donc cette partie restitue la conception et le pré-dimensionnement en BA et le choix final entre les deux variantes.

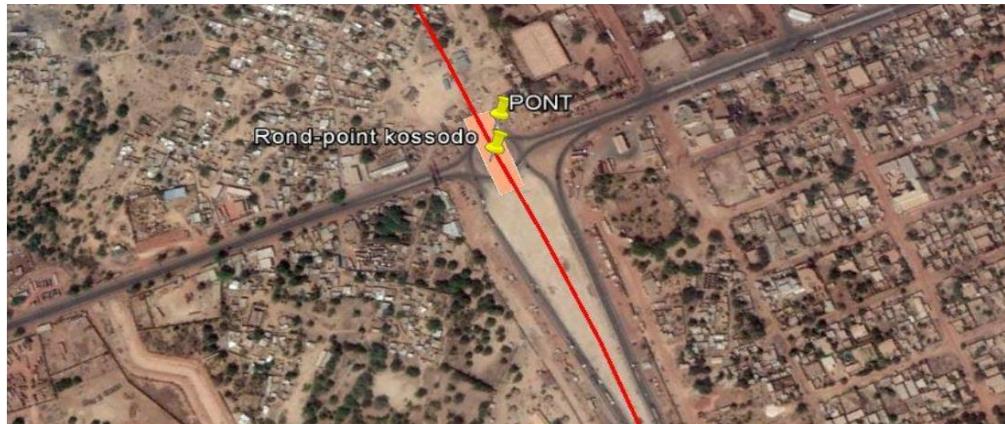


Figure 10 : Vue en plan rond-point de KOSSODO

#### IV.2.1. Généralités sur les ponts

Le pont est un ouvrage destiné à franchir un obstacle naturel (ravin, rivière) ou artificiel (une autre voie de circulation terrestre, fluviale ou maritime). Dans le cas du croisement de 2 voies de communications on distingue :

- Les passages supérieurs
- Les passages inférieurs

Sa composition structurale comprend trois (03) parties à savoir :

- La superstructure qui supporte le trafic
- Les appareils d'appui
- L'infrastructure servant de support à la superstructure.

#### IV.2.2. Conception de l'ouvrage

L'ouvrage sera situé au niveau du Giratoire de l'unité Africaine communément appelé "Rond-point de KOSSODO".

La conception et l'aménagement du passage supérieur au-dessus du carrefour sur logiciel Auto CAD nous a permis d'obtenir les valeurs suivantes :

Tableau 29 : Caractéristiques du PASSAGE SUPERIEUR

<b>Rayon de Giration</b>	34 m
<b>Longueur du tablier</b>	72 m
<b>Largeur du Tablier ( Nord et Sud)</b>	11.5 m
<b>Trottoirs</b>	1.5 m
<b>Tirant d'air</b>	5 m
<b>Longueur des rampes</b>	125 m

<b>Distance de transition (entre l'entrée et le début de la rampe)</b>	100 m
<b>La pente de la rampe</b>	4 %
<b>Nombre de travées</b>	4 travées indépendantes
<b>Longueur de chaque travée</b>	18 m

Il s'agira d'un passage supérieur avec Atalus. Pour le choix du type d'Atalus, après consultation du catalogue, nous avons opté pour des Atalus 120 qui sont généralement utilisé pour la construction de grands édifices. Ses caractéristiques sont les suivantes :

#### ATALUS® 120

- 120 kg, 3,8 u/m<sup>2</sup>
- Palette de 8 unités
- Dimension 0,60 x 0,70 m
- Hauteur utile 0,25 m
- Mur jusqu'à 10 m de hauteur

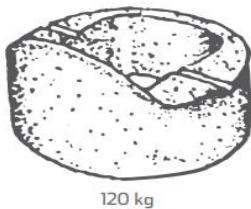


Figure 11 : Atalus 120

Vue la largeur importante du tablier (23m), nous le subdiviserons en deux tabliers symétrique de 11.5m chacun reliés par un joint. (Voir dossier des plans en ANNEXE 8).

On aura donc deux (2) tabliers :

- ✓ Le tablier Nord et
- ✓ Le Tablier Sud

L'étude se fera donc sur une partie de la structure (soit Nord ou Sud) et sera reportée sur la deuxième partie.

#### IV.2.3. Le tracé en plan et implantation des appuis

En tenant compte des données relatives à l'étude de l'ouvrage et des recommandations du "pont-Dalles : guide de conception" du SETRA, nous adopterons un nombre pair de travées avec une égale répartition en longueur de travées (18 m chacune). Les appuis seront donc implantés de la manière suivante :

- ✓ Les 3 lignes d'appuis intermédiaire sur l'ilot central du Giratoire (P1, P2, P3)
- ✓ Les culées de part et d'autres (C1, C2)

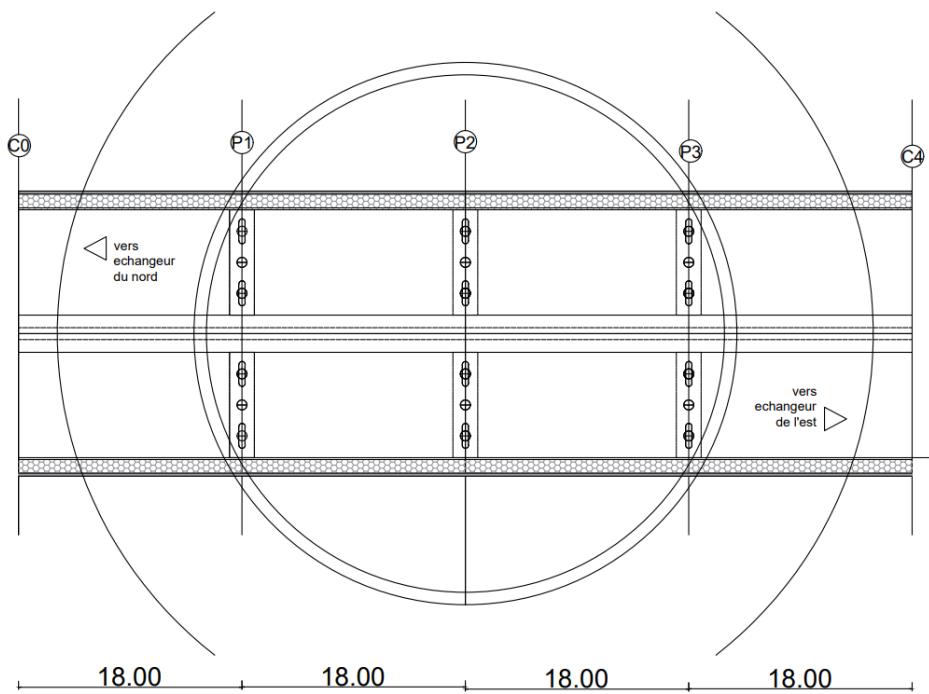


Figure 12 : *Implantation des appuis*

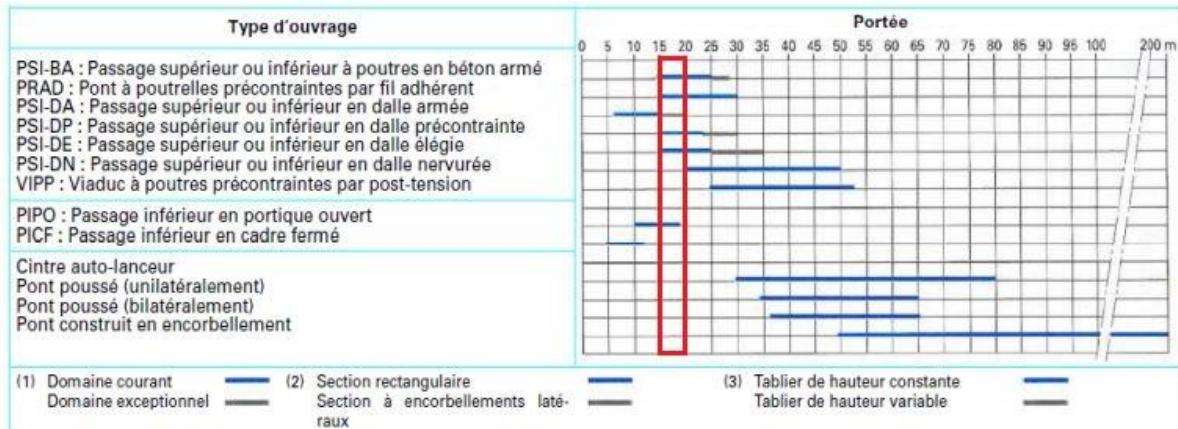
#### IV.2.4. Justification du choix de la variante

Il s'agira de sélectionner parmi les types d'ouvrages définis par le SETRA, toutes les solutions techniquement envisageables, et de procéder par élimination, en se basant sur certains critères architecturales, environnementales, financiers, et de faisabilité, pour retenir la solution la mieux adaptée à notre projet.

##### ❖ Définitions et types d'ouvrages pour la gamme de portée

Le paramètre fondamental du choix du type d'ouvrage est la portée maximale qui est de 18 m dans notre cas, et les figures ci-dessous nous donnent les types d'ouvrages envisageables en fonction de la gamme de portée :

Tableau 30 : Ouvrages possibles en béton en fonction de la gamme de portée



Pour notre ouvrage qui à 4 travées de 18m chacune, les solutions suivantes peuvent être envisagées :

### ✓ Les ponts en béton armé

Ce sont les ponts dont les éléments de structure porteuse sont en béton armé. Les ponts de cette famille qui peuvent être adoptés pour le franchissement de notre obstacle sont les suivants :

- ✓ Le PSI-BA (pont à poutres en béton armé)
- ✓ Le PSI-DA (passage supérieur ou inférieur en dalle armée, ou pont dalle en béton armé)

### ✓ Les ponts en béton précontraint

Ils sont constitués de dalle précontrainte longitudinalement et armée transversalement, d'épaisseur constante ou variable, avec ou sans encorbellement latéraux. Les variantes de cette solution envisageable dans notre cas sont les suivantes :

- ✓ PSI-DP (pont en dalle précontrainte)
- ✓ PSI-DE (pont en dalle élégie)

### ❖ Choix d'une solution

En raison de son domaine d'emploi bien adapté à notre besoin (franchissement d'un Giratoire) et de sa multitude d'avantages, nous choisissons la variante Pont dalle armée (PSI-DA).

(*L'étude justificative du choix de la variante se trouve en ANNEXE 15 : Passage supérieur*)

#### IV.2.5. Pré dimensionnement de l'ouvrage

Le pré dimensionnement des différents éléments de la superstructure du pont est fait suivant les instructions du document pilote du SETRA concernant les ponts à savoir le PP73 afin d'effectuer un pré dimensionnement complet des différentes parties de l'ouvrage.

#### IV.2.5.1. Vérification de l'implantation des appuis

- ✓ Le rapport entre la portée des travées de rive et celle des travées adjacentes ne doit pas descendre au-dessous de 0,5.
- ✓ Dans notre cas nous avons des travées de rive et des travées adjacente de la même portée de **18m**.

$$\frac{18}{18} = 1 > 0.5$$

#### IV.2.5.2. Le tablier

La largeur totale du tablier est de 23 m. Cette valeur étant supérieure à 15 m, on réalise donc deux tabliers distincts. Les deux tabliers seront identiques de largeur **lt = 11.5 m**. Cette largeur comporte une chaussée à deux voies de 7m de largeur, une sur largeur de 3 m dégagé pour les motocyclistes empruntant le passage supérieur, un trottoir de 1.5 m.

Des séparateurs de type GBA sont prévu pour séparer les deux tabliers qui sont espacés de 5 cm.

Cette largeur de 11.5 m qui reste inférieure à la portée principale rend le tablier peu vulnérable aux effets des déformations imposées (tassement des cintres d'appui, gradient de température).

On obtient la coupe transversale suivantes du tablier après Pré dimensionnement (*voir Annexe 15 pour les détails*) :

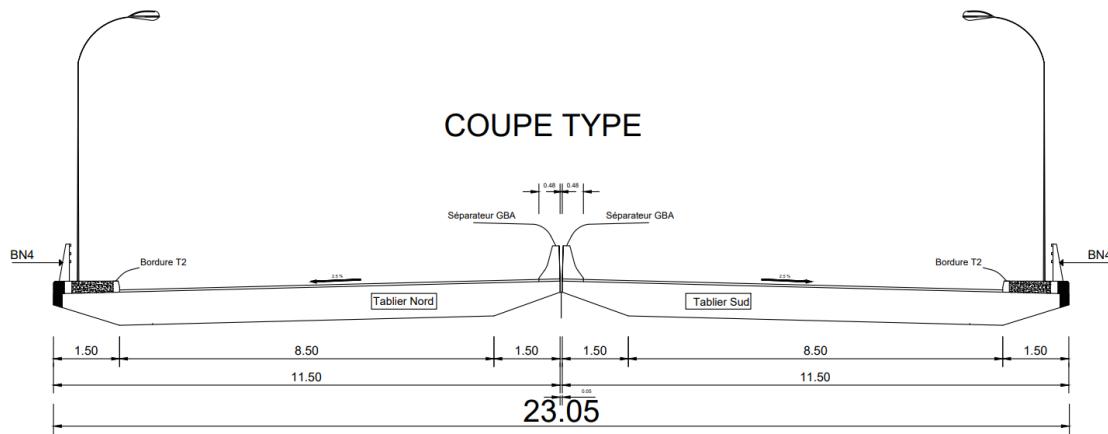


Figure 13 : Coupe tablier PSI-DA

Les caractéristiques du tablier obtenues après pré dimensionnement sont présentés dans Tableau 31 : Pré dimensionnement tablier : (*voir Annexe 6 pour les détails*)

Tableau 31 : Pré dimensionnement tablier

Longueur du Tablier	72 m
Epaisseur du Tablier	0.85 m
Nombre de travée	4

Longueur de chaque travée	18 m
Largeur de chaque Tablier	11.5 m
Joint	0.05 m
Longueur de l'encorbellement	1.5 m
Epaisseur de l'encorbellement	0.25 m

#### IV.2.5.3. Les appuis

##### ❖ Les piles ou appuis intermédiaires

Dans cette partie, il s'agira principalement d'effectuer le choix, la conception et le pré dimensionnement des appuis, conformément aux recommandations du « PP 73 » du SETRA. Les piles d'un pont sont les appuis intermédiaires supportant le tablier de l'ouvrage. Dans le cadre de notre étude, nous optons pour des piles voiles de 0.5 m d'épaisseur.

*Les détails du choix et du pré dimensionnement des voiles se trouveront en ANNEXE 15.*

Le tableau 32 récapitule les valeurs de pré dimensionnement de la pile.

Tableau 32 : Pré dimensionnement piles

Nombre de voiles par fil	2
Epaisseur Voile	0.5 m
Hauteur totale voiles	5.05 m
Hauteur libre	4.75 m

##### ❖ Les culées ou appuis de rive

Une culée se compose principalement de :

- Une fondation qui peut être superficielle ou profonde,
- Une partie intermédiaire composée d'éléments verticaux transmettant les efforts vers la fondation,
- Une partie supérieure sur laquelle repose le tablier.

Dans cette partie, nous allons procéder de la même manière que pour les piles, en proposant les différentes variantes pouvant être adoptées et ensuite de choisir celle qui s'adapte le mieux à notre projet.

Parmi les différents types de culée, nous retiendrons les culées remblayées qui assurent à la fois une fonction porteuse et une fonction de soutènement du remblai. Nous nous referons au PP73 pour le pré dimensionnement des culées. *Les détails de pré dimensionnement sont en ANNEXE 15.*

Les caractéristiques de la culée sont données dans le **Tableau 33 : Pré dimensionnement culée.**

Tableau 33 : Pré dimensionnement culée

<b>Mur Garde Greve</b>	
<b>Hauteur</b>	1m
<b>Epaisseur</b>	0.3 m
<b>Corbeau d'appui</b>	
<b>Epaisseur</b>	0.3 m
<b>Hauteur</b>	0.4 m
<b>Mur de Front</b>	
<b>Hauteur</b>	5.18 m
<b>Epaisseur</b>	0.9 m
<b>Mur en retour</b>	
<b>Longueur</b>	4m
<b>Epaisseur</b>	0.3m

#### IV.2.5.4. Conception des fondations

D'après les études qui ont été faites, le bon sol se trouve à une profondeur d'au moins dix-sept mètres (17 m). Nous allons donc mettre en place des fondations sur pieux dont la conception est récapitulée dans le tableau ci-dessous :

Le tableau suivant récapitule les dimensions des pieux explicités *en ANNEXE 15* :

Tableau 34: Pré dimensionnement Pieux

<b>Entraxe</b>	<b>2.5 m</b>	
<b>Nombre de pieux</b>	<b>Sous voiles</b>	3
	<b>Sous culée</b>	6
<b>Diamètre d'un pieu</b>	<b>0.8 m</b>	

#### IV.2.5.5. Les équipements de pont

Les équipements du pont sont des éléments qui ne concourent pas, par définition à la résistance de l'ouvrage, mais dont la présence à une incidence sur l'aspect, la pérennité, l'entretien, l'accessibilité de ce dernier, et également sur le confort et la sécurité des usagers.

##### ❖ Les appareils d'appui

Nous choisissons les appareils d'appui en élastomère fretté, du fait de leur usage bien adapté pour les ponts courants, mais aussi du fait de leur accessibilité.

D'après le DT430, dans les cas usuels, l'épaisseur de feuillet élastomère est à choisir parmi les valeurs standard 8, 10, 12, ou 15 mm. Celles-ci correspondent aux fretttes d'épaisseur respective 2, 3, et 4 mm.

Nous optons pour les dimensions suivantes :

- Les dimensions efficaces en plan de 200mm x 300 mm
- 2 couches extérieures d'élastomère de 10 mm
- 2 couches intermédiaires d'élastomères de 12 mm
- 3 tôles intermédiaires de 2 mm en acier

L'épaisseur de nos appareils d'appuis sera donc :

$$E_{app-appuis} = (2 \times 10) + (2 \times 12) + (3 \times 2)$$

**E<sub>app-appuis</sub>= 50 mm**

Les dimensions des appareils d'appuis :

**300mm x 200mm x 50mm**

##### ❖ Les bossages

Un bossage d'appui, usuellement appelé bossage, est une partie saillante d'une pile ou d'un tablier de pont sur laquelle vient s'appuyer l'appareil d'appui. Sa fonction est d'offrir une surface parfaitement horizontale et la bonne altimétrie à l'appareil pour qu'il puisse fonctionner normalement.

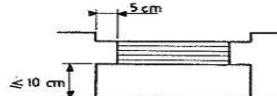


Figure 14 : Bossage

Les bossages présenteront par rapport à l'appareil d'appui un débord minimal **de 5 cm**

D'après le SETRA :

La hauteur des différents bossages d'un même appui sera telle que la distance verticale  $H_0$  entre la face supérieure de l'appui et l'intrados du tablier, mesurée à l'endroit le plus défavorable de la périphérie des bossages dans le plan vertical de la ligne d'appui, soit au moins de 15 cm; cette condition traduit la possibilité de visite et de soulèvement aisés du tablier.

Nous fixons notre  $H_0 = 25 \text{ cm}$

Nous aurons donc les hauteurs de bossage suivantes :

Bossage supérieur	$h = 10 \text{ cm}$
Bossage inférieur	$h = 10 \text{ cm}$

Les dimensions des bossages :

- ❖ **Bossages supérieur = 500mm x 400 mm x 100 mm**
- ❖ **Bossage inférieur = 500 mm x 400mm x 100 mm**
- ❖ **Les trottoirs**

Le trottoir est un élément du profil en travers du pont dont le rôle est de protéger les piétons en les isolants de la circulation automobile. Dans le cadre de notre projet, nous mettrons en œuvre des trottoirs de **1.5 m** de large au niveau du passage supérieur, munis de trois gaines en PVC de 100 mm de diamètre pour les câblages d'électricité et de diverses communications (téléphone, internet et autres). **Les bordures** seront de type **T2** en béton armé et préfabriquées et le corps du trottoir sera rempli de gros béton.

#### ❖ **Revêtement du tablier**

Le revêtement du tablier comprend essentiellement la couche d'étanchéité et la couche de roulement. C'est l'un des éléments les plus importants, de par son rôle de protection de la structure (contre les infiltrations) et de sécurité des usagers (anti dérapage) :

- Etanchéité du tablier Couche mince d'asphalte de 3 cm d'épaisseur.
- Couche de roulement Cette couche doit présenter un bon uni (confort) et offrir de bonnes caractéristiques antidérapantes (sécurité des usagers). Notre couche de roulement sera constituée par un tapis d'enrobés bitumineux de 5 cm d'épaisseur.

#### ❖ **Dispositif de sécurité**

Sachant que les ponts sont équipés de dispositifs de retenue qui permettent d'assurer la sécurité des usagers (piétons et véhicules) circulant sur l'ouvrage, nous choisissons dans le cadre de notre projet des barrières BN4.

#### ❖ **Corniches**

Les corniches ont pour principales fonctions : D'améliorer l'aspect architectural de l'ouvrage, De servir de larmier afin d'éviter le ruissellement de l'eau de pluie sur les parements de la structure. Dans le cadre de notre projet, nous utiliserons les corniches préfabriquées en béton armé. Elles seront exécutées dans un moule métallique, ce qui améliorera leurs finitions et leurs formes architecturales. Elles seront posées sur une couche de mortier, de façon à régler finement leurs positions.

#### ❖ Joint de chaussée

Ils permettent d'assurer la transition entre le tablier et les chaussées adjacentes à l'ouvrage, mais aussi la continuité au niveau des joints de dilatation, tout en respectant les critères suivants :

- ✓ Assurer la liberté de mouvement du tablier du pont
- ✓ Assurer la continuité de la surface de roulement
- ✓ Produire le minimum de bruit et de vibration possible
- ✓ Être étanche ou alors disposer d'un système d'évacuation des eaux Dans le cadre de notre projet

Nous utiliserons des joints de chaussée du type WOSD 50, soit du type WOSD 80 ou similaire. Il s'agit de joints à lèvres avec remplissage du vide par un matériau assurant l'étanchéité.

## **RECAPITULATIF**

Tableau 35 : Récapitulatif conception PSI-DA

Type d'ouvrage	PSI-DA
<b>Tirant d'air</b>	5m
<b>Longueur des rampes</b>	125m
<b>Distance de transition</b>	100m
<b>Pente de la rampe</b>	4%
<b>Nombre de travées</b>	4
<b>Portée d'une travée</b>	18m
<b>Atalus</b>	120
<b>Tablier</b>	Longueur totale
	Epaisseur
	Largeur
<b>Encorbellement</b>	Longueur
	hauteur
<b>Voiles</b>	Nombre (par ligne d'appuis)
	Epaisseur
	Longueur
	hauteur

<b>Semelles de liaisons (appuis intermédiaires)</b>	Longueur	8.5m
	Largeur	2
	Epaisseur	1.2m
<b>Semelles de liaisons (culée)</b>	Longueur	8.5m
	Largeur	4m
	Epaisseur	1.2 m
<b>Appareils d'appuis</b>		300mm x 200mm x 50mm
<b>Bossages</b>		500 mm x 400mm x 100 mm
<b>Dalle de transition</b>	Longueur	3.6m
	Epaisseur	0.3m
<b>Trottoirs</b>		1.5m

#### IV.2.5.6. Choix de la variante par le Maître d'Ouvrage

Le stagiaire qui à travailler sur la variante en béton Précontraint a obtenus les résultats suivants :

Tableau 36 : Récapitulatif PSI-BP

<b>Portée totale de l'obstacle franchi</b>	<b>73 m</b>
<b>3 travées</b>	Travées de rive : 22.5 m chacune
	Travée centrale : 30 m
<b>Largeur tablier Nord</b>	11m
<b>Largeur tablier Sud</b>	11 m
<b>Revêtement</b>	5 cm de BB
<b>Trottoirs</b>	1.5 m
<b>Corniches</b>	préfabriquées
<b>Barrières</b>	BN4

*Au terme de ce travail, le maître d'ouvrage a décidé de retenir la variante en Béton précontraint mettant ainsi un terme à notre étude sur le passage supérieur.*

## CHAPITRE V : SIGNALISATION, SECURITE, ENVIRONNEMENT ET COUT DU PROJET

Ce chapitre qui est le dernier de notre étude est subdivisé en trois partie à savoir :

- La signalisation et la sécurité
- L'étude d'impact environnemental et
- Le cout du projet

### **V.1 Signalisation et sécurité routière**

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le routier. Elle comprend deux grands ensembles :

- **la signalisation routière verticale**, qui comprend les panneaux, les balises, les feux de signalisation, les bornes et les feux tricolores
- **la signalisation routière horizontale**, constituée des marquages au sol et des plots.

L'importance du rôle de la signalisation routière s'accroît avec le développement de la circulation. Bien conçue et réalisée, elle réduit les causes d'accident et facilite la circulation. Insuffisante, trop abondante ou impropres, elle est facteur de gêne et d'insécurité. Les principaux critères d'efficacité sont : l'uniformité, l'homogénéité, la simplicité et la continuité des directions signalées.

Elle a pour objet :

- ✓ De rendre plus sûre la circulation routière
- ✓ De faciliter la circulation
- ✓ D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police
- ✓ De donner des informations relatives à l'usage de la route

#### **V.1.1 Signalisation verticale**

La signalisation verticale représente l'ensemble des panneaux de signalisation implantés en des points remarquables le long de la route et qui ont pour but de renseigner les usagers afin

d'assurer leur sécurité et celle des riverains. Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 37 : Panneaux de signalisation verticale

Panneaux de signalisation	Caractéristiques
 A13b	Passage pour piétons Nombre : 8
 AB4	Stop Nombre : 9
 AB25	Carrefour à sens Giratoire Nombre : 3
 B21a1	Contournement obligatoire par la droite Nombre : 5

 <b>C20b</b>	<p>Arrêt Autobus</p> <p>Nombre = 10</p>
 <b>C20a</b>	<p>Passage piéton</p> <p>Nombre : 6</p>

### V.1.2 Signalisation Horizontale

La signalisation horizontale regroupe, dans le cadre de la signalisation routière, tous les différents marquages au sol afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

- ✓ Des marquages longitudinaux (lignes d'axe et de rives de chaussée)
- ✓ Des marquages transversaux (lignes complétant les panneaux “stop” et “cédez le passage” et “lignes d’effet des feux” aux intersections)
- ✓ Des marquages des passages cloutés à l’approche des zones d’équipement socio collectifs (marché, écoles) et aux arrêts de bus
- ✓ Des marquages des zones de stationnement pour autocars
- ✓ Des zébras, les flèches de direction et de sélection.

#### Lignes longitudinales

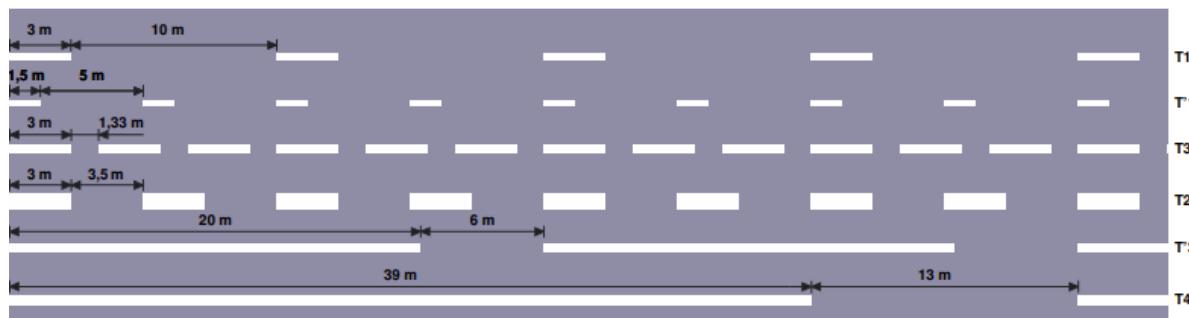


Figure 15 : illustration des lignes de marquage

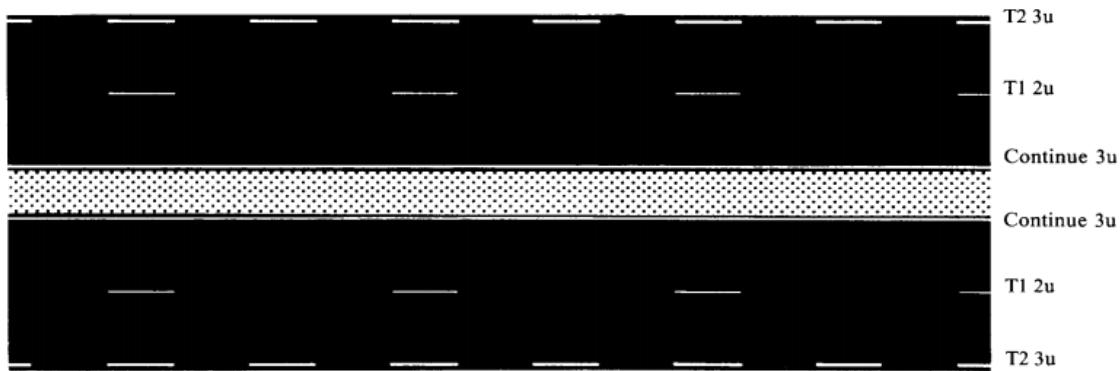


Figure 16 : marquage pour chaussée 2X2 voies avec TPC

### V.1.3 Sécurité routière

Pour une bonne sécurité routière, il faut satisfaire des exigences ci-dessous :

- ✓ La visibilité
  - ✓ La lisibilité des panneaux

Nous recommandons aussi d'associer d'autres formes de mesures telles que :

- ✓ Le contrôle technique régulier des véhicules
  - ✓ L'éducation de tous les usagers de la route à travers les médias
  - ✓ L'éducation routière en milieu scolaire

## V.1.4 Eclairage public

L'éclairage public est l'ensemble des moyens d'éclairage mis en œuvre dans les espaces publics, très généralement en bordures de voiries, nécessaires à la sécurité ou à l'agrément de l'homme.

Dans le cadre de notre projet, Pour permettre aux usagers de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible, nous mettrons en place un éclairage public. Ce dispositif d'éclairage sera constitué de candélabres devant être dimensionnés et conçus pour résister aux efforts dus au vent et aux chocs, résistés à la corrosion et présenter une esthétique adaptée au site sur lequel ils sont implantés. Les candélabres supporteront des lampes.

## Implantation des Candélabres

L'implantation des candélabres se fera en fonction de :

- ✓ L'espacement  $e$  entre foyer lumineux qui varie en fonction de type des voies

- ✓ La hauteur  $h$  du candélabre :  $10 \leq h \leq 12$ , pour ce projet nous retenons 10 m
- ✓ La largeur  $l$  de la chaussée
- ✓ La porte à faux  $p$  du foyer par rapport au support
- ✓ L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb ( $s$ ) par rapport au bord de la chaussée

### Calcul du nombre de Candélabre

L'inter distance entre les candélabres variera entre 30m et 40m. nous optons pour un espacement de 35m.

$$\text{Nombre de candélabre} = \frac{\text{Longueur du tronçon}}{\text{espacement}} * 2$$

$$\text{Nombre de candélabre} = \frac{4000}{35} * 4$$

**Nombre de candélabre = 458 candélabres**

Au terme de cette conception de l'éclairage public, 458 candélabres simples foyers en acier galvanisé muni d'ampoules fonctionnant grâce à l'énergie solaire seront installés sur les deux côtés de la route pour éclairer les voies de contre-allées et sur le TPC pour éclairer les voies principales. Ces candélabres seront implantés chaque 35m sur le tronçon. La luminance moyenne en éclairage urbain et pour les voies de fort trafic est de deux candelas par mètre carré (2 cd/m<sup>2</sup>) au minimum.

## **V.2 Etude d'impact Environnemental et Social**

Tout projet de construction en Génie Civil est susceptible d'avoir des incidences significatives sur l'Environnement.

Etant donné que l'homme cherche à améliorer ses conditions de vie tout en répondant aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs, les dispositions ont été prises tant sur le plan international que national.

### **V.2.1. CADRE LEGISLATIF, REGLEMENTAIRE, INSTITUTIONNEL**

La législation au BURKINA FASO se réfère aux lois et aux différents règlements suivants :

- loi N° :005/97/ADP du 30Janvier 1997 portant Code de l'Environnement au BURKINA FASO
- décret N°97-110/PRES du 17 Mars portant promulgation de la loi N°005/97ADP du 30janvier 1997 relative aux études et aux notices d'impact sur l'environnement

- décret N° 2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement
- loi N°006/97/ADP du 31 janvier 1997 portant Code forestier au BURKINA FASO
- décret N°11/PRES du 17 Mars 1997 portant promulgation de ladite loi relative à la protection des forêts
- loi N°023/97/II/AN du 22 Octobre 1997 portant Code Minier du BURKINA FASO, relative à la préservation de l'environnement
- arrêté conjoint N°2003-008/MITH/MECV/MASSN portant création, d'une Cellule de Gestion Environnementale et Sociale (CGSES) qui en son chapitre 1, article 3 défini les missions de la cellule de Gestion Environnementale et Sociale.

En faisant allusion au décret N°2001-342/PRES/PM/MEE adopté le 17 juillet 2001, portant contenu, procédure et champ d'application de l'Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE) et de la Notice d'Impact sur l'Environnement (NIE), le projet de construction du Bouclage de la Circulaire de Ouagadougou est assujetti à l'Etude d'Impact sur l'Environnement.

## V.2.2. OBJECTIFS EN ENJEUX D'UNE EIES

### ➤ OBJECTIFS

L'objectif de l'étude d'impact environnemental est d'apporter à l'ensemble des parties prenantes du projet notamment au maître d'ouvrage, les informations environnementale et sociale nécessaires pour la prise de décision de réalisation des travaux projetés.

En effet, l'étude d'impact sur l'environnement du projet s'inscrit dans le cadre des études préliminaires du projet en vue de prendre en compte les préoccupations environnementales, économiques, sociales et les effets que pourrait générer l'exploitation du projet réalisé.

Cette étude est menée en passant par les étapes suivantes :

- ✓ Analyser les composantes techniques du projet
- ✓ Analyser l'état initial du milieu concerné (physique et humain) du projet
- ✓ Identifier les impacts directs, indirects et induits que le projet est susceptible d'avoir sur les différentes composantes du milieu naturel, socio-économique et humain
- ✓ Caractériser et évaluer les impacts en précisant notamment : leur portée spatiale, leur durée, leur intensité, leur caractère réversible ou irréversible, les cibles potentielles et leur sensibilité, afin de permettre leur hiérarchisation
- ✓ Proposer des mesures visant à annuler, prévenir, atténuer ou compenser les impacts négatifs du projet et vérifier la cohérence de ces mesures avec les enjeux identifiés dans un plan de gestion environnementale.

## ➤ ENJEUX

L'étude d'impact sur l'environnement du projet s'inscrit dans le cadre des études préliminaires du projet en vue de prendre en compte les préoccupations environnementales, économiques, sociales et les effets générés par l'exploitation du projet réalisé.

