

ETUDES POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER II
SPECIALITE : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE
OPTION : ROUTES ET OUVRAGES D'ART

Présenté et soutenu publiquement le 25/01/2021 par
Nelie Alida MANEGUEU (20170466)

Directeur de Mémoire : **Amadou SIMAL**, Enseignant à 2iE, département STI

Maître de stage : **Ismaël. H OUANGRAWA**, Ingénieur Génie Civil, **TECHNI-CONSULT**

Structure d'accueil du stage : **TECHNI-CONSULT**

Jury d'évaluation du stage :

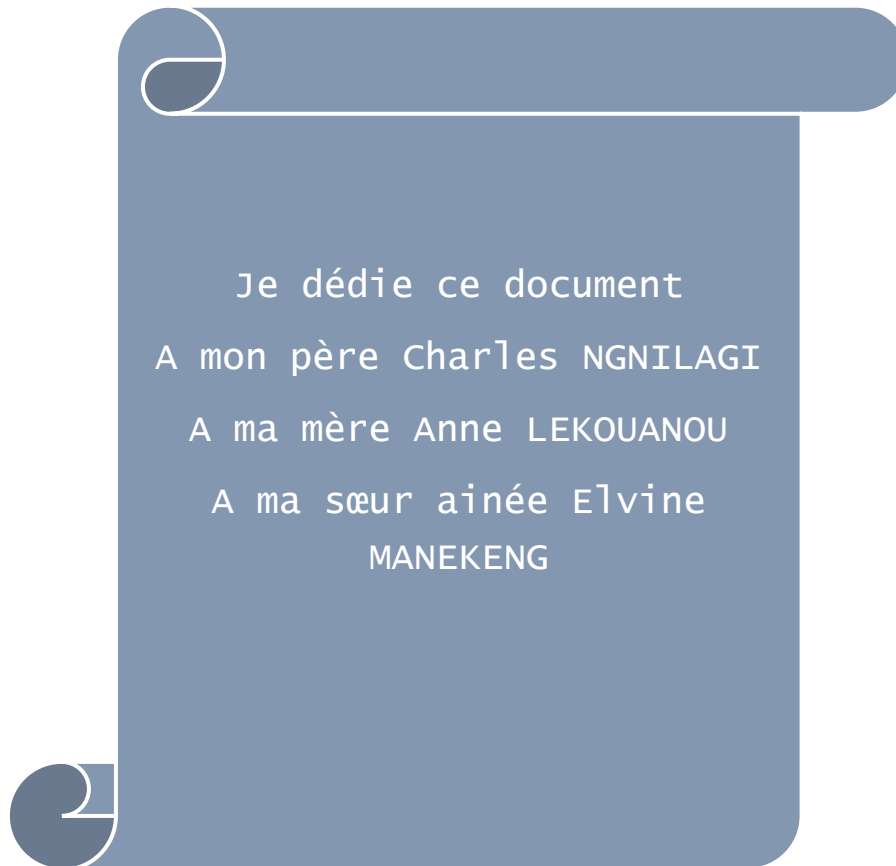
Président : **Dr. Césaire HEMA**

Membres et correcteurs : **M. Moussa LO**

M. Djidoula TAKO

Promotion [2020/2021]

DEDICACES



Je dédie ce document
A mon père Charles NGNILAGI
A ma mère Anne LEKOUANOU
A ma sœur aînée Elvine
MANEKENG

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance

- ✚ À l'ensemble du corps professoral et administratif de 2iE pour la qualité de l'encadrement et de l'enseignement qu'ils m'ont prodigué au cours de ces trois années de formation ;
- ✚ À mon directeur de mémoire, Monsieur Amadou SIMAL, enseignant à 2iE pour sa disponibilité et pour m'avoir laissé une large part d'autonomie dans ce travail tout en m'aiguillant sur les pistes de réflexion riche et pertinente ;
- ✚ Au Directeur Général de Techni-Consult, Monsieur Adamou IDI pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer un stage au sein de sa structure ;
- ✚ À mon maître de stage, Monsieur Ismael H OUANGRAWA, ingénieur Génie Civil chargé des études à Techni-Consult pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils, son dévouement au travail et son encadrement sans aucune faille tout au long du stage ;
- ✚ À l'ensemble du personnel de Techni-Consult pour l'accueil qu'ils m'ont réservé, le temps que chacun de membre de l'équipe m'a accordé et par-dessus tout pour les informations, les réflexions et les corrections qu'ils m'ont apporté
- ✚ la bourse panafricaine BAD-NMI pour le soutien financier qu'il m'a apporté au cours de ces trois années de formation ;
- ✚ À mes parents pour leurs conseils, leur soutien moral, spirituel, affectif et financier ;
- ✚ À mes frères et sœurs de la famille NGNILAGI pour leurs encouragements ;
- ✚ À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ma formation ;
- ✚ À Dieu le père tout puissant qui nous a dotés d'intelligence, et nous a maintenus en santé pour mener à bien cette étude.

RESUME

Dans le cadre de l'exécution de son budget 2018, la commune de Bobo-Dioulasso a confié à Techni-Consult l'étude pour les travaux d'aménagement et de bitumage de 16 km de voirie (rues des secteurs 24, 25 et 17) dont 4 km (rue 25.61, 25.65, 17.170 et 17.104) font l'objet d'une étude détaillée dans ce mémoire. L'objectif est de déterminer la nature et le coût des interventions et aménagements à effectuer sur ces voies. Pour cela, nous avons effectué une visite de site afin de relever les contraintes du terrain, nous nous sommes également munis des données de trafic, topographiques et géotechniques. Et c'est à partir de ces dernières que nous avons conçues et dimensionnées la route et ses ouvrages annexes conformément aux règles de l'art (ICTAVRU, BAEL ...) et grâce aux logiciels tels que Piste, AutoCAD et Cype. Les différentes analyses ont permis d'aboutir à une route de type U de catégorie U60 à 2 x 2 voies dont la structure de chaussée est constituée de 5 cm de béton bitumineux en couche de roulement, 20 cm de graveleux latéritique amélioré au concassé de quartz en couche de base et 20 cm de graveleux latéritique naturelle en couche de fondation. Le réseau d'assainissement adopté est constitué des caniveaux de sections variables, de 80×80 à 430×250 sur une longueur totale de 6152 m des deux côtés de la voie et d'un ensemble de dalots transversaux (dalots de franchissement) et longitudinaux (amorces) de section variant entre 1×80×80 et 4×300×300. Pour assurer la sécurité des usagers, il est mis en place un système de signalisation et d'éclairage routier. La signalisation est composée des marquages au sol et de 172 panneaux. Concernant l'éclairage, les appareils utilisés sont des lampes à vapeur de sodium et leurs supports sont des candélabres. Ainsi, le projet est estimé à **5 780 634 428 FCFA**, soit **1 444 254 143 FCFA/km**

Mots Clés

1 – Assainissement

2 – Bitumage

3 – Conception

4 – Dimensionnement

5 – Voirie

ABSTRACT

As part of the implementation of its 2018 budget, the commune of Bobo-Dioulasso has entrusted Techni-Consult with the study for the crew and asphaltting of 16 km of roads (streets in sectors 24, 25 and 17), of which 4 km (streets 25.61, 25.65, 17.170 and 17.104) are the subject of a detailed study in this document. The objective is to determine the nature and cost of the interventions and facilities to be carried out on these the tracks. For this purpose, we carried out a site visit in order to identify the constraints of the land, we also acquired traffic, topographical and geotechnical data. And it is on the basis of these data that we designed and dimensioned the road and its ancillary works in accordance with the rules of the art (ICTAVRU, BAEL ...) and thanks to software such as Piste, AutoCAD and Cype. The various analyses resulted in a 2 x 2 lane road of type U and category U60 with a pavement structure consisting of 5 cm of asphalt concrete for surface layer, 20 cm of lateritic gravel improve with crushed quartz for base layer and 20 cm of natural lateritic gravel for foundation layer. The sanitation system adopted consists of gutters with variable sections, from 80×80 to 430×250 over a total length of 6152 on both sides of the track and a set of transverse culverts (crossing culverts) and longitudinal culverts (primers) with sections varying between 1×80×80 and 4×300×300. To ensure the safety of the users, a road signalling and lighting system is installed. The signage is composed of ground markings and 172 panels. As for lighting, the devices used are sodium vapour lamps and their supports are candelabra. Thus, the project is estimated at **5 780 634 428 FCFA**, thus **1 444 254 143 FCFA/km**.

Key words:

1 - Asphaltting

2 - Design

3 - roadway

4 – Sanitation

5 – Sizing

LISTE DES ABREVIATIONS

BA	:	Béton Armé
BAEL	:	Béton Armé aux Etats Limites
BB	:	Béton Bitumineux
BV	:	Bassin Versant
CAM	:	Coefficient d'Agressivité Moyen
CBR	:	California Bearing Ratio (indice portant californien)
CEBTP	:	Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics
CIEH	:	Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
ELS	:	Etat Limite de Service
ELU	:	Etat Limite Ultime
ES	:	Equivalent de Sable
ICTAVRU	:	Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines
OPM	:	Optimum Proctor Modifié
ORSTOM	:	Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer
PL	:	Poids Lourds
PK	:	Point kilométrique
RN	:	Route Nationale
SETRA	:	Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
SDAU	:	Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisation
TMJ	:	Trafic Journalier Moyen
TN	:	Terrain Naturel
TPC	:	Terre-Plein Central

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
TABLE DES MATIERES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES	x
INTRODUCTION	1
I. PRESENTATION DU BUREAU D'ETUDE TECHNI-CONSULT ET GENERALITES SUR LE PROJET.....	2
I.1 Présentation du bureau d'étude Techni-consult.....	2
I.1.1 Brève historique.....	2
I.1.2 Domaines d'activité	2
I.1.3 Organigramme du personnel de TECHNI-CONSULT Burkina	2
I.2 Présentation du projet	3
I.2.1 Contexte.....	3
I.2.2 Justification du projet	3
I.2.3 Objectif de l'étude	3
I.2.4 Situation géographique de la zone du projet.....	4
I.2.5 Diagnostic des rues à étudier	5
II. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	7
II.1 Relevés de terrain	7
II.2 Collecte des données et recherches documentaires	7
II.3 La conception proprement dite	7
II.4 La Quantification des aménagements	7
III. CONCEPTION GEOMETRIQUE.....	8
III.1 Type et catégorie de la route.....	8
III.2 Conception de l'axe en plan	8
III.3 Conception du profil en long.	9
III.4 Conception du profil en travers	10
III.5 Détermination des exigences de visibilité	10
III.5.1 Vitesse pratiquée V85	10

III.5.2	Distance d'arrêt et de perception	10
III.5.3	Visibilité sur un virage.....	11
III.5.4	Visibilité dans un carrefour ou dans un accès	11
III.6	Conception générale et géométrique des carrefours.....	11
III.6.1	Choix du type de carrefour	11
III.6.2	Conception des carrefours plans ordinaires	12
III.6.3	Conception des carrefours giratoires.....	12
IV.	DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE	14
IV.1	Durée de vie de la chaussée	14
IV.2	Trafic de dimensionnement	14
IV.2.1	Trafic moyen journalier annuel (TMJA).....	14
IV.2.2	Taux de croissance du trafic.....	15
IV.2.3	Coefficient d'agressivité moyen (CAM).....	15
IV.2.4	Nombre équivalent d'essieux de référence NE	15
IV.2.5	Déduction de la classe de trafic.....	15
IV.3	Analyse des caractéristiques géotechniques du sol	15
IV.3.1	Reconnaissance des sols de la plateforme.....	15
IV.3.2	Analyse des matériaux d'emprunts	16
IV.3.3	Analyse des agrégats.....	17
IV.4	Prédimensionnement de la structure de chaussée.....	18
IV.5	Calcul et vérification des contraintes et déformations admissible.....	18
IV.5.1	Détermination des contraintes et déformations admissibles	19
IV.5.2	Calcul des contraintes et déformation avec le logiciel Alize-LCPC et comparaison avec les valeurs admissibles	19
V.	ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	21
V.1	Analyse et exploitation des données de base	21
V.1.1	L'hydrographie	21
V.1.2	La pluviométrie.....	21
V.2	Étude hydrologique.....	23
V.2.1	Les bassins versants	23
V.2.2	Estimation des débits	26
V.3	Études hydrauliques.....	33
V.3.1	Dimensionnement hydraulique des caniveaux.....	33
V.3.2	Dimensionnement hydraulique des dalots	36
VI.	DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT.....	39
VI.1	Dimensionnement structural des caniveaux	39
VI.1.1	Calcul des sollicitations des caniveaux	40
VI.1.2	Calcul des armatures des caniveaux.....	41

VI.2	Dimensionnement structural des Dalots	41
VI.2.1	Calcul des sollicitations des dalots.....	42
VI.2.2	Calcul des armatures des éléments de dalot	42
VII.	ÉQUIPEMENTS NÉCESSAIRES A LA SÉCURITÉ ET L'EXPLOITATION	45
VII.1	La signalisation	45
VII.1.1	La signalisation verticale	45
VII.1.2	La signalisation horizontale	46
VII.2	L'éclairage	47
VII.2.1	Équipements d'éclairage.....	47
VII.2.2	Implantation des supports d'éclairage.....	47
VII.2.3	Mode d'alimentation	47
VIII.	ÉTUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	48
VIII.1	Cadre législatif et réglementaire	48
VIII.2	Identification et analyse des impacts potentiels du projet	49
VIII.2.1	Impacts positifs	49
VIII.2.2	Impacts négatifs	50
VIII.3	Mesure d'atténuation des effets négatifs	51
IX.	ESTIMATION DU COUT PROJET.....	53
IX.1	Avant métré	53
IX.2	Devis estimatif.....	53
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	57
	BIBLIOGRAPHIE	59
	ANNEXE	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques limites des paramètres du profil en long.....	9
Tableau 2 : Caractéristiques limites des paramètres du profil en long.....	9
Tableau 3 : Résultats des sondages et essais géotechniques de laboratoire.	16
Tableau 4 : Sites d'emprunt et caractéristiques de ses matériaux.....	16
Tableau 5 : exigences minimales de qualité de matériaux des couches de chaussée.....	17
Tableau 6 : Caractéristiques des agrégats	18
Tableau 7 : Valeurs admissibles des contraintes et déformations.....	19
Tableau 8 : Contraintes et déformations aux interfaces des couches de chaussée données par le logiciel Alizé - LCPC.....	20
Tableau 9 : Caractéristiques géomorphologique des bassins versants.....	26
Tableau 10 : Coefficients de ruissellement en fonction du type d'occupation des sols	28
Tableau 11 : Résultat de calcul de débit avec la méthode rationnelle.....	28
Tableau 12 : Résultat de calcul de débit par la méthode ORSTOM	31
Tableau 13 : Résultat de calcul de débit par la méthode CIEH.....	32
Tableau 14 : Choix de débit de dimensionnement	33
Tableau 15 : Résultat de calcul hydraulique des caniveaux.....	35
Tableau 16 : Récapitulatif des caniveaux.....	35
Tableau 17 : Calcul hydraulique des dalots transversaux	38
Tableau 18: Récapitulatif des dalots	38
Tableau 19 : Résultat de calcul des sollicitations des caniveaux	40
Tableau 20 : Résultat de calcul des armatures des caniveaux.....	41
Tableau 21 : Résultat de calcul des sollicitations des dalots.....	43
Tableau 22 : Résultat de calcul des armatures des dalots	44
Tableau 23 : Panneaux de signalisation	45
Tableau 24 : Caractéristiques des marquages au sol	46
Tableau 25 : Mesure d'atténuation des impacts négatifs.....	51
Tableau 26 : Devis quantitatif et estimatif du projet.....	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de situation de la zone de projet.....	4
Figure 2 : Vue aérienne des rues en projet	5
Figure 3: Ajustement des pluies maximales journalières par la loi de Gumbel	22
Figure 4 : Délimitation des bassins versants	24

INTRODUCTION

Un slogan qui revient dans de nombreux discours est : « La route du développement passe par le développement de la route ». C'est une vérité évidente, car un réseau routier bien développé favorise le désenclavement des régions, l'interconnexion entre les états, il fluidifie la circulation des personnes et des biens et donc stimule fortement l'activité économique. Le gouvernement du Burkina Faso a bien intégré cette pensée en faisant de l'aménagement des infrastructures routières l'une des actions stratégiques du Plan National de Développement Economique et Social (PNDES) dont l'objectif principal est de transformer l'économie burkinabè pour une croissance forte et durable. Ainsi, le projet d'aménagement et le bitumage d'environ 16 km de voirie dans la ville de Bobo-Dioulasso (secteurs 24, 25 et 17) contribue à l'accomplissement de cet objectif.

Par ailleurs, pour qu'une infrastructure routière puisse satisfaire à un minimum d'exigence de qualité, elle doit être constructible, fonctionnelle, sécuritaire, économique et durable. Elle doit aussi répondre aux normes architecturales imposées par les contraintes du site. Pour garantir ce niveau d'exigence, la commune de Bobo-Dioulasso a fait appel à l'expertise du bureau d'étude Techni-Consult pour une proposition technique et économique des travaux d'aménagement de la voirie. Notre mémoire entre dans le cadre d'un stage de six mois réalisé au sein de Techni-Consult dont la mission est d'analyser, concevoir et quantifier la nature des aménagements d'environ 4 km de ladite voirie de Bobo-Dioulasso. Les voies concernées étant les rues 25.61 (0,533 km), 25.65 (1,76 km), 17.170 (0,211 km) et 17.104 (1,50 km).

Afin de mieux appréhender le sujet, nous avons structuré le document suivant un plan bien défini qui consiste dans un premier temps à présenter la structure du bureau d'étude Techni-Consult ainsi que les caractéristiques du projet. En second lieu, nous présentons les propositions techniques des différents aménagements en fonction des données topographiques, hydrauliques, géotechniques, environnementales et esthétiques. Les aspects concernés étant : la géométrie des voies, la structural interne de la chaussée, les ouvrages d'assainissement et la disposition des équipements de sécurité et d'exploitation. Nous présentons également la notice d'impact environnemental et social. Et pour finir, nous évaluons le coût du projet à partir des matériaux et matériels quantifiés et leurs prix unitaires.

I. PRESENTATION DU BUREAU D'ETUDE TECHNI-CONSULT ET GENERALITES SUR LE PROJET

I.1 Présentation du bureau d'étude Techni-consult

I.1.1 Brève historique

Techni-Consult est un bureau d'Études et Ingénieurs-Conseils créé en 1988 grâce à un programme de départ volontaire des cadres africains, initié par plusieurs administrations dans le cadre de la privatisation amorcée par les pays de l'Afrique de l'Ouest et avec l'appui de la Banque Mondiale et d'autres organismes.

Dans le cadre de l'intégration sous régionale amorcée par l'UEMOA, et conscient du rôle qu'il doit jouer dans le développement économique de l'Afrique, Techni-Consult a décidé de s'investir dans les pays de la sous-région ayant les mêmes conditions climatiques. Ces pays sont principalement le Niger (1988), le Burkina Faso (1993), Le Mali (1996) et le Togo (1997).