Pour ce faire, l'étude vise à :

- ✓ Analyser les composantes techniques du projet
- ✓ Analyser l'état initial du milieu concerné (physique et humain) du projet
- ✓ Identifier les impacts directs, indirects et induits que le projet est susceptible d'avoir sur les différentes composantes du milieu naturel, socio-économique et humain
- ✓ Caractériser et évaluer les impacts en précisant notamment : leur portée spatiale, leur durée, leur intensité, leur caractère réversible ou irréversible, les cibles potentielles et leur sensibilité, afin de permettre leur hiérarchisation
- ✓ Proposer des mesures visant à annuler, prévenir, atténuer ou compenser les impacts négatifs du projet et vérifier la cohérence de ces mesures avec les enjeux identifiés dans un plan de gestion environnementale.

### V.2.3. DESCRIPTION DE L'ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT

L'analyse de l'état initial du site de projet et de son environnement est constituée de deux principales variantes à savoir :

#### ❖ Le milieu biophysique

Dans cette partie, nous allons nous tenir compte du climat, la végétation, la faune, la géologie, le relief-sol, l'hydrographie et les ressources en eau.

#### ❖ Milieu humain :

Nous allons étudier la population de la zone de projet ainsi que ses activités socio-économiques.

- ✓ **La population** : Pays sahélien situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, le Burkina Faso s'étend sur une superficie de 274.200 km<sup>2</sup>, avec un taux moyen de croissance démographique de 2,38%. Sa population, est estimée à 12 495 643 habitants en 2004, soit une densité de 38 habitants au km<sup>2</sup>. L'espérance de vie de la population à la naissance, de 44,7 ans en 1998 est passée à 54 ans en 2002. les derniers recensements en 2015 ont indiqué une évolution soit 19,19 millions d'habitants au Burkina Faso dont une proportion de 2,2 millions d'habitants vivant dans la ville de Ouagadougou.
- ✓ **Les activités socio-économiques** : L'économie du pays repose essentiellement sur l'exploitation des ressources naturelles par les secteurs primaire et secondaire. C'est un pays essentiellement agricole dont l'état des ressources naturelles est fortement

tributaire des aléas climatiques. Les principales activités socio-économiques autour de la zone projet sont constituées de :

**-Une zone à activité industrielle :** Une soixantaine d'industries manufacturières sont implantées dans la ville de Ouagadougou. Elles sont pour la plupart regroupées dans les zones industrielles de Goughin et de Kossodo. La contribution de ces unités dans la détérioration de la qualité de l'atmosphère locale est moindre. Ce sont des usines qui ne brûlent pratiquement pas d'hydrocarbures. L'énergie utilisée est le courant électrique générée par la SONABEL et par la centrale hydroélectrique de Bagré.

**-Le commerce :** L'activité commerciale est assez développée.

**-Le transport :** Le transport dans la ville de Ouagadougou est un véritable problème. En matière d'infrastructures routières, la zone d'étude reste donc encore enclavée. Le transport de type privé est plus pratiqué avec une dominance de motocyclettes par rapport aux véhicules à quatre roues. Par ailleurs, les camions citerne et autres assurent les diverses provisions des villes. Le transport en commun est toutefois présent avec les taxis et les bus de la société communale de transport urbain (SOTRACO) dans la ville de Ouagadougou. Les compagnies de transport relient Ouagadougou à d'autres villes.

#### V.2.4. IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

##### Impacts positifs

Les actions suivantes traduisent les impacts positifs du projet :

- Le projet présente l'avantage d'offrir les caractéristiques de confort, de rapidité et de sécurité nécessaires au trafic routier national de transit tout en contribuant à la décongestion de la circulation urbaine dans la ville de Ouagadougou
- Le projet augmentera la fluidité de la circulation
- L'embauche de personnel temporaire lors des travaux de construction procurera un appoint temporaire de revenus aux locaux
- La stimulation des activités génératrices de revenus (AGR) le long du tronçon
- L'esthétique du paysage s'en trouvera amélioré avec le rétablissement du couvert végétal et l'aménagement des trottoirs.
- L'amélioration des conditions de vie des populations riveraines par l'assainissement de la zone
- La réduction des risques d'inondation.

## ☒ Impacts négatifs

La plupart des impacts négatifs seront limités à la période d'exécution des travaux routiers, de transport et de stockage des matériaux de construction, d'entretien des véhicules, et à la période de bitumage de la route. Ces activités se traduiront par les effets suivants :

- Les mouvements de va-et-vient de divers engins et véhicules entraîneront une formation localisée de poussière dans l'atmosphère
- Des émissions gazeuses provenant des moteurs des engins
- L'augmentation de bruits liés au fonctionnement des engins et autres véhicules
- Pollution des sols dus au rejet de carburant
- Une destruction des habitats de la faune.
- Des dommages à la végétation ligneuse et entraîneront l'abattage des arbres existants sur l'emprise.
- Perte de revenu des commerces installés aux abords de la route.
- Un risque important d'accident pour les riverains et les usagers et les interruptions de trafic provoqueront des contraintes gênantes pour les usagers et les riverains
- L'accroissement de l'insécurité des usagers de la route du fait de l'augmentation de la circulation et de la vitesse de référence

### V.2.5. MESURES D'ATTENUATIONS

Nous distinguons plusieurs types de mesures qui pourront être mises en œuvre dans ce projet routier. Ces mesures seront classées en plusieurs catégories comme suit :

#### ☒ Sols

- ✓ Les terrains et les sols affectés devront être remises en état y compris la dépollution des sols qui auront pu être accidentellement pollués.
- ✓ Éviter l'ouverture des carrières et emprunts dans les zones écologiquement sensibles
- ✓ Réguler la circulation des engins à la zone des travaux afin de réduire la perturbation de la structure des sols
- ✓ Collecter et gérer de manière rationnelle tous les déchets produits pendant les travaux
- ✓ Construire une plateforme d'entretien, de ravitaillement en carburant et de nettoyage des engins

#### ☒ Air

- ✓ Arroser quotidiennement le chantier pour limiter la poussière

#### ☒ Faune

- ✓ Éviter la destruction d'habitats de faune et de microfaune dans les zones d'emprunt et dans les carrières.

#### ☒ Flore

- ✓ Associer les services de l'environnement pour compléter l'inventaire des espèces à abattre et recueillir les autorisations nécessaires
- ✓ Compensation de la végétation détruite : réaliser une plantation d'arbres d'alignement

#### ☒ Bruits

- ✓ Éviter le déplacement des engins hors des emprises définies avec un plan de circulation des engins permettant de réduire les mouvements inutiles
- ✓ Éviter la circulation des engins lourds et les travaux bruyants en dehors des heures normales de travail.

 Santé

- ✓ Mener des campagnes de sensibilisation pour le personnel de chantier sur les IST et le VIH/SIDA
- ✓ Les rejets des eaux usées de chantier doivent correspondre aux normes en vigueur, et être définis et approuvés avant le début des travaux
- ✓ Contrôler l'émission des bruits à un niveau acceptable par le maintien des véhicules et engins de terrassement en bon état de fonctionnement

### V.3 Cout du projet

On rappelle que l'estimation des coûts n'a pas été faite pour l'ensemble du projet, mais uniquement pour le tronçon étudié. Notons que les prix unitaires de l'étude ont été obtenus grâce à la mercuriale 2020 du Burkina Faso. Pour notre devis, nous avons regroupés les travaux à réaliser pour l'aménagement du tronçon en plusieurs postes comme suit :

Tableau 38 : Récapitulatif Dévis

<b>RÉCAPITULATIF GÉNÉRAL DEVIS</b>		
000	<b>DESIGNATIONS</b>	<b>COUTS (FCFA)</b>
100	INSTALLATIONS ET REPLIE DE CHANTIER	<b>140 154 849</b>
200	DEGAGEMENT DES EMPRISES	<b>24 656 250</b>
300	TERRASSEMENTS GENERAUX	<b>269 047 800</b>
400	CHAUSSEES, ACCOTEMENTS ET GIRATOIRE	<b>3 220 900 000</b>
500	ASSAINISSEMENT - DRAINAGE	<b>498 634 256</b>
600	SIGNALISATION SECURITE ECLAIRAGE	<b>300 754 600</b>
700	MESURES SOCIALES ET ENVIRONNEMENTALES	<b>96 239 664</b>
	<b>TOTAL GENERAL HT</b>	<b>4 550 387 419</b>
	<b>TOTAL GENERAL TTC</b>	<b>5 369 460 000</b>

A la fin de ce chapitre, nous pouvons faire le bilan suivant :

- La signalisation et la sécurité : au total 41 panneaux de signalisations et 458 candélabres seront mis en place sur notre tronçon routier.
- L'étude d'impact environnemental a été effectuée en vue d'évaluer les impacts que pourrait avoir ce projet.
- Le coût total du projet s'élèvera à **5 369 460 000**.

## CONCLUSION

La présente étude effectue entre dans le cadre des études techniques détaillée d'impact environnemental et économiques des travaux de construction du bouclage du Boulevard circulaire de la ville de Ouagadougou

Dans notre démarche, nous nous sommes attelés à respecter toutes les contraintes et les normes existantes qui ne peuvent être négligées tout en prenant en compte les facteurs confort, sécurité des usagers, ainsi que l'économie et l'impact environnemental.

L'ensemble des études menés sur les 4km ont permis de proposer des aménagements et infrastructures répondant aux normes et exigences d'une route moderne pour une durée de vie de 15 ans.

Les études techniques nous ont permis d'avoir les résultats suivants :

- ✓ Des infrastructures d'assainissement adaptées à savoir des caniveaux de sections différentes afin d'optimiser les matériaux qui seront utilisés et cinq (5) dalots à mettre en place.
- ✓ Une conception géométrique de la route respectant les normes des routes rapides Urbaines. Nous avons conçu une route 2X2 voies de 7.5 mètres de large avec pistes cyclables, trottoirs et voies de contre-allées
- ✓ Une signalisation routière en accord avec le Code de la route et les normes de sécurité. Au total 41 panneaux de signalisation sont prévus
- ✓ L'éclairage de la route afin d'assurer une bonne visibilité de la nuit tout en tenant compte du déficit énergétique du Burkina Faso

Aussi une étude d'impact environnemental a été mener afin de détecter au préalable les impacts que pourrait engendrer le projet et à montrer que les impacts sont plus positifs que négatifs.

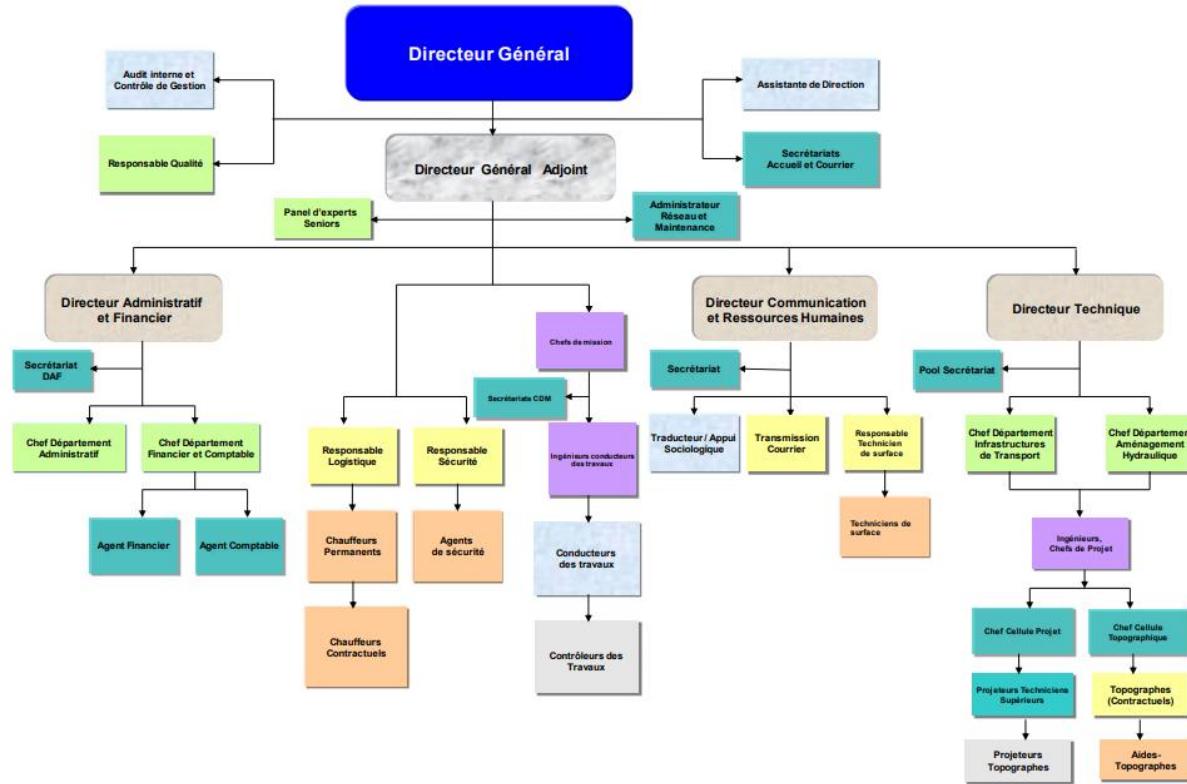
La réalisation de ce projet nécessite la mobilisation de moyen financier dont l'estimation au bout d'une étude détaillée a donné un budget de **5 369 460 000FCFA** toutes taxes comprises.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Crues et apports: manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996.
- [2] Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, Éd., Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales, carrefours plans: guide technique. Bagnous: SETRA, 1998.
- [3] Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (Paris), Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux. Paris: Ministère des Relations Extérieures, Coopération et Développement, 1984.
- [4] Laboratoire central des ponts et chaussées (France), France, et les routes et leurs aménagements Service d'études sur les transports, Conception et dimensionnement des structures de chaussée. Paris; Bagnous: LCPC ; SETRA, 1994.
- [5] N. Van Tuu, B. Lemoine, et J. Pouplard, Hydraulique routière. Paris: République française, Ministère de la coopération et du développement, 1981.
- [6] France et les routes et leurs aménagements Service d'études sur les transports, Assainissement routier: guide technique. Bagnous: SETRA, 2006.
- [7] A. Al'Huissier, L'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien: dossiers techniques. Noisy-le-Grand: CERGRENE, 1996
- [8] Direction Générale de Infrastructures des Transports et de la Mer CERTU, Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU), 1996, 244p.
- [9] François Noël CRES, Hydrologie urbaine quantitative-assainissement pluvial, Ecole d'ingénieurs de l'équipement rural, Ouagadougou, 2001.
- [10] Angelbert Chabi BIAOU, Cours de calcul et conception des ouvrages hydrauliques, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, 2015.
- [11] Adamah MESSAN, Hydraulique routière partie 2 : ouvrage d'art-conception et dimensionnement des petits ouvrages de franchissement routier, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, 2016.
- [12] Adamah MESSAN, Cours de béton armé 1 et 2, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, 2016.
- [13] S.E.T.R.A Piles et Palées (PP73) : Appuis des tabliers, Dossier pilote, 1977.

## ANNEXES

**ANNEXE 1 : Organigramme d'AGEIM**



**ANNEXE 2 : Etude comparative des catégories de voie**

**Les voies à caractéristiques autoroutières pour les VRU de type A**

Ce sont des voies dont les objectifs sont :

- ♣ Un trafic de transit privilégié ;
- ♣ Une intégration du projet dans un itinéraire autoroutier exigeant une homogénéité de caractéristiques géométriques et une continuité de qualité de service ;
- ♣ Une faible interaction fonctionnelle entre la voie et le site ;

Ces voies sont dimensionnées pour des vitesses de référence de 80 km/h ou de 100 km/h.

**Les voies à caractéristiques non autoroutières pour les VRU de type U**

Ce sont des voies dont les objectifs consistent en :

- ♣ Relations fonctionnelles avec un site très urbanisé ou à devenir très urbanisé ;
- ♣ Trafics d'échanges et locaux prépondérants ;
- ♣ Points d'échanges fréquents assurant une bonne irrigation du tissu traversé ;

- ♣ Intégration éventuelle dans leur emprise, mais de façon séparée des chaussées (contre-allées), d'aménagements pour deux-roues légers (pistes cyclables) et pour piétons, ainsi que d'arrêts.

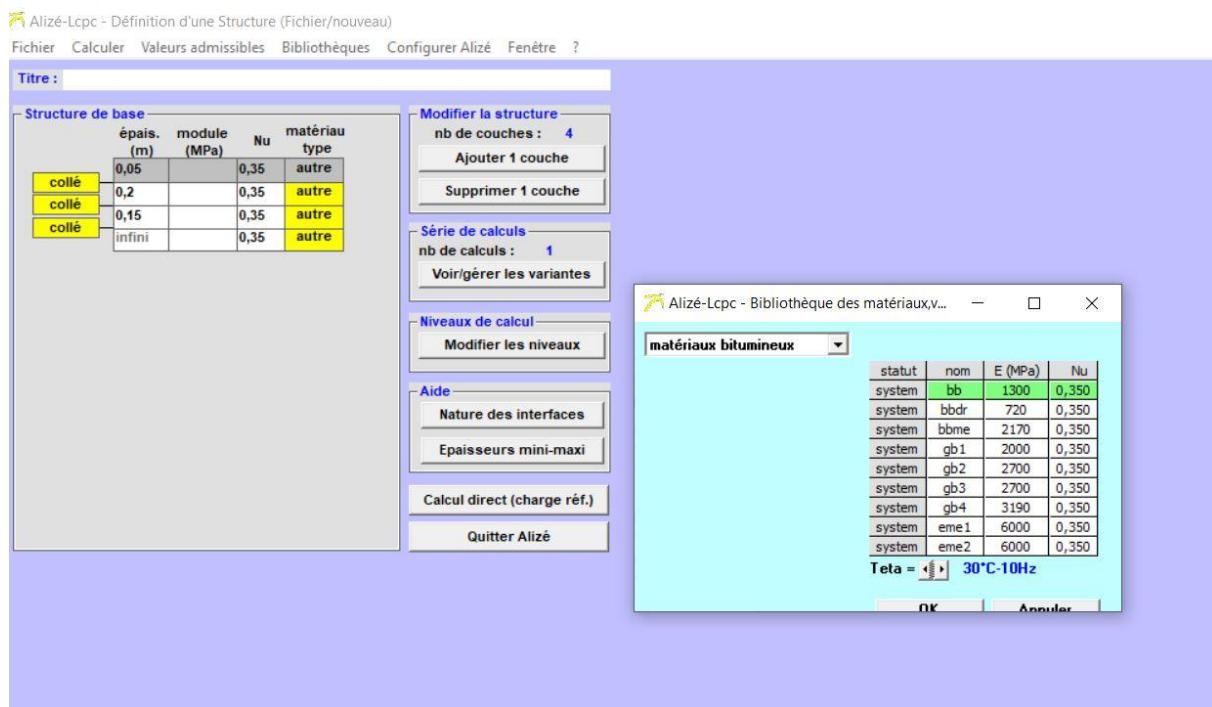
Ces voies sont dimensionnées pour des vitesses de référence de 80 km/h ou 60 km/h.

On peut retenir la vitesse de référence Vr 80 de préférence à la vitesse de référence Vr 60 lorsque les contraintes ne sont pas trop fortes, ou lorsque la part de trafic à moyenne distance est importante par rapport aux trafics locaux.

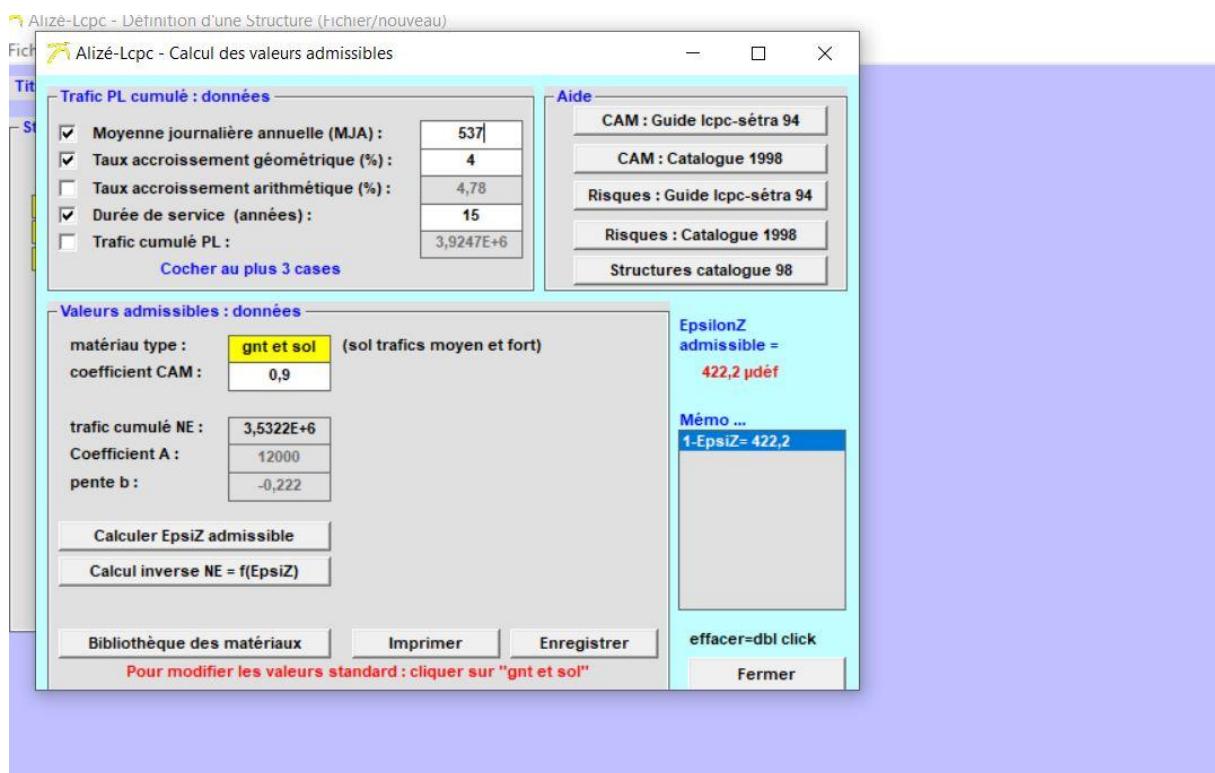
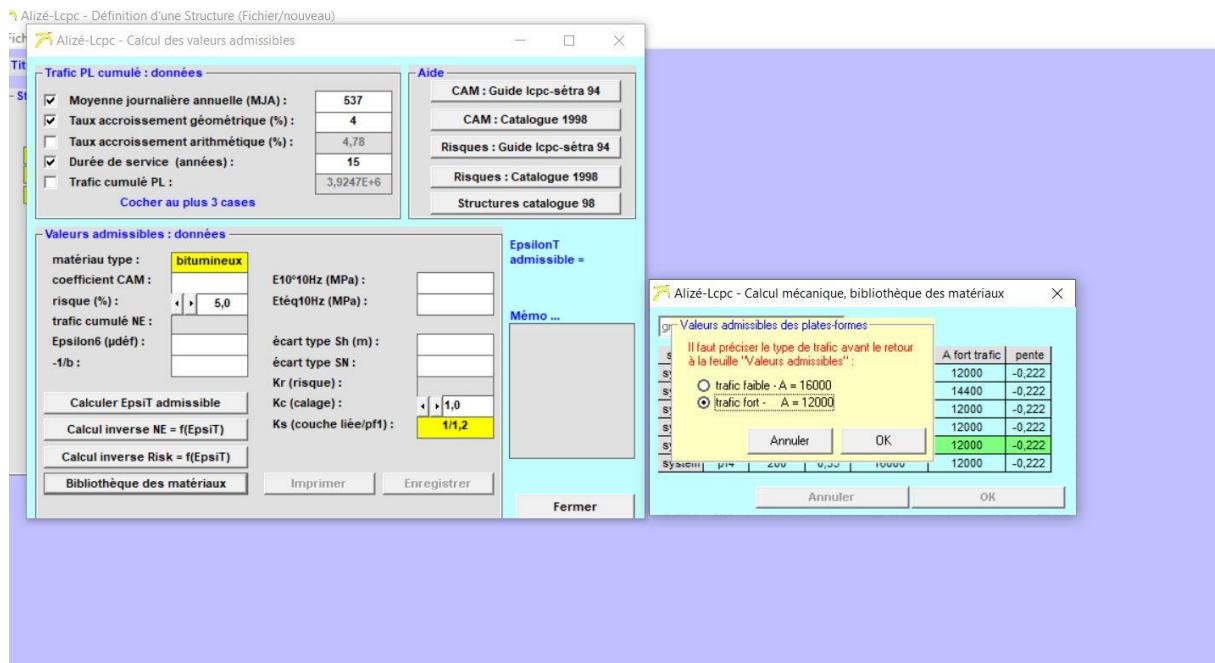
Au regard de toutes ces considérations, la catégorie choisie pour la voie est celle d'une voie principale de type **U80** ; la vitesse de référence du projet est donc **VR=80 km/h**.

## ANNEXE 3 : : Dimensionnement de la chaussée

- ❖ Etapes de modélisation sur Alizé
  - ✓ Choix de la couche de roulement



- ✓ Choix et calcul du trafic



✓ Vérification de la contrainte

The screenshot shows the Alizé-Lcpc software interface. On the left, a 'Structure de base' table is displayed with four layers: 0.05m (modulus 1300 MPa, Poisson ratio 0.350, type 'bb'), 0.2m (modulus 500 MPa, Poisson ratio 0.35, type 'autre'), 0.15m (modulus 250 MPa, Poisson ratio 0.35, type 'autre'), and an infinite depth layer (modulus 120 MPa, Poisson ratio 0.350, type 'pt3'). On the right, a 'Résultats' window shows a table of calculated values for a variant (1-EpsIZ=422,2) across eight tables. The table includes columns for thickness (épais. [m]), modulus (module [MPa]), Poisson ratio (coef. Poisson), calculated depth (Zcalcul [m]), EpsT (μdéf), SigmaT (MPa), EpsZ (μdéf), and SigmaZ (MPa). The results show high stress concentrations in the top layers.

La contrainte admissible est dépassée. On augmente alors les épaisseurs des couches.

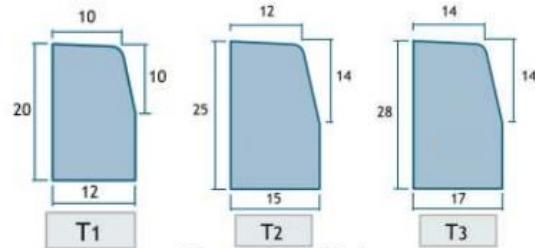
The screenshot shows the Alizé-Lcpc software interface with a modified soil structure. The fourth layer (0.15m) has been removed, leaving three layers: 0.05m, 0.2m, and an infinite depth layer. The results window shows a table for a variant (1-EpsIZ=422,2) across eight tables. The table includes columns for thickness (épais. [m]), modulus (module [MPa]), Poisson ratio (coef. Poisson), calculated depth (Zcalcul [m]), EpsT (μdéf), SigmaT (MPa), EpsZ (μdéf), and SigmaZ (MPa). The results show reduced stress concentrations compared to the previous configuration.

#### ANNEXE 4 : Paramètres d'aménagement et Eclairage

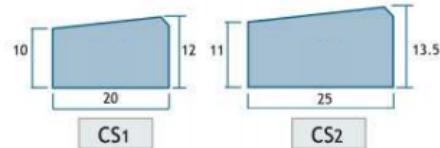
##### ➤ Gammes de bordures et leur dimension

### Les bordures de trottoir (hautes), non franchissables

Les bordures de trottoir de type T sont plus spécialement destinées aux voiries urbaines. Les bordures **T1** et **T2** sont les plus fréquemment utilisées mais il existe également des bordures **T3** et même **T4**, plus hautes.

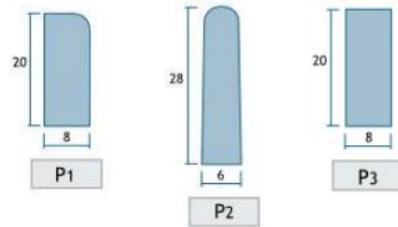


Les bordures **CS1** – **CS2** – **CS3** et **CS4** sont des caniveaux à simple pente destinés à être utilisés, soit avec des bordures de type A, soit avec des bordures de type T. Les bordures CS1 et CS2 sont les plus fréquemment utilisées.

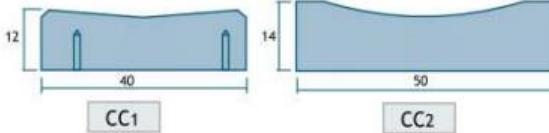


### Les bordures inclinées ou arrondies

Les bordures **P1** – **P2** et **P3** sont utilisées pour délimiter des espaces de stationnement, des allées piétonnes, des espaces verts, des terrains de loisirs, de sports.



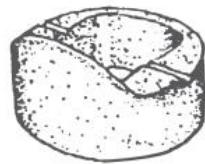
Les bordures **CC1** et **CC2** sont des caniveaux à double pente.



### ➤ Gammes des Atalus

## ATALUS® 18

- 18 kg, 13 u/m<sup>2</sup>
- Palette de 54 unités
- Dimension 0,34 x 0,34 m
- Hauteur utile 0,14 m
- Mur jusqu'à 2 m de hauteur

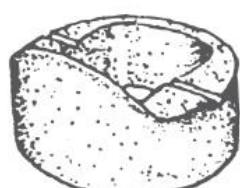


18 kg



## ATALUS® 50

- 48 kg, 7 u/m<sup>2</sup>
- Palette de 20 unités
- Dimension 0,50 x 0,45 m
- Hauteur utile 0,20 m
- Mur jusqu'à 4 m de hauteur

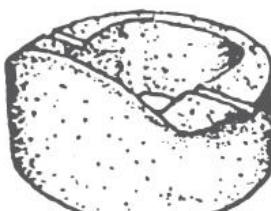


48 kg



## ATALUS® 120

- 120 kg, 3,8 u/m<sup>2</sup>
- Palette de 8 unités
- Dimension 0,60 x 0,70 m
- Hauteur utile 0,25 m
- Mur jusqu'à 10 m de hauteur



120 kg



➤ Fiche technique Candélabre

ENERGIE DOUCE



Lampadaire solaire 7m éclairage routier lanterne  
fabrication Européenne ENERGIE DOUCE



**Lampadaire solaire 7m éclairage  
routier lanterne fabrication  
Européenne**

**Hauteur 7m – Régulation MPPT - Batteries en tête de mât – Eclairage LED**

**FABRICATION EXCLUSIVEMENT EUROPÉENNE - GARANTIE 5ANS - CONFORME NORME EN40**

**ENERGIEDOUCE SPECIALISTE DU LAMPADAIRE SOLAIRE DEPUIS 2007**

Ce lampadaire solaire est constitué d'un système autonome en énergie capable d'éclairer la voirie et les alentours en exploitant l'énergie solaire dans des zones qui ne sont pas raccordées au réseau électrique. Ce lampadaire solaire est idéal pour éclairer des parkings, des routes de petites et moyennes tailles, des stades municipaux, des zones foncières ou industrielles, etc...

Le dispositif entier de gestion des horaires et des paramètres de fonctionnement du lampadaire solaire est programmable à distance par module GSM ou interface Bluetooth disponible en option et permet de faire de grandes économies en frais de maintenance. Equipé d'une structure en tête de mât intégrant le support des modules solaires, le régulateur, le contrôle électronique et le logement batterie, ce lampadaire solaire s'avère particulièrement compacte et sécurisé contre le vol.

Ce lampadaire solaire distribué en exclusivité par Energiedouce est d'une fiabilité inégalée aujourd'hui sur le marché, l'ensemble du lampadaire solaire est garantie 5 ans et plus de 30,000 unités ont été déployées à travers le monde par le fabricant Européen de cette solution.



## Composants du lampadaire solaire 7m éclairage routier :

- Un ou deux panneaux photovoltaïques mono ou poly-cristallin de 130Wc en 12V selon le lieu d'implantation du lampadaire solaire : 1 panneau pour des zones ensoleillées où le coefficient d'irradiation ne tombe pas en dessous de 3 kWh/m<sup>2</sup>/j et 2 panneaux pour les zones moins ensoleillées où le coefficient d'irradiation le plus faible est d'environ 1 kWh/m<sup>2</sup>/j.
- Un régulateur de charge MPPT 15A avec un rendement exceptionnel de plus de 95%. Ce régulateur de charge permet de recharger les batteries du lampadaire solaire dans de très bonnes conditions tout en les protégeant d'une surcharge. Doté d'un détecteur crépusculaire et d'un programmeur, le régulateur de charge est la pièce centrale du lampadaire solaire gérant à la fois la production solaire, la recharge des batteries et l'allumage et l'extinction de la lampe. Ce régulateur de charge existe aussi avec des options de pilotage à distance via interface GSM ou Bluetooth.
- Deux batteries 12V 100Ah de technologie AGM ou Gel selon la configuration retenue. Ces batteries, selon le niveau de décharge choisi, 30% ou 70% peuvent atteindre jusqu'à 1500 cycles de charge/décharge soit 4 années complètes avec un allumage chaque nuit avant leur premier changement.
- Une lanterne LED dernière génération très basse consommation, haute puissance. Disponible en plusieurs puissances selon le niveau d'éclairage, l'autonomie et le budget souhaité. Les lanternes LED fabriquées exclusivement en Europe sont disponibles en 20W, 24W, 30W, 36W, 40W et 48W. La durée de vie de ces lanternes LEDs est garantie à plus de 000 heures d'éclairage et sont garanties 5 ans contre tout défaut de fabrication.