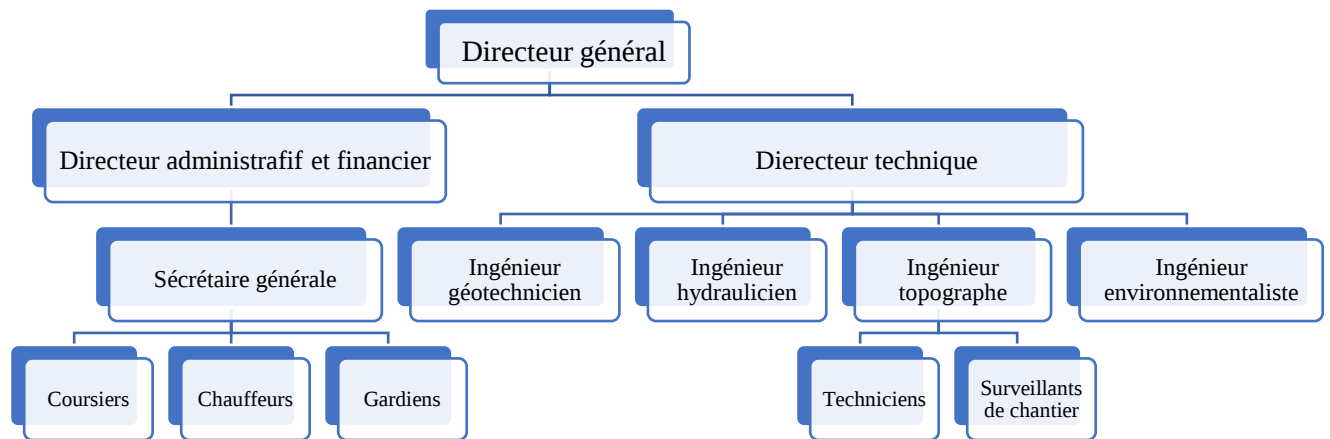
Techni-Consult Burkina est reconnu sous le statut juridique de société à responsabilité limitée (SARL) et son siège social se situe à Cissin, Rue de l'UNPFA 05 BP 6161 Ouagadougou 05. Tel : (226) 50 43 12 37, Fax : 50 43 17 64, Email : tconsult@fasonet.bf

I.1.2 Domaines d'activité

Techni-Consult est un bureau d'étude dynamique qui intervient pour le compte d'une clientèle publique ou privée. Il met à leur disposition des équipes pluridisciplinaires composées d'ingénieurs, des topographes, des géotechniciens, des hydrauliciens, des environnementalistes, des pédologues, des économistes et des conducteurs de travaux avec toute la logistique nécessaire pour un bon déroulement des prestations. Techni-Consult est principalement spécialisé dans les études de faisabilité et le contrôle des travaux d'ingénierie. Il intervient dans quatre grands domaines d'activité à savoir les infrastructures de transport, les bâtiments, les aménagements hydroagricoles, les voiries et réseaux divers.

Techni-Consult propose également des services en matière d'analyse de besoin en formation (cours pratiques). Le programme de formation étant spécifiquement destiné aux PME et aux comités villageois d'entretien des pistes rurales.

I.1.3 Organigramme du personnel de TECHNI-CONSULT Burkina



I.2 Présentation du projet

I.2.1 Contexte

Dans le cadre de l'exécution de son budget communal 2018, la commune de Bobo-Dioulasso propose dans une lettre de mission un projet d'aménagement et de bitumage d'environ 16 km de voirie dans la ville de Bobo-Dioulasso. Cette voirie est constituée de neuf rues à savoir : la Rue 24.47, la Rue 24.204, la Rue 24.141, la Rue 24.55, la Rue 24.132, la Rue 25.61, la Rue 25.65, la Rue 17.170 et la Rue 17.104. L'ensemble des voies totalise environ 16 km de linéaires de voies à analyser.

Pour répondre à cette proposition, le bureau d'étude Techni-Consult est missionné pour élaborer les études d'avant-projet (APS et APD), les études d'impact environnementales et sociales (EIES) et le dossier d'appel d'offres pour les travaux. Cette dernière partie ne sera pas traitée ici.

I.2.2 Justification du projet

Les voies à étudier permettront d'assurer les liaisons secondaires, elles relieront entre elles les quartiers isolés de la ville de Bobo-Dioulasso. De plus, elles assureront la collecte du trafic de desserte dans le quartier vers les routes principales ou de liaison. Par ailleurs, tenant compte du Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisation (SDAU) en cours, la zone couverte des secteurs 24 et 25 devra abriter une centralité secondaire. Ce sont donc les voies qui devront renforcer cette centralité à venir tout en jouant pour un certain temps la fonction supplémentaire de voie de transit.

I.2.3 Objectif de l'étude

L'objectif global de notre travail est de déterminer, concevoir et quantifier la nature des interventions et aménagements à appliquer aux rues 25.61, 25.65, 17.170 et 17.104. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- Proposer une conception géométrique et structurale de la route

- Proposer un dimensionnement hydraulique et structural des ouvrages d'assainissement ;
- Faire une étude d'impact environnementale et sociale ;
- Déterminer les équipements de sécurité et d'exploitation de l'ouvrage;
- Faire un devis quantitatif et estimatif du projet;

I.2.4 Situation géographique de la zone du projet

Bobo-Dioulasso est le chef-lieu de la province du Houet, de la région des Hauts Bassins située au sud-ouest du Burkina Faso en Afrique de l'Ouest (voir figure 1). Deuxième ville du pays en nombre d'habitants (un peu plus de 900 000), elle est située au carrefour des axes routiers reliant le Mali, la Côte d'Ivoire, et le Ghana. De par sa situation géographique, Bobo-Dioulasso est le plus grand centre économique de l'ouest du Burkina. La ville est accessible par la RN 1, la RN8, un chemin de fer reliant Abidjan à Ouagadougou y passe également. Il y a enfin un aéroport à Bobo qui accueille les vols intérieurs.

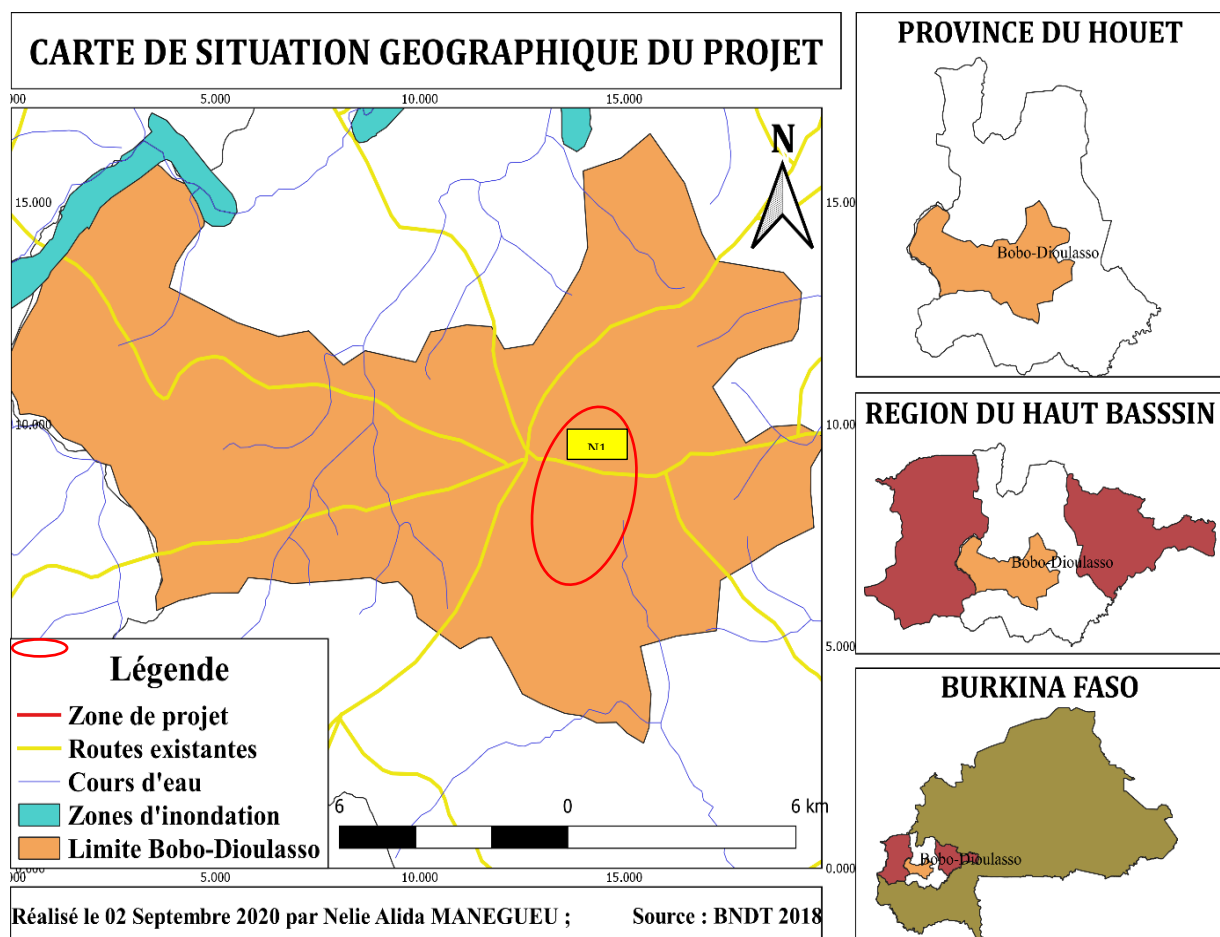


Figure 1 : Carte de situation de la zone de projet

I.2.5 Diagnostic des rues à étudier

I.2.5.1 Description des voies

La rue 25.61 est une voie en terre qui prend son origine à l'intersection avec la RN01 et se termine au début de la rue 25.65. Sa longueur est de 0,535 km, et son emprise est de 25 m entre « fronts bâtis ». Elle contient 9 rues adjacentes dont aucune n'est aménagée.

La rue 25.65 est une voie non aménagée qui prend son origine à la fin de la rue 25.61 et se termine à la fin de la rue 17.170. Sa longueur est de 1,760 km, et son emprise est variable, elle est égale à 25 m sur certains tronçons et de 40 m sur d'autres entre « fronts bâtis ». La voie contient 33 rues adjacentes dont aucune n'est bitumée.

La rue 17.170 est une voie non aménagée qui prend son origine à la fin de la rue 17.104 et se termine à la fin de la rue 25.65. Sa longueur est de 0,211 km, et son emprise est de 45 m entre « front bâti ». Un seul côté (côté droit) de l'emprise est occupé par des habitations. Cette rue contient 06 rues adjacentes dont aucune n'est bitumée.

La rue 17.104 est une voie non aménagée qui prend son origine à l'intersection avec l'avenue du Gouverneur Louveau et se termine au début de la rue 17.170. Sa longueur est de 1,502 km, et son emprise varie de 45 m à 50 m entre « front bâti ». Le côté gauche de l'emprise est occupé par des habitations. La rue contient 25 rues adjacentes dont aucune n'est bitumée.

La figure 2 ci-dessous présente une vue aérienne des différentes rues en projet.

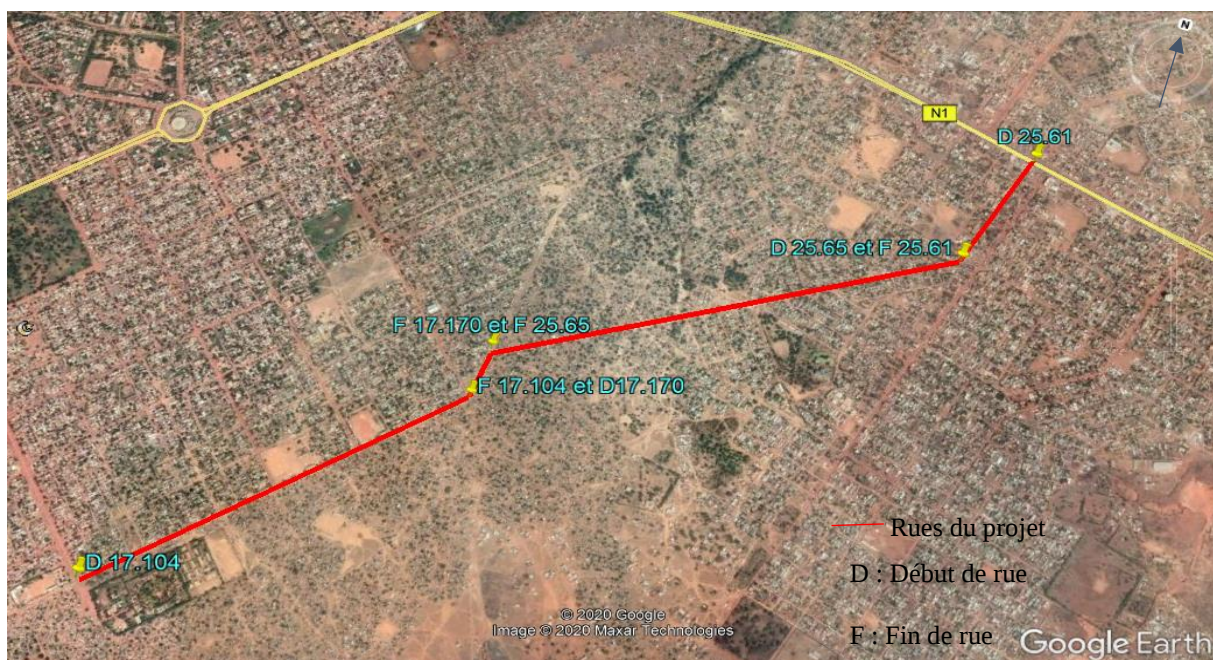


Figure 2 : Vue aérienne des rues en projet

I.2.5.2 Analyse des déplacements

Actuellement, la plupart des déplacements sur les voies étudiées ont pour destination des lieux de travail, des lieux de commerce et des écoles. Les déplacements individuels dominent largement sur les autres modes, ce sont principalement les deux roues motorisés (47%) et les véhicules particuliers (17%). Les modes utilitaires viennent en deuxième position et regroupe les tricycles (13%), les minicars (7%), les camionnettes (6%) et les camions (4%). Les transports en commun occupent la dernière position et regroupe les taxis (6%) et autocars (1%).

I.2.5.3 Analyse socio-économique

L'économie de la zone est basée majoritairement sur le commerce, l'emprise des voies est occupée par des hangars, des boutiques et des kiosques et des maisons. Etant donné que les riverains des voies sont pour le plus part des maisons d'habitation et des zones de commerce, Le taux de fréquentation par les piétons est assez important et nécessite alors des trottoirs.

I.2.5.4 Analyse environnementale

Les contraintes environnementales sont particulièrement marquées par l'implantation des arbres sur l'emprise des voies. En effet, on note la présence de 42 arbres sur l'emprise de la rue 25.61 ; 218 arbres sur l'emprise de la rue 25.65 ; 10 arbres sur l'emprise de la rue 17.170 et 134 arbres sur l'emprise de la rue 17.104

I.2.5.5 Analyse des réseaux

Ce sont particulièrement les réseaux électriques, les réseaux téléphoniques et les réseaux d'alimentation en eau. Le réseau électrique est constitué de poteaux électriques haute tension et basse tension dont certains sont utilisés pour l'éclairage public. Le réseau téléphonique ONATEL est constitué de plusieurs poteaux téléphoniques installés le long des voies. Le réseau d'alimentation en eau et d'assainissement est constitué de regards de l'ONEA et de bornes fontaines. On observe également une bouche d'incendie au PK 1+490 de la rue 17.104.

I.2.5.6 Analyse des ouvrages et aménagements existants

Certains ouvrages sont présents sur les voies. En effet, sur la rue 25.61 nous avons un dalot de section 1x2,00x0,80 au Pk 0+005. Sur la rue 25.65, nous avons deux dalots dont le premier au PK 1+047 (section 1x2,00x1,00) qui sera supprimé et le second au PK 1+135 (section 2x2,00x2,00) qui sera remplacé. Sur la rue 17.45 adjacente à la rue 17.104, il existe un collecteur (de section 2,00x1,00 au début et 2,50x2,10 vers la fin de la rue) qui pourra servir d'exutoire pour la rue 17.104 (voir paragraphe V.3). Les images de ces ouvrages sont jointes en annexe III.4 Comme aménagement, on note la présence d'un feu tricolore au PK 0+000 de la rue 25.61.

II. MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

L'étude d'un projet routier doit être basée autour d'un agencement bien précis si l'on veut garantir sa réussite, à cet effet, nous avons subdivisé Le processus de conception de notre projet en quatre grandes phases : les relevés ou inspection du terrain, la collecte des données, la conception proprement dite et la quantification. Dans cette partie, nous présentons les phases par ordre chronologique ainsi que les matériels utilisés au cours de chacune d'elles.

II.1 Relevés de terrain

C'est la première phase du processus de conception, c'est une phase incontournable qui permet de collecter les informations visibles à l'œil nu. Lors de cette phase, nous nous sommes munis d'un appareil photo, un GPS et une règle pour caractériser l'ensemble des aménagements existants sur le terrain (constructions, des ouvrages existants des réseaux électriques, les réseaux téléphoniques, les réseaux d'alimentation en eau portable, etc.), et les contraintes environnementales (Arbres, passages d'eau, etc.)

II.2 Collecte des données et recherches documentaires

À cette étape, nous procédons aux recueils des données nécessaires à la conception. Il s'agit du plan d'occupation du sol, les données du trafic (Comptage), les données géotechniques (sondage et essais de laboratoire), les données topographiques et les données hydrologiques.

La recherche documentaire concerne la collection de pièces écrites sous lesquelles se base la conception des ouvrages. Il s'agit des normes de conception et de dimensionnement (comme le BAEL et l'ICTAVRU), les fascicules, les guides techniques de dimensionnement de la chaussée et les livres d'hydraulique routière (voir références bibliographiques).

II.3 La conception proprement dite

Comme l'indique son nom, c'est la phase de conception et de dimensionnement. Cette phase est effectuée à partir des données des phases précédentes. La conception géométrique, le dimensionnement de la chaussée et le calcul hydraulique sont faits conjointement et en premier lieu. Le dimensionnement structural des ouvrages, la détermination et la disposition des équipements, les EIES sont effectués par la suite et de façon indépendante.

II.4 La Quantification des aménagements

C'est la phase de l'étude qui permet d'estimer le coût du projet. Ici, l'ensemble des aménagements est mesuré et évalué sur la base des prix de référence élaborés suivant la situation économique actuelle du Burkina Faso.

III. CONCEPTION GEOMETRIQUE

La conception géométrique d'une route consiste à définir l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable. C'est un concept qui doit donner une forme précise à une nécessité économique tout en tenant compte de multiples facteurs humains (champ de vision, temps de réaction, perception des perspectives ...) et mécaniques (force centrifuge, force d'inertie ...). La géométrie d'une route est caractérisée par trois éléments à savoir ; le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers. Dans cette partie, nous ferons ressortir ces différents éléments pour ce projet de façon à respecter au mieux les exigences de visibilité et prendre en considération le drainage, l'esthétique de la route et le confort des usagers. La démarche de conception des tracés est la suivante :

- Conception des tracés (tracé en plan, profil en long, profils en travers) selon les normes;
- Déduction des vitesses pratiquées en chaque point du tracé ;
- Détermination des exigences de visibilité ;
- Comparaison avec les distances de visibilité effectivement offertes, détection des insuffisances éventuelles et modifications éventuelles du tracé.

Toutefois avant de commencer la conception, une étude topographique a été effectuée et le traitement des données est réalisé avec les logiciels Piste 5 et AutoCAD.

III.1 Type et catégorie de la route

Le choix d'un type de route vise à assurer l'adéquation de la route aux fonctions que le maître d'ouvrage de la voirie souhaite assurer ou privilégier (ces fonctions sont principalement la liaison et la collecte à courte distance). Ce choix dépend également de la nature du site où l'ouvrage est implanté. Étant dans une zone très urbanisée nous allons considérer selon l'ICTAVRU une route de **type U** et de catégorie **U60** [1].

III.2 Conception de l'axe en plan

Le tracé en plan d'une route est une succession de segments de droite (alignements droits) raccordés par des courbes (cercles, arcs de clothoïde). Les objectifs de confort et de sécurité ne sont atteints qu'à condition de respecter les règles liant la vitesse du véhicule, le rayon de courbure du tracé et le dévers de chaussée. Avec la catégorie de route U60 [1] choisie précédemment, les conditions du tableau 1 ci-dessous sont à prendre en compte lors de la conception de l'axe en plan.

Tableau 1 : Caractéristiques limites des paramètres du profil en long

Catégorie	Rayon minimal : Rm (en m)	Rayon non déversé : Rnd (en m)	Dévers maximal
U60	120	200	7%

La conception du tracé de chaque rue est faite de façon indépendante en tenant compte principalement de l'emprise de la route. Compte tenu du fait d'être en agglomération, le tracé est réalisé en sorte d'être le plus proche possible de l'axe de l'emprise (délimité par les constructions) cela dans le but de tenir compte de l'aspect architectural de la voie.

Aucun des rayons n'est inférieur au rayon non déversé, nous ne notons dans ce cas aucune variation de dévers. Par conséquent, les courbes gardent les mêmes devers que les alignements droits. Les paramètres du tracé en plan sont résumés en ANNEXE I.1

III.3 Conception du profil en long.

Le profil en long d'une route est caractérisé par une succession de déclivités (pentes et rampes) liées par des raccordements paraboliques. Tout comme pour le tracé en plan, les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les caractéristiques limites consignées dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Caractéristiques limites des paramètres du profil en long

Désignation	Valeurs
Déclivité moyenne	6%
Rayon minimal absolu en angle saillant	1 500 m
Rayon minimal normal en angle saillant	2 500 m
Rayon minimal absolu en angle rentrant	800 m
Rayon minimal normal en angle rentrant	1 500 m

Lors du tracé, nous avons fait en sorte que les rayons de raccordement paraboliques soient tous supérieurs aux rayons minimaux normaux

Le traçage de la ligne de projet a été effectué après le dimensionnement hydraulique des ouvrages (voir paragraphe V.3) afin de respecter les contraintes liées au niveau des ouvrages. En ce qui concerne le respect des exigences de visibilité définies en III.5, nous avons essayé au mieux lors du tracé d'effectuer une bonne coordination entre le profil en long et le tracé en plan. Les

paramètres du profil en long sont joints en ANNEXE I.2 tandis que le tracé combiné (tracé en plan et profil en long) de chaque rue est joint en annexe IX

III.4 Conception du profil en travers

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projeté. Ses éléments de conception pour ce projet sont les suivants :

- Chaussée à 2 x 2 x 3,5 m;
- Terreplein central (TPC) de 1m ;
- Béton de blocage de 20cm x 30 cm ;
- Trottoirs revêtus en pavé (ep 6cm) de largeur variable ;
- Bordures discontinue de types T2 ;
- Caniveaux latéraux rectangulaires avec dalles de couverture ;
- Pente transversale de la chaussée = 2,5% ;
- Pente des talus de déblai = 2 /3 H ;
- Pente des talus de remblais = 2 /3 H.

Le profil en travers type est joint en annexe IX du présent rapport

III.5 Détermination des exigences de visibilité

La détermination des exigences de visibilité qui doivent être prises en compte lors de la conception géométrie de la route nécessite la connaissance de certaines notions telles que la distance de freinage, la distance d'arrêt, la distance de perception et la vitesse pratiquée. Ces paramètres sont déterminés avant le calcul des distances de visibilité.

III.5.1 Vitesse pratiquée V_{85}

C'est la vitesse en dessous de laquelle circulent 85 % des usagers de la route en condition de circulation fluide. Pour la présente étude, la valeur de la vitesse V_{85} à prendre en compte est la limitation de vitesse qui est de 50 **km/h** Étant donné que nous sommes en pleine agglomération.

III.5.2 Distance d'arrêt et de perception

➤ Distance de freinage

C'est la distance que parcourt le véhicule pendant l'action de freinage pour passer de la vitesse V à la vitesse nulle. Avec une vitesse pratiquée de 50 km/h, sa valeur est de **$d_0 = 25\text{ m}$**

➤ Distance d'arrêt en alignement droit

C'est la distance de freinage d_0 augmentée de la distance parcourue pendant le temps de réaction de freinage ($t = 2\text{s}$) devant un obstacle inattendu.

$$d_1 = d_0 + 2 \times \frac{V (km/h)}{3,6} = 55 m$$

➤ **Distance d'arrêt en courbe**

Elle est obtenue en augmentant dans la formule donnant la distance d'arrêt en alignement droit 25% de la distance de freinage

$$d_2 = 1,25d_0 + 2 \times \frac{V (km/h)}{3,6} = 60 m$$

➤ **Distance de perception**

La distance de perception est la distance à laquelle certains points particuliers de la route doivent pouvoir être vus suffisamment tôt pour laisser le temps de faire la manœuvre. Elle est égale à la somme de la distance d'arrêt d_1 et de la distance parcourue en 6 secondes

$$d_p = d_1 + 6 \times \frac{V (km/h)}{3,6} = 138 m$$

III.5.3 Visibilité sur un virage

Le conducteur doit disposer à l'approche d'un virage d'une visibilité telle qu'il puisse percevoir le virage et modifier son comportement à temps. La distance nécessaire est celle parcourue en 3 secondes à la vitesse V_{85} .

$$\text{Soit } d_v = 3 \times V_{85}(m/s) = 42 m$$

III.5.4 Visibilité dans un carrefour ou dans un accès

A l'approche d'un carrefour ou accès, l'usager non prioritaire doit disposer du temps nécessaire pour s'informer de la présence ou non d'un autre usager sur la route prioritaire. Pour ce fait, il doit disposer d'une distance de visibilité parcourue à la vitesse V_{85} en 8 secondes

$$\text{Soit } d_{ac} = 8 \times V_{85}(m/s) = 112 m$$

III.6 Conception générale et géométrie des carrefours

III.6.1 Choix du type de carrefour

Le mode de fonctionnement d'un carrefour doit être compatible avec les conditions de fonctionnement du type d'infrastructure sur lequel on l'implante (route de type U à deux chaussées séparées dans ce cas) ; il doit également être adapté aux conditions particulières du site et de son fonctionnement (trafics, usages, proximité d'une agglomération, transition entre deux types d'infrastructure, problèmes de sécurité, etc.). En plus d'être en pleine agglomération où les

accès riverains sont admis, les points d'échange sont assez nombreux. Ces contraintes permettent de déduire que les carrefours giratoires et les carrefours plans ordinaires (demi-carrefour) sont les aménagements les mieux adaptés [2].

III.6.2 Conception des carrefours plans ordinaires

Comme défini dans l'ICTAVRU [1], sur les routes à 2 x 2 voies de type U, les carrefours plans ordinaires sont systématiquement traités en demi-carrefours (voir plan type des amorces en annexe IX). Les conditions à réunir pour son implantation sont définies en quatre points à savoir la visibilité, la lisibilité, la distance entre deux carrefours et la limitation du nombre des carrefours implantés.

Du point de vue de la visibilité, l'implantation des carrefours ou accès en courbe et en angle saillant sont exclus. Aussi, à proximité d'un carrefour, tout objet situé dans l'environnement de la route (panneau ou équipement, arbre, cultures, autre végétation, bâtiment, ouvrage, mur, véhicule en stationnement, etc.) est susceptible de masquer la visibilité. C'est pourquoi un tel objet doit être situé à une distance d'environ 200 m du triangle de visibilité dans la situation de CEDEZ LE PASSAGE, et d'environ 50 m au moins dans la situation d'arrêt-STOP (voir paragraphe VII.1.1)

La condition nécessaire pour une lisibilité satisfaisante est de disposer d'une signalisation simple, cohérente et placée de façon à être bien perçue par les usagers (voir paragraphe VII.1.2)

La condition de distance entre deux carrefours ne sera pas prise en compte ici, car la totalité des amorces ou accès sera aménagée en demi-carrefour, peu importe la distance qui les sépare les uns des autres. Compte tenu de cela, le nombre de demi-carrefour ou accès aménagés est de 69

III.6.3 Conception des carrefours giratoires

Dans le présent projet, nous avons un seul giratoire situé à l'intersection des rues 25.61 et 25.65, il est constitué d'un ilot central et de cinq branches contenant chacune un ilot séparateur.

III.6.3.1 Dispositions générales

La phase de conception d'un carrefour à sens giratoire doit prendre en compte certaines recommandations particulières définies par le guide d'aménagement des carrefours plans [2]. A cette fin, il convient ici de considérer un aménagement simple de faible étendue, de forme circulaire

Pour assurer une bonne visibilité, il est important que l'ilot central ne comporte pas d'obstacle à la vue (plantation haute) à moins de 2 m de sa bordure périphérique. Aussi, les triangles de

visibilité doivent avoir les caractéristiques similaires sur toutes les branches du même giratoire (afin d'induire des comportements homogènes).

En ce qui concerne la disposition de l'îlot central du giratoire, il doit être implanté de façon à ce que tous les axes des branches passent le plus proche possible du centre du giratoire

III.6.3.2 Conception géométrique du giratoire

Les Caractéristiques géométrique du giratoire sont les suivantes :

- Le rayon du giratoire : $R_g = 16 \text{ m}$
- Le rayon intérieur : $R_i = 6,5 \text{ m}$
- La largeur des voies entrantes : $l_e = 7 \text{ m}$ pour l'entrée de la voie principale et 4 m pour l'entrée des voies secondaires.
- Le rayon d'entrée : $R_e = 12 \text{ m}$
- La largeur des voies sortantes : $l_s = 7 \text{ m}$ pour la sortie de la voie principale et $4,5 \text{ m}$ pour la sortie des voies secondaires.
- Le rayon de sortie : $R_s = 18 \text{ m}$
- La largeur de la chaussée annulaire : $L_a = 8,5 \text{ m}$
- Bande franchissable : $L_f = 1 \text{ m}$
- Dévers de la chaussée annulaire : $i = 2 \%$

A partir du rayon de giratoire nous pouvons déduire les caractéristiques des ilots séparateurs

- Hauteur du triangle de construction : $H = R_g = 16 \text{ m}$
- Hauteur du triangle de construction : $B = R_g/4 = 4 \text{ m}$
- Rayon de raccordement des bordures : $r = R_g/50 = 0,3 \text{ m}$

IV. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE

Le dimensionnement de la structure de chaussée consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie. Selon le guide du CEBTP [3], cette structure est conditionnée par quatre paramètres à savoir, la durée de vie, le trafic, la qualité de la plateforme support et les matériaux pour assise. Dans ce chapitre, nous procédons d'abord à l'analyse de ces paramètres et à un pré-dimensionnement des différentes couches ; puis nous calculons les contraintes et déformations de la structure suivie de la vérification en fatigue et déformation du support en comparant les contraintes obtenues à partir du logiciel Alizé aux contraintes limites admissibles. Pour finir, nous ajustons les épaisseurs calculées pour tenir compte des contraintes.

IV.1 Durée de vie de la chaussée

On définit la durée de vie, comme la période pendant laquelle, sous réserve du respect des hypothèses d'évolution, il ne doit pas être nécessaire de procéder à une remise en état ou un renforcement lourd des couches de chaussée à l'exception des renouvellements de surface [4]. Elle est fonction de la stratégie d'investissement initial fixé par le maître d'ouvrage. Ici, la politique est orientée vers un investissement initial élevé correspondant à l'objectif de disposer d'une chaussée ne présentant pas de dégradations structurelles avant une longue période (20 ans et plus). La durée de service ou durée initiale de calcul choisie par le maître d'ouvrage est de 20 ans.

IV.2 Trafic de dimensionnement

Le trafic exprime le nombre de passages de véhicules dans une période déterminée et pour une voie de circulation. Il est évalué ici par comptage manuel sur une durée de trois jours de tous types de véhicules (voir fiche de comptage en ANNEXE II .1). Les poids lourds sont les seuls véhicules pris en considération pour décrire et quantifier le trafic qui intervient dans le dimensionnement, car ils ont un effet significatif sur la fatigue des chaussées.

IV.2.1 Trafic moyen journalier annuel (TMJA)

Il correspond au trafic poids lourds (Bus, autocar et camions en art) par jour et par sens à la date de mise en service. La valeur de TMJA est issue de l'étude de trafic et prend en compte le trafic de comptage, le trafic induit et le trafic dérivé. Le nombre de poids lourd issu des données de comptage est de 113 PL/j/sens (voir annexe II.1). Le trafic dérivé ou détourné va provenir du port sec de Bobo-Dioulasso. En effet, au lieu de passer par le centre-ville, les poids lourds qui proviennent du port vont passer par les nouveaux aménagements pour rejoindre la RN1. D'après

les résultats de l'enquête origine destination, le trafic détourné est estimé à 67 PL/j/sens. En ce qui concerne le trafic induit ou engendré, sa valeur est étroitement liée à la croissance économique de la région, on supposera dans ce cas qu'il est égal à 5% du trafic actuel, soit 6 PL/j/sens. Ainsi le trafic moyen journalier annuel de dimensionnement est : **TMJA = 186 PL/j/sens.**

IV.2.2 Taux de croissance du trafic

N'ayant pas effectué les études pour obtenir le taux de croissance du trafic, nous supposons qu'il est égal au taux de croissance du PIB de la population de Bobo-Dioulasso. Soit un taux de croissance du trafic égale à 5%

Trafic cumulé poids lourd.

Le trafic poids lourds cumulés sur la durée initiale de calcul est :

$$N = 365 \times TMJA \times C \quad \text{où} \quad C = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} C : \text{Facteur de cumul} \\ i : \text{Taux de croissance du trafic} \\ n : \text{Durée de vie de la chaussée} \end{cases}$$

$$\text{Soit} \quad N = 2,24 \times 10^6 \text{ PL}$$

IV.2.3 Coefficient d'agressivité moyen (CAM)

La connaissance précise du coefficient d'agressivité moyen nécessite des campagnes de pesées. En absence de ces données, nous allons considérer la valeur empirique utilisée pour les chaussées bitumineuses de faible épaisseur. Soit la valeur CAM = 0,8 [5].

IV.2.4 Nombre équivalent d'essieux de référence NE

Le nombre équivalent d'essieux de référence de 13t sur la durée de service est donné par :

$$NE = N \times CAM \quad \text{Soit} \quad NE = 1,80 \times 10^6 \text{ Essieux standards}$$

IV.2.5 Déduction de la classe de trafic

Le guide du CEBTP donne les classes de trafic T_i exprimées en nombre cumulé de passages d'un essieu équivalent (voir ANNEXE II) [3]. La valeur de NE obtenue précédemment nous permet de conclure de ce fait que le trafic est de classe T_3

IV.3 Analyse des caractéristiques géotechniques du sol

IV.3.1 Reconnaissance des sols de la plateforme

Pour la présente étude, les sondages sur le long des rues, les essais géotechniques de laboratoire et la recherche des matériaux d'emprunt ont été réalisés par le laboratoire ACIT Géotechnique [6]. Les résultats d'essais obtenus sur la plateforme mettent en évidence la présence des sols

argileux de haute plasticité sur certains tronçons de la voie qui pourrait entraîner la dégradation rapide de l'ouvrage (voir tableau 3). Pour pallier ce problème, ce type de sol doit être traité ou remplacé par une couche de forme d'épaisseur minimale 30 cm et respectant les exigences présentées au paragraphe IV.3.2. La classe de portance de dimensionnement sera celle du cas le plus défavorable et cela après traitement des zones de haute plasticité. Ainsi la plus faible classe de portance qu'on prendra en compte est S₄

Tableau 3 : Résultats des sondages et essais géotechniques de laboratoire.

N Rues et Sondage		PK	couche	Nature	Analyse granulométrique					Limite d'atterberg		OPM		CBR 95%	Classe de portance du sol
					20	10	5	2	0.08 (1)	LL	IP	gd _{opm}	w _{opt}		
17.104	1	0+250	10/100	Argile	100	100	99	97	71	44	25	1.68	18.4	18	S4
	2	0+500	10/100	GAL	100	94	69	51	32	34	10	1.68	18.4	18	S4
	3	0+750	10/100	AS	100	100	100	98	63	48	28	1.69	15.9	18	S4
	4	1+000	10/100	AS	100	100	99	98	64	39	21	1.69	15.9	18	S4
	5	1+250	10/100	Argile	100	100	100	99	65	38	30	1.66	16.5	13	S3
	6	1+500	5/100	AS	100	100	98	95	57	43	21	1.66	16.5	13	S3
17.170	1	0+150	10/60	GAL	100	96	86	79	54	35	18	1.76	13.3	16	S4
25.61	1	0+250	5/050	GAL	89	77	61	52	14	15	Sable	1.98	6.4	74	S5
	2	0+500	10/35	GAL	99	90	75	65	21	18	sable	1.95	7.5	58	S5
25.65	1	0+250	15/40	GAL	92	74	56	44	29	36	18	1.88	9.5	38	S5
	2	0+500	15/100	AS	100	100	100	98	66	42	22	1.88	9.5	38	S5
	3	0+750	5/100	Argile	100	99	97	94	64	52	28	1.88	9.5	38	S5
	4	1+000	10/100	Argile	100	100	99	99	73	45	23	1.88	9.5	38	S5
	5	1+250	20/90	AS	100	100	100	98	66	46	23	1.86	8.6	31	S5
	8	1+750	10/80	GAL	95	78	51	36	21	38	21	1.86	8.6	31	S5
GAL : Graveleux latéritique et AS : Argile Sableux										(1) Pourcentage de fines					

IV.3.2 Analyse des matériaux d'emprunts

Le laboratoire ACIT Géotechnique a identifié six sites d'emprunts autour du tracé dont les caractéristiques sont dressées dans le tableau 4 ci-dessous :

Tableau 4 : Sites d'emprunt et caractéristiques de ses matériaux

EMPRUNT	COORDONNEES GPS	Volume exploitable (m ³)	Analyse granulométrique (passant %)					LIMITES D'ATTERBERG		OPM		CBR 95%
			10mm	5mm	1.6 mm	0.4 mm	0.08 mm	wL	Ip			
										w _{opm}	γ _{d opm}	
EMPT N°1A	X=0370757 Y=1242465	10 000	56	36	26	24	13	24	12	6,9	2,11	65

EMPT N°1E	X=0370602 Y=1242553	10 250	64	47	34	31	17	25	12	7	1,96	32
EMPT N°2	X=0348019 Y=1236026	10 000	81	45	29	26	19	33	17	7,3	2,18	28
EMPT N°3	X=0347964 Y=1235841	8 500	72	44	29	26	18	38,5	20,5	8	2,1	46
EMPT N°4	X=0361660 Y=1244262	7 250	73	53	41	35	21	26	13	7,5	2,05	18
EMPT N°5	X=0356909 Y=1253252	10 400	70	52	39	36	30	34	17	10,8	1,96	37

Le guide pratique de dimensionnement du CEBTP [3] définit certaines exigences de qualité auquel doivent répondre les caractéristiques des matériaux constituant chaque couche (corps de remblai, couche de forme, couche de fondation et couche de base).