**ANNEXE 5 : Données pluviométriques de la ville de OUAGADOUGOU**

stations	années	Cumuls annuels
Ouagadougou aéro	1989	797,8
Ouagadougou aéro	1990	675,9
Ouagadougou aéro	1991	900,7
Ouagadougou aéro	1992	698,7
Ouagadougou aéro	1993	750,6
Ouagadougou aéro	1994	727,8
Ouagadougou aéro	1995	700,2
Ouagadougou aéro	1996	677,4
Ouagadougou aéro	1997	587,8
Ouagadougou aéro	1998	668,3
Ouagadougou aéro	1999	800,2
Ouagadougou aéro	2000	594,1
Ouagadougou aéro	2001	618,7
Ouagadougou aéro	2002	656,2
Ouagadougou aéro	2003	847,7
Ouagadougou aéro	2004	772
Ouagadougou aéro	2005	839,9
Ouagadougou aéro	2006	596,8
Ouagadougou aéro	2007	713,2
Ouagadougou aéro	2008	767,4
Ouagadougou aéro	2009	923,6
Ouagadougou aéro	2010	839
Ouagadougou aéro	2011	689,4
Ouagadougou aéro	2012	1003
Ouagadougou aéro	2013	795,3
Ouagadougou aéro	2014	843,9
Ouagadougou aéro	2015	898,6
Ouagadougou aéro	2016	974,1
Ouagadougou aéro	2017	874,1
Ouagadougou aéro	2018	860,2

stations	années	Pluie max journalière annuelle
Ouagadougou aéro	1989	74,9
Ouagadougou aéro	1990	55
Ouagadougou aéro	1991	105,2
Ouagadougou aéro	1992	53,9
Ouagadougou aéro	1993	54
Ouagadougou aéro	1994	58,2
Ouagadougou aéro	1995	73,1
Ouagadougou aéro	1996	70,3
Ouagadougou aéro	1997	45,2
Ouagadougou aéro	1998	72,4
Ouagadougou aéro	1999	66
Ouagadougou aéro	2000	58,6
Ouagadougou aéro	2001	49,8
Ouagadougou aéro	2002	58,1
Ouagadougou aéro	2003	62,1
Ouagadougou aéro	2004	55,1
Ouagadougou aéro	2005	75,7
Ouagadougou aéro	2006	51,5
Ouagadougou aéro	2007	116,7
Ouagadougou aéro	2008	58,4
Ouagadougou aéro	2009	261,3
Ouagadougou aéro	2010	70,4
Ouagadougou aéro	2011	43,8
Ouagadougou aéro	2012	67,8
Ouagadougou aéro	2013	67,3
Ouagadougou aéro	2014	57,2
Ouagadougou aéro	2015	67
Ouagadougou aéro	2016	94,5
Ouagadougou aéro	2017	96,6
Ouagadougou aéro	2018	66,2

ANNEXE 6 : Calcul des Bassins versants par la méthode de Caquot

Bassins versants	Surface(k m <sup>2</sup> )	Surface(ha)	Périmètre(km)	coef ruissellement	Pente l	L (hm)	Icompacité	Allongement M	Facteur dr correction	Débit(m <sup>3</sup> /s)	Débit corrigé(m <sup>3</sup> /s)
BV00	0,051	5,144	0,939	0,7	0,011	2,980	1,168	1,314	1,158	1,888	2,188
BVA3	0,028	2,812	0,759	0,7	0,010	1,560	1,276	0,930	1,307	1,109	1,449
BVA5	0,038	3,808	0,902	0,7	0,012	1,030	1,304	0,528	1,594	1,484	2,366
BVA6	0,057	5,656	1,171	0,7	0,005	1,160	1,389	0,488	1,639	1,664	2,726
BV1	0,313	31,349	2,632	0,7	0,012	8,030	1,326	1,434	1,123	8,652	9,720
BV1-1	0,010	1,000	0,499	0,7	0,002	0,500	1,407	0,500	1,625	0,310	0,504
BV1-2	0,008	0,837	0,427	0,7	0,020	0,520	1,316	0,568	1,553	0,474	0,736
BV1-3	0,007	0,709	0,410	0,7	0,004	0,440	1,373	0,523	1,600	0,273	0,437
BV1-4	0,002	0,248	0,205	0,7	0,055	0,390	1,160	0,783	1,389	0,219	0,304
BV1-5	0,003	0,254	0,212	0,7	0,040	0,360	1,186	0,714	1,434	0,208	0,298
BV1-6	0,002	0,205	0,184	0,7	0,004	0,370	1,147	0,818	1,367	0,097	0,133
BV1-7	0,030	3,005	0,749	0,7	0,025	1,200	1,218	0,692	1,450	1,465	2,124

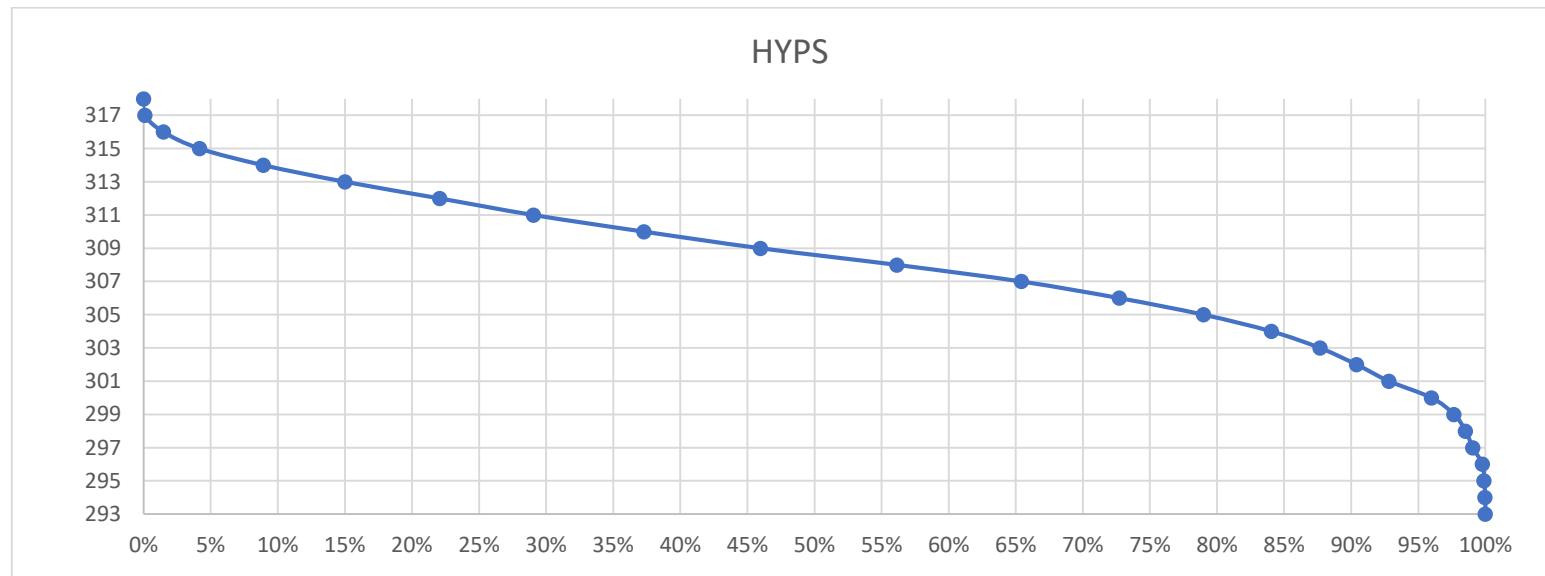
BV2	0,093	9,256	1,219	0,7	0,010	3,280	1,130	1,078	1,241	3,003	3,728
BV2-1	0,008	0,780	0,378	0,7	0,004	0,620	1,207	0,702	1,442	0,298	0,429
BV2-2	0,006	0,626	0,323	0,7	0,003	0,650	1,151	0,821	1,365	0,241	0,329
BV3	0,221	22,070	0,199	0,7	0,005	9,570	0,119	2,037	0,994	5,371	5,336
BV3-1	0,013	1,304	0,539	0,7	0,035	0,630	1,331	0,552	1,569	0,791	1,241
BV3-2	0,013	1,319	0,533	0,7	0,017	0,660	1,309	0,575	1,547	0,670	1,037
BV3-3	0,007	0,699	0,344	0,7	0,023	0,660	1,160	0,789	1,385	0,423	0,586
BV3-4	0,008	0,791	0,375	0,7	0,007	0,640	1,189	0,719	1,430	0,353	0,505
BV4	0,157	15,652	1,652	0,7	0,002	5,840	1,178	1,476	1,112	3,054	3,397
BV4-1	0,016	1,559	0,606	0,7	0,015	0,670	1,369	0,537	1,585	0,744	1,179
BV4-2	0,010	1,023	0,439	0,7	0,011	0,680	1,224	0,672	1,464	0,483	0,707
BV4-3	0,012	1,188	0,480	0,7	0,007	0,700	1,242	0,642	1,488	0,489	0,728
BV4-4	0,014	1,366	0,492	0,7	0,027	0,810	1,187	0,693	1,449	0,771	1,117

Coefficients de CAQUOT													
€	$\beta+\delta$	$\mu$	c	d	f	k	u	v	w	1/u	v/u	w/u	
0,030	1,400	0,340	-0,410	0,510	-0,290	1,919	0,855	0,205	0,715	1,170	0,240	0,836	

**ANNEXE 7 : Calcul du Bassin versant A7 par la méthode ORSTOM**

Bassins versants	Surface(km2)	Surface (ha)	Périmètre (km)	coef ruissellement	I(%)	Icompa cité	L rectangle eq	H5%	H95 %	D (m)	Ig	A	Reli ef	Kr10 (%)	Tb (min)	Qr10(m 3/s)	Q10(m 3/s)
BV A7	5,418	541,8	8,993	0,7	0,72	1,0895	4,4951	315,000	300,000	15,00	3,337	0,906	R3	21,980	740,295	6,275	6,463

**ANNEXE 8 : Courbe Hypsométrique du Bassin Versant A7**



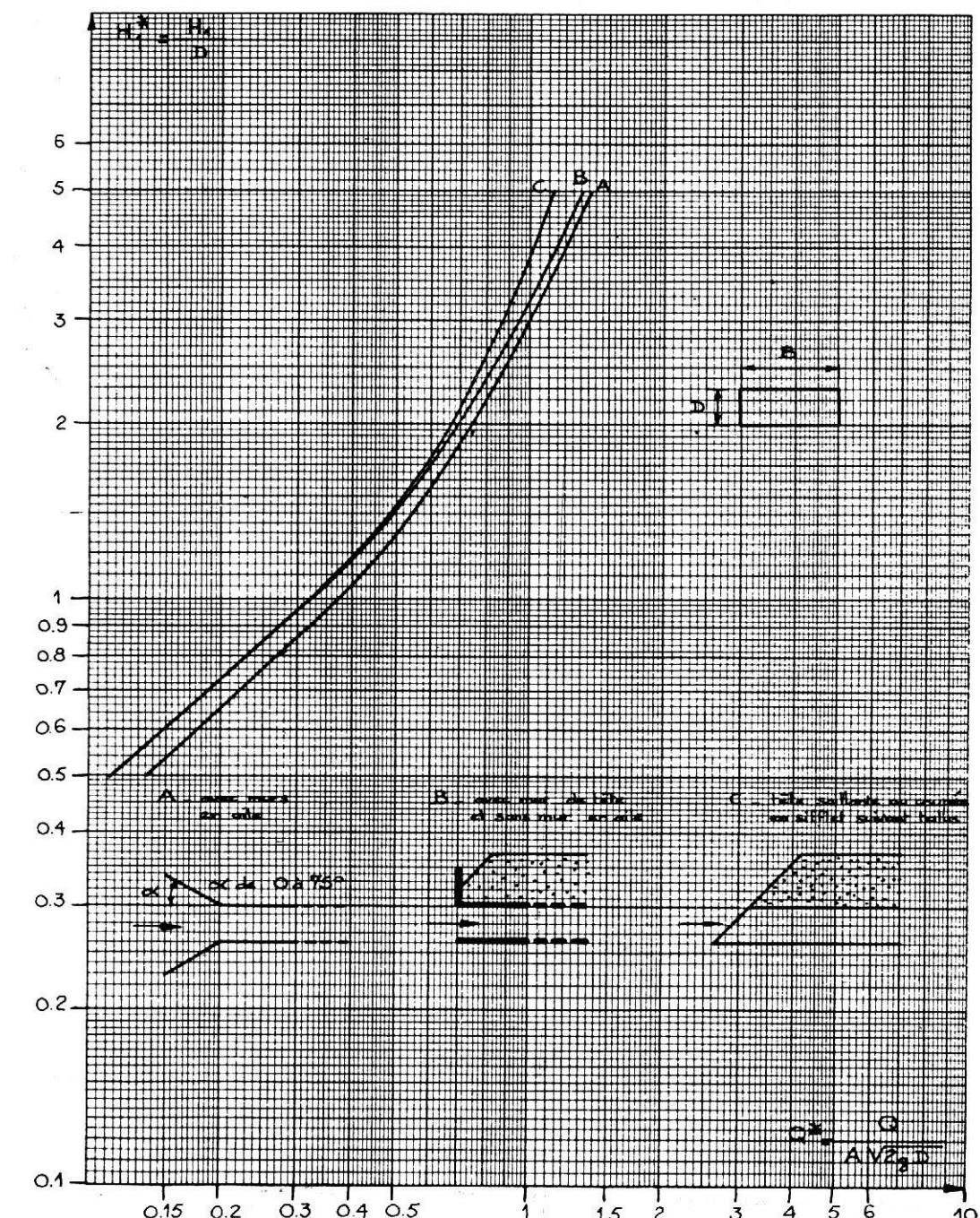
**ANNEXE 9 : Calcul du Bassins versant A7 par la méthode CIEH**

Bassins versants	Surface(km2)	Surface(ha)	Kr10 (%)	lg	Equation 40	Equation 42	Q10
BV A7	5,418	541,8	21,98	3,337	12,780	10,191	11,486

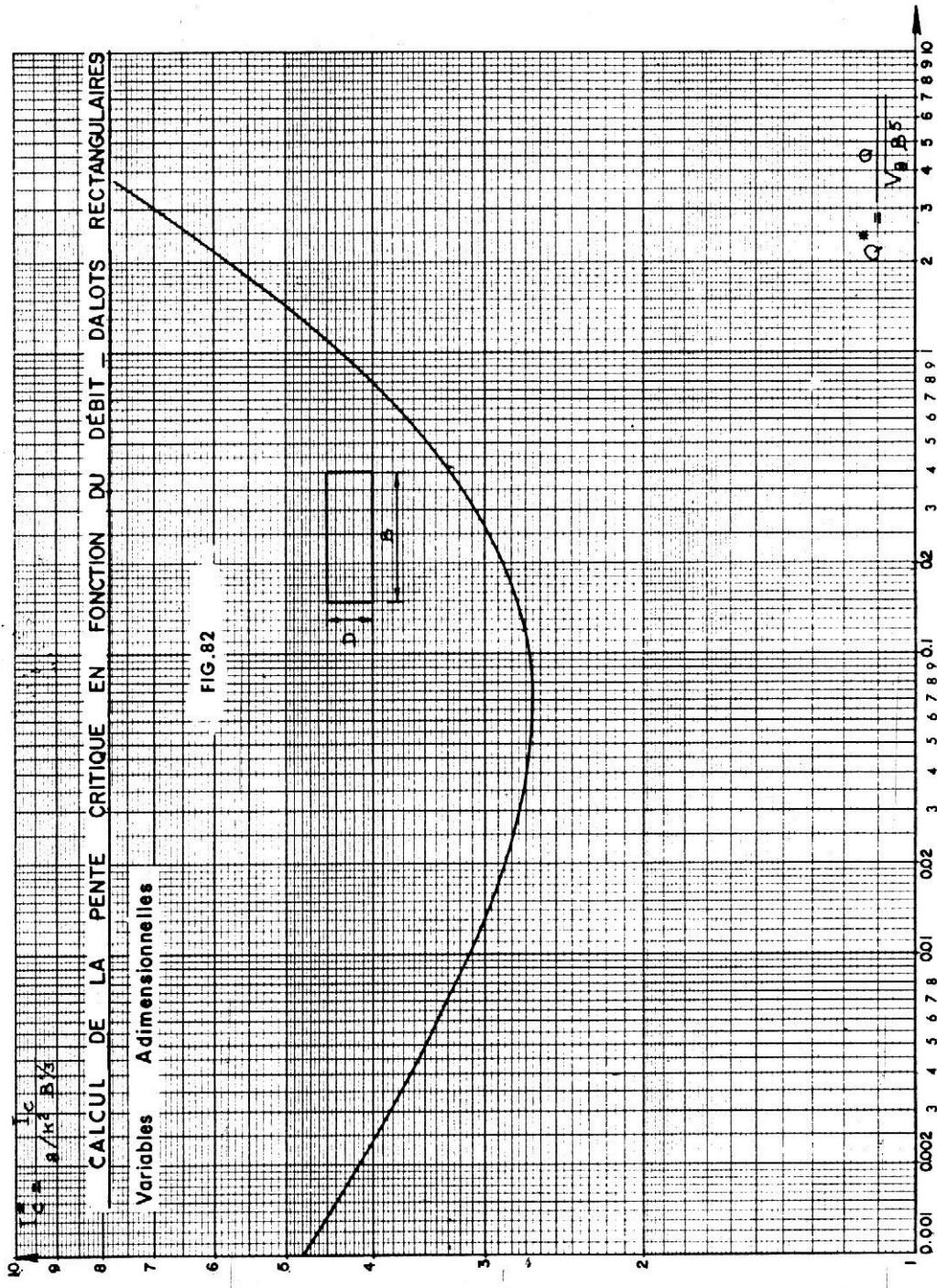
**ANNEXE 10 : Assemblage des Bassins versants**

Bassins versants	S équ (km2)	S équ (ha)	C équ	L équ	I équ	Méqu	m équ	Qp équ	Qp éq corrigé
A = BV00 + BVA3	0,080	7,955	0,700	4,540	0,011	1,610	1,079	2,693	2,906
B = BVA5 +BVA6	0,095	9,463	0,700	2,190	0,007	0,712	1,436	2,799	4,019
<b>BV1</b>	<b>0,313</b>	<b>31,349</b>	<b>0,700</b>	<b>8,030</b>	<b>0,012</b>	<b>1,434</b>	<b>1,123</b>	<b>9,720</b>	<b>10,920</b>
C = BV1.1 + BV1.2 + BV1.3 + BV1.4	0,028	2,795	0,700	1,850	0,006	1,107	1,230	0,964	1,186
D = BV1.5 + BV1.6 + BV1.7	0,035	3,464	0,700	1,930	0,015	1,037	1,258	1,468	1,848
<b>BV2</b>	<b>0,093</b>	<b>9,256</b>	<b>0,700</b>	<b>3,280</b>	<b>0,010</b>	<b>1,078</b>	<b>1,241</b>	<b>3,728</b>	<b>4,628</b>
E = BV2.1 + BV2.2	0,014	1,406	0,700	1,270	0,003	1,071	1,244	0,480	0,597
<b>BV3</b>	<b>0,221</b>	<b>22,070</b>	<b>0,700</b>	<b>9,570</b>	<b>0,005</b>	<b>2,037</b>	<b>0,994</b>	<b>5,336</b>	<b>5,302</b>
F = BV3.1 + BV3.2 + BV3.3 + BV3.4	0,041	4,114	0,700	2,590	0,016	1,277	1,170	1,712	2,003
<b>BV4</b>	<b>0,157</b>	<b>15,652</b>	<b>0,700</b>	<b>5,840</b>	<b>0,002</b>	<b>1,476</b>	<b>1,112</b>	<b>3,397</b>	<b>3,778</b>
G = BV4.1	0,016	1,559	0,700	0,670	0,015	0,537	1,585	1,179	1,868
H = BV4.2 + BV4.3 + BV4.4	0,036	3,576	0,700	2,190	0,012	1,158	1,211	1,413	1,711

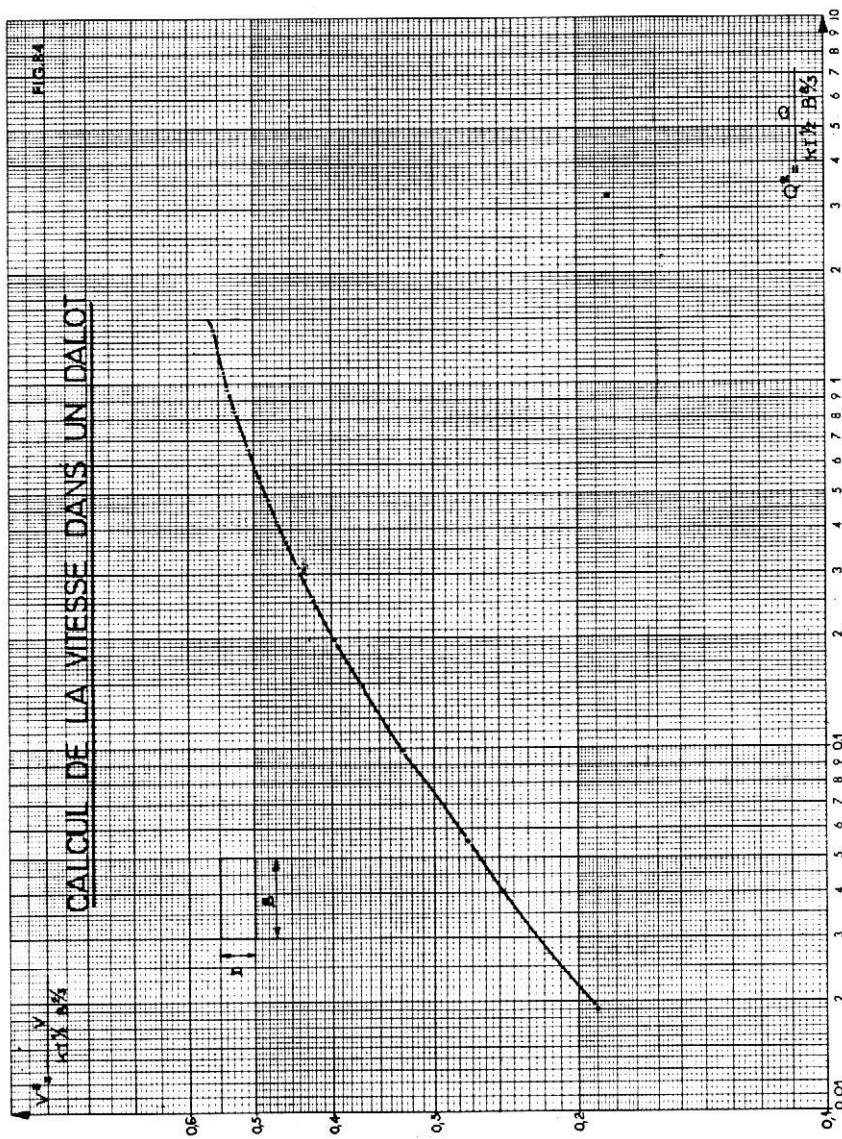
## ***ANNEXE 11 : Abaque de détermination de la profondeur Amont***



ANNEXE 12 : Abaque de détermination de la pente critique d'un dalot rectangulaire



ANNEXE 13 : Abaque de détermination de la vitesse dans un dalot rectangulaire



## ANNEXE 14 : Dimensionnement structural des ouvrages hydraulique

### Note de calcul Dimensionnement (Caniveau 150 x 100)

Béton	Dosage : 350 kg/m <sup>3</sup> de CPA 45 ou de classe équivalente
	Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$
	Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
	Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 2,1 \text{ MPa}$
	Coefficient de sécurité $\gamma_b = 1,5$
	Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu} = 14,17 \text{ MPa}$
Acier	Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$
	Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE500
	Limite d'élasticité $f_e = 500 \text{ MPa}$
	Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$
	Coefficient d'adhérence : $\eta = 1,6$
	Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable
Sol	$\bar{\sigma}_s = \min \left[ \frac{2}{3} f_e ; \max(0,5 f_e ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{t28}}) \right] = 250 \text{ MPa}$
	$f_{su} = f_e / \gamma_s = 434,78 \text{ MPa.}$
	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
	Coefficient de poussée des terres : $K_a = 0,33$
	Contrainte admissible du sol de fondation : $\sigma_{\text{sol}} = 0,15 \text{ MPa}$
	Surcharge sur remblai : $q = 10 \text{ kN/m}^3$

### 1. Calcul des sollicitations des dalettes

#### ☒ DONNEES

- ✓ Portée d'une dallette  $L = 1,65 \text{ m}$

- ✓ Epaisseur de la dallette  $e = 0,2 \text{ m}$
- ✓ Largeur d'une dallette  $l = 0,5 \text{ m}$

## ☒ CHARGES DE SOLICITATIONS

Les charges à considérer sur la dallette sont :

- ✓ La charge permanente : Le poids propre de la dallette.
- ✓ La charge d'exploitation : La surcharge  $B_r$  soit La charge concentrée d'une roue isolée de 100 KN (Fascicule 61 Titre II)

NB : La dallette sera dimensionnée en flexion simple sous les différentes charges.

## ☒ Calcul des efforts permanents

Poids propre de la dallette :

$$P_d = e \times l \times \gamma_b = 0,20 \times 0,5 \times 25 = 2,5 \text{ kN/ml}$$

## ☒ Calcul des efforts d'exploitations

$$B_r = 100 \text{ kN}$$

## ☒ Calcul des sollicitations maximales

L'état des fissurations étant préjudiciable les calculs seront faits exclusivement à l'ELS

$$P_{ser_d} = P_d = 2,5 \text{ kN/ml}$$

$$P_{ser_{Br}} = B_r = 100 \text{ kN}$$

$$M_{ser} = \frac{P_{ser_d} \times (b^2)}{8} + \frac{P_{ser_{Br}} \times b}{4}$$
$$M_{ser} = \frac{2,5 \times (1,5^2)}{8} + \frac{100 \times 1,5}{4}$$

$$\underline{\mathbf{M_{ser} = 38.20 \text{ KN.m}}}$$

## 1. Calculs des sollicitations des piédroits :

### ☒ Charges de sollicitations

Les charges à considérer sur le piédroit sont les suivantes :

- ✓ Effort transmis par la dallette
- ✓ Poussée des terres
- ✓ La surcharge routière
- ✓ Poids propre du piédroit
- ✓ Charge de la roue de 100 KN

Les piédroits sont calculés en flexion composée avec effort normal de compression à l'état limite de service (ELS).

#### ☒ Calcul des efforts permanents

Effort transmis par la dallette :

$$E_d = \frac{\gamma b \times d \times l}{2} \times 1$$
$$E_d = \frac{25 \times 0.2 \times 1.65}{2} \times 1$$
$$E_d = 4.125 \text{ Kn/m}$$

Poussée des terres :

$$P_t = \frac{1}{2} \gamma_s \times K_a \times h^2 \times 1$$
$$P_t = \frac{1}{2} \times 20 \times 0.33 \times 1^2$$
$$P_t = 3.99 \text{ Kn/m}$$

Surcharge routière sur remblai :

$$H_r = q \times K_a \times h \times 1$$
$$H_r = 10 \times 0.33 \times 1 \times 1$$
$$H_r = 3.63 \text{ Kn/m}$$

Poids propre du piédroit :

$$P_{pd} = e \times \gamma_b \times h \times 1$$
$$P_{pd} = 0.15 \times 25 \times 1 \times 1$$
$$P_{pd} = 3.75 \text{ Kn/m}$$

#### ☒ Calcul des efforts d'exploitations

Charge de la roue Br

$$V_{br} = 100 \times 0.5 \times 1 = 50 \text{ kN}$$

$E_d$	$P_t$	$H_r$	$P_{pd}$	$V_{br}$
<u>4.125 Kn/m</u>	<u>3.99 Kn/m</u>	<u>3.63 Kn/m</u>	<u>3.75 Kn/m</u>	<u>50 kN</u>

#### ☒ EFFORT NORMAL DE COMPRESSION

$$N_{ser} = E_d + P_{pd} + V_{br}$$

$$N_{ser} = 4.125 + 3.75 + 50$$

**$N_{ser} = 57.875 \text{ Kn/m}$**

#### ☒ MOMENT FLÉCHISSANT MAXIMAL

$$M_{ser} = \frac{P_t \times h}{3} + \frac{H_r \times h}{2}$$

$$M_{ser} = \frac{3.99 \times 1}{3} + \frac{3.63 \times 1}{2}$$

**$M_{ser} = 3.3265 \text{ Kn.m}$**

### 3. Calcul des sollicitations du radier

#### ☒ Charges de sollicitations

Les charges à considérer sur radier sont les suivantes :

- ✓ Poids propre des piédroits
- ✓ Poids propre du radier
- ✓ Poids propre de la dallette
- ✓ Charge routière sur la dallette
- ✓ Poids de l'eau sur le radier

Le radier sera dimensionné en flexion simple à l'état limite de service (ELS) sur une bande de 1 mètre.

#### ☒ Calcul des efforts permanents

Poids propre de la dallette :

$$P_{pd} = \gamma_b \times d \times l \times 1$$

Poids propre du radier :

$$P_{pr} = \gamma_b \times e \times B \times 1$$

Poids propre du piedroit :

$$2 \times a \times \gamma_b \times h$$

$$P_{pp} = \frac{2 \times a \times \gamma_b \times h}{B}$$

### ☒ Calcul des efforts d'exploitations

Charge de la roue  $Br = 100 \text{ kN}$

$$V_{br} = \frac{100}{B}$$

### ☒ Résultante des efforts sur le radier

$$R = P_{pd} + P_{pr} + P_{pe} + P_{pp} + V_{br}$$

### ☒ Calcul du moment fléchissant

$$M_{ser} = \frac{R \times b^2}{8}$$

Caniveau	Ppd (kN/m <sup>2</sup> )	Ppr (kN/m <sup>2</sup> )	Ppp (kN/m <sup>2</sup> )	Ppe (kN/m <sup>2</sup> )	Br (kN/m <sup>2</sup> )	R (kN/m <sup>2</sup> )	Mser (kN.m <sup>2</sup> )
130×110	5.00	3.75	4.17	9.00	55.55	77.47	21.79

Les contraintes des ouvrages appliquées au sol sont inférieures à la contrainte admissible, donc le sol en place pourra supporter les ouvrages sans se rompre.

### Dimensionnement de la Dalette à l'ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la dallette	b = 0.50 m
	Hauteur de la dallette	h = 0.20 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0.18 m
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	d' = 0.02 m
Contrainte de l'acier utilisé	Fe =	400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours	Fc28 =	30 MPa
Moment de service (en travée)	Mser =	0.0382 MN.m
Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP	Type :	1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	( 0.6 x Fc28 )	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + ( 0.06 x Fc28 )$	$Ft28 = 2.40 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} ( 2/3 Fe ; \text{maxi} ( 1/2 Fe ; 110 x (( \eta x Ftj )^{1/2} ) ) )$ $FTP = 0.80 x \sigma_{st} ( FP )$	$\sigma_{st} = 215.56 \text{ MPa}$

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / ( \sigma_{bc} + ( \sigma_{st} / 15 ) )$	$\alpha = 0.556$
Ordonnée de la fibre neutre	$d x \alpha$	$y = 0.100 \text{ m}$

Bras de levier du couple interne	$d - ( y / 3 )$	$Zb = 0.147 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0.066 \text{ MN.m}$
Etat limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$ $\Rightarrow \Rightarrow$ Pas d'acières comprimés si $M_{rbser} < M_{ser}$ $\Rightarrow \Rightarrow$ Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu <b>Pas d'acières comprimés</b>

Détermination des sections théoriques d'acières et choix des sections commerciales				
<b>Section théorique des aciers tendus</b>	si pas d'acières comprimés $\Rightarrow \Rightarrow$ $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Zb)$ si aciers comprimés nécessaires $\Rightarrow \Rightarrow$ $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Zb)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	<b>A<sub>st</sub> =</b>	<b>12.06</b>	$\text{cm}^2$
<b>Secttion d'armature minimale</b>	$0.23 \times b \times d \times f_{t20} / f_e$	<b>A<sub>min</sub> =</b>	<b>1.24</b>	$\text{cm}^2$
<b>Section d'armature nécessaire</b>	Max (A <sub>st</sub> ; A <sub>min</sub> )	<b>A<sub>s</sub> =</b>	<b>12.06</b>	$\text{cm}^2$
<b>Choix d'une section commerciale</b>	<b>Choix : 8 HA 14</b>	<b>A<sub>s</sub> =</b>	<b>12.32</b>	$\text{cm}^2$
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} =$	0.00	MPa
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} =$	0.00	$\text{cm}^2$
<b>Choix d'une section commerciale</b>	<b>Choix :</b>	<b>A<sub>s</sub> =</b>		$\text{cm}^2$
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	<b>vérifié</b>		

Section d'armature de repartition	max (As / 3 ; Amin)	Ar =	3.08	cm <sup>2</sup>
<b>Choix d'une section commerciale</b>	<b>Choix : 4 HA 10</b>	<b>As =</b>	<b>3.14</b>	cm <sup>2</sup>

## Dimensionnement des piédroits à l'ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1.00 m
	Epaisseur du piedroit	ep = 0.15 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0.14 m
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	d' = 0.02 m
Contrainte de l'acier utilisé	Fe =	400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours	Fc28 =	25 MPa
Moment de service	Mser =	0.0033265 MN.m
Effort normal	Nser =	0.057875 MN

Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP

Type : 1

### Calcul des contraintes admissibles

Contrainte de compression du béton	( 0.6 x Fc28 )	$\sigma_{bc} = 15 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + ( 0.06 x Fc28 )$	$Ft28 = 2.10 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} ( 2/3 Fe ; \text{maxi} ( 1/2 Fe ; 110 x ( ( \eta x Ftj )^{1/2} ) ) )$	
	$FTP = 0.80 x \sigma_{st} ( FP )$	$\sigma_{st} = 201.63 \text{ MPa}$

### Calcul des contraintes admissibles

Exentricité	$M_{ser}/N_{ser}$	$e = 0.056621 \text{ MPa}$
Effort de compression centré maximal	$b \times h \times \sigma_{bc}$	$N_{bmax} = 2.25 \text{ MPa}$
Taux de remplissage	$N_{ser} / N_{bmax}$	$\psi_1 = 0.03$
Exentricité critique relative	si $\psi_1 \leq 2/3 : (1 + \sqrt{9 - 12 \times \psi_1}) / (4 ( 3 + \sqrt{9 - 12 \times \psi_1} ))$	
	si $\psi_1 \geq 2/3 : (3 \times \psi_1 - 1) \times (1 - \psi_1) / (4 \times \psi_1)$	$\zeta = 0.16594$
Coefficient	$\zeta \times e_p$	$e_{NC} = 0.02$

Etat de la section	e > Enc : Section Partiellement comprimé	
	e ≤ Enc : Section Entièrement Comprimé	S.Partiellement Comprimée
<b>Paramètres caractéristiques de la section</b>		
Moment de flexion fictif		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / ( \sigma_{bc} + ( \sigma_{st} / 15 ) )$	$\alpha = 0.527$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0.071 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d - ( y / 3 )$	$Z_b = 0.111 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha ( 1 - ( \alpha / 3 ) ) \times d^2$	$M_{rbser} = 0.059 \text{ MN.m}$
Etat limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$ $\Rightarrow$ Pas d'acières comprimés si $M_{rbser} < M_{ser}$ $\Rightarrow$ Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'acières comprimés

<b>Détermination des sections théoriques d'acières (partiellement comprimé)</b>		
Section des aciers tendus	si pas d'acières comprimés => $M_{ser} / ( \sigma_{st} \times Z_b )$ si aciers comprimés nécessaires => $[ M_{rbser} / ( \sigma_{st} \times Z_b ) ] + [ ( M_{ser} - M_{rbser} ) / ( \sigma_{st} \times ( d - d' ) ) ]$	$A_{st} = 2.97 \text{ cm}^2$

Section réelle d'acier tendue		As = 0.10 cm <sup>2</sup>
Section d'acier minimale	0,23 x b x d x ft28 / fe	Amin = 1.63 cm <sup>2</sup>
Section d'armature nécessaire	Max (As ; Amin)	As = 1.63 cm <sup>2</sup>
<b>Choix d'une section commerciale</b>	<b>Choix : 4 HA 8</b>	<b>As = 2.011 cm<sup>2</sup></b>
Section d'acier de répartition	Max (0,1 x Ep ; Amin)	Asr = 1.63 cm <sup>2</sup>
<b>Choix d'une section commerciale</b>	<b>Choix : 4 HA 8</b>	<b>As = 2.01 cm<sup>2</sup></b>

## Dimensionnement du Radier à l'ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur du radier	b = 1 m
	Hauteur du radier	h = 0.15 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0.14 m