Tableau 5 : exigences minimales de qualité de matériaux des couches de chaussée

Couches	Critères d'exigence				
	CBR à 95 %	Densité OPM	IP	% de fine	D maximale
Remblai	$CBR \geq 5$	/	$IP \leq 30$	/	/
Couche de forme	$CBR \geq 15$	/	$IP \leq 20$	$F < 40\%$	/
Couche de fondation	$CBR \geq 30$	$\gamma_d > 1,8 \text{ t/m}^3$	$IP \leq 20$	$F < 30\%$	60 mm
Couche de base	$CBR \geq 80$	$\gamma_d > 2 \text{ t/m}^3$	$IP \leq 15$	$F < 20\%$	50 mm

En comparant ces exigences aux caractéristiques d'emprunts, on déduit que ces derniers peuvent être tous utilisés pour la mise en place des remblais et de la couche de forme à l'exception des matériaux de l'emprunt N°3 ($IP > 20$). En ce qui concerne la couche de fondation, les emprunts N°1A, N°1B et N°5 présentent des caractéristiques géotechniques suffisantes.

Par ailleurs, aucun emprunt ne présente des caractéristiques géotechniques exigées en couche de base. Cependant, il existe plusieurs matériaux pouvant améliorer la portance des sols latéritiques (litho-stabilisations). Ces derniers peuvent être utilisés sur l'emprunt N°1A afin d'obtenir un indice portant CBR supérieur ou égal à 80 à 95% de l'OPM. Les matériaux de traitement peuvent être du ciment, la chaux, les graves concassés ou encore les nodules latéritiques concassés. Toutefois, les techniques de stabilisation les plus économiques restent les traitements aux graves concassés et aux nodules latéritiques concassés (produits d'altération de roches gréseuses, métamorphiques et souvent granitiques, fortement érodées et oxydées) [7].

IV.3.3 Analyse des agrégats

Quatre sites d'agrégats (dont deux sites de sable et deux sites de quartz) ont été identifiés autour du tracé et les résultats d'essais au laboratoire sont consignés dans le Tableau 6. Du point de vue

du module de finesse, on remarque que le sable 1 présente la caractéristique d'être trop fin, car $1,8 < Mf < 2,2$. Il peut néanmoins être utilisé si l'on recherche la facilité de mise en œuvre au détriment de la résistance du béton. Le sable 2 a un module de finesse trop élevé ($Mf > 3,2$), donc contient très peu d'éléments fins. Du point de vue des valeurs d'équivalents de sable, les deux sables sont considérés comme étant trop propres ($ESV > 85$, $ES\text{ piston} > 80$). L'absence totale de fine argileuse dans ces sables risque d'entraîner un défaut de plasticité de béton qu'il faudra compenser par une augmentation du dosage en eau. En outre, les quarts sont considérés comme ayant une résistance moyenne, car leurs coefficients de Los Angeles sont tels que $25 < L_A < 40$).

Tableau 6 : Caractéristiques des agrégats

Echantillon	Classe granulaire	Module de finesse (Mf)	Equivalent de sable (ES)		Los Angeles
			ESV	ES piston	
Sable 1	0/1	2,05	95,77	85,81	
Sable 2	0/4	3,53	90,4	81	
Quartz 1	05/31,5				36,3
Quartz 2	12,5/31,5				32,5

IV.4 Pré-dimensionnement de la structure de chaussée

Les tableaux du Guide du CEBTP donnent les épaisseurs des couches à mettre en place en fonction des différents paramètres analysés précédemment. Alors avec une classe de trafic T_3 , une classe de portance de sol S_4 et la nature des matériaux d'emprunts, la structure la plus appropriée est la suivante :

- Revêtement : 5 cm de béton bitumineux (BB)
- Couche de base : 20 cm de béton de sol (graveleux latéritique + concassé)
- Couche de fondation : 15 cm de graveleux latéritique naturel

IV.5 Calcul et vérification des contraintes et déformations admissible

Les épaisseurs des différentes couches obtenues précédemment ne sont que des calculs de pré-dimensionnement ; il est alors nécessaire de se rassurer que cette structure est bien adaptée. Pour ce faire, il suffit de vérifier que :

- L'allongement ϵ_t à la base de la couche bitumineuse reste inférieur à la valeur limite admissible ϵ_{tad} ;
- La déformation verticale ϵ_z à la surface de la couche de base, de fondation et du sol support est inférieure à la valeur limite admissible ϵ_{zad}

IV.5.1 Détermination des contraintes et déformations admissibles

Le guide du CEBTP propose pour le calcul des contraintes admissibles de compression la formule semi-empirique de Dormon et Kerkhoven considérée comme très sécuritaire dans le cas des sols latéritiques. Elle est fonction de l'indice portant CBR et l'effet de la répétition des charges. Son expression est la suivante

$$\sigma_{zad} = \frac{0,03 \times CBR}{1 + 0,7 \times \log(NE)} \text{ en (MPa) avec } NE : \text{ nombre d'essieux de 13 tonnes [3].}$$

Cette formule concerne uniquement les couches de base et de fondation, les valeurs de CBR étant égales aux valeurs minimales autorisées pour chaque couche. La vérification de la performance du BB et de la plateforme se fera par calcul des déformations admissibles verticales (pour la plateforme) et horizontal (pour le BB).

La déformation verticale admissible de la plateforme support est donnée par la formule ci-dessous pour la classe de trafic T₃ [8].

$$\varepsilon_{zad} = 0,012 \times (NE)^{-222} \quad \text{avec } NE : \text{ nombre équivalent d'essieux de 13 tonnes.}$$

La déformation horizontale admise pour la couche de BB est directement déterminée par le logiciel Alize-LCPC en fonction des paramètres du trafic et du matériau (voir le paramétrage annexe II). Ainsi les valeurs admissibles qui feront l'objet de la vérification sont consignées dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7 : Valeurs admissibles des contraintes et déformations

Couches	CBR	NE	σ_{zad} (MPa)	ε_{zad} (μdéf)	ε_{tad} (μdéf)
BB	/	$1,8 \times 10^6$	/	/	76,7
Base	80		0,446	490,6	/
Fondation	30		0,167		/
Plateforme	/		/		/

IV.5.2 Calcul des contraintes et déformation avec le logiciel Alize-LCPC et comparaison avec les valeurs admissibles

Le logiciel Alize-LCPC permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure. Les hypothèses d'entrée sont les suivantes :

- La structure d'une chaussée est déterminée par n couches d'épaisseurs finies à l'exception de la plateforme qui est une couche infinie.
- Les matériaux ont un comportement élastique et linéaire,

- Le module d'Young de la couche de base et de fondation est donné par $E = 5 \times \text{CBR}$.
ceux du BB et de la plateforme sont incorporés dans le logiciel Alizé
- Le coefficient de poisson $\nu = 0,35$ pour le BB et $\nu = 0,25$ pour les autres couches

Le calcul a d'abord été effectué avec la structure précédente, comme le montre le Tableau 8 ci-dessous, la déformation verticale de la plateforme est supérieure à la déformation admissible, cette structure n'étant pas assez performante, nous avons augmenté de 5 cm la couche de fondation afin de vérifier les conditions de performance de la structure.

Tableau 8 : Contraintes et déformations aux interfaces des couches de chaussée données par le logiciel Alizé - LCPC

Contraintes et déformation pour une épaisseur de 15 cm en conche de fondation							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,050	5400,0 collé	0,350	0,000	-126,6	-0,208	-75,7	0,658
			0,050	-210,3	-1,420	260,8	0,464
0,200	400,0 collé	0,250	0,050	-210,3	0,010	1095,4	0,464
			0,250	-347,4	-0,126	408,2	0,112
0,150	150,0 collé	0,250	0,250	-347,4	-0,025	796,6	0,112
			0,400	-232,8	-0,021	504,4	0,068
infini	120,0	0,250	0,400	-232,8	-0,012	598,5	0,068
Contraintes et déformation pour une épaisseur de 20 cm en conche de fondation							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,050	5400,0 collé	0,350	0,000	-127,5	-0,216	-74,6	0,658
			0,050	-210,0	-1,418	260,6	0,464
0,200	400,0 collé	0,250	0,050	-210,0	0,011	1095,7	0,464
			0,250	-343,4	-0,124	408,0	0,113
0,200	150,0 collé	0,250	0,250	-343,4	-0,024	799,7	0,113
			0,450	-198,0	-0,018	440,2	0,059
infini	120,0	0,250	0,450	-198,0	-0,010	522,1	0,059

En tenant compte des résultats du tableau 8 ci-dessus, la structure définitive de la chaussée est la suivante :

- **Revêtement : 5 cm de béton bitumineux (BB)**
- **Couche de base : 20 cm de béton de sol (graveleux latéritique + concassé)**
- **Couche de fondation : 20 cm de graveleux latéritique naturel**

V. ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

L'assainissement est un problème technique très important dans un projet routier, de ce fait, il est capital de bien appréhender l'ensemble des contraintes du milieu afin de proposer les ouvrages les mieux adaptés. Tel est l'objet de ce chapitre dans lequel, nous procédons dans un premier temps à la recherche et à l'analyse dans le périmètre d'étude les données environnementales relatives aux eaux de surfaces et souterraines, notamment celles pouvant entraîner des difficultés futures de notre ouvrage. Nous délimitons ensuite les bassins versants et effectuons les calculs de débit de crue du projet. Ce dernier qui nous permet pour finir de proposer les ouvrages hydrauliques de sections adéquates

V.1 Analyse et exploitation des données de base

V.1.1 L'hydrographie

Selon la carte hydrographique du Burkina Faso, notre zone de projet est située sur le bassin versant du Mouhoun avec une superficie de 92 000 Km² et principalement dans le sous-bassin de Mouhoun supérieur avec 20 978 Km², ayant comme principaux affluents le Palandi, le Kou et le Voun Hou. Le Kou prend particulière sa source dans la région de Bobo-Dioulasso, son régime hydrologique est perturbé par de nombreux aménagements hydroagricoles.

La zone d'étude compte environ 22 plans d'eau représentés par les retenues d'eau, les barrages, les mares et les microdépressions (voir figure 1)

En ce qui concerne les eaux souterraines, elles sont localisées dans la formation sédimentaire à dominance gréseuse et sont liées à la fissuration, à la fracturation ou à l'altération des roches. Les débits des forages y sont plus importants.

V.1.2 La pluviométrie

La commune de Bobo Dioulasso se situe dans la zone climatique Sud-Soudanien. La pluviométrie annuelle y varie considérablement d'une année à une autre et se situe entre 600 mm et 1200mm (voir annexe III.1).

V.1.2.1 Pluie moyenne annuelle P_{an}

La hauteur de pluie moyenne annuelle est déterminée par la moyenne arithmétique :

$$P_{an} = \frac{1}{n} \times \sum P_i \quad \text{Avec} \quad \begin{cases} P_{an} : \text{Pluie moyenne annuelle} \\ P_i : \text{Hauteur de pluie à l'année} \\ n : \text{Nombre d'années d'observation} \end{cases}$$

Ainsi, pour la station météorologique de Bobo-Dioulasso, la pluviométrie moyenne annuelle obtenue sur 20 années d'observation (de 2000 à 2019) est : $P_{an} = 901,46 \text{ mm}$. (les valeurs annuelles de pluie sont jointes en annexe III.1)

V.1.2.2 Pluie moyenne journalière décennale P_{10}

Elle est déterminée à partir de l'ajustement par la loi de Gumbel des données de pluies maximales journalières en suivant les étapes ci-dessous (voir détails de l'ajustement en annexe III.1) :

- Description de l'échantillon (moyenne, écart-type, variance, maxi, mini, CV)
- Classement de l'échantillon par valeurs croissantes affecté d'un numéro de rang r
- Calcul de la fréquence expérimentale par la formule de WEIBULL

$$F = \frac{r}{n+1} \quad \text{Avec } n = 20, \text{ taille de l'échantillon et } r \text{ le rang}$$
- Détermination des variables réduites de Gumbel : $U_p = -\ln(-\ln(F))$
- Traçage de la courbe expérimentale (U_p, x)
- Détermination, traçage des intervalles de confiance (Figure 3) et validation de la loi.

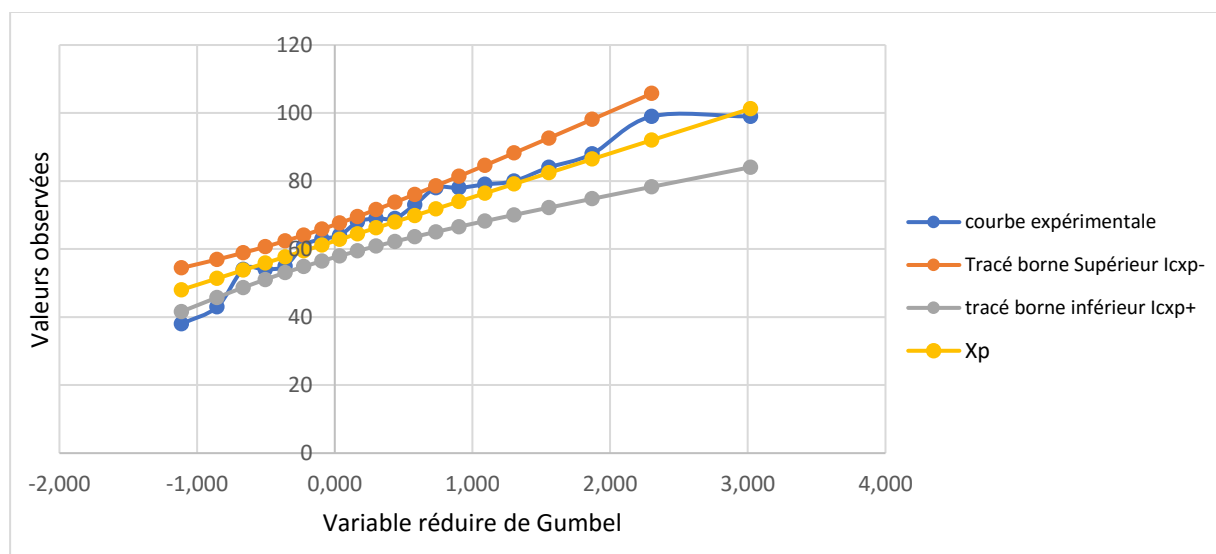


Figure 3: Ajustement des pluies maximales journalières par la loi de Gumbel

La figure 3 montre que 95% des points se trouvent dans l'intervalle de confiance, nous pouvons ainsi conclure que la loi de Gumbel est valide pour l'ajustement des pluies maximales journalières

Ainsi, l'équation de la droite d'ajustement par la loi de Gumbel des pluies maximales journalières est : $X_p = 12,881U_p + 62,368$. Avec le module décennal humide $F = 0,90$, nous déduisons la pluie moyenne journalière décennale ci-dessous

$$P_{10} = 91,4 \text{ mm}$$

V.2 Étude hydrologique

V.2.1 Les bassins versants

Les bassins versants correspondent à l'unité géographique de référence pour l'analyse du cycle hydrologique, c'est une surface topographique entièrement caractérisée par son point le plus bas appelé exutoire. Et c'est ce dernier qui représente le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui délimite le bassin versant.

V.2.1.1 Délimitation des Bassins versants

Pour la délimitation du bassin versant les logiciels Google Earth, Global mapper et AutoCAD sont utilisés. Tout d'abord, l'axe en projet est identifié et délimité par le logiciel Google Earth, puis exporté dans le logiciel Global Mapper. De là, on effectue la modélisation numérique de terrain (MNT) en utilisant le modèle "SRTM" " qui est un modèle libre et accessible au grand public. Ensuite, nous générons les courbes de niveau ainsi que les lignes d'écoulements des eaux et nous l'exportons sous format dxf d'AutoCAD. En superposant le fichier exporté au plan cadastral de Bobo-Dioulasso, nous traçons la ligne de partage des eaux en suivant les lignes de crête puis en rejoignant l'exutoire par une ligne de plus grande pente perpendiculaire aux courbes de niveau. Cette dernière étape est effectuée en tenant compte du fait que les lignes de circulation de l'eau générées par Global Mapper sont susceptibles d'être modifiées par les différentes constructions (critère qui n'est pas pris en compte par le logiciel). Ainsi, la figure 4 ci-dessous représente les bassins versants du tronçon étudié.