	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	d' = 0.02 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 30 MPa
2 <sup>e</sup> Moment de service (en travée)		Mser = 0.02179 MN.m
Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP		Type : 1
<b>Calcul des contraintes admissibles</b>		
Contrainte de compression du béton	( 0.6 x Fc28 )	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	0.6 + ( 0.06 x Fc28 )	Ft28 = 2.40 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini ( 2/3 Fe ; maxi ( 1/2 Fe ; 110 x (( $\eta$ x Ftj ) <sup>1/2</sup> )) ) FTP = 0.80 x $\sigma_{st}$ ( FP )	$\sigma_{st} = 215.56 \text{ MPa}$
<b>Paramètres caractéristiques de la section</b>		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / ( \sigma_{bc} + ( \sigma_{st} / 15 ) )$	$\alpha = 0.556$
Ordonnée de la fibre neutre	d x $\alpha$	y = 0.075 m
Bras de levier du couple interne	d - ( y / 3 )	Zb = 0.110 m
Moment résistant du béton de service	0.5 x $\sigma_{bc}$ x b x $\alpha$ ( 1 - ( $\alpha$ / 3 ) ) x d <sup>2</sup>	Mrbser = 0.074 MN.m
Etat limite de compression du béton	si Mrbser > Mser =>> Pas d'aciers comprimés	
	si Mrbser < Mser	Système d'armatures retenu
	=>> Aciers comprimés nécessaires	<b>Pas d'aciers comprimés</b>
<b>Détermination des sections théoriques d'aciers et choix des sections commerciales</b>		

<b>Section théorique des aciers tendus</b>	si pas d'acières comprimés =>> Mser / (σst x Zb ) Si aciers comprimés nécessaires =>> [ Mrbser / (σst x Zb ) ] + [ ( Mser - Mrbser ) / ( σst x ( d - d' ) ) ]	<b>Ast = 9.19 cm<sup>2</sup></b>
<b>Secttion d'armature minimale</b>	0,23 x b x d x ft28 / fe	<b>Amin = 1.93 cm<sup>2</sup></b>
<b>Section d'armature nécessaire</b>	Max (Ast ; Amin)	<b>As = 9.19 cm<sup>2</sup></b>
<b>Choix d'une section commerciale</b>	<b>Choix : 8 HA 12</b>	<b>As = 9.05 cm<sup>2</sup></b>
Contrainte des aciers comprimés	15 x [ ( σbc x ( y - d' ) ) / y ]	σsc = 0.00 MPa
Section des aciers comprimés	( Mser - Mrbser ) / ( σsc x ( d - d' ) )	Asc = 0.00 cm <sup>2</sup>
<b>Choix d'une section commerciale</b>	<b>Choix :</b>	<b>As = cm<sup>2</sup></b>
Vérification	Mser - Mrbser < 0.4 x Mser	<b>vérifié</b>
Section d'armature de repartition	max (As / 3 ; Amin)	Ar = <b>1.93 cm<sup>2</sup></b>
<b>Choix d'une section commerciale</b>	<b>Choix : 4 HA 8</b>	<b>As = 2.01 cm<sup>2</sup></b>

## Note de calcul Dimensionnement (DALOT 3 X 2 X2)

### **1. NORME ET MATÉRIAUX**

Norme: BAEL-91 (R-99) (France)

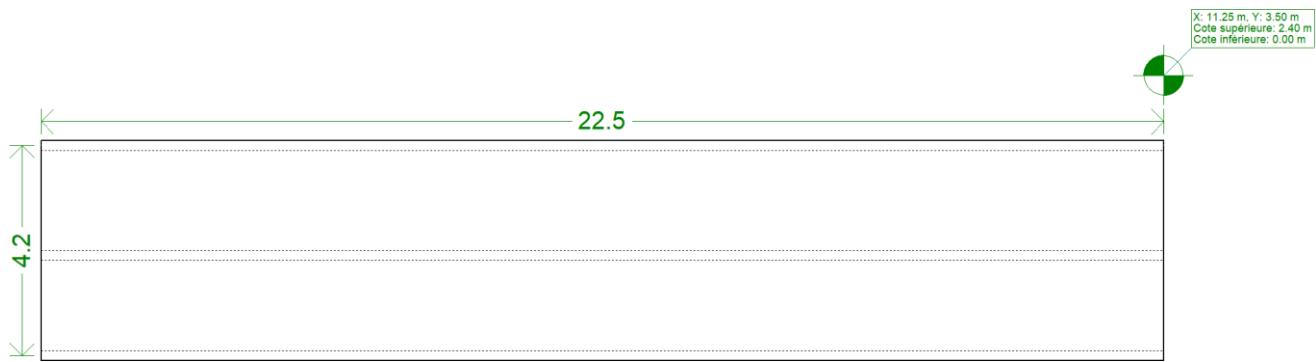
Béton: B30

Acier des barres: Fe E500

Enrobage extérieur: 3.5 cm

Enrobage intérieur: 3.5 cm

### **2. GÉOMÉTRIE**



#### *MODULE*

Épaisseurs

Piédroits: 20 cm

Tablier/radier: 20 cm

Cellule 1

Mesure de la portée: Perpendiculairement à la paroi gauche

Portée à l'entrée: 200 cm

Portée en sortie: 200 cm

Mur intermédiaire Épaisseur: 20 cm

### **3. TERRAINS**

Module de réaction: 90000.0 kN/m<sup>3</sup>

Contrainte admissible sol d'assise: 150.00 kN/m<sup>2</sup>

Poids volumique: 20.0 kN/m<sup>3</sup>

Angle de frottement interne: 37 degrés

Cohésion: 0.00 kN/m<sup>2</sup>

Pourcentage de frottement terrain-mur: 0 %

Angle de transmission des charges: 45 degrés

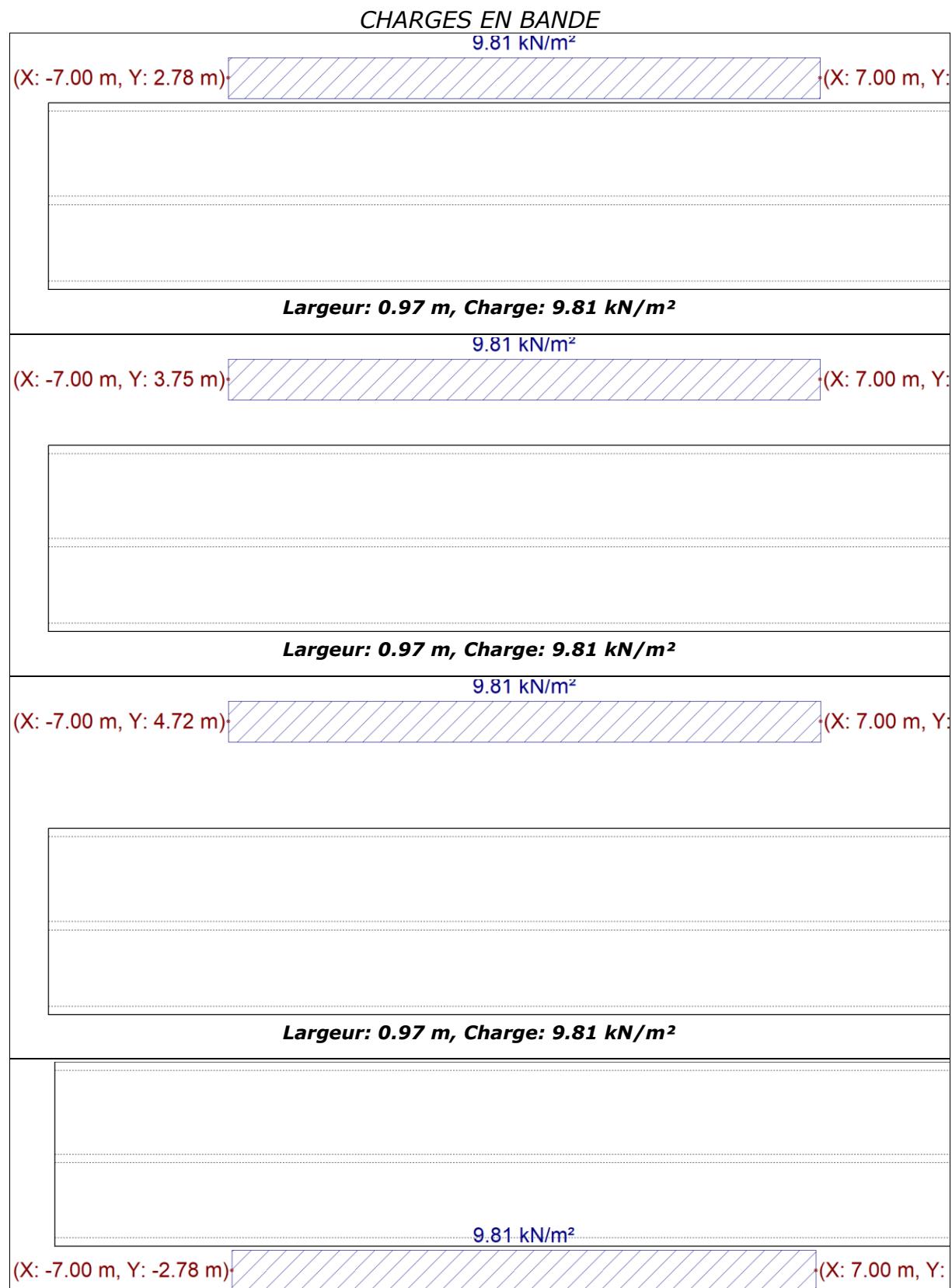
### **4. ACTIONS**

Sans surcharge supérieure

Sans surcharge inférieure

Avec charge hydraulique:

- Plan de la surface libre de l'eau: Par tirant d'eau (1.54 m)



**Largeur: 0.97 m, Charge: 9.81 kN/m<sup>2</sup>**



9.81 kN/m<sup>2</sup>

(X: -7.00 m, Y: -3.75 m) (X: 7.00 m, Y: 0.00 m)

**Largeur: 0.97 m, Charge: 9.81 kN/m<sup>2</sup>**



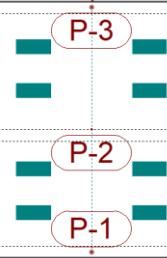
9.81 kN/m<sup>2</sup>

(X: -7.00 m, Y: -4.72 m) (X: 7.00 m, Y: 0.00 m)

**Largeur: 0.97 m, Charge: 9.81 kN/m<sup>2</sup>**

#### CONVOI DE CHARGE

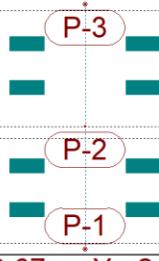
(X: -5.50 m, Y: 2.10 m)



(X: -5.50 m, Y: -2.10 m)

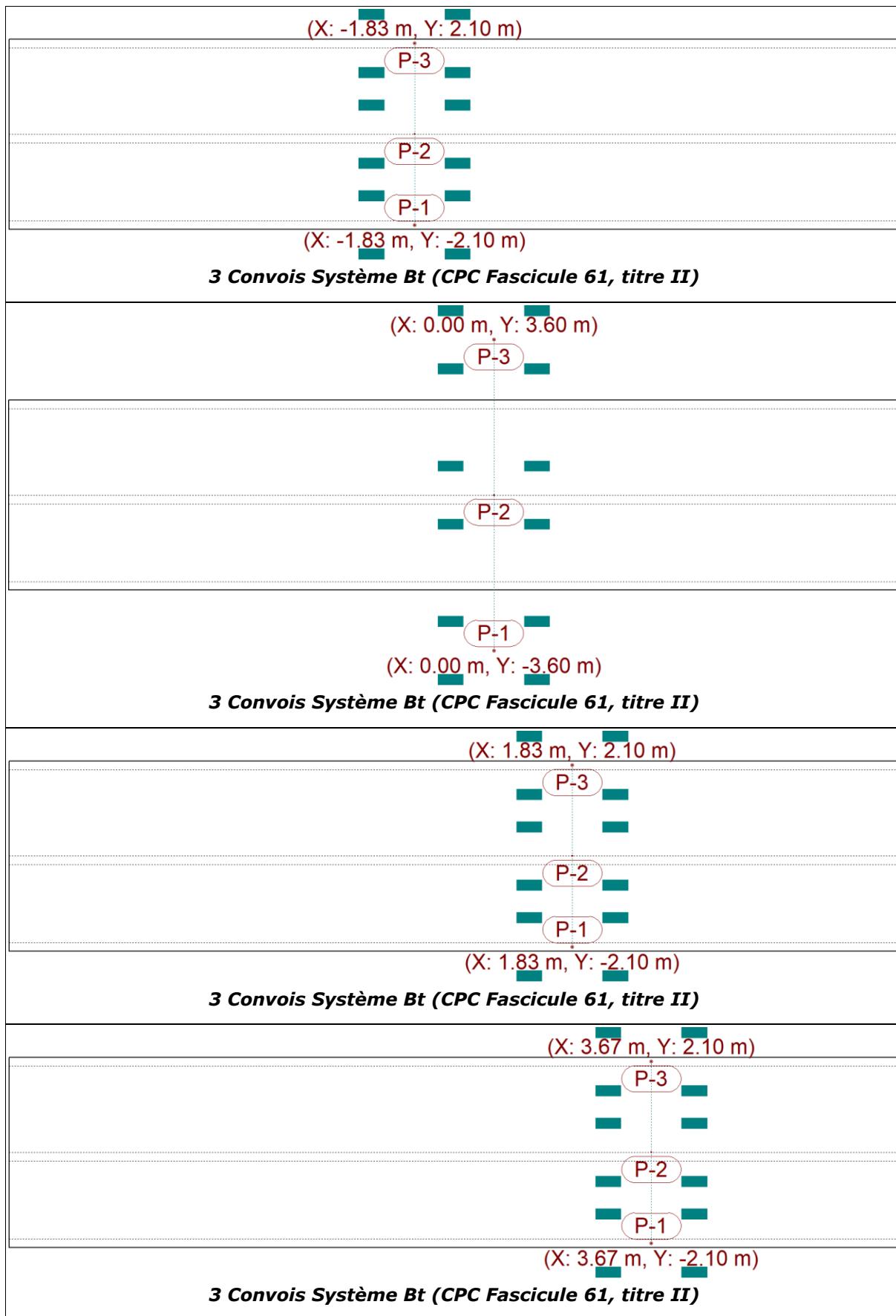
**3 Convois Système Bt (CPC Fascicule 61, titre II)**

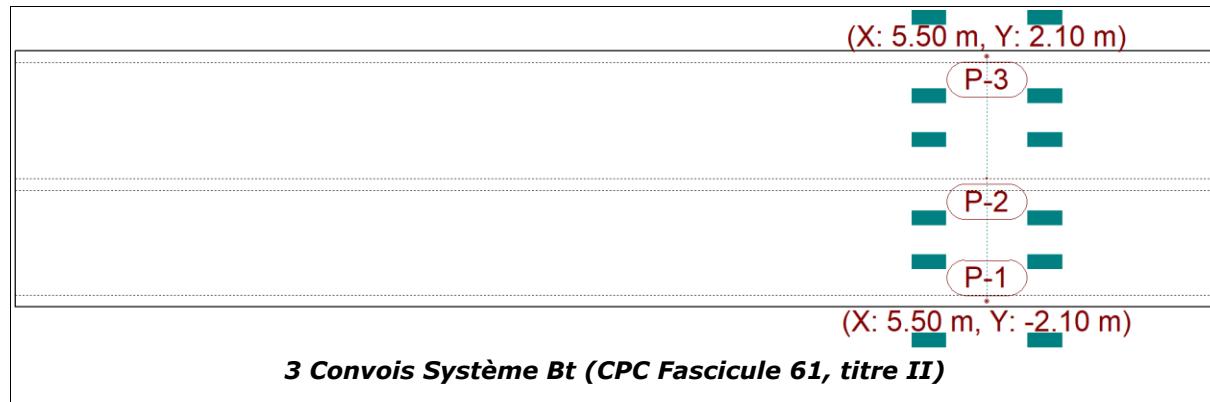
(X: -3.67 m, Y: 2.10 m)



(X: -3.67 m, Y: -2.10 m)

**3 Convois Système Bt (CPC Fascicule 61, titre II)**





## 5. MÉTHODE DE CALCUL

Le modèle de calcul utilisé consiste en éléments finis triangulaires du type lamelle épaisse tridimensionnelle, qui considère la déformation par l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de six nœuds, aux sommets et aux milieux des côtés, avec six degrés de liberté chacun. Le maillage du pont-cadre est réalisé en fonction de ses dimensions (épaisseur et portée). Sur chaque nœud, après une analyse élastique et linéaire, huit efforts sont obtenus, avec lesquels la section de béton et l'armature sont dimensionnées et vérifiées. A partir des déplacements sont vérifiés la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc.

## 6. VÉRIFICATION

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
Tablier:		
- Armature (Longitudinal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Transversal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.9 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 2411	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 2514	Vérifiée
- Transversal:	Calculé: 2207	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 39	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 27 cm Calculé: 27 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Radier:		
- Armature (Longitudinal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Transversal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.63 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 3766	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 3135	Vérifiée
- Transversal:	Calculé: 2975	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 39	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 27 cm Calculé: 27 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Piédroit gauche:		
- Armature (Vertical):		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.35 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1977	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 64256	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 5711	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 41	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 27 cm Calculé: 27 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 27 cm Calculé: 27 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 23 cm	
- Attente armature de base extérieure:	Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Piédroit droit:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.35 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 2019	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 5571	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 62675	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 41	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 27 cm Calculé: 27 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 27 cm Calculé: 27 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 23 cm	
- Attente armature de base extérieure:	Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Mur intermédiaire:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.26 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 6216	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 7630	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 85845	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 41	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 38 cm Calculé: 38 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 23 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature gauche - droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5.33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale gauche:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Terrain:		
- Soulèvement:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Contrainte admissible:	Maximum: 150 kN/m <sup>2</sup> Calculé: 57.4012 kN/m <sup>2</sup>	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		

## ANNEXE 15 : Passage supérieur

### **1. Choix de la variante**

- ☒ Les ponts en béton armé sont très compétitifs du fait de la disponibilité des matériaux sur place, la facilité de construction et la maîtrise de la technique par les entreprises locales. Ces conditions pourraient jouer favorablement sur le coût de l'ouvrage.
- ☒ Les ponts en béton précontraint, bien que permettent d'atteindre de longues portées, nécessitent un matériel spécifique et une technologie de construction qui n'est maîtrisée que par les entreprises spécialisées. Un recours à ces entreprises augmentera sans doute le coût de l'ouvrage or que le nombre

d'ouvrage à réaliser aux BURKINA ne justifie pas l'investissement sur une telle technologie.

- ☒ En ce qui concerne les ponts métalliques, l'acier a un coût extrêmement élevé dans les pays africains et nécessite un entretien très régulier, car étant en zone tropicale, le climat très humide accélère la corrosion.

Les avantages et les inconvénients de chaque solution sont consignés dans le tableau récapitulatif suivant :

Solutions	Béton armé	Béton précontraint	Métallique
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Disponibilité des matériaux</li> <li>-Technique maîtrisée localement</li> <li>-Facilité de construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Permet d'atteindre de très grandes portées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Permet d'atteindre des grandes portées</li> <li>-Exécution aisée</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<p>Ce type d'ouvrage n'est pas adapté pour de grandes portées.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-nécessite un matériel spécifique</li> <li>-Technologie non maîtrisée localement</li> <li>-Impact non significatif en termes de création d'emploi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Coût extrêmement élevé de l'acier</li> <li>-nécessite un entretien très régulier (risque très élevé de rouille car le climat tropical est très humide)</li> <li>-Risque de phénomène de fatigue.</li> </ul>

Au regard du tableau ci-dessus, la solution béton armé nous semble la mieux adaptée à notre projet. Il s'agira donc pour nous, dans ce qui suit, de mener une analyse comparative entre les deux variantes de pont en béton armé :

- ☒ Le PSI-BA (pont à poutres en béton armé) Le tablier est constitué d'une série de poutres en béton armé associées à une dalle de couverture, et généralement reliées entre elles par des entretoises d'appui et éventuellement des entretoises intermédiaires. Les travées peuvent être indépendantes ou continues. Les poutres sont de hauteurs constantes et peuvent comporter des talons. La dalle de couverture est d'épaisseur constante, sauf dans le cas des ponts à deux poutres, où cette épaisseur peut être variable afin de suivre le profil en travers de la chaussée.

❖ Le PSI-DA (passage supérieur ou inférieur en dalle armée, ou pont dalle en béton armé) Le tablier est constitué par une dalle armée d'épaisseur constante ou variable, avec ou sans encorbellements latéraux, à travées indépendantes ou continues, et présentant un biais.

Le tableau ci-dessous nous présente le domaine d'emploi, les avantages et les inconvénients de chacune de ces deux variantes.

Variante	Pont à poutre	Pont dalle
<b>Domaine d'emploi</b>	<p>Il permet également le franchissement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouvrage adapté au franchissement de brèches importantes, en longueur ou en hauteur, et aux sites difficiles d'accès</li> <li>-D'une rivière ou d'un canal, lorsque les gabarits de navigation n'imposent pas de ménager des ouvertures exceptionnelles ;</li> <li>-D'une succession d'obstacles de faibles portées, mais rapprochés (routes, voies ferrées) pour lesquels des ouvrages isolés ne seraient ni compétitifs, ni très satisfaisant du point de vue esthétique ;</li> <li>-Des zones de terrains dégagés pour lesquels des remblais ne sont pas réalisables ou se révèlent non économiques ;</li> <li>-Des voies de circulations très importantes pour lesquelles nous ne voulons ni interrompre, ni même ralentir notamment la circulation</li> <li>-Des brèches de grande hauteur ou d'accès difficile, pour laquelle l'emploi des cintres appuyés sur le sol est difficilement envisageable.</li> </ul>	<p>Franchissement des routes ou d'autoroutes lorsque la portée biaise la plus longue ne dépasse pas 15m sans encorbellement et peut atteindre 20m avec encorbellement, pour les ouvrages hydrauliques, certains ponts rails, tranchées ouvertes et passerelles pour piétons.</p>
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Principal avantage lié à son mode de construction qui permet d'éviter les recours aux cintres s'appuyant sur le sol</li> <li>-possibilité de recourir à la préfabrication des différents éléments, ce qui a une incidence positive sur le délai d'exécution de l'ouvrage</li> <li>-Possibilité de fonctionnement isostatique, ce qui rend la structure insensible aux déformations imposées (tassement différentiel).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Minceur et légèreté relatives</li> <li>-Construction rustique (absence de retombées)</li> <li>-Grande réserve de sécurité</li> <li>-Liberté dans la conception des formes</li> <li>-Economie de coffrages</li> <li>-Exécution aisée</li> <li>-Minimise la quantité du remblai d'accès</li> <li>-très grande inertie</li> </ul>

<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ce type de structure s'adapte très difficilement aux franchissements biais ou courbes</li> <li>-Pour profiter au mieux de la préfabrication des différents éléments, il est souhaitable de pouvoir implanter les appuis à intervalles réguliers pour réaliser des travées de longueur égales, ce qui peut constituer un handicap pour ce type d'ouvrage.</li> <li>-Réalisation très couteuse en main d'œuvre et matériels.</li> <li>-Mauvaise résistance des poutres contre les chocs des véhicules.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Risque de délamination (séparation en lamelle d'un matériau micro moléculaire) du béton : le béton se dégrade en feuillet sur quelques millimètres d'épaisseur essentiellement sur la face supérieure de la dalle.</li> </ul>
----------------------	---	---

**CHOIX** : En raison de son domaine d'emploi bien adapté à notre besoin (franchissement d'un giratoire) et de sa multitude d'avantages, nous choisissons la variante Pont dalle armée (PSI-DA).

## 2. Pré dimensionnement du tablier

### **☒ Forme du tablier :**

La forme transversale d'un tablier-dalle est fonction de la largeur de la voie portée et de ses dévers transversaux nécessités par l'écoulement des eaux et par la courbure en plan éventuelle. Le dévers transversal minimal est de 2,5% (en double pente) pour les ouvrages rectilignes et de 2,5% à 6% (en simple pente) suivant le rayon de courbure en plan dans le cas d'ouvrages courbes

De plus, ce tablier présentera des légers encorbellements dans le but d'alléger la section du béton tout en augmentant son rendement géométrique, mais aussi pour des raisons d'ordre esthétique.

### **☒ Largeur du tablier :**

La largeur totale du tablier est de 23 m. Cette valeur étant supérieure à 15 m, on réalise donc deux tabliers distincts. Les deux tabliers seront identiques de largeur ***lt = 11.5 m.*** Cette largeur comporte une chaussée à deux voies de 7m de largeur, une sur largeur de 3 m dégagé pour les motocyclistes empruntant le passage supérieur, un trottoir de 1.5 m.

Des séparateurs de type GBA sont prévu pour séparer les deux tabliers qui sont espacés de 5 cm.

Cette largeur de 11.5 m qui reste inférieure à la portée principale rend le tablier peu vulnérable aux effets des déformations imposées (tassement des cintres d'appui, gradient de température).

### **∅ Épaisseur de la Dalle :**

Pour le prédimensionnement de l'épaisseur de notre dalle, nous utiliserons la méthode calcul numérique (formule de l'élancement) :

Pour le calcul numérique, nous nous servons de l'élancement de la dalle, en utilisant la formule suivante :

$$ht = \frac{1}{22} l_{max}$$

Tableau 3 – Éléments de dimensionnement des ouvrages courants	
Passages supérieurs ou inférieurs	Élançement $h/L$
Poutres en béton armé	1/15 à 1/17
Poutres précontraintes par pré-tension	1/20
Dalle en béton armé	Travée indépendante : 1/22 Tablier à deux travées : 1/23 Tablier à trois travées et plus : 1/28
Dalle pleine en béton précontraint	Travée indépendante : 1/25 Tablier à deux travées : 1/28 Tablier à trois travées et plus : - 1/33 de la travée centrale, ou - 1/38 de la travée de rive.
Dalle élégie et dalle nervurée en béton précontraint	Travée indépendante : 1/22 Tablier à deux travées d'épaisseur constante : 1/25 Tablier à deux travées d'épaisseur variable : - 1/20 sur appui - 1/30 en travée Tablier à trois travées ou plus d'épaisseur constante : 1/30 Tablier à trois travées ou plus d'épaisseur variable : - 1/24 sur appui - 1/42 en travée
Passages inférieurs	Épaisseurs des éléments
Portiques	Lorsque l'ouverture passe de 8 m à 20 m - traverse : 0,35 à 0,66 m - piédroits : 0,35 à 0,66 m
Ponts-cadres	Lorsque l'ouverture passe de 5 m à 12 m : - traverse supérieure : 0,30 à 0,40 m - traverse inférieure : 0,30 à 0,45 m - piédroits : 0,30 à 0,36 m

Figure : éléments de dimensionnement des ouvrages courants

Dans notre cas,  $l_{max} = 18 \text{ m}$

$$\text{Nous avons alors, } h_t = \frac{1}{22} * 18$$

$$h_t = 0.81$$

Nous prenons donc comme épaisseur de la dalle de notre tablier  **$ht = 0.85 \text{ m}$**

## Dimensions des encorbellements latéraux

La forme générale de notre dalle est représentée sur la figure ci-dessous :

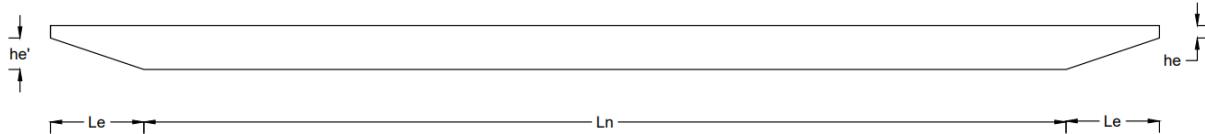


Figure : forme générale de la dalle :

Nous devons avoir :  $Ln \geq 0.5Lt$  et  $2Le \leq 0.2lc$

Où  $Lt$  est la largeur totale du tablier et  $lc$  est la portée de la travée principale.

Dans notre cas,  $Lt = 11.5\text{m}$  ;  $lc = 18\text{m}$

L'application numérique nous donne :  $Ln \geq 5.75 \text{ m}$  et  $2Le \leq 3.6 \text{ m}$

Nous avons alors :

$$Le = \underline{1.5 \text{ m}} \text{ et } Ln = \underline{8.5 \text{ m}}$$

Nous fixons :

$$he = \underline{0.25 \text{ m}}$$

$$\text{On aura alors } he' = 0.85 - 0.25 = \underline{0.6 \text{ m}}$$

### 3. Les piles ou appuis intermédiaires

#### ❖ Disposition pratique

##### ❖ **Longueur d'appuis**

Elle est mesurée parallèlement à la ligne d'appui, c'est-à-dire dans le sens transversal biais par rapport à l'ouvrage. Cette distance est limitée par les bords extrêmes de l'intrados de la dalle. Nous prenons  $L=8.5\text{m}$ .

##### ❖ **Points d'appuis**

Sur une ligne d'appuis intermédiaire, un espacement raisonnable des points d'appuis correspond à 1/6 environ de la portée biaise de la plus grande travée adjacente.

Il peut être diminué sans inconvénient si le pont est droit ou peu biais. Nous notons cet espacement  $e$  et Nous avons :

$$e = \frac{1}{6} \times 18 = 3$$

$e = 3 \text{ m}$ , d'où 2 points d'appuis dans le sens transversal.

## ❖ Choix et conception des piles

### ❖ Choix du type de pile

Une pile (appuis central et intermédiaire) est composée de :

- ✓ La fondation qui est la partie de l'appui qui permet la transmission des efforts des piles vers le sol de fondation. En fonction des données géotechniques, elles peuvent être constituées d'une semelle (isolée ou filante), reposer directement sur le sol de fondation, ou sur pieux dans le cas des fondations profondes.
- ✓ La superstructure qui, en fonction des données géotechniques et fonctionnelles (données relatives à la voie portée, à l'obstacle à franchir) peut être constituée de voiles (longues ou courtes), par une file de colonne, ou d'un assemblage de voile et de colonnes. Les différents types d'appuis ainsi que leurs descriptions sont renseignés dans le tableau ci-dessous.

Type	Description
Voile	Ce type d'appui se compose d'un ou de plusieurs voiles permettant la transmission des charges issues du tablier aux fondations. Ils sont mécaniquement intéressants du fait qu'ils assurent une rigidité transversale importante. Ils sont principalement utilisés dans le cas des ouvrages franchissant une voie de circulation et assurent également la sécurité de l'ouvrage en résistant aux chocs des véhicules (les chocs de véhicules peuvent causer des dégâts importants si la rigidité de l'appui est insuffisante).
Colonne ou poteau	Dans ce cas, la transmission des efforts est assurée par des colonnes verticales, généralement reliées entre elles par un chevêtre qui permet d'assurer une

	rigidité suffisante dans le sens transversal, et également la mise en place des vérins (pour le changement des appareils d'appuis). Ce type d'appui est principalement utilisé en zone marine, car les files de colonnes circulaires limitent les perturbations d'écoulement grâce à leur forme aérodynamique.
--	--

Nous pouvons conclure que les appuis constitués de **voiles** s'adaptent mieux à notre projet, qui a comme obstacle à franchir un giratoire routier.

### ❖ Caractéristiques géométriques des piles

#### ➤ Nombre et répartition des éléments

Le nombre et la répartition des éléments d'appui est fonction du nombre de points d'appui. Dans le cas de notre projet, nous avons 2 points d'appui dans le sens transversal par ligne d'appui. Nous adoptons alors 2 voiles par ligne d'appuis intermédiaire. Les voiles sont disposés selon les normes du SETRA (PP73).

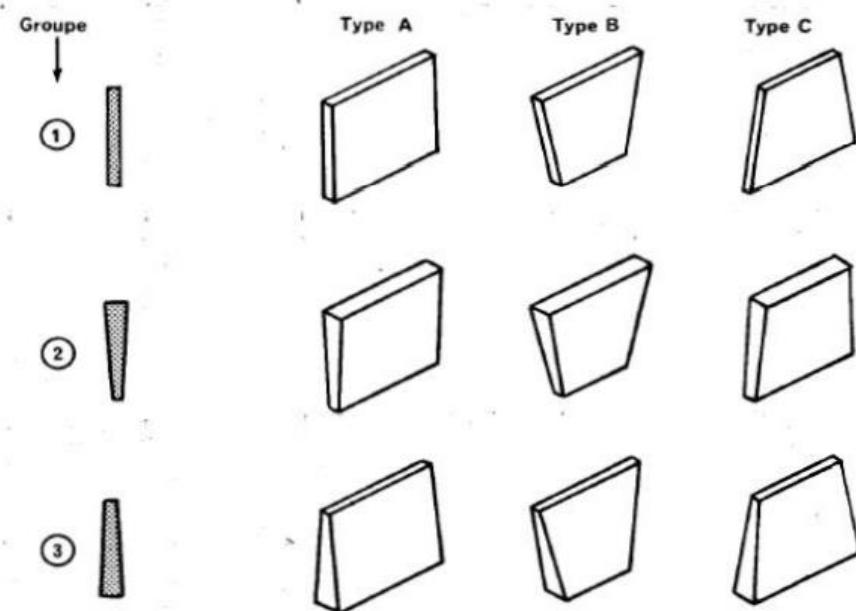
#### ➤ Forme

Les formes sont classées en groupes et en types :

- ❖ Suivant le sens longitudinal par rapport à l'ouvrage, nous pouvons distinguer trois groupes, selon l'inclinaison des faces latérales ou la variation de la section horizontale :

- Parements (groupe 1) : verticaux : épaisseur constante
- Fruit négatif (groupe 2) : épaisseur croissante de la base au sommet
- Fruit positif (groupe 3) : épaisseur décroissante de la base vers le sommet

- ❖ Suivant le sens transversal (parallèlement à la ligne d'appui), nous pouvons distinguer trois types de base, caractérisés par des sections horizontales rectangulaires. Ces trois types sont représentés sur la figure suivante :



Pour notre ouvrage, nous choisissons le groupe 1 et le type A, choix qui se justifie principalement par sa facilité de mise en œuvre.

#### ❖ Tirant d'air

Le tirant d'air de notre projet est de 5 m.

#### ❖ Epaisseur des appuis

Elle est mesurée perpendiculairement à la ligne d'appui. Le choix de cette dimension est à faire sur la base d'un certain nombre de critères, tant géométriques que mécanique, économique et esthétique. Dans le sens longitudinal, l'épaisseur des voiles sera normalement de 0.5m à 0.8m afin de respecter les proportions entre divers paramètres : hauteur du tirant d'air, épaisseur du tablier, largeur des fûts, ou tout au moins largeur de leur partie supérieure. Cette recommandation se traduit par les inéquations suivantes :

$$0.85h \leq E \leq 1.15h \text{ Et } 0.5 \leq E \leq 0.8$$

Où h représente la hauteur du tirant d'air et E l'épaisseur du voile. Dans notre cas, pour un tirant d'air  $h = 5 \text{ m}$ , nous avons :  $0.425m \leq E \leq 0.575m$ .

Nous prenons alors  **$E = 0.50m$**

#### ❖ Semelle de liaison

Nos appuis intermédiaires étant constitué de voiles de forme rectangulaire, elle est encastrée dans la semelle de liaison. Les conditions déterminantes seront des conditions d'exécution (travail en dehors de la nappe, limitation des terrassements en fonction du profil en remblai ou en déblai) et des conditions structurelles

(résistance aux affouillements, chocs éventuels) ou accessoirement esthétiques. La cote de la semelle de liaison sera le plus souvent choisie en fonction du niveau du terrain naturel.

#### ❖ **Hauteur des voiles**

Hauteur voile = hauteur libre + enfoncement (0.3m)

**Hauteur voile = 5.05 m**

### **4. Pré dimensionnement des culées**

#### **❖ Choix du type de culée**

Une culée se compose principalement de :

- Une fondation qui peut être superficielle ou profonde,
- Une partie intermédiaire composée d'éléments verticaux transmettant les efforts vers la fondation,
- Une partie supérieure sur laquelle repose le tablier. Les différents types de piles-culées ainsi que leurs descriptions sont renseignés dans le tableau suivant :

Type	Description
Culées enterrées	Ce sont celles dont la structure porteuse est noyée dans le remblai d'accès à l'ouvrage. Elles assurent essentiellement une fonction porteuse car elles sont relativement peu sollicitées par des poussées de terres, hors mis ceux s'exerçant sur le mur garde grève. Ce type de culée s'adapte facilement pour tout type de fondation et à n'importe quelle hauteur de remblais qui sont généralement talutés à 3H/2V. Si le sol présente une bonne capacité portante, la culée peut être fondée superficiellement ou par l'intermédiaire d'un massif de gros béton. Par contre, lorsque le sol en place ne présente pas une bonne capacité portante sur une profondeur telle qu'il n'est pas

	économique d'effectuer une purge, la culée est alors fondée sur des pieux.
Culées remblayées	Ce type de culée est constitué d'un ensemble de murs ou voiles en béton armé. Sur l'un d'entre eux appelé mur de front, repose le tablier de l'ouvrage. Les autres sont des éléments latéraux appelés murs en ailes ou murs en retour selon qu'ils sont parallèle ou pas à l'axe longitudinale de l'ouvrage. Ce type de culée se conçoit essentiellement avec des fondations superficielles, ce qui impose un sol de bonne capacité portante.
Culées creuses	Ce type de culée comporte un mur de front, des murs en retour et plafond supérieurs, formant ainsi une boîte renversée dans laquelle le remblai est taluté de manière à ne pas exercer de poussée sur le mur de front. Il s'agit d'une construction complexe que l'on conçoit uniquement dans des cas exceptionnels

De ce qui précède, nous choisissons d'adopter les culées remblayées qui assurent à la fois une fonction porteuse et une fonction de soutènement du remblai.

## ❖ Caractéristiques géométriques de la culée

Ce type de culée est principalement constitué de :

- Mur garde-grève
- Corbeau d'appui
- Mur en retour
- Mur de front
- Dalle de transition

### ➤ **Mur garde-grève**

Il a pour fonction de séparer physiquement le remblai de l'ouvrage. Il s'agit d'un voile en béton armé construit après achèvement du tablier par reprise de bétonnage sur le sommier. Cet élément doit résister aux efforts des poussées des terres, aux efforts de freinage dû aux charges d'exploitation et aux efforts transmis par la dalle de transition.

- Sa hauteur est variable, égale à la hauteur du tablier ajouté de la hauteur libre entre l'arase supérieur du sommier et la face inférieure du tablier. Pour le cas de notre projet nous avons une hauteur  **$h= 1 \text{ m}$**

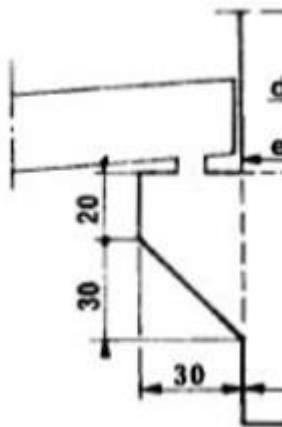
- Son épaisseur est fonction des efforts qu'il doit supporter. A titre de prédimensionnement, si  $h$  désigne sa hauteur, son épaisseur  $e$  (en m) peut être prise égale à :
  - $h < 1\text{m} \rightarrow e = 20\text{ cm}$
  - $1 < h < 2\text{ m} \rightarrow e = 30\text{ cm}$

Pour le cas de notre projet nous avons une hauteur  $h = 1\text{ m} \rightarrow e = 30\text{ cm}$

<b>Mur garde grève</b>	Hauteur = 1 m	Epaisseur= 30 cm
------------------------	---------------	------------------

### ➤ Corbeau d'appui

A l'arrière du mur garde-grève, on trouve le corbeau d'appui de la dalle de transition. Il est conçu pour jouer le rôle d'appui linéaire pour la dalle de transition. Ses dimensions sont celles qui figurent sur la figure ci-dessous :



### ➤ Mur en retour

Ce sont des voiles en béton armé, liés au mur garde-grève, conçus pour retenir latéralement les terres en tête de culées enterrées. Leur dimensionnement est fonction des efforts contre lesquels ils doivent résister, et la formule suivante lie la longueur à l'épaisseur :

$$E = \frac{L+2}{20} \text{ avec } 2m \leq L \leq 6m \text{ et } E \geq 20\text{cm}$$

En prenant  $L = 4\text{m}$ , nous avons  $E = 30\text{cm}$ .

<b>Mur en retour</b>	Longueur = 4m	Epaisseur= 0.30m
----------------------	---------------	------------------

➤ **Le mur de front**

Le PP73 impose une épaisseur qui varie de 0,80 à 1,20 m selon la hauteur. Nous choisissons comme élément de base, une épaisseur ***e = 90 cm***, étant donné que le mur de front doit résister à d'éventuels chocs de véhicules. Cette épaisseur reste constante. Sa hauteur *h* sera de 5,18 m.

➤ **Dalle de transition**

Afin d'éviter la création d'escaliers entre le niveau du remblai d'accès et le tablier qui peuvent être non seulement dangereux pour l'ouvrage car ils augmentent l'effet dynamique, mais aussi pour l'usager (SETRA, 1984), nous décidons de mettre en place une dalle de transition de dimension de 30 cm d'épaisseur.

Longueur  $L=inf [6m ; sup (3m ; 0,60H)]$  avec  $H$  la hauteur du remblai

$L= inf [6m ; sup (3m ; 3,6)]$   $L=3,6m$

•  $e = \max (0,3; h/8) = \max (0,3; 1/8)$   $e=0,30$ .

Dalle de transition  **$L=3.6m$**   **$e =0.30m$**

**5. Les Fondations**

❖ **Choix du type de pieux**

Les pieux proposent des diamètres importants (jusqu'à 2,50 m, voire plus), une possibilité d'exécuter des éléments de formes diverses résistant à la flexion, un contrôle qualitatif des terrains traversés et une adaptation facile de la longueur.

Il s'agit maintenant de déterminer le type de pieu que nous allons utiliser. Ils existent plusieurs types de pieux. Traditionnellement, on les classe :

- Soit suivant la nature du matériau constitutif : bois, métal, béton ;
- Soit suivant le mode d'introduction dans le sol : pieux battus, façonnés à l'avance et mis en place, le plus souvent, par battage, pieux forés, exécutés en place par bétonnage dans un forage, à l'abri ou non d'un tube métallique.

Pour l'évaluation de la force portante, notamment, il est plus important de considérer le type de sollicitation imposée au sol par la mise en place du pieu. C'est ainsi que l'on distingue :

- Les pieux dont la mise en place provoque un refoulement du sol ;
- Les pieux dont l'exécution se fait après extraction du sol du forage et qui, de ce fait, ne provoquent pas de refoulement du sol

Les pieux battus auront en outre pour conséquence une fragilisation des fondations des bâtiments voisins lors du battage. La technicité est aussi à prendre en compte et elle suggère que la technique des pieux forés est la mieux maîtrisée.

En conclusion on décide de fonder notre ouvrage sur des pieux forés simple.

Il s'agit maintenant de déterminer le diamètre  $\emptyset$  du pieu et sa longueur L.

(En l'absence d'études géotechniques nous ne pourrons pas déterminer la longueur L des pieux pour le moment)

### Choix du diamètre des pieux

La détermination du diamètre est faite à travers la relation de Calgaro :

$0,6m \leq \emptyset \leq 2,5m$ . Avec  $\emptyset$  diamètre du pieu

Nous prenons  $\emptyset = 0,80 \text{ m}$

### Choix de l'entraxe des pieux

Un espacement entre pieux trop grand a une forte incidence sur le volume de la semelle. En revanche, un espacement trop faible présente des inconvénients majeurs tant à l'exécution (dégradations de pieux voisins, incidents résultants d'erreur ou d'imprécisions d'implantation) que sur le plan du fonctionnement mécanique. Les dispositions constructives nous fournissent une valeur d'entraxe de  $3\emptyset$ .

Entraxe =  $3 \times 0,8 = 2,4 \text{ m}$ .

Nous prenons Entraxe = 2.5 m

### Nombre de fils de pieux

Le nombre de files de pieux est essentiellement lié au choix du schéma mécanique de résistance.

Nous aurons six (06) pieux disposés en deux (02) files au niveau de chaque Culée et une file de 3 pieux centrés au niveau des piles voiles.

### Semelles de liaison

#### Sous voile

#### Longueur

La longueur de la semelle est donnée par la formule suivante D'après le Dossier PP73,1977) :

$$LS = (3n - 1) \times \emptyset_{\text{pieu}}$$

Avec

LS : la longueur de la semelle

n : le nombre de pieux dans une file

$\varnothing$  pieu : le diamètre du pieu

$$LS = (3*3 - 1) \times 0.8$$

$$LS = 6.4$$

**Nous prenons LS= 8.5 m**

✓ Largeur B

$$B = (3N - 1) \times \varnothing pieu$$

Avec

B : la largeur de la semelle

N : le nombre de files de pieux

pieu : le diamètre du pieux

$$B = (3 \times 1 - 1) \times 0,8$$

$$B = 1.6 \text{ m}$$

**Nous prenons B = 2 m**

✓ Epaisseur

$$h = 1,2 \times \varnothing pieu$$

$$\varnothing pieu = 0,8 \text{ m}$$

$$h = 1,2 \times 0,8$$

$$h = 0,96 \text{ m}$$

**Nous prenons h = 1.2 m**

□ Sous culée

✓ Longueur

$$LS = (3n - 1) \times \emptyset pieu$$

Avec

LS : la longueur de la semelle

n : le nombre de pieux dans une file

$\emptyset pieu$  : le diamètre du pieu

$$LS = (3*3 - 1) \times 0.8$$

$$LS = 6.4$$

**Nous prenons Ls= 8.5 m**

✓ Largeur B

$$B = (3N - 1) \times \emptyset pieu$$

Avec

B : la largeur de la semelle

N : le nombre de files de pieux

$\emptyset pieu$  : le diamètre du pieux

$$B = (3 \times 2 - 1) \times 0,8$$

$$B = 4 \text{ m}$$

✓ Epaisseur

$$h = 1,2 \times \emptyset pieu$$

$$\emptyset pieu = 0,8 \text{ m}$$

$$h = 1,2 \times 0,8$$

$$h = 0,96 \text{ m}$$

**Nous prenons h = 1.2 m**

✓ Le débord de la semelle dS

$$dS = 1,2 \times \emptyset pieu$$

$$dS = 1,2 \times 0,8$$

**$dS = 0,4 \text{ m}$**

**ANNEXE 16 : Devis**

N° Prix	DESCRIPTION DES OUVRAGES	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (FCFA)	PRIX TOTAL HT (FCFA)
<b>100</b>	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER				
101	Installation du chantier	ff	1	-	-
102	repli de chantier	ff	1	-	-
<b>Total 100 : INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER</b>					<b>140 154 849</b>
<b>200</b>	DEGAGEMENT DES EMPRISES				
201	Nettoyage et debroussallage du terrain	m <sup>2</sup>	162 000	140	22 680 000
202	Abattage d'arbres de diamètre	u	59	30 000	1 770 000
203	Démolition d'ouvrages de franchissement existants	ml	5,5	37 500	206 250
<b>Total 200 : DEGAGEMENT DES EMPRISES</b>					<b>24 656 250</b>
<b>300</b>	TERRASSEMENTS GENERAUX				
301	Déblais mis en dépôt	m <sup>3</sup>	15 183	4 400	66 805 200
302	Remblais provenant d'emprunt	m <sup>3</sup>	48 153	4 200	202 242 600
<b>Total 300 : TERRASSEMENT GENERAUX</b>					<b>269 047 800</b>

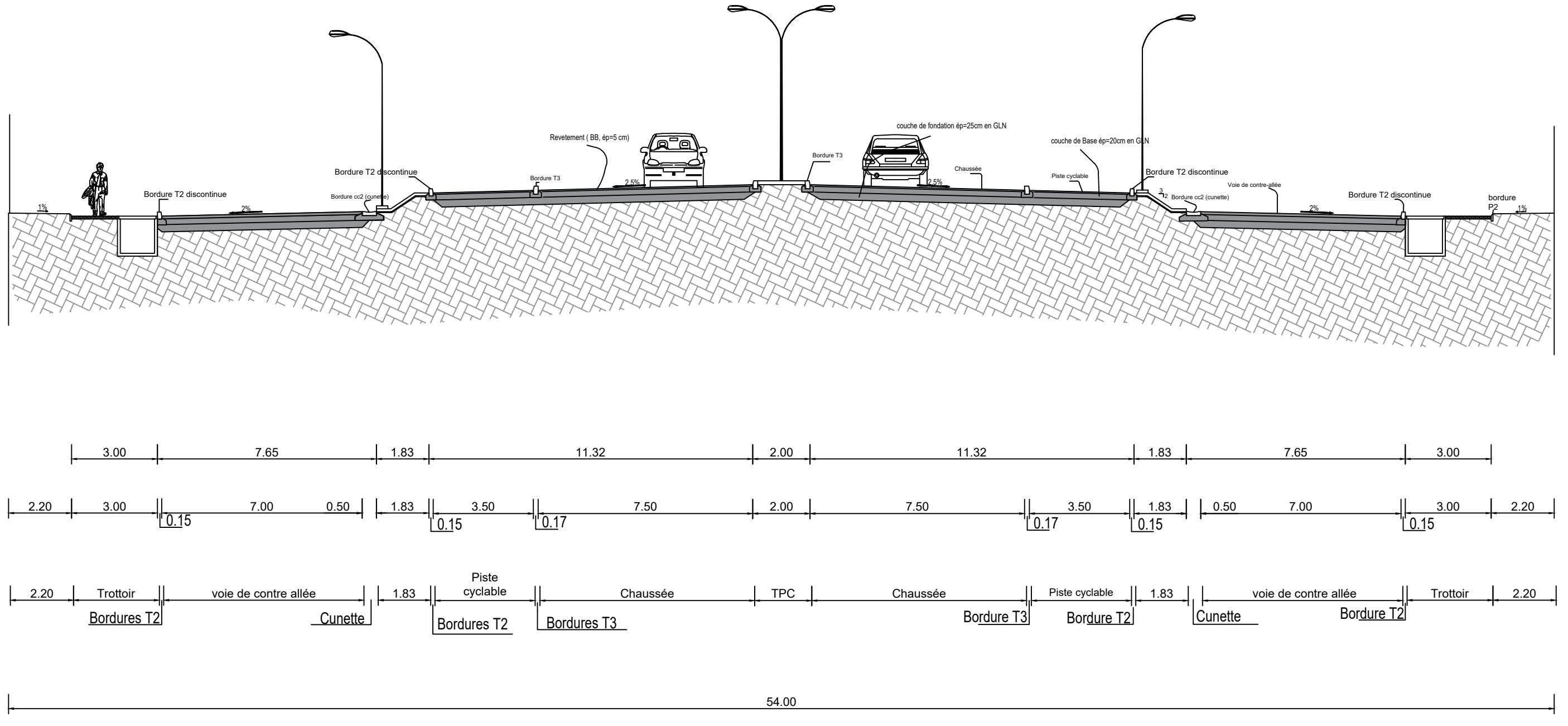
<b>400</b>	<b>CHAUSSEE, ACCOTEMENTS ET GIRATOIRE</b>	m3				
401	Couche de fondation en graveleux latéritiques N	m3	37 500	8 400	315 000 000	
402	Couche de base en graveleux latéritiques naturel	m3	30 000	5 600	168 000 000	
403	Imprégnation au bitume fluidifié	m <sup>2</sup>	162 000	2 600	421 200 000	
404	Béton bitumineux	m3	7 500	204 000	1 530 000 000	
405	Revêtement en pavés pour trottoirs et giratoire	m <sup>2</sup>	13 300	19 000	252 700 000	
406	Revêtement en pavés pour TPC	m <sup>2</sup>	6 000	19 000	114 000 000	
407	Bordures T3	ml	11 000	20 000	220 000 000	
408	Bordure T2	ml	10 000	20 000	200 000 000	
<b>Total 400 : CHAUSSEE ACCOTEMENTS ET GIRATOIRE</b>						<b>3 220 900 000</b>
<b>500</b>	<b>OUVRAGES DE DRAINAGE</b>					
	Caniveau					
	80x80	ml	873	107 000	93 411 000	
	100x100	ml	250	123 000	30 750 000	
	100x80	ml	1292	110 000	142 120 000	
	150x100	ml	585	150 000	87 750 000	
<b>502</b>	Dallette					
	80x80	ml	240	38 000	9 120 000	
	100x100	ml	265	41 700	11 050 500	
	100x80	ml	890	31 700	28 213 000	
	150x100	ml	279	43 000	11 997 000	
<b>503</b>	Dalots					

	Béton 350kg/m3	m3	282,6	200 000	56 520 000
	Armatures	kg	23 085,63	1 200	27 702 756
<b>Total 500 : OUVRAGES D'ART ET DRAINAGE</b>					<b>498 634 256</b>
<b>600</b>	SIGNALISATION-SECURITE-ECLAIRAGE				
<b>601</b>	Ligne d'axe discontinue	ml	930	8 000	7 440 000
<b>602</b>	Ligne de rive	m	6200	8 000	49 600 000
<b>603</b>	Panneaux de signalisations				-
	Panneaux de signalisations type A	u	8	150 000	1200000
	Panneaux de signalisations type B	u	5	150 000	750000
	Panneaux de signalisations type AB	u	12	150 000	1800000
	Panneaux de signalisations type C	u	16	150 000	2400000
<b>604</b>	Eclairage				
	Candelabre + Luminaire LED photovoltaïque	u	458	518 700	237 564 600
<b>Total 600 : SIGNALISATION-SECURITE-ECLAIRAGE</b>					<b>300 754 600</b>
<b>700</b>	MESURE SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALES				<b>96 239 664</b>
<b>Total 700 : MESURE SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALES</b>					<b>96 239 664</b>
<b>MONTANT Total HT</b>					<b>4 550 387 419</b>
<b>TVA 18%</b>					
<b>MONTANT TOTAL TTC</b>					<b>5 369 460 000</b>

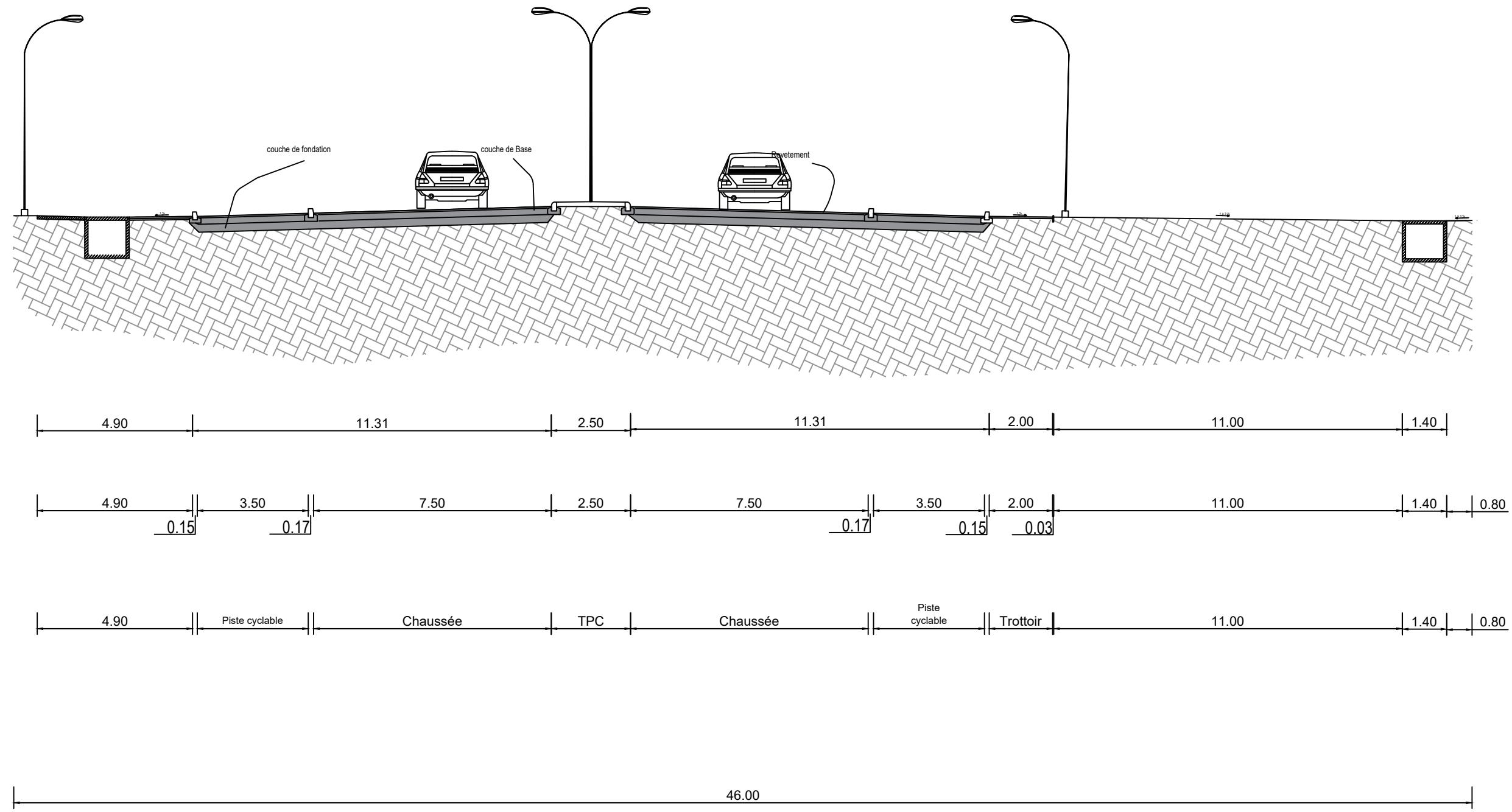
**ANNEXE 17 : Dossier des plans**

# PROFIL EN TRAVERS

PROFIL EN TRAVERS TYPE Nouvelle voie ( Voie de Bouclage )

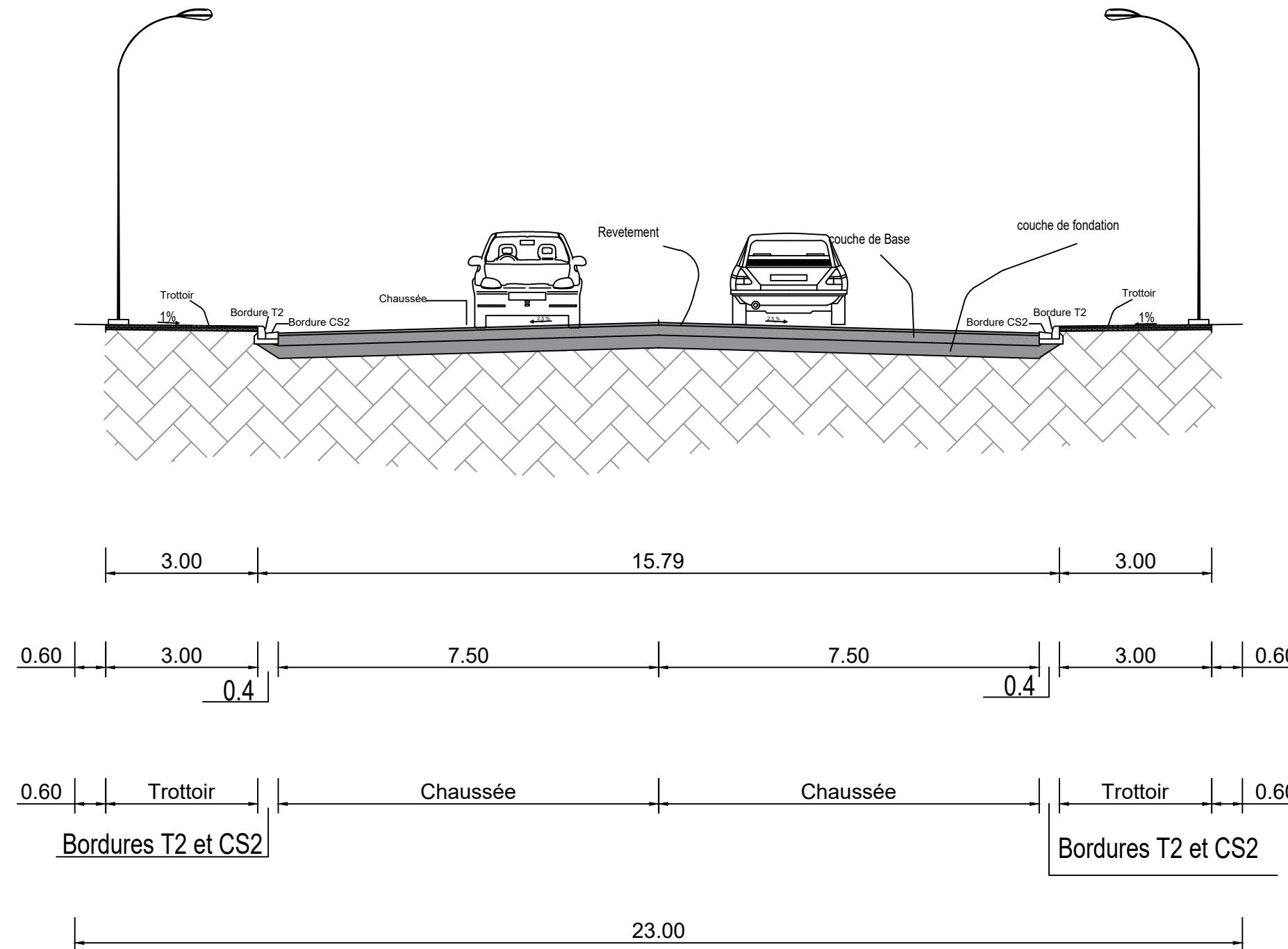


PROFIL EN TRAVERS TYPE DE LA VOIE ALLANT  
DE KOSSODO VERS LE ROND POINT

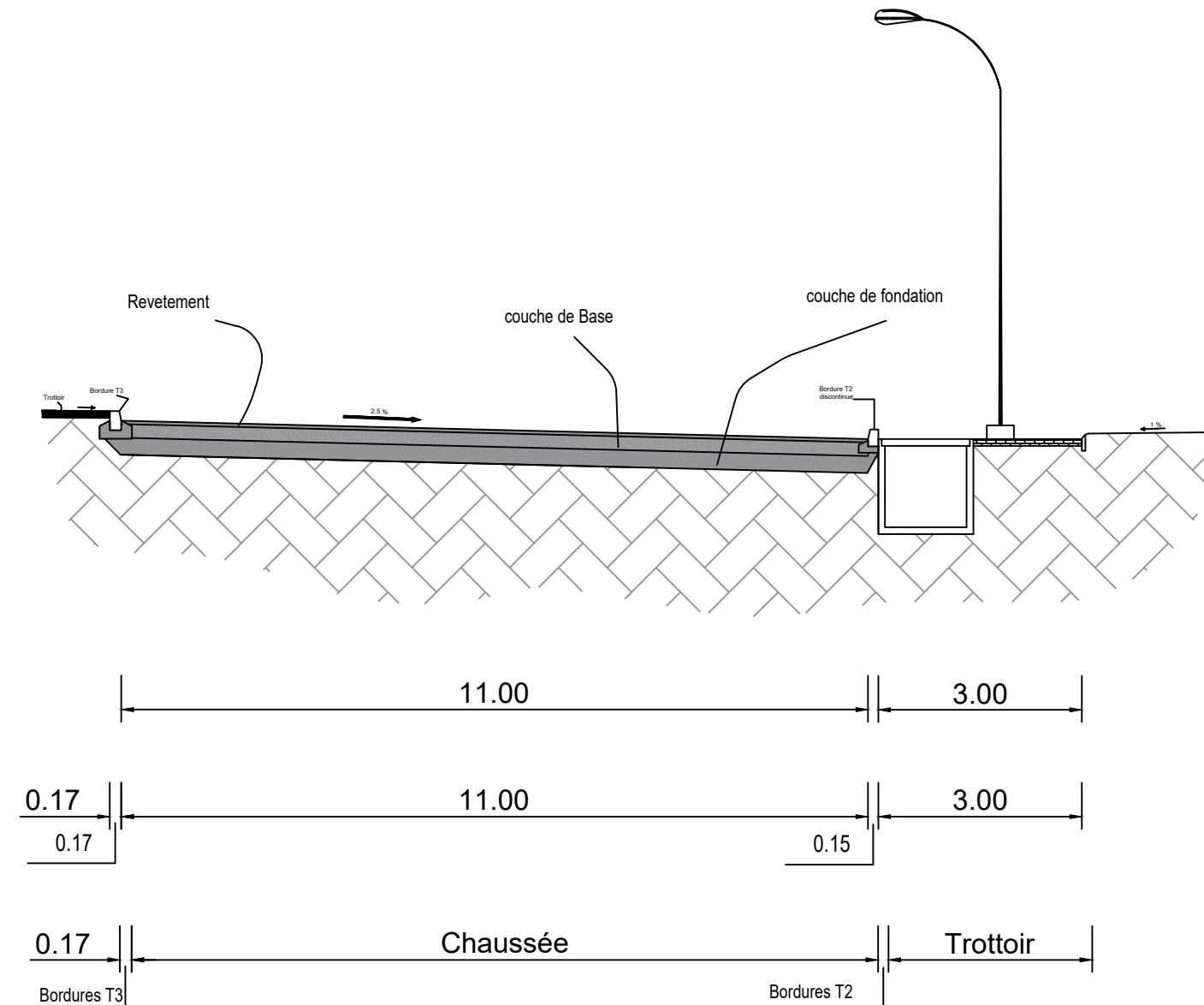


<b>2iE</b> Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	<b>AGEIM</b> Ingénieurs Conseils	AGence d'Etude et de Maitrise d'oeuvre-Ingénieur conseils Tél : 00226 25 36 91 98	ETUDE TECNHNIQUES DETAILLEES, D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BOUCLAGE DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE OUAGADOUGOU	PLAN TYPE :  PROFIL EN TRAVERS	Dessiné par : OUEDRAOGO W. Mathilda Grace Format : A3 Date : Echelle : Diverses Unités :
---	-------------------------------------	--	---	--------------------------------------	---

PROFIL DEN TRAVERS TYPE 2 VOIE ALLANT DE SOMGANDÉ VERS LE ROND  
POINT DE KOSSODO

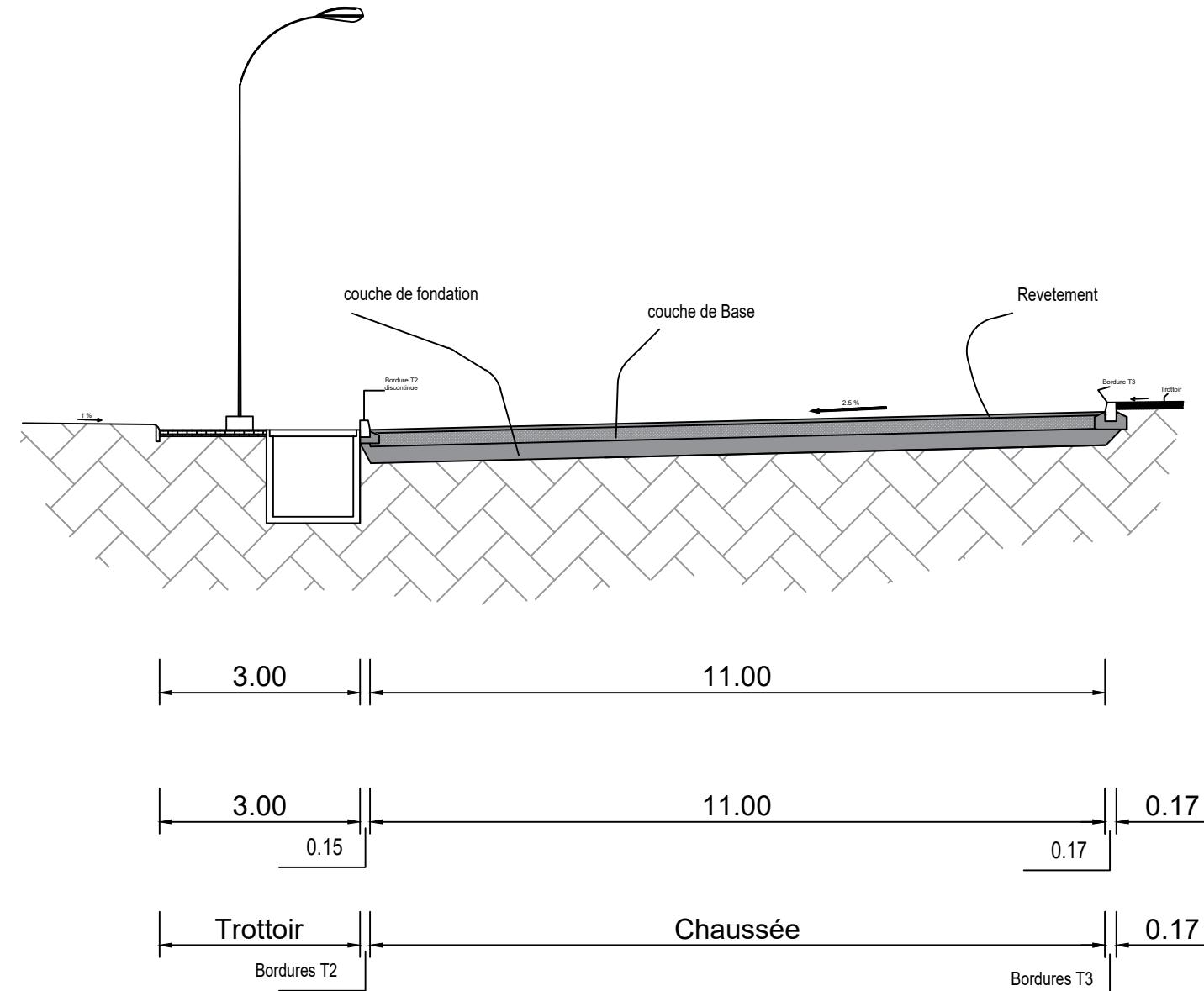


PROFIL EN TRAVERS TYPE DE LA voie de tourne à droite  
Est–Ouest



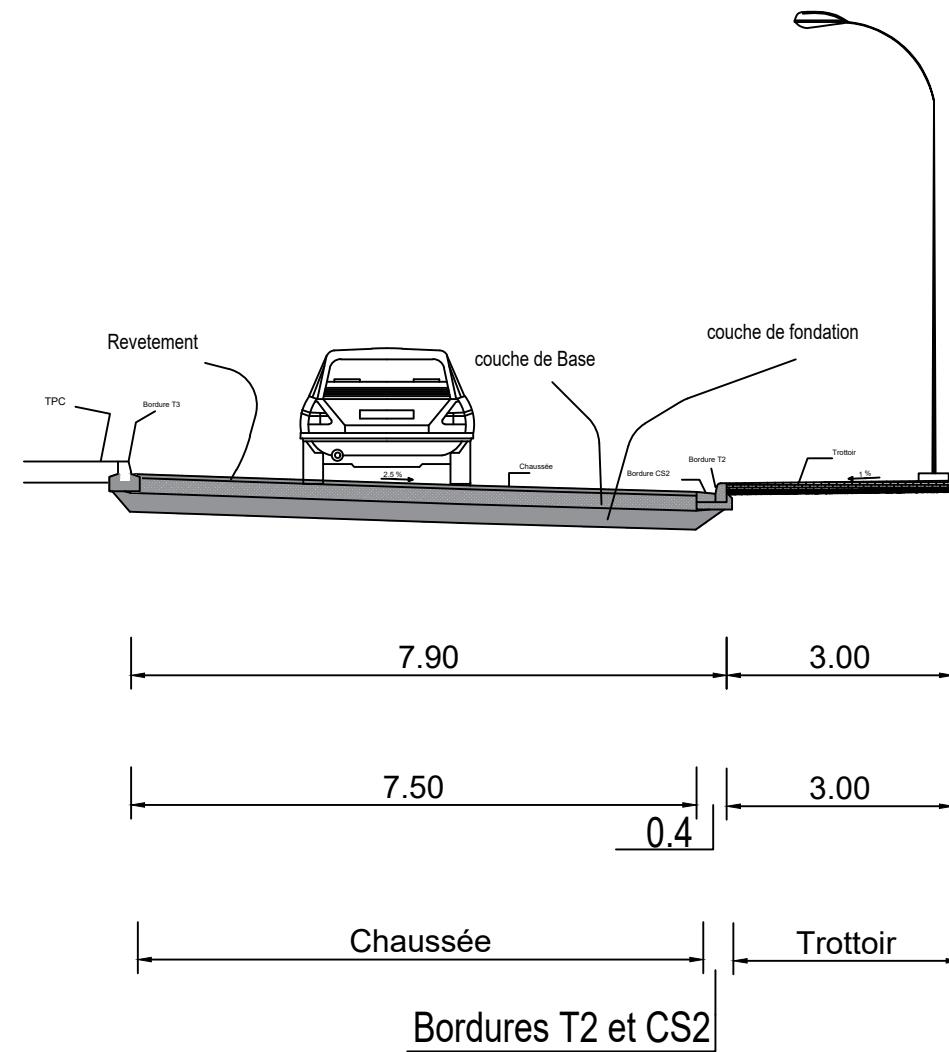
 <p>Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement</p>	 <p>AGENCE D'ETUDE ET DE MAITRISE D'OEUVRE-INGÉNIUR CONSEILS</p> <p>Tél : 00226 25 36 91 98</p>	<p>ETUDE TECHNIQUES DETAILLÉES, D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ÉCONOMIQUES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BOUCLAGE DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE OUAGADOUGOU</p>	<p>PLAN TYPE :</p> <p>PROFIL EN TRAVERS</p>	<p>Dessiné par : OUEDRAOGO W. Mathilda Grace</p> <p>Format : A3</p> <p>Date :</p> <p>Echelle : Diverses</p> <p>Unités :</p>
--	---	--	---	---