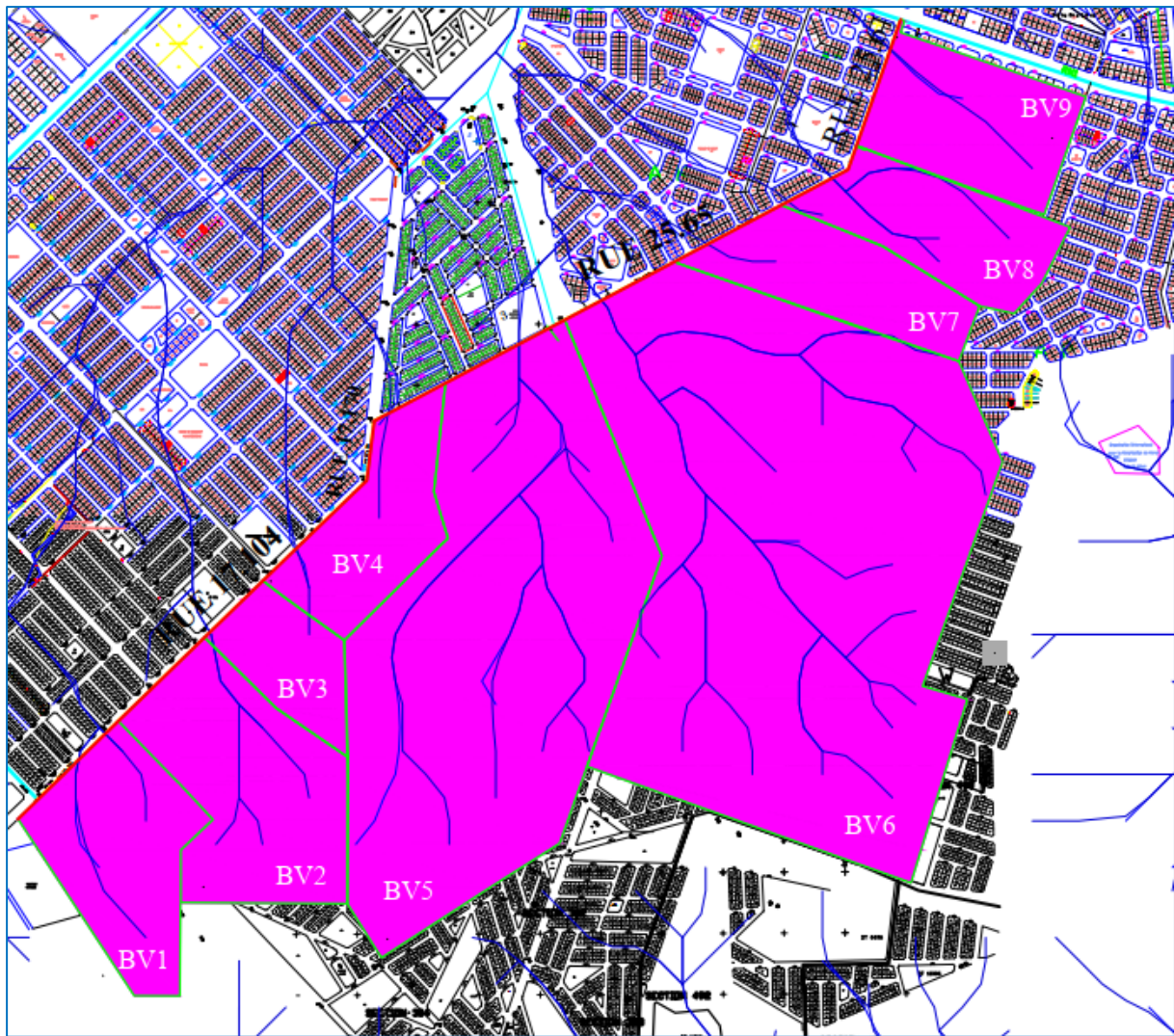


Figure 4 : Délimitation des bassins versants

V.2.1.2 Caractéristiques géomorphologiques des bassins versants

C'est à partir des paramètres caractérisant les bassins versants qu'on évalue le débit maximal d'eau à évacuer. De ce fait, ces paramètres sont analysés ci-dessous et les résultats sont consignés dans le Tableau 9

➤ **Superficie (S), périmètre (P) et chemin hydraulique (Leq)**

La surface, le périmètre et le plus long chemin hydraulique des bassins versants sont directement mesurés à l'aide des outils de dessins du logiciel AutoCAD.

➤ **Coefficient de Compacité**

Il permet de comparer entre eux les bassins versants de surface identique. Sa valeur est déterminée par la formule ci-dessous.

$$K_c = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{S}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} P : \text{Périmètre du bassin versant (km)} \\ \text{et} \\ S : \text{Superficie de bassin versant (km}^2\text{)} \end{cases}$$

➤ **Rectangle équivalent**

La longueur du rectangle équivalent est déterminée en assimilant le contour du bassin versant à celui d'un rectangle de même périmètre (P) et de même surface (S). Sa valeur est calculée à partir de l'expression suivante :

$$L = \sqrt{S} \times \left(\frac{K_c}{1,128} \right) \times \left[1 + \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1,128}{K_c} \right)^2 \right)} \right] \quad \text{avec} \quad \begin{cases} P : \text{périmètre du BV (km)} \\ S : \text{Superficie du BV (km}^2\text{)} \\ K_c : \text{Indice de compacité} \end{cases}$$

➤ **Courbe hypsométrique**

La courbe hypsométrique fournit une vue globale sur la pente du bassin versant. Elle représente la répartition de la surface totale du bassin versant (en %) en fonction de l'altitude (en m). La courbe hypsométrique de chacun des bassins est représentée en annexe III.2

➤ **Pente moyenne du bassin versant (J)**

La pente moyenne une caractéristique très importante qui renseigne sur la topographie du bassin versant. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$J = \frac{\Delta H_{max}}{L_{eq}} = \frac{Alt_{pt+haut} - Alt_{pt+bas}}{L_{eq}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} J : \text{Pente moyenne du BV (m/m)} \\ \Delta H_{max} : \text{Dénivelée maximale du BV (m)} \\ L_{eq} : \text{plus long chemin hydraulique (m)} \end{cases}$$

➤ **Indice global de pente (Ig)**

L'indice global de pente est déterminé après le tracé de la courbe hypsométrique, son expression est la suivante:

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{Alt_{5\%} - Alt_{95\%}}{L} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} D : \text{Dénivelé séparant les altitudes ayant 5\% et} \\ \text{95\% de la surface du bassin au dessus d'elles (m)} \\ L : \text{Longueur du rectangle équivalent (m)} \\ I_g : \text{Indice global de pente (m/m)} \end{cases}$$

Les résultats des calculs sont consignés dans le tableau 9 ci-dessous

Tableau 9 : Caractéristiques géomorphologique des bassins versants

BV	S (Km ²)	P (Km)	Leq (Km)	Kc	L (km)	Altmax (m)	Altmin (m)	Hmax (m)	J (m/m)	Alt5%	alt95%	Ig (m/km)
BV1	0,3	2,3	1,2	1,2	0,8	490	48	1	0,0	494,	485,	11,5
BV2	0,4	2,8	1,3	1,2	0,9	495	48	1	0,0	494,	48	12,0
BV3	0,1	1,6	0,8	1,2	0,5	485	47	1	0,0	487,	48	13,6
BV4	0,2	2,2	1,2	1,3	0,8	485	46	1	0,0	482,	47	11,3
BV5	1,3	5,0	2,8	1,2	1,7	500	46	3	0,0	496,	468,	15,4
BV6	1,9	6,0	2,9	1,2	2,0	500	46	4	0,0	500,	468,	16,6
BV7	0,2	2,3	1,0	1,3	0,9	485	46	2	0,0	484,	466,	19,9
BV8	0,2	2,2	1,2	1,3	0,8	485	46	2	0,0	487,	472,	18,1
BV9	0,2	2,2	1,1	1,2	0,7	484	47	1	0,0	483,	471,	15,2

V.2.2 Estimation des débits

Il existe plusieurs méthodes d'estimation de débit dont celles qui entrent dans le cadre de cette étude font particulièrement appel aux caractéristiques des pluies (élément constituant la source principale qui engendre les débits les plus importants sur les bassins versants). Trois méthodes sont particulièrement adaptées pour les bassins versants du projet : la méthode rationnelle, la méthode Orstom, et la méthode CIEH.

V.2.2.1 Calcul des débits par la méthode rationnelle

Selon ses conditions de validité, la méthode rationnelle est applicable aux bassins versants ayant une superficie inférieure à 4 Km² [9] comme dans le cas du présent projet. Elle peut être utilisée dans le cas de bassins versants urbanisés ou non. Le débit maximal est déterminé par la formule suivante :

$$Q = 0,278 \times C \times i(T_c, T) \times A \text{ avec } \begin{cases} C : \text{coefficient de ruissellement} \\ i : \text{l'intensité de pluie (mm/h)} \\ A : \text{superficie du bassin versant (km}^2\text{)} \\ Q : \text{débit maximal à l'exutoire (m}^3\text{/s)} \\ T_c \text{ est le temps de concentration} \\ T \text{ est la période de retour choisie} \end{cases}$$

➤ Intensité de pluie i

Elle est liée au temps de concentration par la relation :

$$i = 60 \times a \times T_c^{-b} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} i \text{ Intensité de pluie (mm/h)} \\ a \text{ et } b \text{ les coefficients de montana} \\ T_c \text{ le temps de concentration (minute)} \end{cases}$$

➤ Détermination des coefficients de Montana a et b

Les coefficients de Montana a et b varient selon la région pluviométrique. Ils dépendent également de la période de retour choisie et de la durée de la pluie. Tenant compte du fait d'être dans un réseau d'assainissement pluvial d'une zone urbanisée, il est judicieux de considérer une période de retour de $T = 10$ ans pour le dimensionnement.

Pour cette période de retour de 10 ans, les coefficients de Montana de la station météorologique de Bobo-Dioulasso sont :

$$\begin{cases} a(10) = 12,5 \text{ et } b(10) = 0,5 & \text{si } t < 1h \\ \text{et} & \text{Avec } t \text{ la durée de pluie} \\ a(10) = 61 \text{ et } b(10) = 0,9 & \text{si } t > 1h \end{cases}$$

Sachant que le débit à l'exutoire du bassin versant est maximal lorsque la durée de pluie est égale au temps de concentration [10], nous considérons les coefficients a et b pour lesquelles la durée de pluie t est égale au temps de concentration T_c

➤ Calcul du temps de concentration T_c

Il représente le temps nécessaire à une goutte d'eau de pluie pour parcourir la distance depuis le point le plus éloigné de l'exutoire d'un bassin jusqu'à celui. Il existe plusieurs méthodes d'estimation du temps de concentration. En Afrique, les méthodes les plus utilisées sont celles de KIRPICH et de RICHARDS [9]. Cependant, seule la formule empirique de KIRPICH est utilisée dans le présent projet.

$$T_c = 0,01947 \times \frac{L^{0,77}}{J^{0,385}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} L : \text{longueur du plus long chemin hydraulique (m)} \\ J : \text{Pente moyenne du bassin versant (m/m)} \\ T_c : \text{Temps de concentration (minute)} \end{cases}$$

Le Tableau 10 montre que pour tous les bassins versants, le temps de concentration est inférieur à 1h. Nous allons donc considérer pour le dimensionnement les coefficients de Montana :

$$a(10) = 12,5 \text{ et } b(10) = 0,5$$

➤ Calcul des coefficients de ruissellement C

Il représente le rapport entre le volume d'eau ruisselé parvenant à l'exutoire et le volume total précipité sur la surface réceptrice (bassin versant). De nombreux auteurs proposent le coefficient de ruissellement élémentaire en fonction du type d'occupation de la surface du bassin versant

[10]. Après identification des surfaces composant le bassin versant en jeu, le calcul de C se fait par la moyenne pondérée suivante :

$$C = \frac{\sum C_i S_i}{\sum S_i} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} C_i : \text{Coefficient de ruissellement de surface élémentaire} \\ \text{et} \\ S_i : \text{Surface élémentaire} \end{cases}$$

Dans le cas présent les bassins versants sont constitués de quatre diverses surfaces élémentaires (voir tableau 10). Le détail des calculs des coefficients de ruissellement se trouve en annexe III.3.

Tableau 10 : Coefficients de ruissellement en fonction du type d'occupation des sols

Types d'occupation du sol	Ilots	Terrains vagues	Rues aménagées	Rues non aménagés
Coefficient de ruissellement	0.70	0.57	0.95	0.60

Les résultats du calcul sont consignés dans le tableau 11 ci-après

Tableau 11 : Résultat de calcul de débit avec la méthode rationnelle

BV	S (km2)	L(m)	H (m)	Tc (mn)	i (mm/h)	valeur de C	Q (m3/s)
BV1	0,31	1262,75	13	27,70	142,50	0,29	3,49
BV2	0,40	1353,03	15	28,39	140,75	0,50	7,95
BV3	0,14	802,04	11	17,49	179,34	0,51	3,55
BV4	0,23	1245,54	14	26,50	145,69	0,53	4,92
BV5	1,32	2825,75	38	46,47	110,02	0,47	18,94
BV6	1,95	2961,86	46	45,59	111,08	0,50	29,98
BV7	0,23	1079,00	22	18,87	172,67	0,54	5,80
BV8	0,24	1198,41	20	22,09	159,56	0,54	5,67
BV9	0,27	1099,15	14	22,94	156,60	0,53	6,13

V.2.2.2 Estimation des débits par la méthode ORSTOM

La méthode Orstom permet d'évaluer le débit de crue décennale sur les bassins versants de la zone sahélienne et tropicale sèche [11]. Elle s'applique aux bassins versants ayant des superficies comprises entre quelques dizaines d'hectares et 1500 km². Le débit maximal correspondant au ruissellement de la crue décennale est défini par la relation suivante :

$$Q_{10} = m \times \alpha_{10} \times A \times P_{10} \times K_{r10} \times \frac{S}{T_{10}} \text{ avec } \begin{cases} \alpha_{10} : \text{Coefficient de pointe} \\ A : \text{Coefficient d'abattement} \\ S : \text{Surface du bassin versant (en } m^2) \\ K_{r10} : \text{Coefficient de ruissellement} \\ P_{10} : \text{Hauteur de pluie journalière} \\ \quad \text{décennale (24h) (en mm)} \\ T_{10} : \text{Temps de base (en seconde)} \\ m : \text{Coefficient de majoration} \end{cases}$$

Les hauteurs de pluie moyenne annuelle P_{an} moyenne journalière décennale P_{10} sont déterminées au paragraphe V.1.2

➤ **Coefficient d'abattement ou coefficient de VUILLAUME A**

$$A = 1 - \left[\frac{161 - 0,042 \times P_{an}}{1000} \times \log S \right] \text{ Avec } \begin{cases} T : \text{période de retour (10 ans)} \\ P_{an} : \text{Pluie moyenne annuelle (mm)} \\ S : \text{Surface du bassin versant (km}^2) \end{cases}$$

➤ **Indice d'infiltrabilité des bassins**

Pour l'estimation de l'infiltrabilité global, RODIER adopte une subdivision en six classes en fonction de la structure pédologique et géologique du terrain [11] :

TI (P1) : bassin rigoureusement imperméable

I (P2) : bassin imperméable. Pas moins de 85 à 90 % de la surface sont constitués par des sols imperméables ;

PI : bassin naturel particulièrement imperméable, qui se situe à la frontière de **I** et **TI**

P (P4) : bassin perméable ;

RI (P3) : bassin relativement imperméable. Mélange en proportions à peu près égales de sols imperméables (**I**) et de sols perméables (**P**) ;

TP : bassin très perméable

À partir des observations faites sur le terrain, nous pouvons considérer que les bassins versants sont relativement imperméables (**infiltrabilité RI**)

➤ **Coefficient de ruissellement décennal K_{r10}**

Sachant que la hauteur de pluie décennale calculée ($P_{10} = 91.4\text{mm}$) est différente de 70 et 100mm, l'estimation du coefficient de ruissellement décennal K_{r10} est faite par interpolation linéaire entre les valeurs $K_{r10/70}$ et $K_{r10/100}$ [11].

$$K_{r10} = K_{r10/70} + \frac{(P_{10} - 70) \times (K_{r10/100} - K_{r10/70})}{(100 - 70)}$$

On note que les bassins versants ont des superficies inférieures à 10 km². Donc la détermination des coefficients de ruissellement K_{r70} et K_{r100} est faite par lecture graphique en fonction de la classe d'infiltration du sol, l'indice global de pente et de la superficie du bassin versant [11].

➤ **Temps de base de crue décennal T_{b10}**

Sachant que les indices de pente I_g des bassins versants sont compris entre 7 et 25 m/km, le temps de base ou temps de ruissellement direct est déterminé à partir des relations ci-dessous :

$$\text{Pour } I_g = 7 \text{ m/km et } S < 6 \text{ km}^2, \begin{cases} T_{b10} = 13,9 \times S + 255 & \text{avec une infiltrabilité I} \\ & \text{et} \\ T_{b10} = 19,6 \times S + 218 & \text{avec une infiltrabilité P} \end{cases}$$

$$\text{Pour } I_g = 10 \text{ m/km et } S < 10 \text{ km}^2, \begin{cases} T_{b10} = 8,9 \times S + 183 & \text{avec une infiltrabilité I} \\ & \text{et} \\ T_{b10} = 8,9 \times S + 165 & \text{avec une infiltrabilité P} \end{cases}$$

$$\text{Pour } I_g = 15 \text{ m/km et } S < 10 \text{ km}^2, \begin{cases} T_{b10} = 5 \times S + 139 & \text{avec une infiltrabilité I} \\ & \text{et} \\ T_{b10} = 5 \times S + 120 & \text{avec une infiltrabilité P} \end{cases}$$

$$\text{Pour } I_g = 25 \text{ m/km et } S < 10 \text{ km}^2, \begin{cases} T_{b10} = 4,1 \times S + 116,5 & \text{avec une infiltrabilité I} \\ & \text{et} \\ T_{b10} = 4,1 \times S + 101 & \text{avec une infiltrabilité P} \end{cases}$$

Ainsi, la valeur de T_{b10} du bassin analysé est déterminé par interpolation entre les valeurs de I_g encadrant son indice global de pente. Des interpolations sont également faites entre les caractéristiques d'infiltrabilité I et P pour obtenir ceux d'infiltrabilité RI.

➤ **Le coefficient de pointe de crue décennale α_{10}**

Le Coefficient de pointe de crue décennale α_{10} est le rapport du débit maximum ruisselé et le débit moyen ruisselé. Sa valeur est voisine de 2,6 [11]. Nous considérons donc cette valeur le dimensionnement.

➤ **Coefficient de majoration m**

C'est un coefficient dû à l'écoulement retardé, il est fonction de la perméabilité du sol :

$$\text{Pour les bassins de surface inférieure à } 10 \text{ km}^2 \begin{cases} m = 1,03 & \text{pour un indice d'infiltration I} \\ & \text{et} \\ m = 1,05 & \text{pour un indice d'infiltration P} \end{cases}$$

Ayant un indice d'infiltrabilité RI, nous considérons la moyenne arithmétique pour les cas d'indice I et P. Donc $m = 1,04$

Tableau 12 : Résultat de calcul de débit par la méthode ORSTOM

BV	S (km ²)	I _g (m/km)	A	Kr _{10/100}	Kr _{10/70}	Kr ₁₀	T ₁₀ (min)	P ₁₀ (mm)	Pan (mm)	Q (m ³ /s)
BV1	0,31	11,50	1,06	33,38	30,11	32,44	163,01	91,40	901,46	2,68
BV2	0,40	12,07	1,05	33,70	30,70	32,84	158,53			3,61
BV3	0,14	13,67	1,11	35,01	32,34	34,24	142,14			1,53
BV4	0,23	11,36	1,08	33,27	29,97	32,33	163,68			2,03
BV5	1,32	15,42	0,99	34,36	33,69	34,17	135,16			13,50
BV6	1,95	16,69	0,96	34,85	34,18	34,66	135,44			19,79
BV7	0,23	19,95	1,08	40,21	37,21	39,35	120,25			3,28
BV8	0,24	18,10	1,08	38,63	35,90	37,85	124,20			3,23
BV9	0,27	15,26	1,07	36,23	33,89	35,56	130,27			3,20

V.2.2.3 Estimation des débits par la méthode CIEH

La méthode statistique CIEH a été proposée en 1983 par Puech et Chabi-Gonni [11]. Elle repose sur l'étude statistique initiale de 162 bassins dont la superficie varie entre 0,07 et 2 500 km². C'est une méthode essentiellement adaptée aux bassins versants dont la superficie est inférieure à 2500 km². L'expression du débit de pointe est la suivante :

$$Q_{10} = a \times S^s \times P_{an}^p \times I_g^i \times K_{r10}^k \times D_d^d \quad \text{avec} \quad \begin{cases} a, s, p, i, k, d : \text{coefficients de régression} \\ S : \text{superficie du bassin versant (km}^2\text{)} \\ P_{an} : \text{Pluie moyenne annuelle (mm)} \\ I_g : \text{Indice global de pente (m/km)} \\ K_{r10} : \text{Coefficient de ruissellement (\%)} \\ D_d : \text{Densité de drainage (km}^{-1}\text{)} \\ Q : \text{débit de pointe décennal (m}^3\text{/s)} \end{cases}$$

Les paramètres S, P_{an}, I_g, K_{r10} ont été déterminés dans les sections précédentes.