PROFIL EN TRAVERS TYPE DE LA voie de tourne à gauche  
Est-Ouest



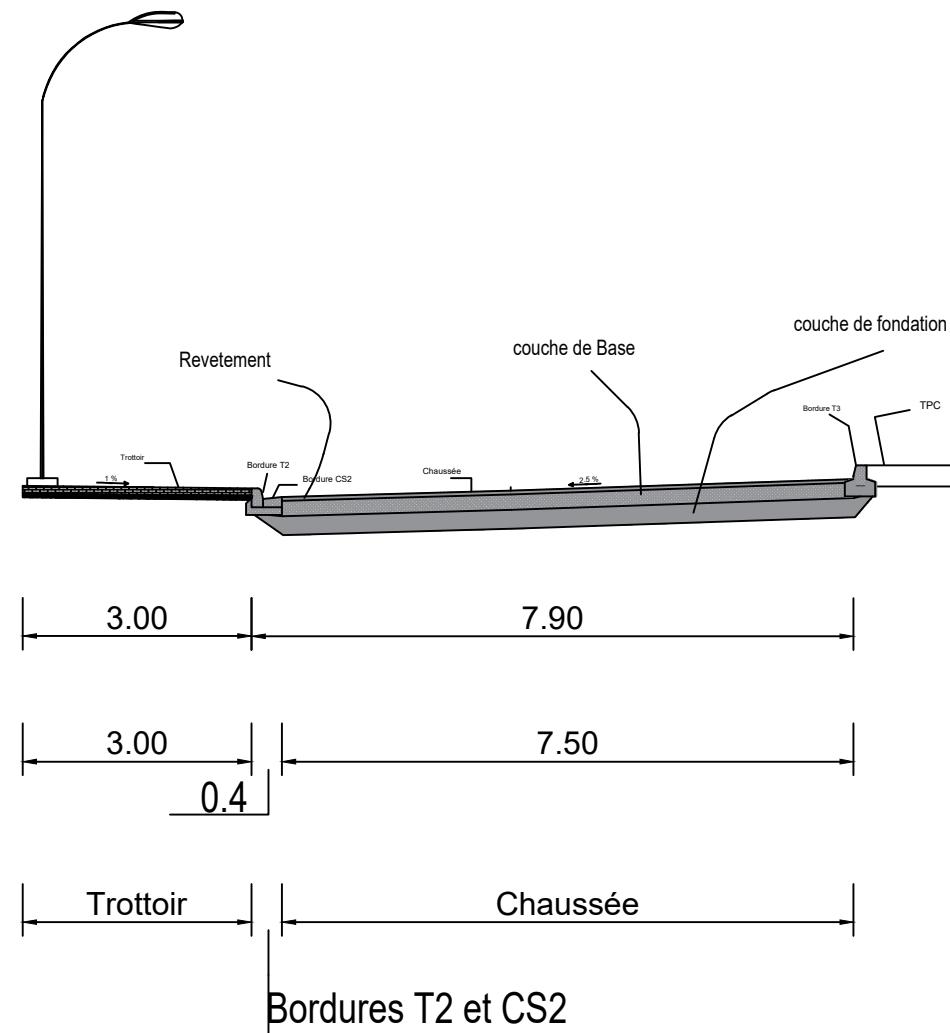
<b>2iE</b> Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	<b>AGEIM</b> Ingénieurs Conseils	AGence d'Etude et de Maitrise d'oeuvre-Ingénieur conseils Tél : 00226 25 36 91 98	ETUDE TECHNIQUES DETAILLÉES, D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ÉCONOMIQUES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BOUCLAGE DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE OUAGADOUGOU	PLAN TYPE :  PROFIL EN TRAVERS	Dessiné par : OUEDRAOGO W. Mathilda Grace Format : A3 Date : Echelle : Diverses Unités :
---	-------------------------------------	--	--	--------------------------------------	--

PROFIL EN TRAVERS TYPE DE LA voie de tourne à droite  
Sud–Nord



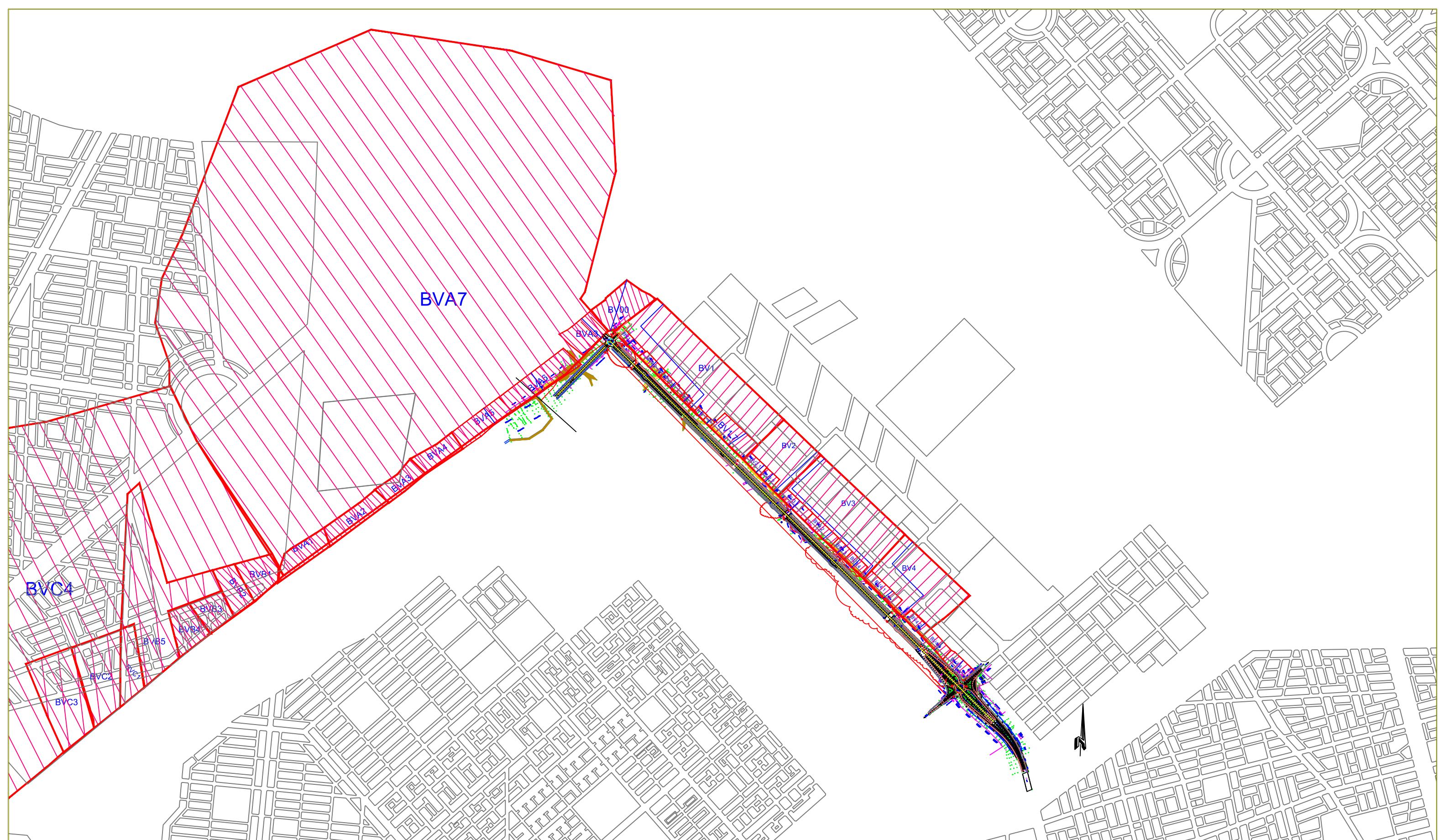
<b>2iE</b>	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	<b>AGEIM</b> Ingénieurs Conseils Tél : 00226 25 36 91 98	ETUDE TECNHNIQUES DETAILLEES, D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BOUCLAGE DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE OUAGADOUGOU	PLAN TYPE :  PROFIL EN TRAVERS	Dessiné par : OUEDRAOGO W. Mathilda Grace Format : A3 Date : Echelle : Diverses Unités :
------------	---	--	---	--------------------------------------	--

## PROFIL EN TRAVERS TYPE DE LA VOIE DE TOURNE A GAUCHE Sud-Nord



<b>2iE</b>	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	<b>AGEIM</b> Ingénieurs Conseils	AGence d'Etude et de Maîtrise d'oeuvre-Ingénieur conseils Tél : 00226 25 36 91 98	ETUDE TECNHNIQUES DETAILLEES, D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BOUCLAGE DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE OUAGADOUGOU	PLAN TYPE :  PROFIL EN TRAVERS	Dessiné par : OUEDRAOGO W. Mathilda Grace Format : A3 Date : Echelle : Diverses Unités :
------------	--	-------------------------------------	--	--	--------------------------------------	--

# BASSINS VERSANTS



Institut International  
d'Ingénierie de l'Eau  
et de  
l'Environnement



AGence d'Etude et de  
Maitrise d'oeuvre-Ingénieur  
conseils

Tél : 00226 25 36 91 98

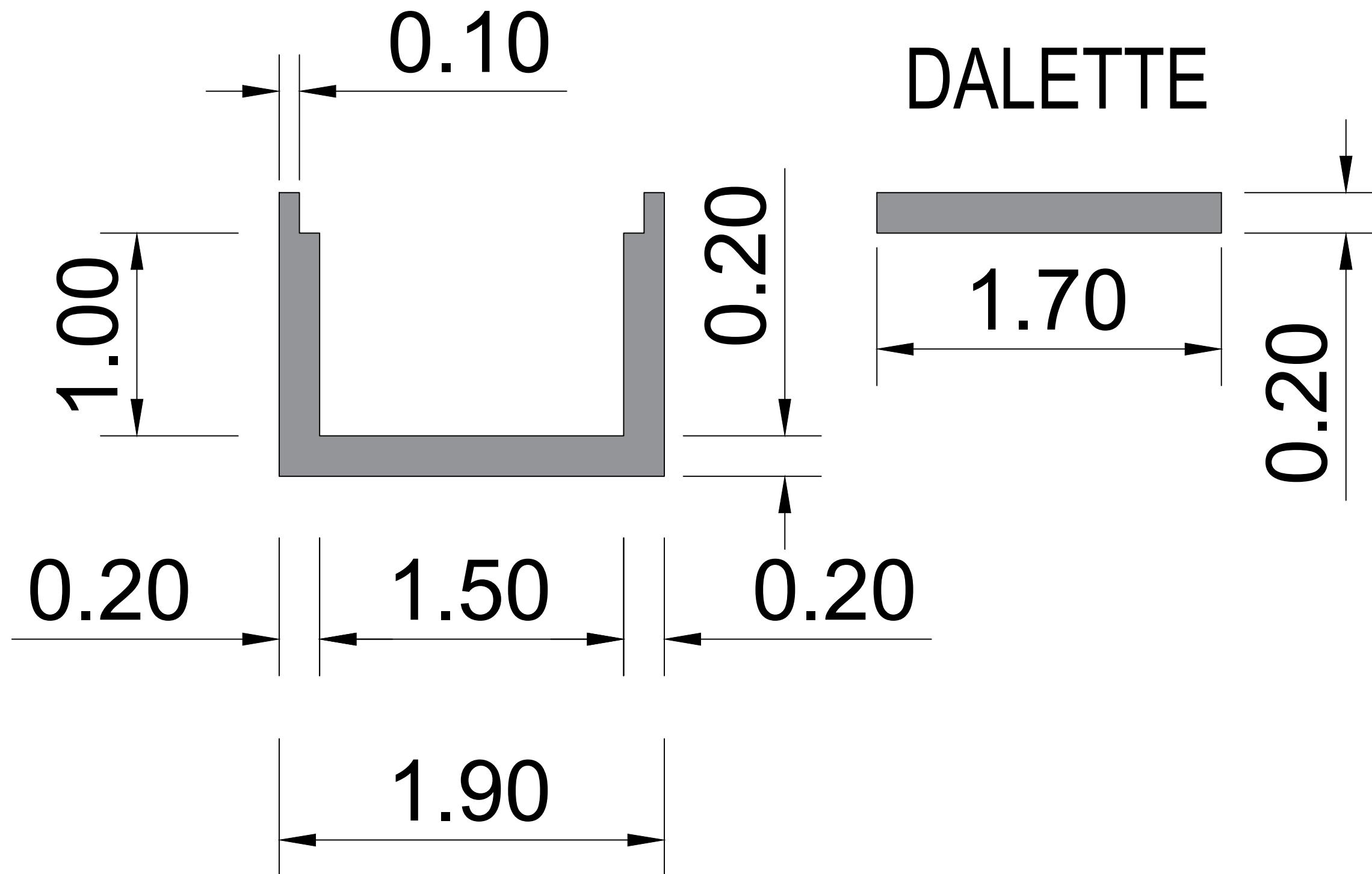
TRAVAUX DE CONSTRUCTION  
DU BOUCLAGE DU  
BOULEVARD CIRCULAIRE DE  
OUAGADOUGOU

## PLAN TYPE :

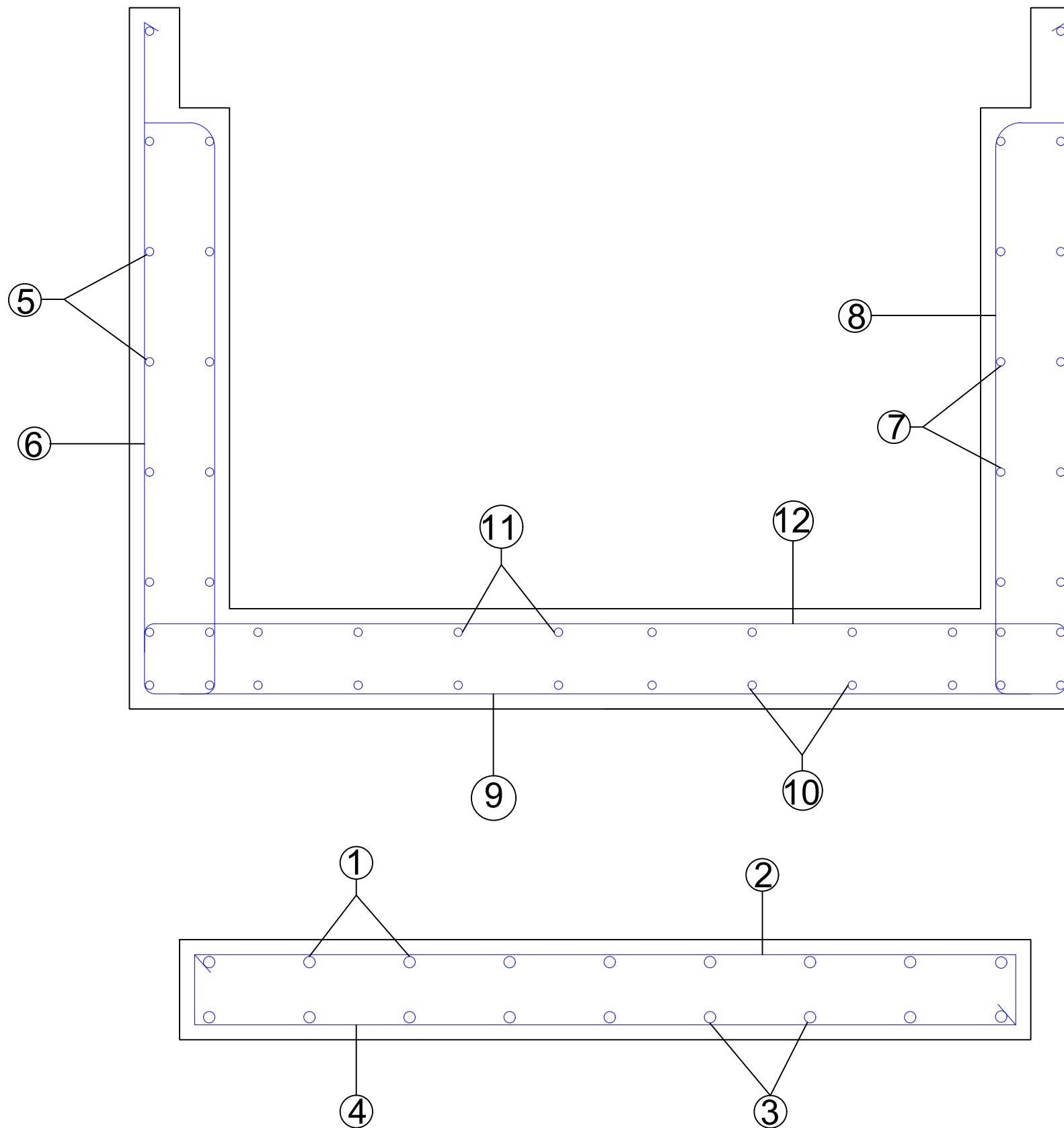
---

Dessiné par :	OUEDRAOGO W. Mathilda Grace
Format :	A3
Date :	
Echelle :	Diverses
Unités :	

# PLANS DE FERRAILLAGE CANIVEAUX



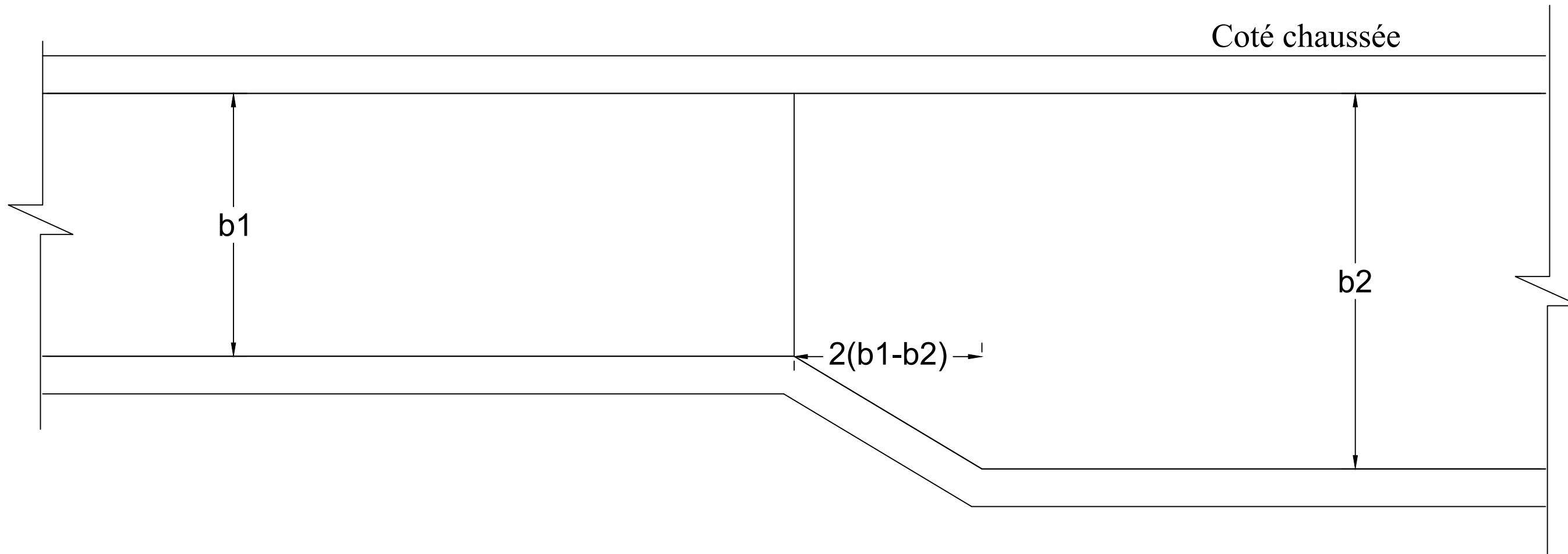
<b>2iE</b>	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	<b>AGEIM</b> Ingénieurs Conseils	AGence d'Etude et de Maitrise d'oeuvre-Ingénieur conseils Tél : 00226 25 36 91 98	ETUDE TECHNIQUES DETAILLEES, D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BOUCLAGE DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE OUAGADOUGOU	PLAN TYPE : PLAN ARCHITECTURAL DU CANIVEAU 150 X 100	Dessiné par : OUEDRAOGO W. Mathilda Grace
					Format : A3	
					Date :	
					Echelle : Diverses	
					Unités :	



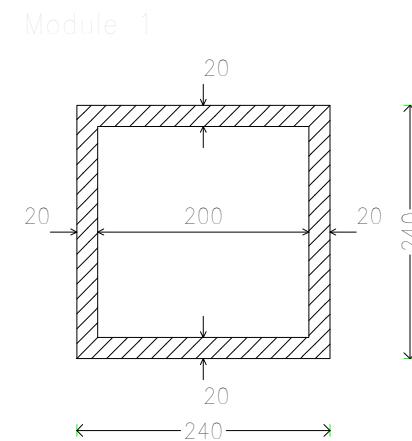
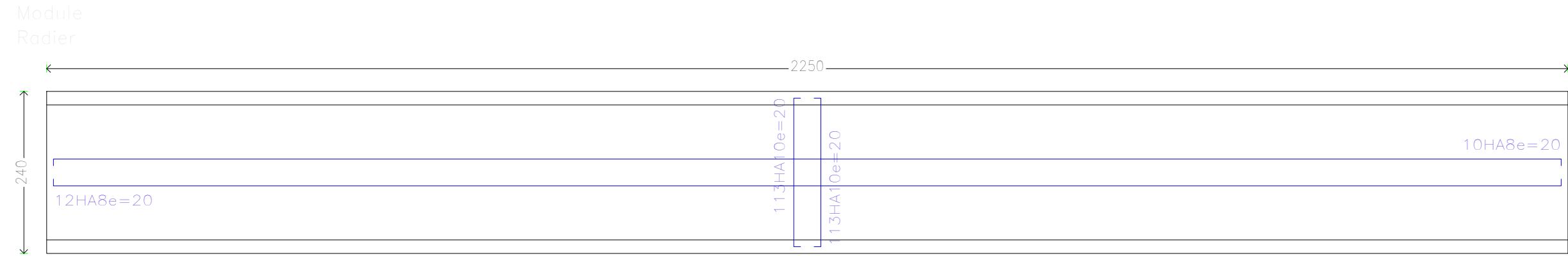
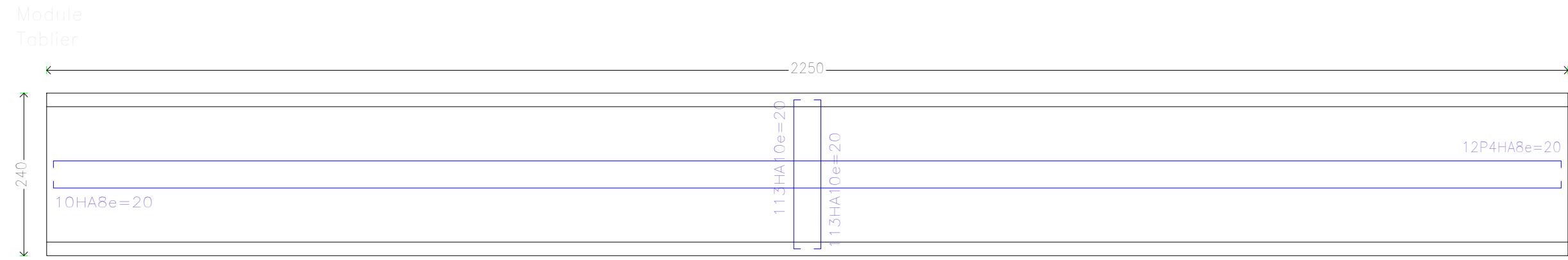
N°	DIAMETRE	ESP.
1	8	20
2	8	20
3	10	20
4	12	20
5	8	20
6	8	20
7	8	20
8	8	20
9	12	20
10	8	20
11	8	20
12	8	20

# CHANGEMENT DE SECTION CANIVEAUX

# Caniveau : changement de largeur

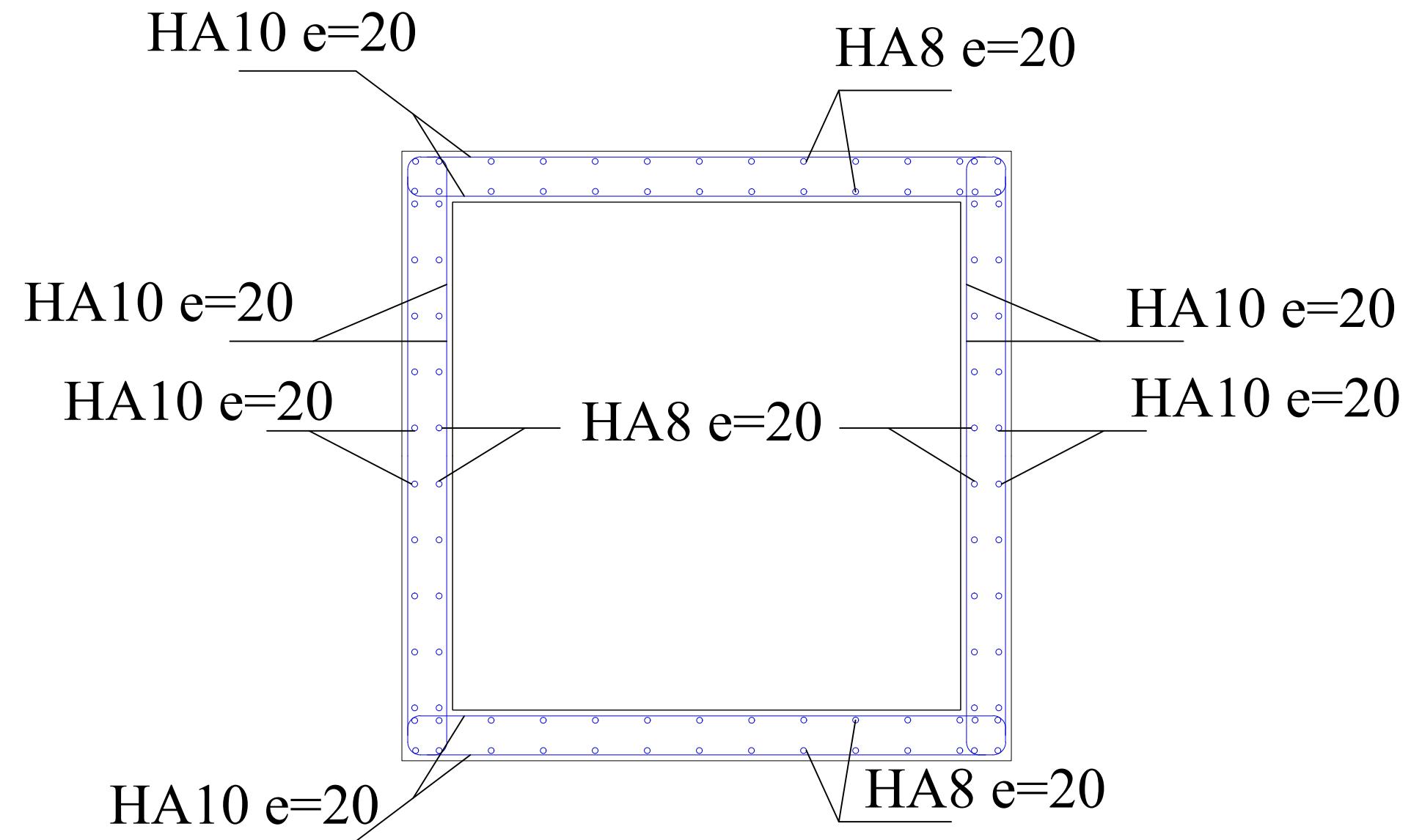


# PLANS DE FERRAILLAGE DALOTS

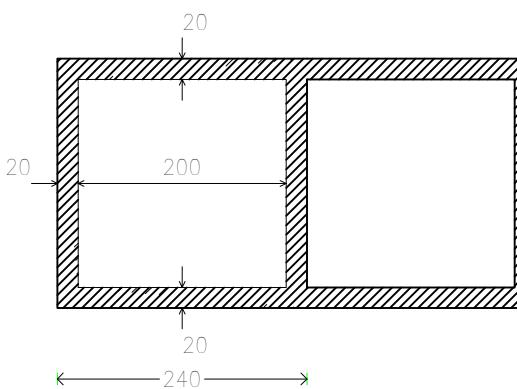
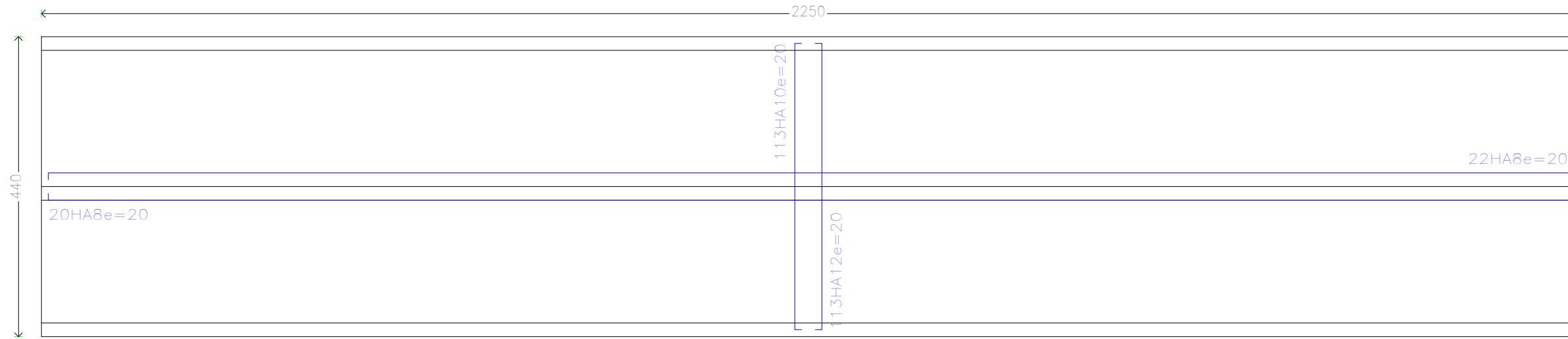
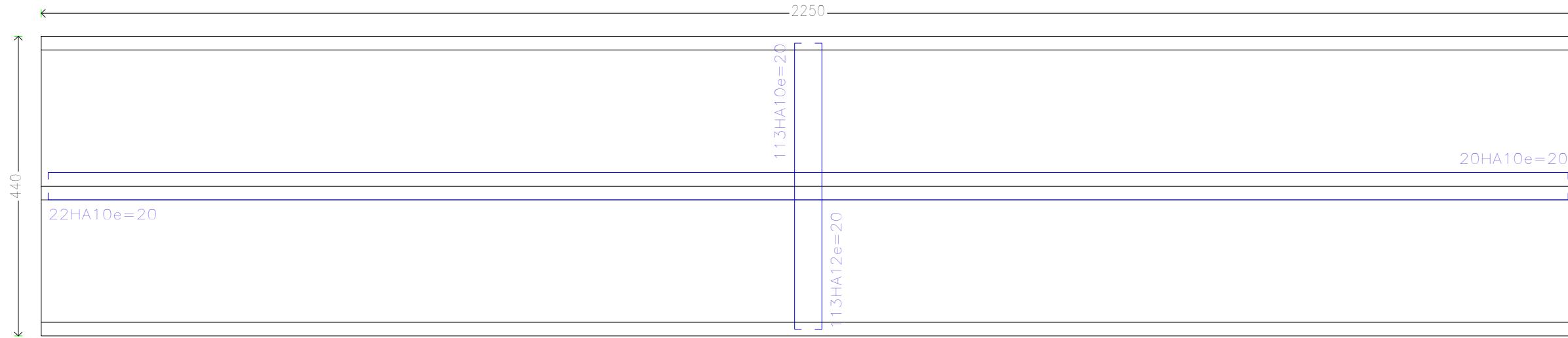