Pour le calcul de Q₁₀, nous utilisons les régressions présentées en fonction des découpages climatiques par régions et par groupes de pays [11]. Les bassins versants sont localisés dans la ville de Bobo-Dioulasso (11°10'37.74"N, 4°17'52.44"W) située au sud-ouest du Burkina Faso et en Afrique de l'Ouest. Les équations qui pourraient être utilisées sont : 6; 11; 12 ; 17 ; 18 ; 25; 26; 27 ; 39 ; 40 ; 41 ; 42 ; 43 ; 44 ; 45. Parmi ces équations, on sélectionne celles qui montrent une valeur élevée de r² en favorisant les échantillons pour lesquels n est élevé. De cette manière on retiendra donc les équations 12 ; 18 ; 26 et 40 et 44 dont les expressions sont les suivantes :

$$\begin{cases} 0,0955 \times S^{0,643} \times I_g^{0,406} \times K_{r10}^{1,038} & \text{Equation N°12} \\ 0,0678 \times S^{0,661} \times I_g^{0,412} \times K_{r10}^{1,105} & \text{Equation N°18} \\ 146 \times S^{0,479} \times P_{M10}^{-0,969} \times K_{r10}^{0,457} & \text{Equation N°26} \\ 0,254 \times S^{0,462} \times I_g^{0,101} \times K_{r10}^{0,976} & \text{Equation N°40} \\ 203 \times S^{0,459} \times P_{M10}^{-1,301} \times K_{r10}^{0,813} & \text{Equation N°44} \end{cases}$$

Où P_{M10}^p Représente la précipitation décennale moyenne sur le bassin versant. Son expression est la suivante :

$$P_{M10}^p = A \times P_{10} \quad \text{avec } A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 \times P_{an})}{1000} \times \log S \right]$$

Les résultats de calcul de débit par la méthode CIEH sont renseignés dans le tableau 13 Ci-dessous

Tableau 13 : Résultat de calcul de débit par la méthode CIEH

BV	S (km2)	Ig (m/km)	Kr10 (%)	Pm10	Débit en m3/s en fonction des Equations					Q (m3/s)
					12	18	26	40	44	
BV1	0,31	11,50	32,44	97,17	4,46	3,97	4,83	5,62	5,19	4,81
BV2	0,40	12,07	32,84	95,83	5,50	4,92	5,61	6,49	6,05	5,71
BV3	0,14	13,67	34,24	101,03	3,05	2,69	3,26	4,19	3,59	3,35
BV4	0,23	11,36	32,33	98,56	3,69	3,26	4,15	4,91	4,46	4,09
BV5	1,32	15,42	34,17	90,06	13,52	12,42	10,68	11,93	11,65	12,04
BV6	1,95	16,69	34,66	88,14	18,23	16,89	13,24	14,62	14,50	15,49
BV7	0,23	19,95	39,35	98,69	5,59	5,03	4,47	6,22	5,16	5,29
BV8	0,24	18,10	37,85	98,40	5,35	4,81	4,53	6,09	5,15	5,19
BV9	0,27	15,26	35,56	97,88	5,01	4,49	4,66	5,92	5,18	5,05

V.2.2.4 Comparaison des méthodes et choix des débits de dimensionnement

Le Tableau 14 donne un récapitulatif des résultats obtenus par les différentes méthodes. On remarque une grande différence des débits obtenus par la méthode rationnelle et ceux obtenus par les méthodes ORSTOM et CIEH, elle semble plus accentuée pour les bassins versants de grande superficie. Cette différence proviendrait des grandes valeurs des coefficients de ruissellement qui ont été déterminés en fonction d'occupation du sol des BV. Toutefois, pour assurer la sécurité de l'ouvrage, nous allons considérer la valeur de débit maximale. En d'autres termes, on aura : $Q_{retenu} = \text{Max} \{Q_{Moyen}, Q_{ORSTOM}, Q_{CIEH}\}$

Tableau 14 : Choix de débit de dimensionnement

Bassins versants	Débit en m ³ /s			Débit retenu Q (m ³ /s)
	Méthode rationnelle	Méthode ORSTOM	Méthode CIEH	
BV1	3,49	2,68	4,81	4,81
BV2	7,95	3,61	5,71	7,95
BV3	3,55	1,53	3,35	3,55
BV4	4,92	2,03	4,09	4,92
BV5	18,94	13,50	12,04	18,94
BV6	29,98	19,79	15,49	29,98
BV7	5,80	3,28	5,29	5,80
BV8	5,67	3,23	5,19	5,67
BV9	6,13	3,20	5,05	6,13

V.3 Études hydrauliques

Après analyse des contraintes et estimation des quantités d'eau à évaluer, il s'agit ici de définir le réseau d'assainissement à mettre en place c'est-à-dire déterminer les sections d'ouvrage pouvant transiter de façon gravitaire toutes les eaux de ruissellement provenant des bassins versants vers les exutoires. Pour la présente étude, le réseau d'assainissement est constitué essentiellement de deux parties : le réseau de collecte longitudinal (caniveaux et dalots longitudinaux) et les ouvrages transversaux (Dalots transversaux)

Pour les raisons de durabilité des ouvrages, la vitesse maximale d'écoulement imposée est $U_{max} = 3,5 \text{ m/s}$ et la vitesse minimale est de $U_{min} = 0,75 \text{ m/s}$ et ce pour faciliter l'autocurage de l'ouvrage.

V.3.1 Dimensionnement hydraulique des caniveaux

Les caniveaux sont les ouvrages disposés parallèlement à l'axe qui collectent et évacuent les eaux provenant de la plateforme de chaussée et des zones de lotissements. Ils sont entièrement caractérisés par la nature du revêtement, la forme, les dimensions et la pente. Pour des raisons de simplicité, nous optons pour les caniveaux béton armés de forme rectangulaire. Aussi, la section minimale adoptée est de 80×80 pour éviter l'ensablement et faciliter le curage. C'est cette section minimale qui est adoptée pour les caniveaux situés à droite des rues, car le débit ruisselé correspond uniquement à la quantité d'eau évacuée sur la demi-chaussée et les concessions voisines. En ce qui concerne les caniveaux de gauche, leurs sections sont calculées en fonction des débits calculés en V.2.2.

Le principe de calcul est de déterminer les sections de caniveau possédant la capacité d'évacuer les débits ruisselés calculés en V.2.2. Le débit capable QC donné par la formule de Manning Strickler ci-dessous doit être au moins égale au débit ruisselé.

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_C = K_S \times S^{5/3} \times P^{-2/3} \times \sqrt{I} \\ \text{où} \\ S = b \times y \\ P = b + 2y \end{array} \right. \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q_C : \text{Débit capable (m}^3/\text{s)} \\ K_S : \text{Coefficient de rugosité} \\ S : \text{Surface mouillée (m}^2\text{)} \\ P : \text{Périmètre mouillé (m)} \\ I : \text{Pente du canal} \\ b : \text{La largeur du caniveau} \\ y : \text{La hauteur d'eau dans le caniveau} \end{array} \right.$$

Sachant que les caniveaux sont revêtus en béton, le coefficient de rugosité $K_S = 67$ [12]. Et la détermination des valeurs de b et y est effectuée suivant les étapes ci-dessous :

- Considérer le débit capable égal au débit à évacuer : $Q_C = Q_{ev}$. Il faut noter que le débit à évacuer par une section de caniveau donné est pris égale au débit ruisselé par son bassin versant ajouté aux débits ruisselés par les bassins situés en amont de ce dernier (voir tableau 15).
- Fixer la valeur de la pente I en s'inspirant du profil en long terrain naturel
- Pour un premier essai, prenons la vitesse $U = U_{max}$
- Par définition on obtient les valeurs de la section S et du rayon hydraulique Rh par :

$$S = \frac{Q}{U} \quad ; \quad P = S \times \left[\frac{U}{K_S \times \sqrt{I}} \right]^{-3/2} \quad \text{et} \quad R_H = \left[\frac{U}{K_S \times \sqrt{I}} \right]^{3/2}$$

Sachant que $S = by$ et $P = b + 2y$, donc $b = P - 2y$. On obtient l'équation suivante :

$$2y^2 - py + S = 0 \quad \text{le déterminant est } \Delta = P^2 - 8S$$

Nous avons trois cas

- ✓ Si $\Delta = 0$ On obtient une solution qui est la section hydrauliquement favorable

$$y_0 = \frac{P}{4} \quad \text{et} \quad b_0 = 2y_0$$

- ✓ Si $\Delta > 0$ on obtient deux solutions :

$$y_1 = \frac{P - \sqrt{\Delta}}{4} \quad \text{et} \quad y_2 = \frac{P + \sqrt{\Delta}}{4}$$

La solution retenue est celle correspondante à y et b positif et ayant la profondeur y la plus faible.

- ✓ Si $\Delta < 0$ alors *il n'y a pas de solution* alors on diminue la valeur de la vitesse ou de la pente et on recommence l'essai
- La profondeur normale y est majorée par une revanche de 20 cm pour obtenir la hauteur totale du caniveau.

Tableau 15 : Résultat de calcul hydraulique des caniveaux

Bassins versants	Débit Q _{ev} (m ³ /s)	Pente (%)	Largeur b	Hauteur h	Débit Q _c (m ³ /s)	U m/s
BV1	4,815	0,9	1,2	1,2	4,969	3,344
BV1 +BV2	12,768	0,8	2,3	1,5	15,529	3,401
BV3	3,553	0,9	1,2	1	3,966	2,961
BV3+ BV4	8,476	0,9	2	1,2	10,184	3,382
BV3+ BV4+ BV5	27,418	0,4	3,7	2	30,537	3,456
BV6+BV7+Bv8	41,455	0,4	4,3	2,5	50,172	3,489
BV7+Bv8	11,477	0,6	2,3	1,5	13,448	3,327
BV8	5,673	0,7	1,5	1,2	6,026	3,152
BV9	6,132	0,7	1,5	1,2	6,026	3,407

Les résultats de calcul des caniveaux sont récapitulés dans les tableaux 16 ci-après

Tableau 16 : Récapitulatif des caniveaux

Rues	PK	Position	Longueur (m)	Section du caniveau	Pente I (%)
17.104	0+000 à 1+500	Gauche	1083	80×80	
	0+00 à 0+375	Droite	375	120×120	0,9
	0+375 à 0+750	Droite	345	230×150	0,8
	0+750 à 1+025	Droite	225	120×100	0,9
	1+025 à 1+500	Droite	400	200×120	0,9
17.170	0+000 à 0+211	Gauche	141	80×80	
	0+000 à 0+211	Droite	125	200×120	0,9
25.65	0+000 à 1+760	Gauche	1355	80×80	
	0+000 à 0+250	Droite	210	150×120	0,7
	0+250 à 0+650	Droite	290	230×150	0,6
	0+650 à 1+050	Droite	217	430×250	0,3
	1+050 à 1+500	Droite	378	370×200	0,4
	1+500 à 1+760	Droite	236	200×120	0,9
25.61	0+010 à 0+534	Gauche	362,88	80×80	
	0+010 à 0+450	Droite	379,88	150×120	0,7
	0+450 à 0+534	Droite	70	150×120	0,7

V.3.2 Dimensionnement hydraulique des dalots

Ce sont des ouvrages sous chaussée qui ne nécessitent aucun remblai ; une circulation à même la dalle peut être envisagée. Cependant, étant sur une voie revêtue, une hauteur de remblai égale aux épaisseurs de la couche de base et du revêtement sera apportée au dalot transversal. Dans ce projet, on rencontre deux types de dalots :

V.3.2.1 Les dalots longitudinaux

En effet, les dalles présentes sur les caniveaux à l'entrée des rues présentent la caractéristique d'avoir une faible résistance et donc se dégradent rapidement. Pour pallier à ce problème, nous remplaçons les caniveaux à l'entrée de chaque rue par des dalots de même section que le caniveau correspondant. Ces différentes sections sont consignées dans le tableau récapitulatif 17.

V.3.2.2 Les dalots transversaux

Sur la base des observations faites sur le terrain et de la topographie de la voie, il ressort deux dalots transversaux. Le premier étant situé au PK 0+750 permet de diriger les eaux des bassins BV1 et BV2 vers les caniveaux 2,50×2,10 de la rue 17.45 adjacente à la rue 17.104. Le second dalot est situé au PK 1+080, il remplace le dalot 2×2,00×2,00 qui est hydrauliquement non fonctionnel. C'est un dalot qui permet d'évacuer vers l'exutoire (ravin) la somme des débits ruisselés des bassins versants, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7 et BV8. En effet, ces eaux sont acheminées vers les dalots par le biais des caniveaux calculés en V.3.1. Les hypothèses de calcul des dalots sont les suivantes :

- La vitesse maximale de l'écoulement d'eau est $V_{max} = 3,5 \text{ m/s}$;
- le dalot fonctionne en sortie libre et en surface libre ;
- la hauteur de remblai H est inférieure à 2m ;
- Les dalots étant en béton, le coefficient de rugosité est : $K_S = 67$;

Le principe de calcul est de déterminer la section de dalot pouvant évacuer le débit total ruisselé Q_r . En tenant compte des hypothèses ci-dessus. Ainsi le calcul est effectué suivant les étapes ci-dessous :

- Fixer le nombre d'ouvertures N ;
- Calculer le débit pour chaque cellule par la relation : $q = \frac{Q}{N}$;
- Fixer la hauteur du dalot D ;
- Déterminer la largeur B telle que la vitesse moyenne soit $V = \frac{q}{BD} \leq V_{max} = 3,5 \text{ m/s}$;

Ce qui nous donne. $B > \frac{q}{D \times V_{max}}$;

- Calculer le débit réduit Q^* ;

$$Q^* = \frac{q}{A \times \sqrt{2 \times g \times D}}$$

- Effectuer la lecture de H^* Sur la courbe a de la figure 77 du document «Hydraulique routière » [9] ;
- Déterminer la hauteur d'eau en amont par la relation $H_1 = H^* \times D$

Étant donné que l'écoulement s'effectue à surface libre, il faut se rassurer que la hauteur d'eau en amont soit inférieure à $1,25 \times D$. Si tel n'est pas le cas, changer la section du dalot et recommencer les étapes précédentes.

- Calculer la variable additionnelle Q_I^*

$$Q_I^* = \frac{q}{\sqrt{g \times B^5}}$$

- Effectuer la lecture de la pente critique réduite I_c^* sur la courbe de la figure 82, du document « Hydraulique routière » [9]
- Calcul de la pente critique par la relation suivante :

$$I_c = \frac{I_c^* \times g}{K_S^2 \times B^{1/3}}$$

- Considérer la pente dans l'ouvrage égale à la pente critique $I = I_c$
- Calculer la variable additionnelle Q_V^*

$$Q_V^* = \frac{q}{K_S \times I^{1/2} \times B^{8/3}}$$

- Effectuer la lecture de la vitesse réduite V^* sur la courbe de la figure 84 du document « Hydraulique routière » [9]
- Calculer la valeur de la vitesse dans l'ouvrage par la relation :

$$V = V^* \times K_S \times I^{1/2} \times B^{2/3}$$

La vitesse maximale admissible étant de 3 m/s , il faut dans cette étape vérifier que la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage soit inférieure à cette valeur. Au cas contraire, changer la section du dalot et recommencer les étapes précédentes. Les résultats de calcul sont consignés dans le tableau 16 ci-dessous.

Tableau 17 : Calcul hydraulique des dalots transversaux

Dalots	BV	Q (m3/s)	N	q (m3/s)	D (m)	B (m)	H (m)	Q*	H*	H1	Qi*	Ic*	Ic (%)	Qv*	V* (m/s)	V (m/s)
D1	BV1 + BV2	12,77	2	6,38	1,5	1,5	1,87	0,52	1,2	1,8	0,740	3,7	0,7	0,38	0,44	3,24
D2	BV3+BV4+ BV5+ BV6+Bv7 +BV8	68,87	4	17,22	3	3	3,75	0,25	0,78	2,3	0,353	3,1	0,5	0,20	0,36	3,44

Tableau 18: Récapitulatif des dalots

Rues	Dalots	PK ou positions	Longueur (m)	Pente I (%)
Dalots transversaux				
17.104	2 ×150×150	0+750	17,90	0,7
25.61	4 ×300×300	1+015	15,90	0,5
Dalots longitudinaux				
17.104	1×80×80	Amorces du 0+000 à 1+500	415	
	1×230×150	Amorces du 0+375 à 0+750	50	0,8
	1×120×100	Amorces du 0+750 à 1+025	75	0,9
	1×200×120	Amorces du 1+025 à 1+500	30	0,9
17.170	1×80×80	Amorces du 0+000 à 0+211	70	
	1×200×120	Amorces du 0+000 à 0+211	86	0,9
25.65	1×80×80	Amorces du 0+000 à 1+760	405	
	1×150×120	Amorces du 0+000 à 0+250	40	0,7
	1×230×150	Amorces du 0+250 à 0+650	24	0,6
	1×430×250	Amorces du 0+650 à 1+050	110	0,3
	1×370×200	Amorces du 1+050 à 1+500	72	0,4
	1×200×120	Amorces du 1+500 à 1+760	183	0,9
25.61	1×80×80	Amorces du 0+010 à 0+534	171	
	1×150×120	Amorces du 0+010 à 0+450	84	0,7

VI. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

Dans cette partie, il est question d'effectuer une étude béton armée des ouvrages précédemment définis au paragraphe V.3. Cette étude consiste à déterminer la quantité et la disposition des aciers à intégrer dans la section de béton de chaque ouvrage afin qu'il soit pourvu d'une résistance idéale à toutes les sollicitations et d'une durabilité satisfaisante durant toute la période d'exploitation. Les charges d'exploitation à considérer pour la présente étude sont celles définies par le Titre II du fascicule 61 [13] et les règles de calcul béton armé sont celles du B.A.E.L 91modifié 99/ Fascicule 62 [14]. Les hypothèses et données de calcul sont les suivantes :

- Poids volumique du béton : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$;
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$;
- Coefficient de sécurité du béton : $\gamma_b = 1,5$;
- Diamètre du plus gros granulat : $Cg = 20 \text{ mm}$;
- Acier à haute adhérence (HA) de nuance : FeE400 ;
- Coefficient de sécurité de l'acier $\gamma_s = 1,15$;
- Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$;
- Poids volumique du béton bitumineux : $\gamma_{\text{BB}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- Poids volumique du sol : $\gamma_{\text{sol}} = 20 \text{ kN/m}^3$;
- Coefficient de poussée des terres : $k_a = 0,33$;

VI.1 Dimensionnement structural des caniveaux

Chaque caniveau est constitué de trois éléments :

Une dalle couverture en béton armé reposant sur deux appuis simple. Cette dalle est soumise à son propre poids et à l'action d'une charge concentrée d'une roue de 100 kN définis par le fascicule 61 [13]. Elle est calculée en flexion simple comme une poutre de largeur 1 m et de hauteur égale à son épaisseur.