<b>2iE</b> Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	<b>AGEIM</b> Ingénieurs Conseils	AGence d'Etude et de Maitrise d'oeuvre-Ingénieur conseils Tél : 00226 25 36 91 98	ETUDE TECNHNIQUES DETAILLEES, D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BOUCLAGE DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE OUAGADOUGOU	PLAN TYPE :  PLANS DE FERRAILLAGE DALOT 1X200X200	Dessiné par : OUEDRAOGO W. Format : A3 Date : Echelle : Diverses Unités :
---	-------------------------------------	--	---	--	---

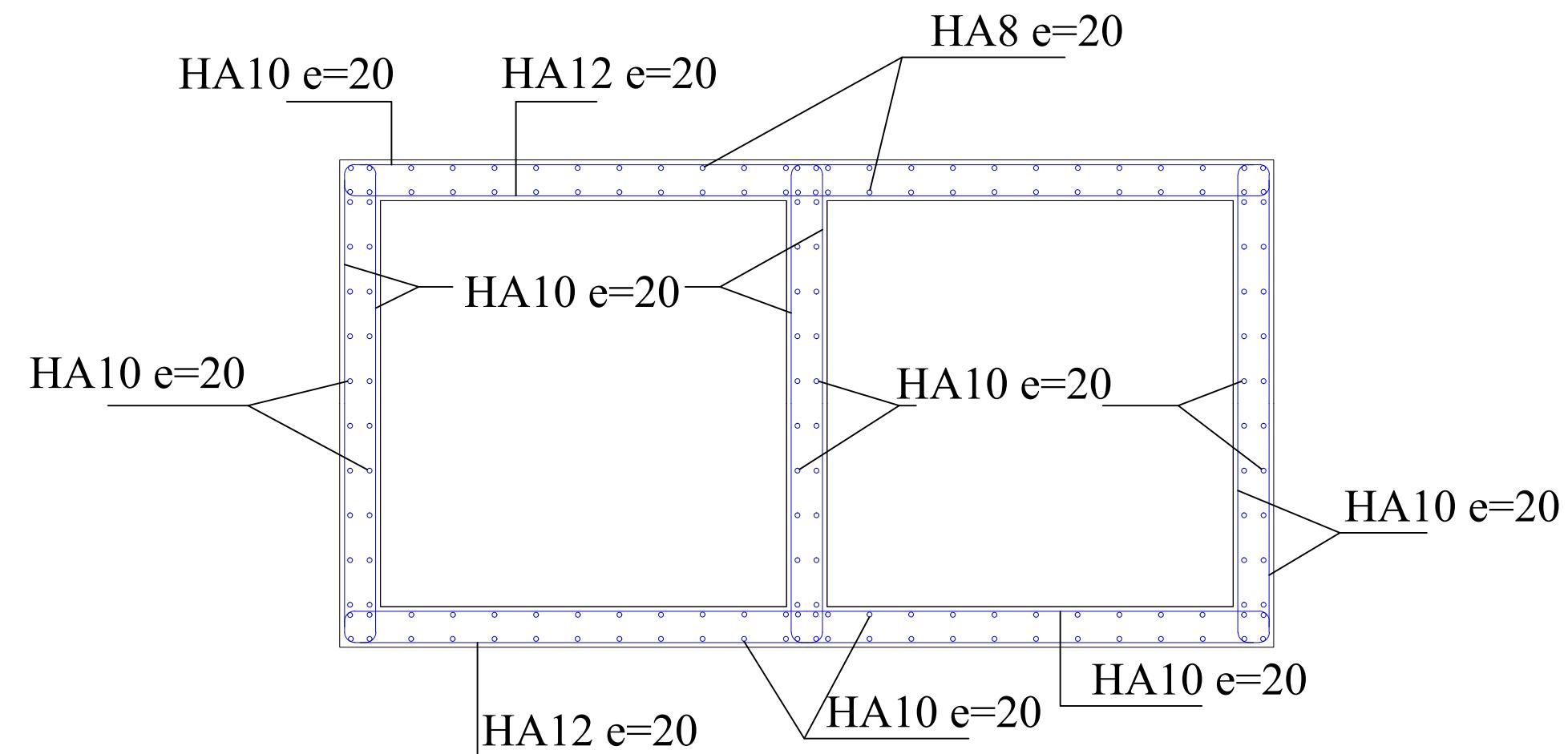
POSITION	Ø mm	NOMBRE PIÈCES	LONGUEUR E	FAÇONNAGE L=cm		LONGUEUR TOTAL m	POIDS kg/m	POIDS kgf
				11	11			
1	10	113	2.70	10	228	10	0.62	188.38
2	10	113	2.83	28	228	28	0.62	197.41
3	8	10	23.19	30	2242	30	0.39	91.53
4	8	12	23.19	29	2242	29	0.39	109.83
5	10	113	2.70	10	228	10	0.62	188.38
6	10	113	2.83	28	228	28	0.62	197.41
7	8	10	23.19	30	2242	30	0.39	91.53
8	8	12	23.19	29	2242	29	0.39	109.83
9	10	112	2.42	28	215	28	0.62	167.37
10	10	112	0.65	28	37	28	0.62	44.90
11	10	112	2.36	10	215	10	0.62	162.76
12	10	112	0.48	11	37	29	0.62	33.39
13	10	12	23.19	30	2242	30	0.62	171.58
14	8	10	23.19	30	2242	30	0.39	91.53
15	10	112	2.42	28	215	28	0.62	167.37
16	10	112	0.65	28	37	28	0.62	44.90
17	10	112	2.36	10	215	10	0.62	162.76
18	10	112	0.48	11	37	29	0.62	33.39
19	10	12	23.19	30	2242	30	0.62	171.58
20	8	10	23.19	30	2242	30	0.39	91.53
				HA8	1484.40	0.39	585.78	
				HA10	3132.94	0.62	1931.58	
				Fe E500		Poids total	2517.36	
						Poids total avec chutes (10,00%)	2769.10	

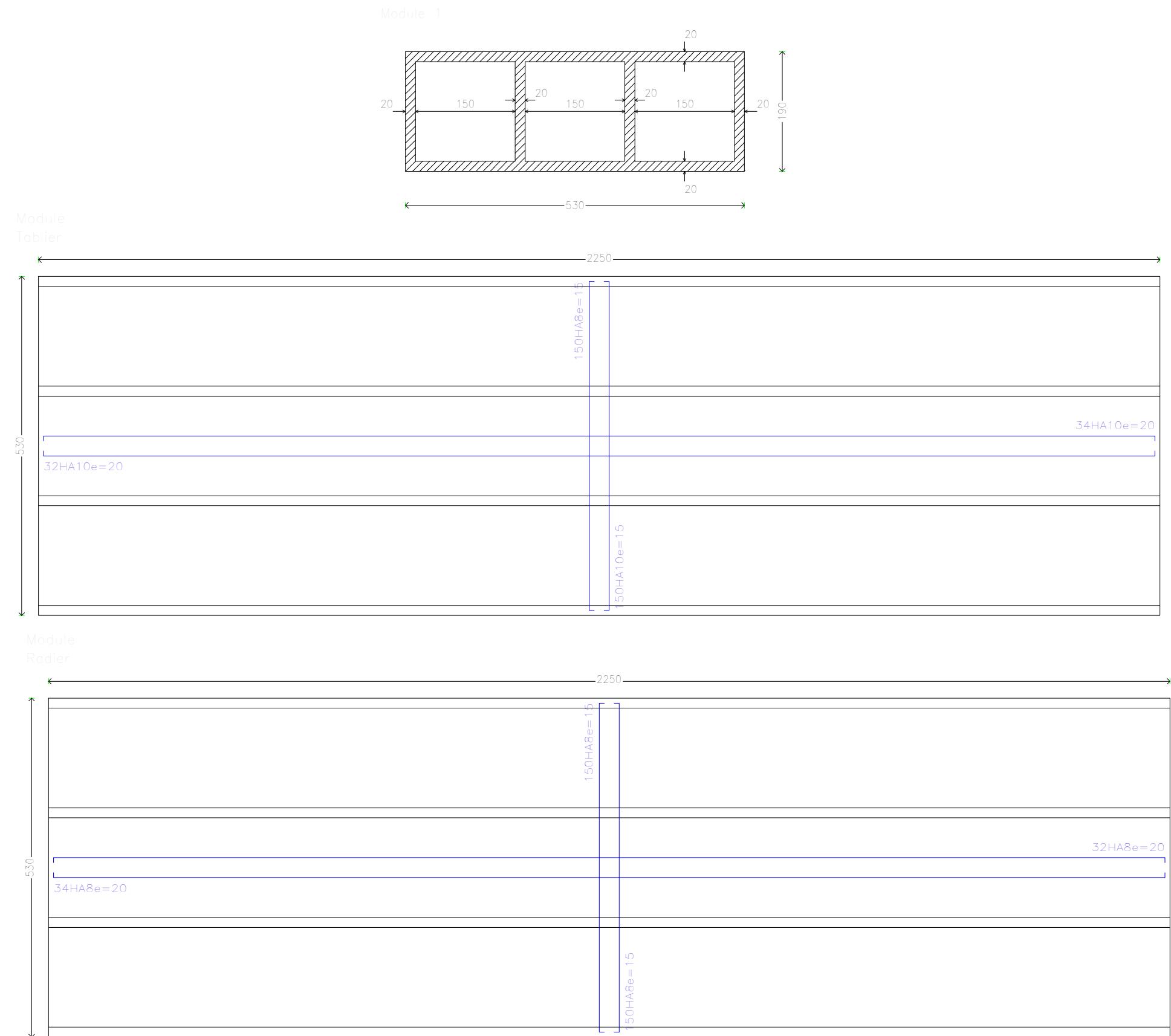


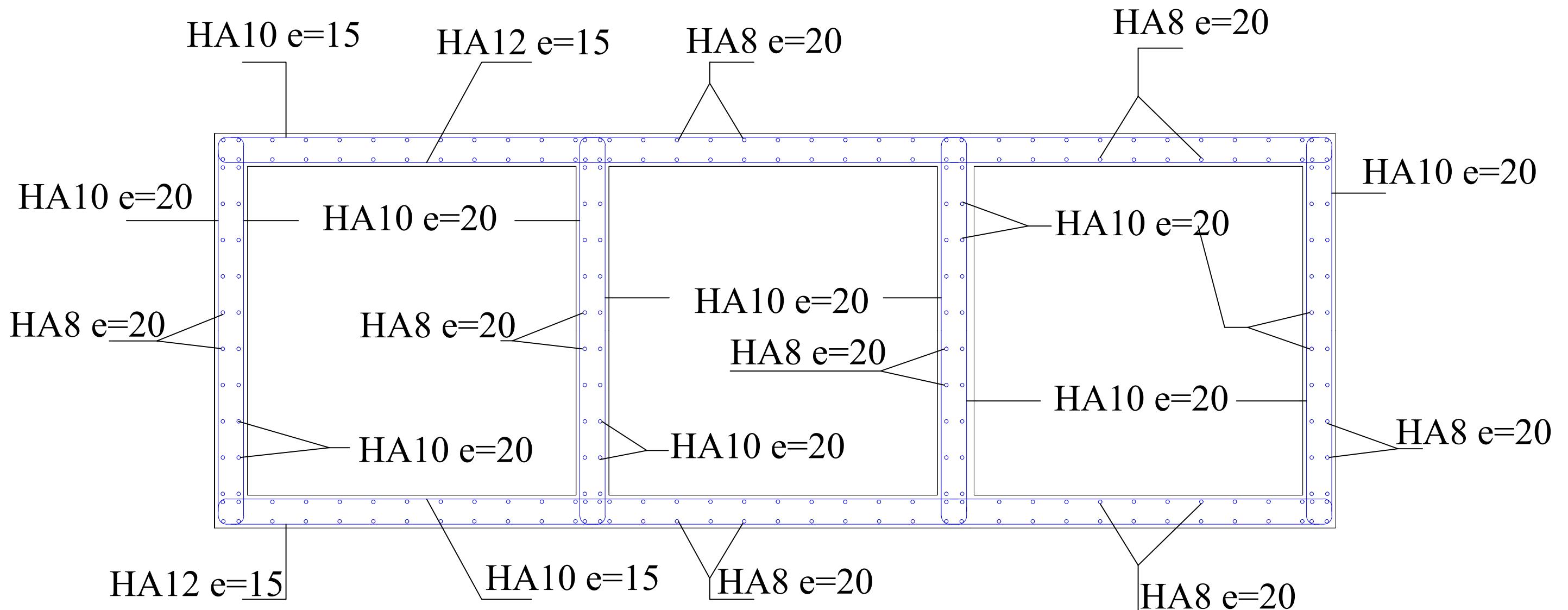
Module 1

Module  
TablierModule  
Radier

Module							
POSITION	Ø mm	NBRE. PIÈCES	LONGUEUR E	FAÇONNAGE L=cm	LONGUEUR TOTAL m	PODS kg/m	PODS kg
1	12	113	4.74	13 428 13 10	535.85	0.89	475.74
2	10	113	4.99	13 428 13 15	563.61	0.62	347.50
3	8	20	23.35	18 2242 18 38	466.96	0.39	184.27
4	8	22	23.35	18 2242 18 37	513.65	0.39	202.70
5	10	113	4.70	11 428 11 10	530.65	0.62	327.17
6	12	113	4.99	13 428 13 20	563.41	0.89	500.21
7	10	20	23.35	18 2242 18 38	466.95	0.62	287.87
8	10	22	23.35	18 2242 18 37	513.61	0.62	316.66
9	10	112	2.50	15 215 15 42	280.11	0.62	172.70
10	10	112	0.77	15 42 15 215	86.21	0.62	53.15
11	10	112	2.36	15 215 15 42	263.98	0.62	162.76
12	10	112	0.60	10 42 10 215	67.43	0.62	41.57
13	10	12	23.35	13 2242 13 37	280.15	0.62	172.72
14	10	17	23.35	18 2242 18 38	233.45	0.62	143.94
15	10	112	2.50	15 215 15 42	280.11	0.62	172.70
16	10	112	0.77	15 42 15 215	86.21	0.62	53.15
17	10	112	2.36	15 215 15 42	263.98	0.62	162.76
18	10	112	0.60	10 42 10 215	67.43	0.62	41.57
19	10	12	23.35	13 2242 13 37	280.15	0.62	172.72
20	10	10	23.35	18 2242 18 38	233.46	0.62	143.94
21	10	112	2.33	15 215 15 42	261.32	0.62	161.12
22	10	112	0.60	15 42 15 215	67.43	0.62	41.57
23	10	112	2.33	15 215 15 42	261.32	0.62	161.12
24	10	112	0.60	10 42 10 215	67.43	0.62	41.57
25	10	10	23.35	13 2242 13 37	233.46	0.62	143.94
26	10	10	23.35	18 2242 18 37	233.46	0.62	143.94
				HA8 980,61 0,39 386,97			
				HA10 5621,91 0,62 3466,14			
				HA12 1099,28 0,89 975,95			
Fe E500				Poids total 4829,06			
Poids total avec chutes (10,00%)				5311,97			









Institut International  
d'Ingénierie de l'Eau  
et de  
l'Environnement



AGence d'Etude et de  
Maitrise d'oeuvre-Ingénierie  
conseils

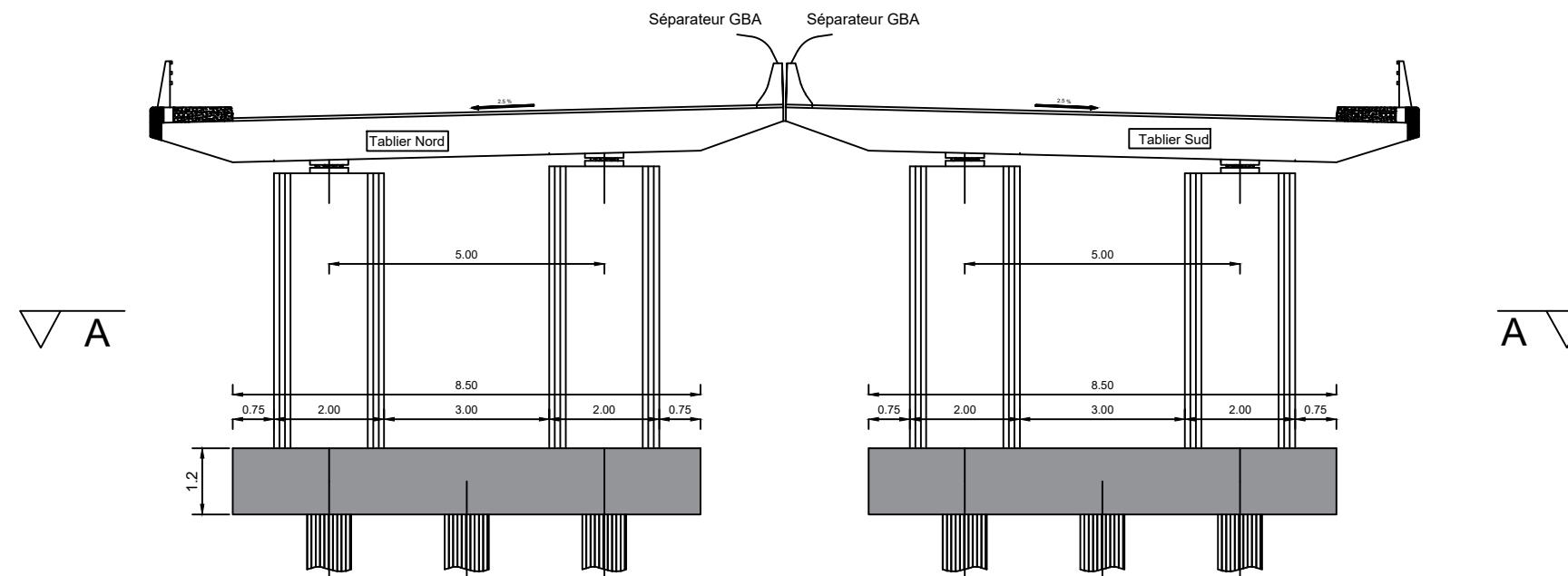
# ETUDE TECNHNIQUES DETAILLEES, D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BOUCLAGE DU BOULEVARD CIRCULAIRE DE OUAGADOUGOU

PLAN TYPE :  
PLAN DE FERRAILLAGE  
DALOT 3X150X150

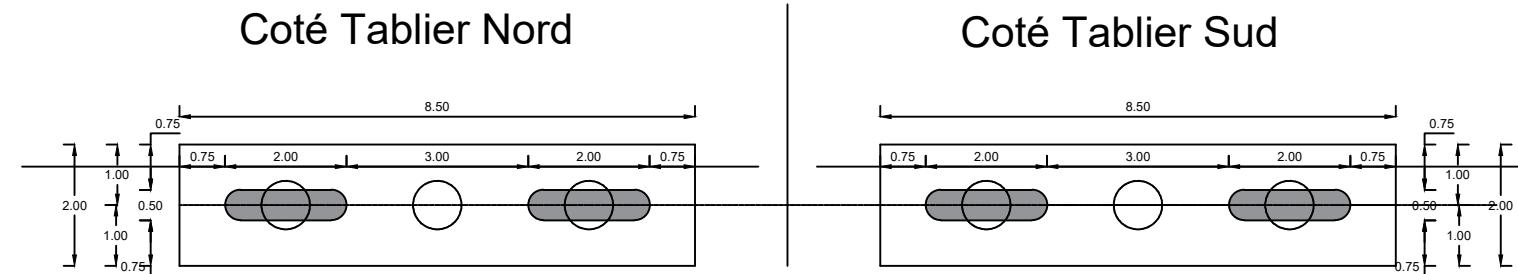
Dessiné par :	OUEDRAOGO W. Mathilda Grace
Format :	A3
Date :	
Echelle :	Diverses
Unités :	

# PASSAGE SUPERIEUR

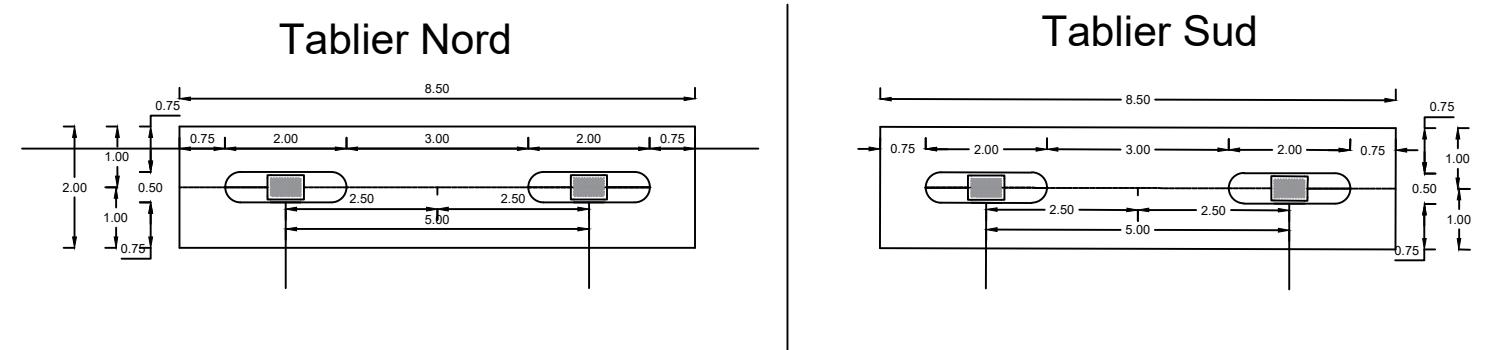
## COUPE TRANVERSALE

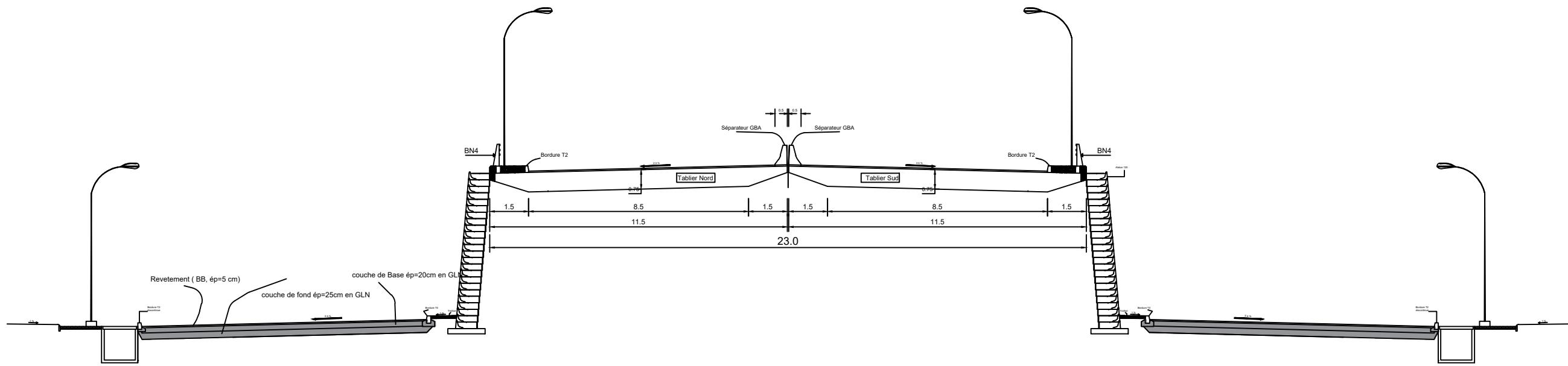


## COUPE AA



## VUE DE DESSUS





Institut International  
d'Ingénierie de l'Eau  
et de  
l'Environnement



AGENCE D'ETUDE ET DE  
MAITRISE D'OEUVRE-INGÉNIEUR  
CONSEILS  
Tél : 00226 25 36 91 98

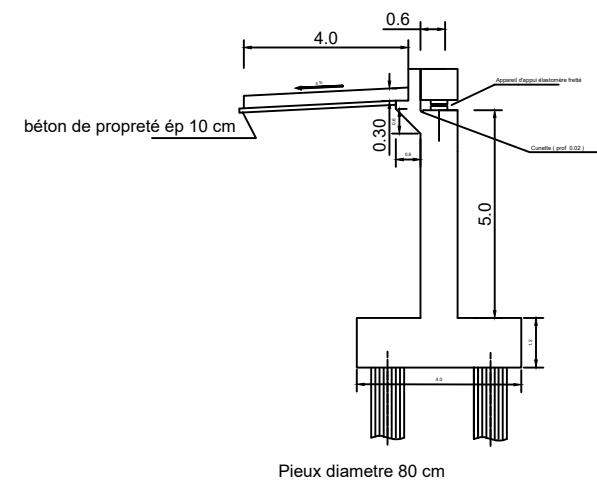
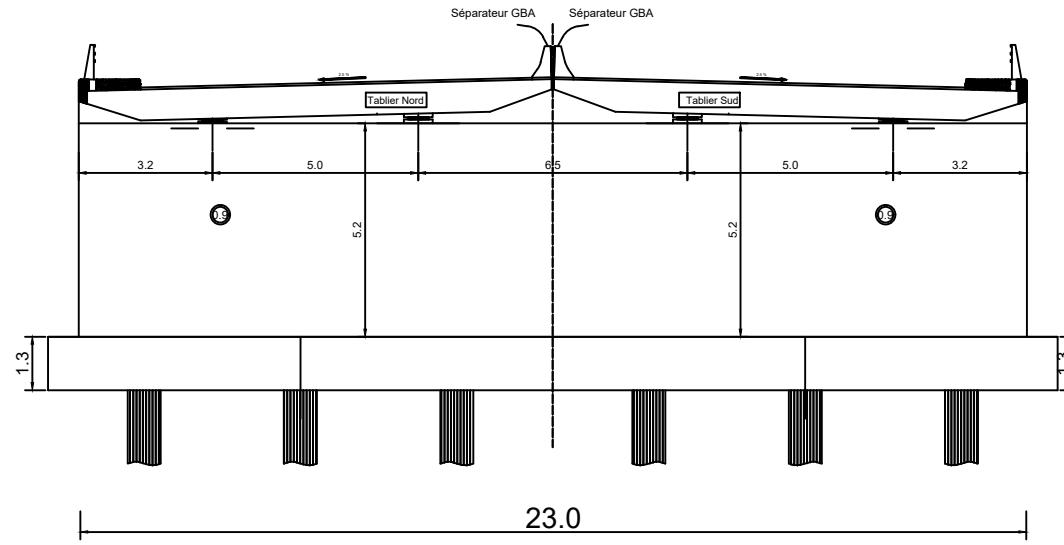
TRAVAUX DE CONSTRUCTION  
DU BOUCLAGE DU  
BOULEVARD CIRCULAIRE DE  
OUAGADOUGOU

PLAN TYPE :

PROFIL EN TRAVERS  
TYPE DU PSI-DA

Dessiné par :	OUEDRAOGO W. Mathilda Grace
Format :	A3
Date :	
Echelle :	Diverses
Unités :	

# CULEE



Institut International  
d'Ingénierie de l'Eau  
et de  
l'Environnement



AGence d'Etude et de  
Maitrise d'oeuvre-Ingénieur  
conseils

Tél : 00226 25 36 91 98

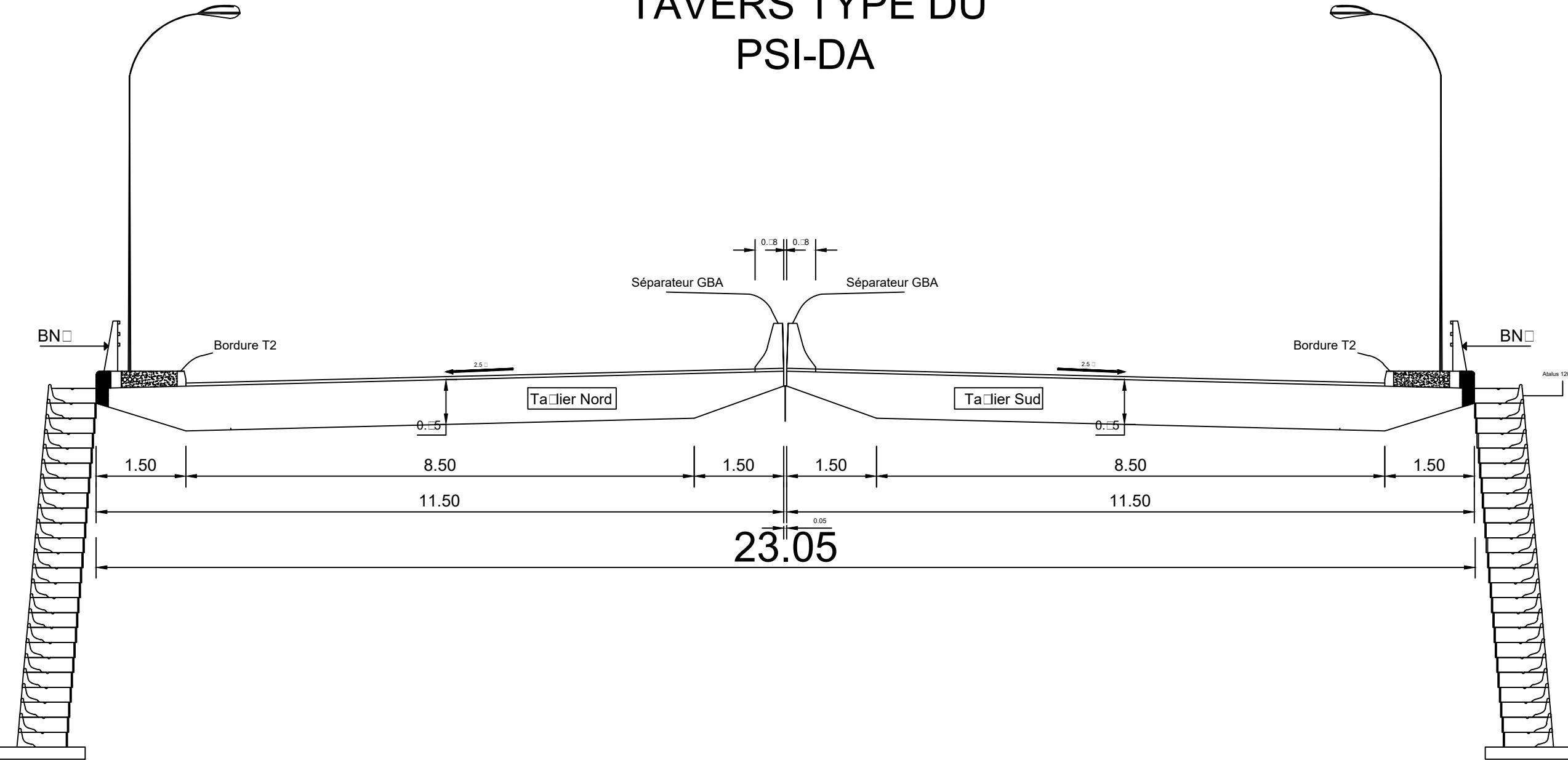
TRAVAUX DE CONSTRUCTION  
DU BOUCLAGE DU  
BOULEVARD CIRCULAIRE DE  
OUAGADOUGOU

PLAN TYPE :

COUPE TRANSVERSALE  
DE LA CULEE

Dessiné par :	OUEDRAOGO W. Mathilda Grace
Format :	A3
Date :	
Echelle :	Diverses
Unités :	

# PROFIL EN TAVERS TYPE DU PSI-DA



Institut International  
d'Ingénierie de l'Eau  
et de  
l'Environnement



AGence d'Etude et de  
Maitrise d'oeuvre-Ingénieur  
conseils  
Tél : 00226 25 36 91 98

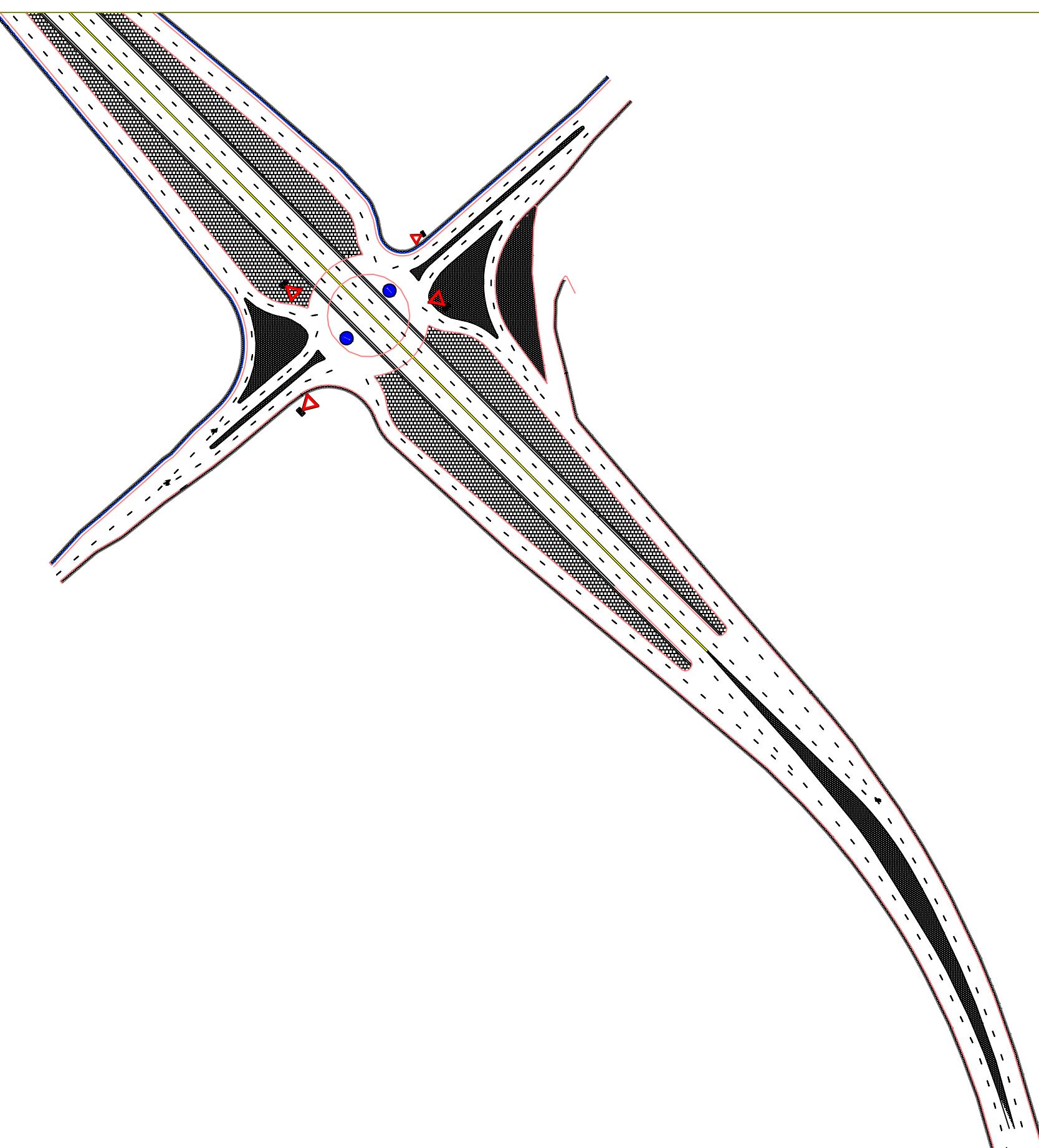
TRAVAUX DE CONSTRUCTION  
DU BOUCLAGE DU  
BOULEVARD CIRCULAIRE DE  
OUAGADOUGOU