Des voiles ou appuis sont soumis aux charges horizontales et verticales qui engendrent à la fois des moments fléchissants et des efforts normaux de compressions. C'est pourquoi ils sont calculés en flexion composée avec effort normal de compression. Les actions dues à l'eau véhiculée par le caniveau sont négligées.

Un radier transmis à l'action de son propre poids, le poids des piédroits et le poids de la dalle de couverture chargée. Le calcul béton armé est effectué en flexion simple. Les études sont faites par bande de 1 ml de caniveau.

Nous supposons que les épaisseurs des éléments du caniveau sont telles que :

$$\frac{l}{15} \leq e \leq \frac{l}{10} \quad \text{avec une épaisseur minimale } e_{min}$$

$e_{min} = 20 \text{ cm}$ pour la dalle de couverture et $e_{min} = 15 \text{ cm}$ pour le radier et voiles

VI.1.1 Calcul des sollicitations des caniveaux

Le détail de calcul des sollicitations du caniveau est joint en annexe IV. Le calcul avec le logiciel Pybar a été également effectué pour se rassurer de la justesse des résultats. Ainsi, les sollicitations de chaque caniveau sont consignées dans le tableau 19 ci-après.

Tableau 19 : Résultat de calcul des sollicitations des caniveaux

Eléments de l'ouvrage	Dalle de couverture			Voiles					Radier		
Désignation	Mu (KN.m/ml)	Mser (KN.m/ml)	e (m)	Mu (KN.m/ml)	Mser (KN.m/ml)	Nu (KN/ml)	Nser (KN/ml)	e (m)	Mu (KN.m/ml)	Mser (KN.m/ml)	e (m)
80×80	38,76	29,06	0,20	2,97	2,20	172,75	129,44	0,15	17,17	13,99	0,15
120×100	58,07	43,53	0,25	5,80	4,30	183,18	137,17	0,20	30,55	22,85	0,20
120×120	58,07	43,53	0,25	9,05	6,71	185,96	139,25	0,20	30,96	23,16	0,20
150×120	71,05	53,26	0,25	9,05	6,71	188,08	140,80	0,20	39,31	29,40	0,20
200×120	93,10	69,78	0,25	9,05	6,71	194,19	145,32	0,20	54,03	40,40	0,20
230×150	106,59	79,88	0,25	15,92	11,79	199,68	149,40	0,20	64,51	48,21	0,20
370×200	177,75	133,13	0,30	36,14	26,77	233,72	174,61	0,25	127,35	95,02	0,25
430×250	215,24	161,14	0,35	68,75	50,93	263,05	196,33	0,30	173,63	129,42	0,30

VI.1.2 Calcul des armatures des caniveaux

Comme définit précédemment, la dalle de couverture et le radier sont calculés en flexion simple et les voiles en flexion composée avec compression. Le dimensionnement est effectué à l'ELU et vérifié à l'ELS. Les notes de calcul des caniveaux sont jointes en annexe IV et le résultat de calcul est consigné dans le tableau 20 ci-après.

Tableau 20 : Résultat de calcul des armatures des caniveaux

Eléments de l'ouvrage	Dalle de couverture			Voiles		Radier		
	Lit inférieur	Lit supérieur	transversal	principale	répartition	Lit inférieur	Lit supérieur	répartition
80×80	HA 12 Esp 20 cm	HA 8 Esp 20 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 8 Esp 20 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 8 Esp 25 cm
120×100	HA 12 Esp 15 cm	HA 8 Esp 15 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 25 cm
120×120	HA 12 Esp 15 cm	HA 8 Esp 15 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 25 cm
150×120	HA 14 Esp 15 cm	HA 10 Esp 15 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 15 cm	HA 12 Esp 15 cm	HA 10 Esp 25 cm
200×120	HA 14 Esp 12 cm	HA 10 Esp 12 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 14 Esp 20 cm	HA 10 Esp 20 cm
230×150	HA 14 Esp 10 cm	HA 10 Esp 10 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 15 cm	HA 14 Esp 15 cm	HA 10 Esp 20 cm
370×200	HA 16 Esp 10 cm	HA 12 Esp 10 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 10 cm	HA 16 Esp 10 cm	HA 12 Esp 20 cm
430×250	HA 16 Esp 8 cm	HA 12 Esp 8 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 10 cm	HA 16 Esp 10 cm	HA 12 Esp 20 cm

VI.2 Dimensionnement structural des Dalots

Pour le dimensionnement des dalots nous supposons que l'épaisseur du radier et des pénétrations est égale à l'épaisseur du tablier donnée par la relation suivante :

$$e = \text{Max} \left\{ \frac{l}{32} + 0,125 ; 0,20 \text{ m} \right\}$$

Chaque dalot est constitué de guides roue de section $0,2 \times 0,5 \text{ m}$ disposés de part et d'autre. Son poids est pris en compte dans le dimensionnement.

Tout comme les caniveaux, les études sont effectuées par bande de 1 ml de dalot. Chaque élément de structure du dalot est dimensionné en fonction des sollicitations auxquelles il est soumis :

Le tablier est dimensionné en flexion simple et est soumis à l'action directe son propre poids, du poids de guides roue, du poids du remblai (20 cm de la couche de base), au poids du béton bitumineux et aux surcharges routières (considérés comme charge d'exploitation).

Les piédroits sont soumis à l'action combinée des efforts horizontaux et verticaux qui engendrent à la fois des moments fléchissants et des efforts normaux. C'est pourquoi ils sont calculés en flexion composée avec effort normal de compression. Pour les piédroits intermédiaires, les moments fléchissants sont négligeables par rapport aux efforts normaux.

Le radier est dimensionné en flexion simple sur l'action des éléments de structure supérieure

VI.2.1 Calcul des sollicitations des dalots

Le détail de calcul des sollicitations des dalots est présenté en annexe V. Un calcul avec le logiciel Pybar a été également effectué pour se rassurer de la justesse des résultats. Ainsi, les sollicitations de chaque dalot sont consignées dans le tableau 21.

VI.2.2 Calcul des armatures des éléments de dalot

Les armatures comprennent

- Des armatures inférieures en travées ;
- Des armatures supérieures sur appuis appelées "chapeaux sur appuis" ;
- Des armatures de répartition.

Le calcul est effectué à l'ELU et vérifié à l'ELS. Les notes de calcul des dalots sont jointes en annexe V et les plans de ferrailage en annexe IX. Les résultats de calcul sont consignés dans le tableau 22.

Tableau 21 : Résultat de calcul des sollicitations des dalots

Sections	Epaisseur	Tablier				Radier				Piédroits de rive					
		Appuis		travée		Appuis		travée		Appuis		mi-travée		Effort normal	
	(m)	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Nu	Nser
1×0,80×0,80	0,20	6,03	4,52	14,17	10,62	12,84	9,61	20,89	15,65	12,84	9,61	8,19	6,14	244,15	182,92
1×1,20×1,00	0,20	14,34	10,75	25,29	18,96	17,61	13,18	28,16	21,09	17,61	13,18	13,90	10,42	215,87	161,76
1×1,50×1,20	0,25	23,82	17,85	38,68	28,99	23,14	17,31	37,83	28,32	23,82	17,85	20,12	15,08	282,33	211,45
1×2,00×1,20	0,25	45,12	33,82	58,22	43,63	27,10	20,25	43,20	32,32	45,12	33,82	32,49	24,34	308,14	230,75
1×2,30×1,50	0,25	55,05	41,26	77,75	58,27	39,04	29,18	63,96	47,87	55,05	41,26	45,48	34,08	369,60	276,78
1×3,70×2,00	0,30	153,69	115,19	176,63	132,35	47,34	35,22	92,46	69,06	60,57	45,35	53,92	40,33	470,17	351,86
1×4,30×2,50	0,35	202,86	152,03	238,74	178,86	61,67	45,81	124,22	92,72	202,86	152,03	124,87	93,50	545,71	408,24

Sections	Ep (m)	Tablier						Radier						Piédroits de rive						Piédroits intermédiaires					
		Appui de rive		Appui intermédiaire		Tréevée		Appui de rive		Appui intermédiaire		Tréevée		Appuis		mi-travée		Effort normal		Appuis		mi-travée		Effort normal	
		Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Mu	Mser	Nu	Nser	Mu	Mser	Mu	Mser	Nu	Nser
4×3,0×3,0	0,30	80,1	59,95	182,4	136,6	106,1	79,43	26,7	19,7	79,1	58,9	49,4	36,9	80,1	59,95	32,0	23,9	358,1	267,7	10,6	7,9	6,0	4,5	868,9	649,9
2×1,5×1,5	0,25	18,6	13,9	56,0	42,0	29,3	21,9	8,1	6,0	34,4	25,7	18,5	13,8	20,2	15,1	8,2	6,1	197,7	147,9	0,0	0,0	0,0	0,0	553,2	414,0

Tableau 22 : Résultat de calcul des armatures des dalots

Eléments de l'ouvrage	Tablier			Radier			Piédroits		
disposition	Lit inférieur	Lit supérieur	répartition	Lit inférieur	Lit supérieur	répartition	Lit extérieur	Lit intérieur	répartition
80×80	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm
120×100	HA 12 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm
150×120	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm
200×120	HA 14 Esp 20 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm
230×150	HA 14 Esp 15 cm	HA 12 Esp 15 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 14 Esp 20 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 12 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm
370×200	HA 16 Esp 12 cm	HA 16 Esp 12 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 12 Esp 15 cm	HA 14 Esp 15 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 14 Esp 20 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 20 cm
430×250	HA 16 Esp 10 cm	HA 16 Esp 10 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 12 Esp 15 cm	HA 14 Esp 15 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 14 Esp 15 cm	HA 12 Esp 15 cm	HA 10 Esp 20 cm

Eléments de l'ouvrage	Tablier			Radier			Piédroits de rive			Piédroit intermédiaire	
disposition	Lit inférieur	Lit supérieur	répartition	Lit inférieur	Lit supérieur	répartition	Lit extérieur	Lit intérieur	répartition	Principaux	répartition
4×3,00×3,00	HA 14 Esp 10 cm	HA14+HA12 Esp 10 cm	HA12 Esp 15 cm, HA 10 Esp 15 cm	HA12+HA10 Esp 20 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 20 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 25 cm
2×1 ,50×1,50	HA 12 Esp 25 cm	HA12+HA10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 12 Esp 25 cm	HA 12 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 10 Esp 25 cm	HA 8 Esp 25 cm	HA 12 Esp 20 cm	HA 10 Esp 25 cm

VII. ÉQUIPEMENTS NÉCESSAIRES A LA SÉCURITÉ ET L'EXPLOITATION

Après construction de la nouvelle route, nous devons l'équiper d'un certain nombre de dispositifs directifs pour assurer non seulement la sécurité des usagers, mais tenir aussi compte des considérations esthétiques et environnementales. C'est ainsi que, nous présentons dans cette partie la signalisation, l'éclairage et les ralentisseurs représentant les trois grands groupes d'équipements nécessaires pour l'exploitation de la future route.

VII.1 La signalisation

La signalisation routière est l'ensemble des signaux conventionnels utilisés dans le domaine routier pour assurer la sécurité des usagers de la voie. Elle est constituée de deux grandes notions à savoir la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

VII.1.1 La signalisation verticale

La signalisation verticale constituée des panneaux, des balises, des bornes et des feux tricolores. Ils sont implantés de façon à être visibles par ceux à qui ils sont destinés. Compte tenu du fait que nous sommes en zone urbaine, les panneaux doivent être placés à une hauteur de 2,3 m au-dessus du niveau du sol pour ne pas gêner la circulation des piétons et pour tenir compte des véhicules qui peuvent les masquer [15]. On distingue plusieurs types de panneaux dont ceux utilisés dans ce projet sont les panneaux de danger, de prescription, d'interdiction et de priorité de passage. Le tableau 23 ci-dessous donne la description de chaque type.

Tableau 23 : Panneaux de signalisation

Type de panneau	Description	Nombre
	Panneau AB4 (Stop) placé aux intersections et amorces	69
	Panneau AB3a (Cédez le passage)	2
	C20a (Passages pour piétons)	21

	C27 (Surélévation de chaussée) Placé au niveau des ralentisseurs	16
	Panneau A2b (Avertisseur de type dos d'âne) : placé à 50 m du ralentisseur	16
	Panneau B14 (Limitation de vitesse 30 km/h) complète le panneau avertisseur de type dos d'âne	16
	Panneau A2b (Endroit fréquenté par les enfants) placé à 50 des écoles	10
	C1a (Indication des lieux de stationnement) : placé à l'entrée du parking	22

VII.1.2 La signalisation horizontale

La signalisation horizontale caractérisée par des marquages au sol constitués de lignes longitudinales (lignes d'axe et de rives de chaussée) et lignes transversales (lignes complétant les panneaux "stop"). Ces lignes peuvent être continues ou discontinues de largeur définie par rapport à une largeur unité $u = 6 \text{ cm}$ [15]. Les marquages au sol sont caractérisés dans le tableau 24 ci-dessous

Tableau 24 : Caractéristiques des marquages au sol

Type	Largeur	Longueur des pleins	Longueur des vides	Utilisation
Marques longitudinaux				
Ligne continue	3u	/	/	Lignes de délimitation du terre-plein central
Ligne T1	2u	3 m	10	Ligne axiale ou de délimitation de voies
Ligne T2	3u	3 m	3,5	Complément des bordures de trottoirs
Marques transversaux				
Ligne continue	50 cm	Variable		Ligne complétant le panneau STOP
Ligne continue	50 cm	2,5 m		Bandes rectangulaires blanches d'inter distance 50 cm pour passage piéton

VII.2 L'éclairage

L'éclairage des rues en milieux urbains est tout à fait indispensable non seulement pour éviter les accidents, mais aussi pour assurer la sécurité des usagers contre les voleurs et vandales.

VII.2.1 Équipements d'éclairage

Les appareils d'éclairage utilisés pour ce projet sont les lampes à vapeur de sodium haute pression utilisés pour la plupart des installations publiques au Burkina Faso. Les supports de luminaires sont des candélabres de formes cylindro-coniques en acier galvanisé à double crosse. Chaque candélabre étant équipé d'une protection différentielle.

VII.2.2 Implantation des supports d'éclairage

Avec une chaussée double plus TPC l'implantation rétro-bilatérale est la plus adaptée. Pour ce type d'implantation, la hauteur du luminaire doit être supérieure ou égale à la largeur de la chaussée (7 m). Tenant compte des accotements, une hauteur de 8 m sera retenue. L'espacement entre les luminaires est lié à sa hauteur par la relation $e = 3 \text{ à } 3,5 h$. On retiendra un espacement $e = 25 \text{ m}$ soit un total de 164 candélabres pour les quatre rues.

VII.2.3 Mode d'alimentation

Le réseau d'éclairage public sera alimenté en électricité par un transformateur triphasé HTA/BTA haut de Poteau qui sera raccordé à la ligne moyenne Tension (MT) de la SONABEL qui longe toutes les rues. Le transformateur sera fourni à l'état neuf et installé conformément aux clauses, aux normes internationales, aux règles de l'art et aux exigences de la SONABEL en la matière. Le fonctionnement de l'éclairage public sera assuré par un coffret d'éclairage normalisé.

VIII. ÉTUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

La réalisation d'une infrastructure routière apporte de nombreuses modifications dans la zone où elle est implantée. C'est ainsi que l'EIES permet d'apprécier, d'évaluer et de mesurer les effets sur l'environnement, directs et indirects, à court, moyen et long terme, du projet, et ce avant sa réalisation.

VIII.1 Cadre législatif et réglementaire

Au Burkina Faso, comme d'ailleurs dans la plupart des autres pays, il est désormais établi à tout initiateur de projet de prendre en considération toutes les caractéristiques environnementales de l'espace où doivent s'inscrire ses actions et se conformer aux dispositions et textes réglementaires édictés à l'exécution des travaux liés au projet. Ce cadre réglementaire peut être appréhendé à travers les textes portant sur le code de l'environnement.

L'article 17 de la Loi n° 005/97/ADP du 30 janvier 1997 portant code de l'environnement stipule que les activités susceptibles d'avoir des impacts significatifs directs ou indirects sur l'environnement sont soumises à l'avis préalable du ministre chargé de l'environnement. Cet avis est donné suite à la réalisation d'une EIE de l'activité projetée et dont le rapport est déposé, pour examen, au niveau des services techniques compétents du Ministère chargé de l'environnement.

Le décret n°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement [16]. En effet ce décret a l'avantage d'avoir classé les activités susceptibles d'avoir des impacts significatifs directs ou indirects sur l'environnement en trois catégories :

- Catégorie A : activités soumises à une étude d'impact sur l'environnement ;
- Catégorie B : Activités soumises à une notice d'impact sur l'environnement ;
- Activités qui ne sont soumises ni à une étude d'impact sur l'environnement ni à une notice d'impact sur l'environnement.

Notre projet peut être classé en catégorie B et faire l'objet d'une Notice d'Impact Environnemental (NIE). Dans cette notice, une description des caractéristiques ou des éléments du projet qui ont des impacts positifs ou négatifs sera faite (l'évaluation de ces impacts est jointe en annexe VI. Aussi une présentation des mesures à prendre pour supprimer, réduire, gérer ou compenser les effets négatifs sur l'environnement.

VIII.2 Identification et analyse des impacts potentiels du projet

VIII.2.1 Impacts positifs

Les impacts positifs (effets bénéfiques) sont ceux qui entraînent une certaine amélioration de l'environnement, des conditions liées à l'avenir d'une ressource naturelle ou de l'économie, ou qui les modifient de manière favorable ou désirable. Ces effets sont les suivants :

➤ **Amélioration de l'état général du réseau routier par une meilleure praticabilité et une durabilité de la route**

Le projet permettra de réduire les inconvénients générés par le défaut d'entretien qui rend la route impraticable (nids de poule, boursiers, tôle ondulée, ravines longitudinales et transversales, absence et/ou non fonctionnement des ouvrages de drainage).

➤ **Développement des activités socio-économiques**

L'aménagement des rues permettra de fluidifier la circulation des biens et des personnes (gain de temps considérables dans l'acheminement des produits, évacuation des malades, transport des voyageurs, acquisition des denrées de première nécessité, accessibilité à temps aux structures d'éducation et aux institutions sanitaires extérieures, etc.).

➤ **Amélioration de l'hygiène et de la santé publique**

Le bitumage de ce tronçon diminuera considérablement le soulèvement permanent de poussières (particules solides en suspension dans l'air constituant une source de nuisance aiguë pour les usagers et pour les populations riveraines).

➤ **La contribution à la création d'emplois et à la réduction de la pauvreté**

La construction du tronçon routier aura des retombées sur l'économie régionale, dans les domaines de la création d'emplois (main-d'œuvre pour la construction) et du développement de l'activité de transport en général. Le projet contribuera à accroître les revenus des populations et à réduire de façon significative la pauvreté; l'utilisation des PME dans les chantiers va entraîner une forte utilisation de la main-d'œuvre locale dont les revenus vont fouetter les activités économiques de la localité (restauration, artisanat, commerce, etc.) dans les zones concernées.