PLAN TYPE :  
PROFIL EN TRAVERS  
TYPE

Dessiné par :	OUEDRAOGO W. Mathilda Grace
Format :	A3
Date :	
Echelle :	Diverses
Unités :	

# AMENAGEMENT DU CARREFOUR

## GIRATOIRE



Institut International  
d'Ingénierie de l'Eau  
et de  
l'Environnement

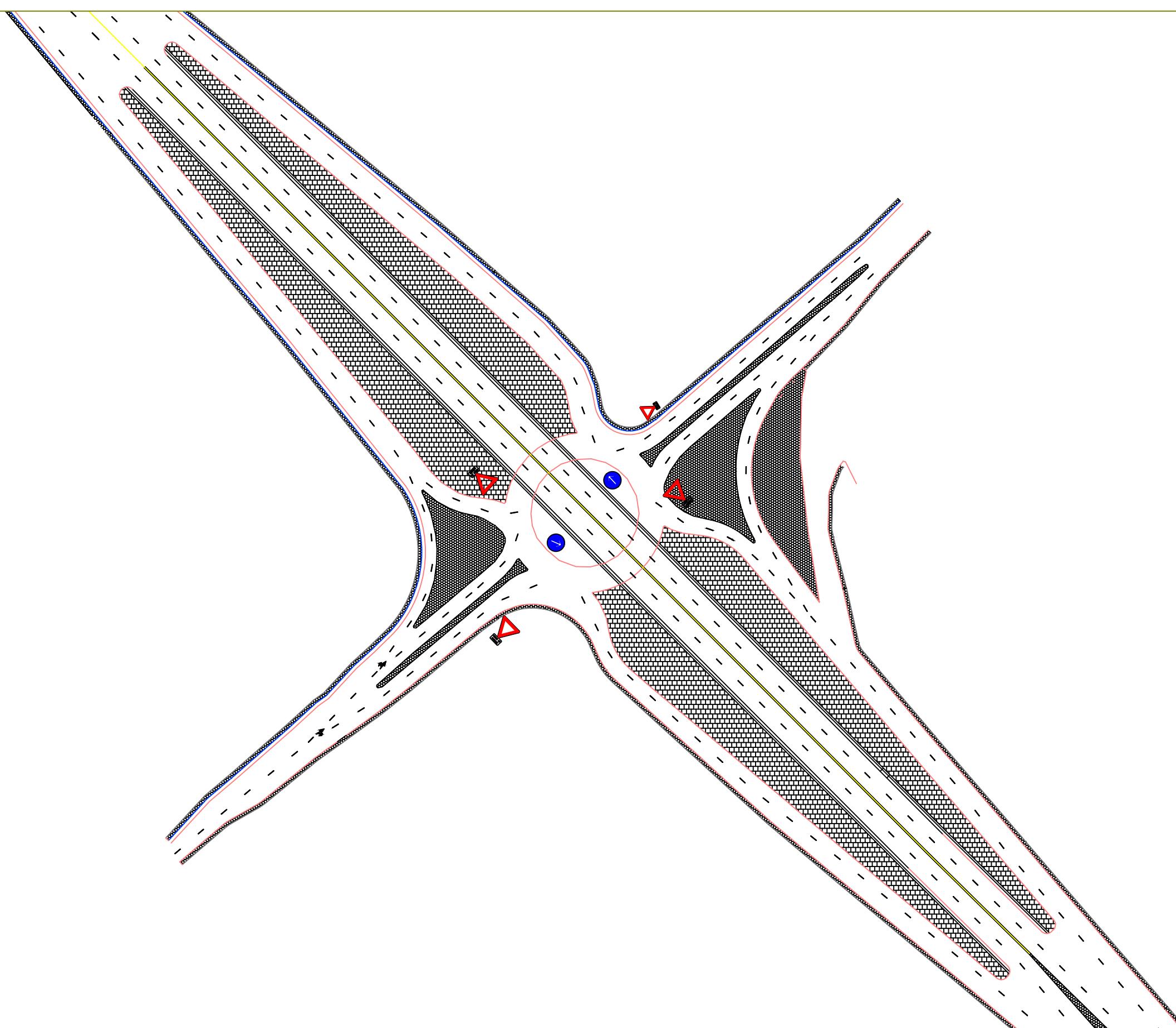


AGence d'Etude et de  
Maitrise d'oeuvre-Ingénieur  
conseils  
Tél : 00226 25 36 91 98

TRAVAUX DE CONSTRUCTION  
DU BOUCLAGE DU  
BOULEVARD CIRCULAIRE DE  
OUAGADOUGOU

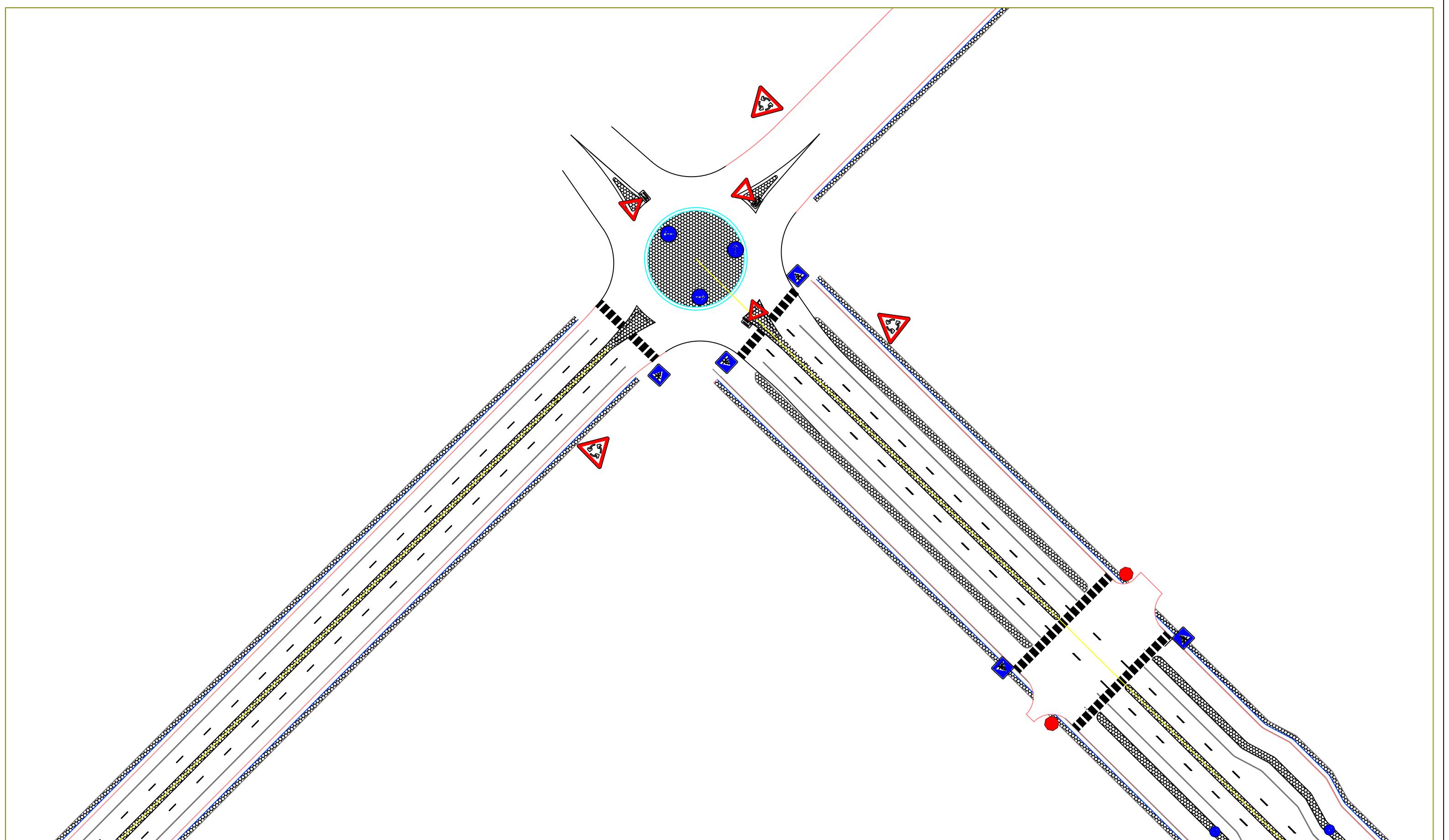
PLAN TYPE :  
RE AMENAGEMENT  
ROND POINT DE  
 OSSODO

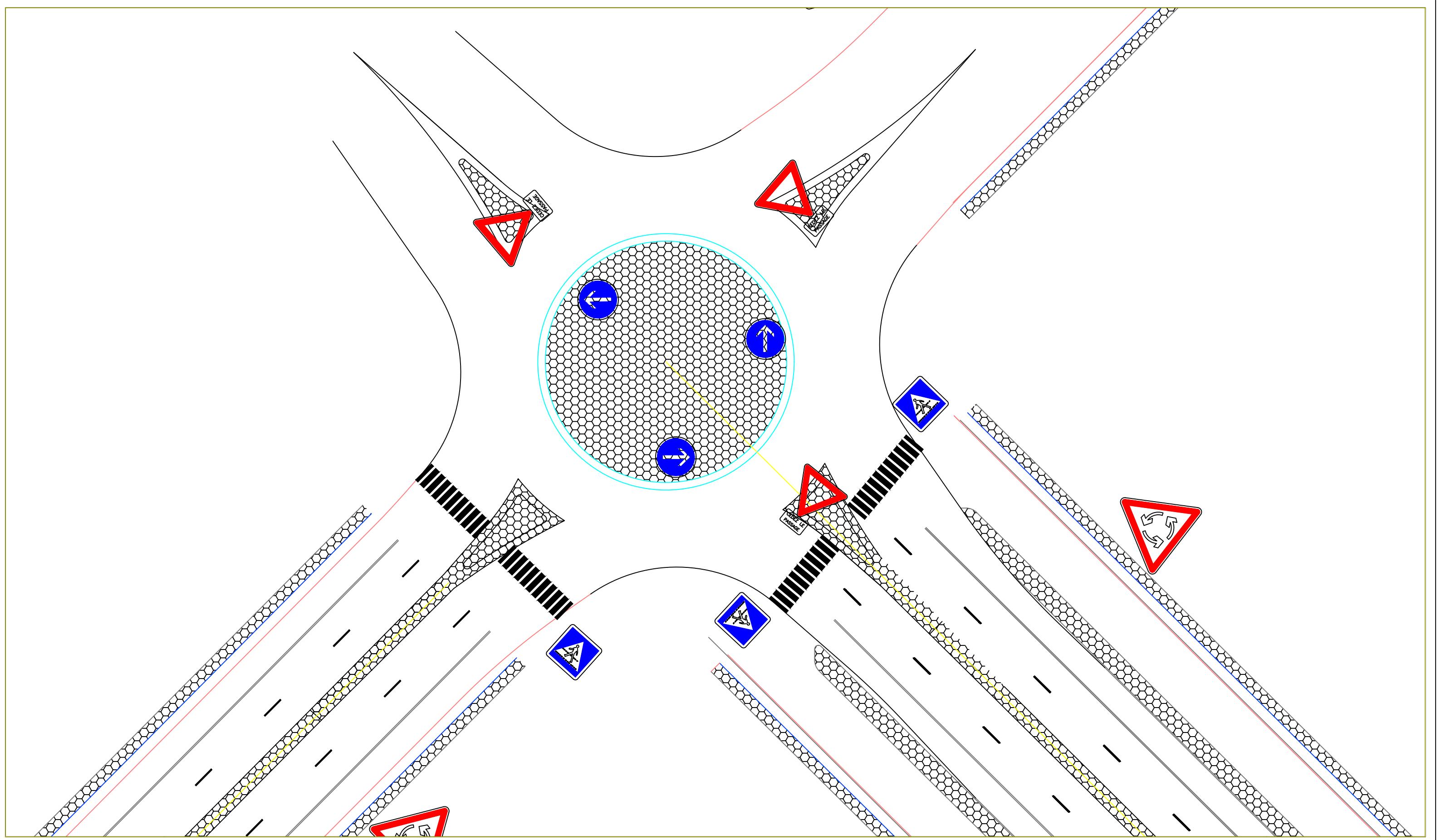
Dessiné par :	OUEDRAOGO W. Mathilda Grace
Format :	A3
Date :	
Echelle :	Diverses
Unités :	



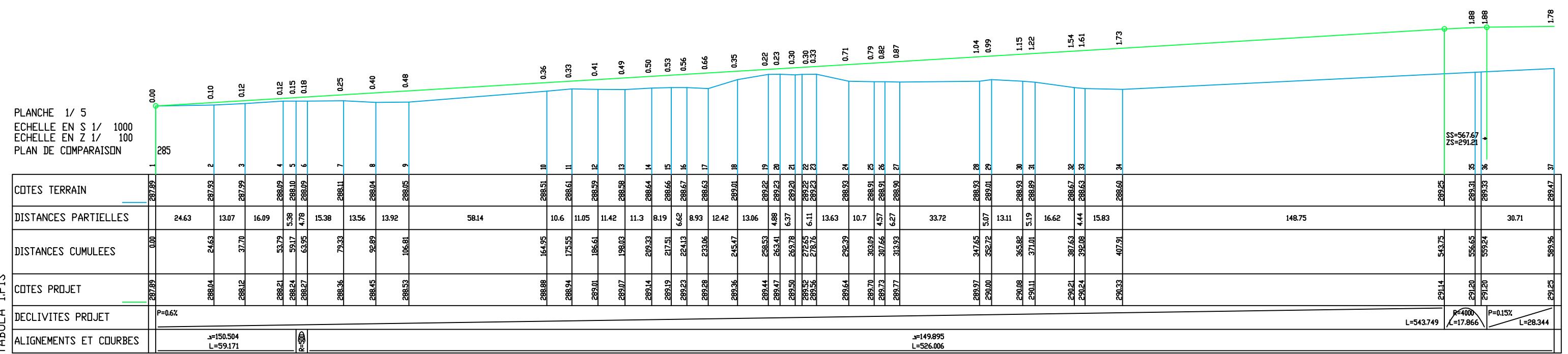
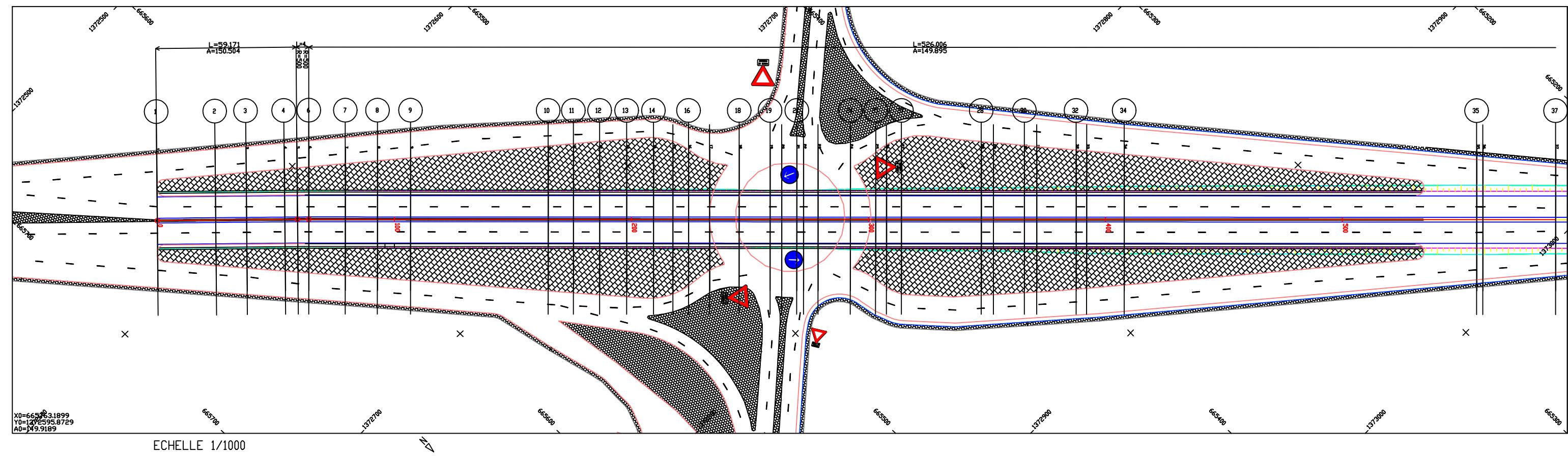
# AMENAGEMENT DU CARREFOUR

## GIRATOIRE

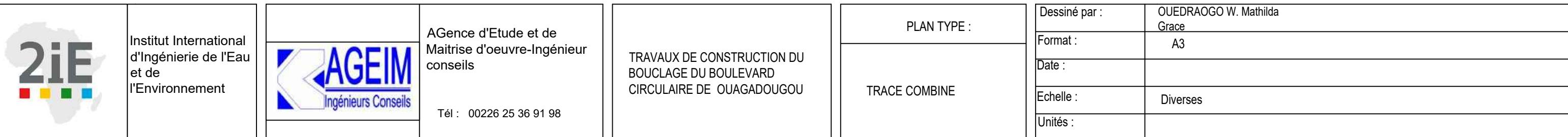


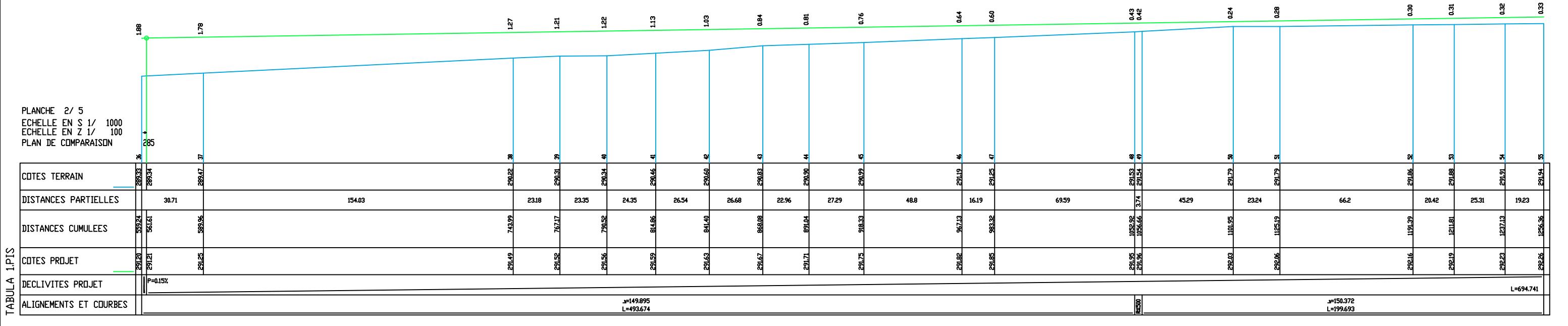
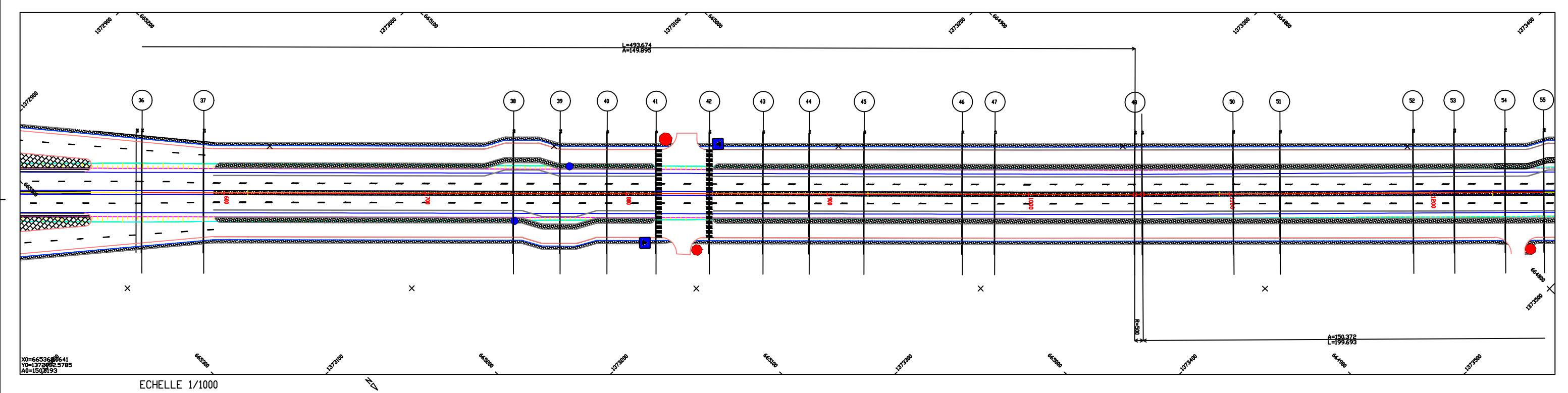


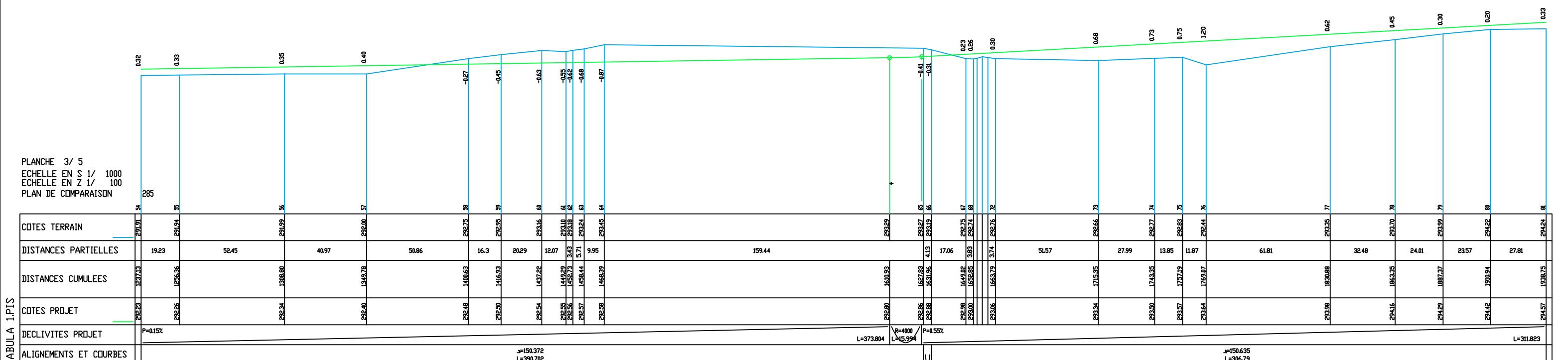
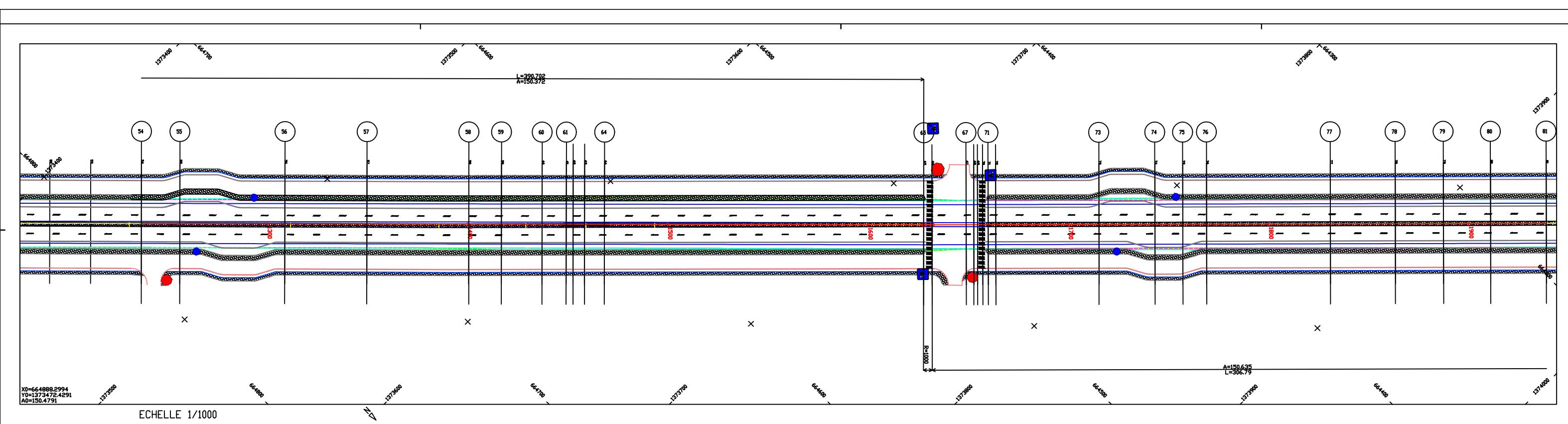
# TRACES COMBINES

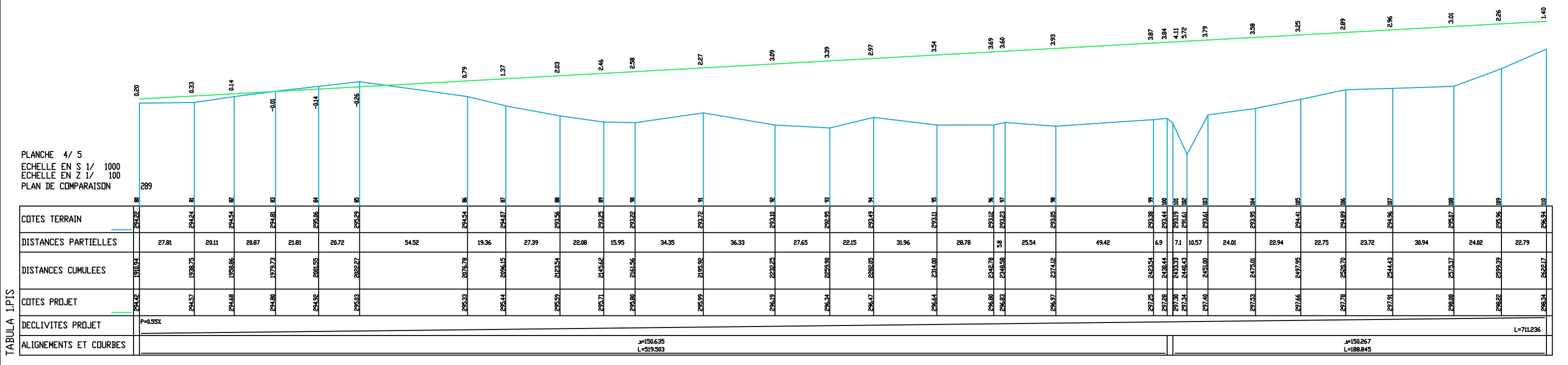
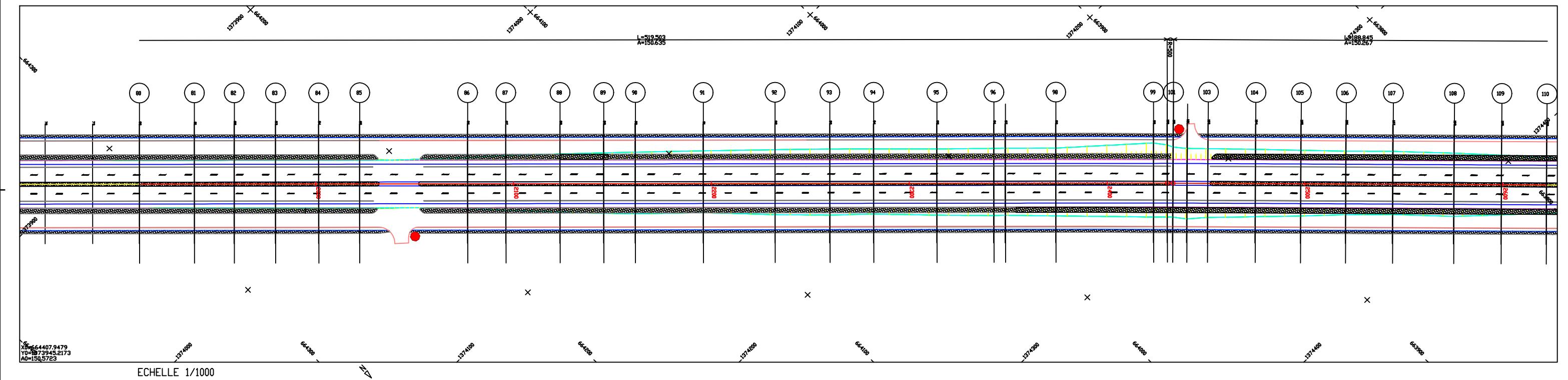


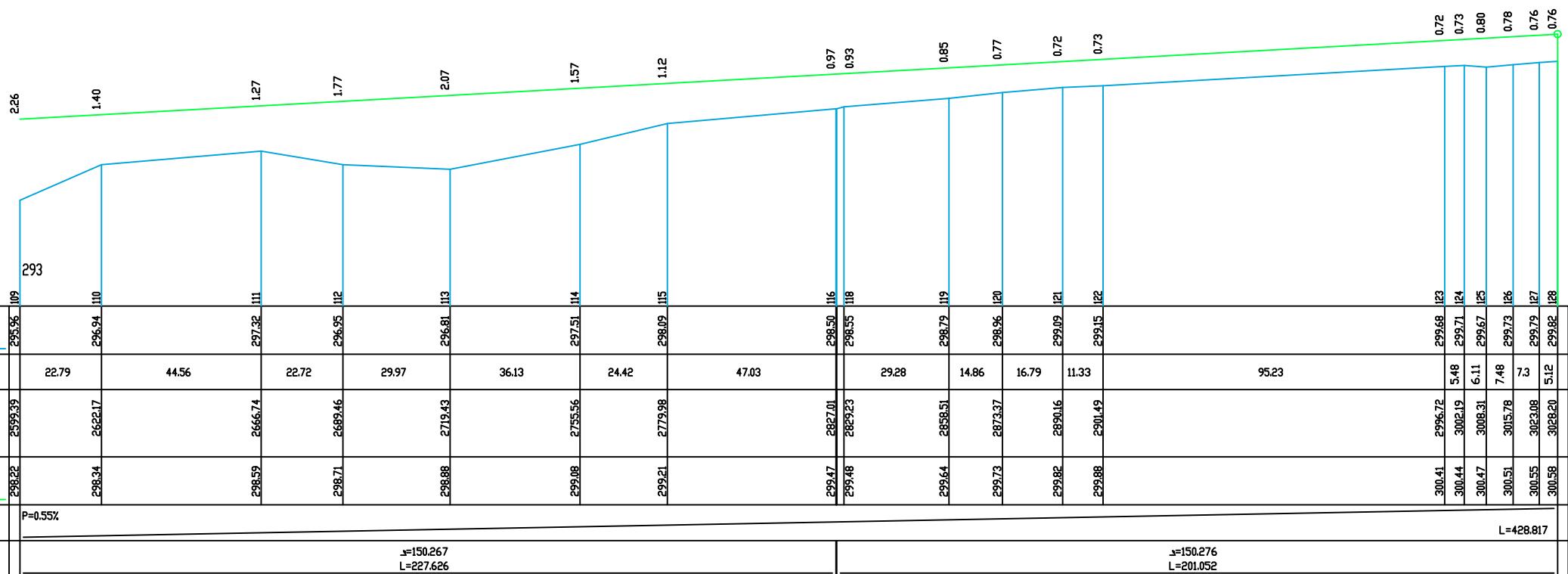
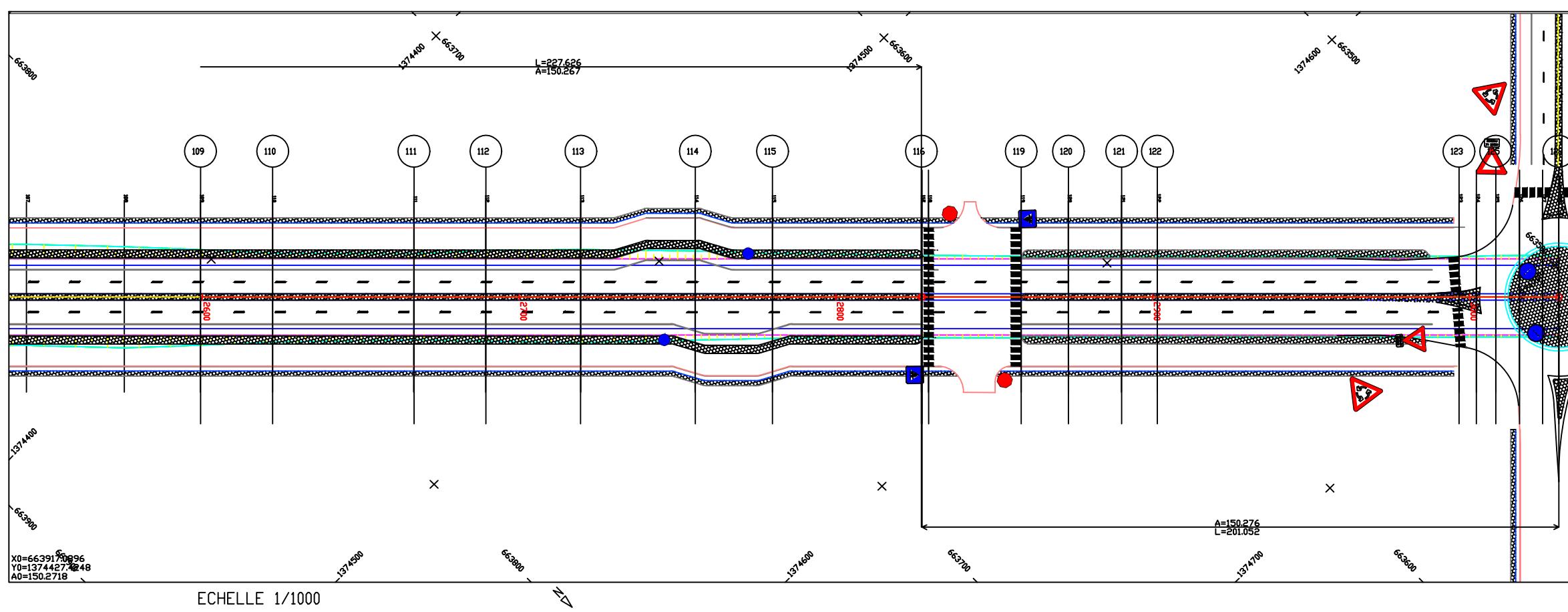
LICENCE 1 3908











LICENCE : 3958