➤ **La protection de l'infrastructure routière par un drainage adéquat**

Le sable et l'eau sont les ennemis de la route bitumée. L'action combinée de ces deux éléments provoque un ravinement transversal ou longitudinal. En l'absence d'un système adéquat de drainage, les eaux de ruissellement occasionnent des ruptures sérieuses de la chaussée,

empêchant ainsi toute circulation des véhicules. Le projet permettra ainsi de réaliser des ouvrages de drainage (caniveaux) le long de l'axe routier.

➤ **Réduction des pollutions et nuisances et protection des ressources naturelles**

La dégradation progressive des véhicules consécutivement à l'absence d'entretien des routes se traduit par une pollution et des nuisances de plus en plus marquées sur l'environnement (rejets de pollutions gazeux dans l'atmosphère)

VIII.2.2 Impacts négatifs

Les impacts négatifs sont ceux qui risquent de causer une détérioration significative de l'environnement ou des conditions économiques. Ces effets sont les suivants

➤ **Déplacements involontaires des populations et expropriations**

Les travaux d'aménagement des différentes rues vont entraîner le déplacement temporaire ou définitif des personnes et des biens situés dans l'emprise du projet. Ainsi le projet va affecter environ 500 personnes, En termes de biens impactés, on dénombre 285 hangars en tôles, 9 hangars en paille, 114 kiosques métalliques, 227 terrasses, 11 terrasses pavées, 53 grilles métalliques, 6 murs et 10 bâtiments. Des expropriations sont inévitables

➤ **Réduction du couvert végétal**

Environ 200 arbres seront abattus lors des travaux pour libérer l'assiette de l'infrastructure routière. Les espèces végétales situées dans les zones d'emprunts pourront être également impactées.

➤ **Production des déchets, des eaux usées : source de pollution des eaux et du sol**

Des déchets solides (matériel hors d'usage, abattage des arbres, dépôt des produits de décapage) et liquides (huiles de vidange et graisses de moteur) seront générés en phase de préparation et d'exploitation. La présence de ces ordures défigure la physionomie du sol à tout endroit où elles seront déposées. Aussi, les eaux usées générées sur le chantier, notamment celles provenant des toilettes peuvent constituer des sources de pollution. Sans oublier le fait que l'utilisation d'engins nécessitant du carburant, des huiles et graisses lors du chantier risque de contaminer des eaux souterraines par infiltration même si ce risque est faible.

➤ **Perturbation temporaire de la circulation**

Lors de la phase travaux, les rotations des véhicules acheminant le matériel et les matériaux de construction risqueront de gêner la circulation et la mobilité en général. L'impact n'est que temporaire

➤ **Imperméabilisation des surfaces et baisse des capacités d'infiltration**

Le bitumage de la voie va rendre sa surface complètement imperméable

➤ **Production des particules pouvant polluer l'air à la phase d'exploitation**

Lors de la mise en service, le trafic va engendrer la présence de particules de l'air, mais aussi augmenter la concentration en CO, CO₂, O₃ et autres particules comme le plomb (pouvant entraîner les maladies respiratoires, migraines, stress). Mais il faut souligner le caractère peu significatif de ces effets compte tenu du trafic routier moyen sur ce tronçon.

➤ **Impacts des matériaux et les zones d'emprunts**

L'exploitation des zones d'emprunt aura des effets négatifs sur la qualité de l'air. Toutefois, l'effet sera local suite à la concentration de poussières dans l'air. Ces effets seront négligeables pour l'environnement, mais ils pourraient constituer une menace sanitaire pour les travailleurs présents dans les carrières latéritiques.

VIII.3 Mesure d'atténuation des effets négatifs

L'étude a identifié les mesures d'atténuation des impacts environnementaux et sociaux

Tableau 25 : Mesure d'atténuation des impacts négatifs

Impacts	Mesures d'atténuation
Dégradation des formations végétales lors ouverture (route et carrières) et destruction d'habitat lors des travaux	- Plantations d'arbres d'alignement pour l'embellissement, l'ombrage et de brise-vents. - Réhabiliter les carrières temporaires (régilage et reboisement compensatoire)
Perturbation/pollution des sols le déversement de produits d'hydrocarbure	- Procéder à la manipulation des produits bitumineux sur des aires stabilisées - Procéder au nettoyage des sols où des produits bitumineux sont déversés accidentellement
Obstruction de l'écoulement des eaux de pluie	- Réhabiliter les chemins de ruissellement après le stockage des matériaux
Pollution du milieu (eaux et sols) par les déchets solides et liquides, huiles de vidange et graisses de	- Collecter les huiles dans des cuves appropriées - Mettre en place des sanitaires au niveau du chantier

moteur, matériel hors d'usage dépôt des produits de décapage etc)	- Mettre en place des poubelles pour la réception des déchets - Collecter et évacuer les résidus de décapage et de démolition à la décharge autorisée par les collectivités locales, au fur et à mesure de leur production - Arroser régulièrement la plateforme de latérite - Sensibiliser l'entrepreneur et les conducteurs pour un déversement en douceur des matériaux
Conflits avec l'occupation non autorisée de parcelles privées	- Procéder à l'indemnisation en cas de dégradation - Procéder à la remise en état à la fin des travaux
Risque d'accident en cours de travaux (personnel et population)	- Exiger le port d'équipement de sécurité (masque à poussière, casques, chaussure de sécurité, etc.) - Assurer la signalisation des travaux (panneaux, bandes) - Disposer d'une boîte de pharmacie pour les premiers soins - Élaborer et afficher une notice d'hygiène et de sécurité pour le chantier - Réaménager le stationnement des transports en commun au niveau de la traversée des agglomérations - Réaliser des ralentisseurs (dos d'âne)
Non-respect des coutumes locales (conflits avec autochtones)	- Mener des séances d'information et de sensibilisation du personnel de chantier
Forte pression sur les points d'eau existants (forages et puits villageois)	- S'assurer de la capacité de charge des points d'eau - Négocier l'utilisation des points d'eau avec les Collectivités locales
Expropriation, dégradation d'habitation, Déplacement des hagards et perturbation des activités commerciales	- Élaborer un Plan d'Action de Réinstallation incluant le dédommagement des victimes et leur réinstallation, y compris la réalisation d'infrastructures marchandes

IX. ESTIMATION DU COUT PROJET

Dans cette partie, il est question d'évaluer le coût des différents aménagements définis dans les sections précédentes en partant de leur mesurage. Cette évaluation commence d'abord par la réalisation d'un avant métré (mesurage ou évaluation des quantités). Le devis estimatif est alors obtenu en ajoutant les prix unitaires aux différents postes de l'avant métré (comme présenté dans le tableau 26)

IX.1 Avant métré

Comme défini ci-dessus, l'avant métré contient les détails méthodiques, analytiques et quantitatifs des aménagements de l'ouvrage routier (chaussée, ouvrages d'assainissement, équipement de sécurité et d'exploitation, mesures d'atténuations des impacts négatifs ...). Ces détails sont joints en annexe VII et le résultat d'analyse est présenté dans les quatre premières colonnes du tableau 26

IX.2 Devis estimatif.

Le devis estimatif est présenté dans le tableau 26 ci-dessous. Il faut noter que les prix unitaires sont définis sur la base de l'économie actuelle du Burkina Faso, et une marge de 5% est considérée compte tenu du fait que nous sommes en phase d'avant-projet détaillé.

Tableau 26 : Devis quantitatif et estimatif du projet

N°	DÉSIGNATION	UNITE	Quantité	PRIX UNITAIRES en Francs CFA	COUTS TOTAUX en Francs CFA
				HTVA	HTVA
100	INSTALLATIONS DE CHANTIER				
101	Installations de chantier	FF	1	50 000 000	50 000 000
102	Amenée et repli du matériel	FF	1	15 000 000	15 000 000
103	Déplacement de divers réseaux existants				
103.1	Déplacement et reprise du réseau d'eau potable	FF	1	10 000 000	10 000 000
103.2	Déplacement et reprise du réseau d'électricité	FF	1	22 500 000	22 500 000
103.3	Déplacement et reprise du réseau téléphonique	FF	1	21 000 000	21 000 000
	SOUS TOTAL 100				118 500 000
200	TERRASSEMENTS SUR CHAUSSÉES, ACCOTEMENTS ET AMORCES				
201	Nettoyage de l'emprise de tous éléments entravant la mise en œuvre des travaux	m²	100 062,63	200	20 012 526
202	Abattage d'arbre de diamètre $\geq$ 1m	U	23,00	27 500	632 500

203	Déblais en terrain meuble	m3	44 706,74	3 600	160 944 264
204	Remblais provenant de déblais	m3	2 235,34	3 000	6 706 020
205	Remblai provenant d'emprunt	m3	25 566,73	4 000	102 266 920
206	Préparation de la plate-forme	m²	75 014,71	200	15 002 942
	SOUS TOTAL 200				305 565 172
300	CHAUSSÉES, AMORCES ET GIRATOIRE				
301	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation en graveleux latéritique naturel	m3	14 604,08	4 500	65 718 360
302	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritique amélioré aux concassés pour couche de base	m3	14 601,38	15 000	219 020 700
303	Fourniture de mise en œuvre du carrefour giratoire	U	1,00	15 000 000	15 000 000
	SOUS TOTAL 300				284 739 060
400	REVÊTEMENT SUR CHAUSSÉES, ACCOTEMENTS ET AMORCES				
401	Fourniture de bitume fluidifié 0/1 (cut-back) pour imprégnation	T	72,04	750 000	54 030 000
402	Mise en œuvre imprégnation sur chaussée	m²	65 497,07	200	13 099 414
403	Fourniture et mise en œuvre d'un revêtement en béton bitumineux 0/10 épaisseurs 5 cm y compris couche d'accrochage	m3	3 273,80	250 000	818 450 000
404	Fourniture et mise en œuvre du béton dosé à 350Kg/m3 pour protection de bord de chaussée de section 0,20 X 0,30	m3	604,50	130 000	78 585 000
	SOUS TOTAL 400				964 164 414
500	ASSAINISSEMENT- DRAINAGE				
501	Réalisation de nouveaux dalots en béton armé de dimensions suivantes:				
501a	Dalots transversaux				
501a.1	2 x (150x150)	ml	17,90	993 000	17 774 700
501a.2	4 x (300x300)	ml	15,90	2 200 000	34 980 000
501b	Dalots longitudinaux				
501b.1	1 x (80x80)	ml	1 061,00	183 000	194 163 000
501b.2	120 x 100	ml	50,00	227 000	11 350 000
501b.3	150 x 120	ml	124,00	322 000	39 928 000
501b.4	200 x 120	ml	185,00	400 000	74 000 000
501b.5	230 x 150	ml	140,00	451 000	63 140 000
501b.6	370 x 200	ml	72,00	887 000	63 864 000
501b.7	430 x 250	ml	183,00	958 000	175 314 000

502	Réalisation des nouveaux caniveaux rectangulaires en béton armé de dimensions suivantes:				
502a	Caniveaux longitudinaux				
502a.1	80 x80	ml	2 941,51	86 000	252 969 860
502a.2	120 x 100	ml	225,00	118 000	26 550 000
502a.3	120 x 120	ml	375,00	135 000	50 625 000
502a.4	150 x 120	ml	659,88	154 000	101 621 520
502a.5	200 x 120	ml	760,93	238 000	181 101 340
502a.6	230 x 150	ml	735,00	315 000	231 525 000
502a.7	370 x 200	ml	378,00	562 000	212 436 000
502a.8	430 x 250	ml	217,00	721 000	156 457 000
502b	Caniveaux collecteurs				
502b.1	230 x 150	ml	100,00	210 000	21 000 000
503	Fourniture et pose de bordures T2	ml	13 902,70	13 000	180 735 100
504	Dalles de Passage sur caniveaux				
504.1	80 x80	ml	2 059,06	32 000	65 889 920
504.2	120 x 100	ml	157,50	44 000	6 930 000
504.3	120 x 120	ml	262,50	49 000	12 862 500
504.4	150 x 120	ml	461,92	60 000	27 715 200
504.5	200 x 120	ml	532,65	100 000	53 265 000
504.6	230 x 150	ml	203,00	148 000	30 044 000
504.7	370 x 200	ml	264,60	207 000	54 772 200
504.8	430 x 250	ml	151,90	273 000	41 468 700
506	Protection en gabion	m3	17,50	45 000	787 500
	SOUS TOTAL 500				2 383 269 540
600	SIGNALISATION ET SÉCURITÉ				
601	Bande de peinture blanche continue de largeur 0,18 m (3U) et discontinue d'axe de module T1 de largeur 0,12 m (2U)	m²	1 435,03	1 600	2 296 048
602	Bande de peinture blanche discontinue de rive de module T2 de largeur 0,18 m (3U)	m²	662,81	1 600	1 060 496
603	Marquages spéciaux à la peinture blanche	m²	288,75	2 100	606 375
604	Panneau triangulaire signaux de danger type A	U	26,00	150 000	3 900 000
605	Panneau arrêt et intersection type AB	U	71,00	150 000	10 650 000
606	Panneau circulaire d'interdiction ou obligation type B	U	16,00	150 000	2 400 000

**ETUDES POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE DANS
LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO**

607	Panneau de signalisation Parking type C1a	U	22,00	150 000	3 300 000
608	Panneau de signalisation Passage piéton type C20a	U	21,00	150 000	3 150 000
609	Fourniture et mise en œuvre de paires de ralentisseurs en BB aux droits des infrastructures scolaires et de santé	Paire	8,00	1 500 000	12 000 000
	SOUS TOTAL 600				39 362 919
700	Aménagement divers et mesures environnementales et sociales				
701	Aménagement en remblai d'emprunt (15 cm ép mini après compactage) et réglage pour assurer la pente entre caniveaux et concessions d'une part et entre caniveau et accotements d'autre part et aussi sur les rues exutoires	m3	12 007,53	1 000	12 007 530
702	Plantations d'alignements et d'ombrages y compris leur entretien jusqu'à la réception définitive	U	801	12 500	10 006 375
703	Fourniture et installation d'éclairage public				
703.1	Candélabre 2 crosse 8m, espacement 25m	U	164	900 000	147 699 000
704	Aménagement en pavé	m2	16 010,02	25 000	400 250 500
	SOUS TOTAL 700				569 963 405
A	TOTAL HTVA				4 665 564 510
B	IMPRÉVUS 5%				233 278 226
C	TOTAL HTVA				4 898 842 736
D	TVA (18%)				881 791 692
E	TOTAL TTC				5 780 634 428
F	COUT /KM				1 444 254 143

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les études menées dans le cadre de notre projet de fin d'étude intitulé « ETUDE POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO » avait pour ambition de déterminer la nature et le cout de l'ensemble des interventions et aménagements des différents tronçons de la voirie. Cela en se demandant précisément quel type de route adopté, quelle structure de chaussée capable de supporter un trafic de classe T3 sur une durée de vie de 20 ans, quel réseau d'assainissement mettre en place pour amener la chaussée et les riverains hors d'eau, quels équipements sécuritaires adoptés pour l'exploitation sécuritaire de la nouvelle infrastructure.

Au moyen des données environnementales, topographique, géotechniques et hydrologiques recueillies sur le terrain, sans oublier les logiciels de conception et de dimensionnement, nous avons mis en évidence une route de catégorie U60 dont les paramètres ont permis d'effectuer le tracé en plan de l'axe, le profil en long et le profil en travers type. Avec un sol et un trafic de classe S4 et T3 respectivement, Nous avons obtenu une chaussée dont la structure est composée de 5 cm de béton bitumineux en couche de roulement, 20 cm de graveleux latéritique amélioré au concassé en couche de base et 20 cm de graveleux latéritique naturelle en couche de fondation et 30 cm de couche de forme.

Le système mis en place pour le drainage des eaux est caractérisé par des dalots et des caniveaux de section rectangulaire tous en béton armé. Ces ouvrages hydrauliques ont été dimensionnés avec un débit de crue décennale et en tenant compte du sens d'écoulement des eaux et des caractéristiques des bassins versants autour de chaque rue. Nous avons ainsi obtenu les caniveaux de sections 80×80 (2941ml), 120×100 (225 ml), 120×120 (235 ml), 150×120 (660 ml), 200×120 (761 ml), 230×150 (735 ml), 370×200 (378 ml) et 430×250 (217 ml). Les dalots longitudinaux constituant la continuité des caniveaux sont adoptés pour chaque amorce ou accès aux rues adjacentes. Nous avons également mis en évidence deux dalots transversaux de section 2×150×150 et 4×300×300 qui constituent les ouvrages de décharge des eaux des caniveaux. La présence des ouvrages de grande section est justifiée par le relief du terrain et le fait que la pluviométrie soit assez élevée dans la ville de Bobo-Dioulasso.

L'ensemble des équipements mis en place pour assurer la sécurité des usagers est caractérisé par une signalisation routière et un système d'éclairage. La signalisation horizontale est constituée des marquages longitudinaux et transversaux tandis que la signalisation verticale est constituée des panneaux danger, de direction, d'interdiction et de priorité valant au total 172 panneaux. Les

appareils d'éclairage sont les lampes à vapeur de sodium haute pression et les supports sont les candélabres à double crosse de hauteur 8m espacés de 25 m.

La notice d'impact environnementale et sociale effectuée a permis de proposer au maitre d'ouvrage un ensemble de mesure d'atténuation ou de suppression des impacts négatifs de la nouvelle infrastructure. Les mesures les plus importantes sont celles de l'aménagement paysagères, les mesures de contre pollution, le dédommagement et la réinstallation des riverains expropriés.

L'ensemble de l'étude nous a permis d'obtenir les quantités de matériaux et matériels nécessaires pour la réalisation du projet. C'est à partir de ces quantités que nous avons estimé le coût du projet qui s'élève à une somme de 5 780 634 428 FCFA toutes taxes comprises. Soit 1 444 254 143 FCFA par km de voirie. Cette somme est légèrement inférieure à celle obtenue par le bureau d'étude et cette différence est due au fait que nous ayons obtenu les quantités de déblai/remblai inférieures à celles obtenues par le bureau d'étude.

Notons toutefois que pour qu'une infrastructure routière réponde à un minimum d'exigence de qualité, une bonne étude est nécessaire mais pas suffisante, il faudra également s'assurer d'une bonne mise en exécution des ouvrages. Ce travail de mémoire se voulait uniquement sur les études d'avant-projet détaillé, il serait pertinent dans cette nouvelle perspective de procéder au montage du dossier d'appel d'offre basé sur des critères bien définis permettant au maitre d'ouvrage de faire le choix de l'entreprise la plus à même de réaliser les travaux.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, « Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines ». mars 2009.
- [2] SETRA, « Aménagement des carrefours interurbains sur les Routes principales : Carrefours Plans ». déc. 1998.
- [3] CEBTP, « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux ». 1980.
- [4] C. BABILOTTE et C. SOULIE, « Dimensionnement des structures de chaussée neuves et élargissement des voies ». 1994.
- [5] BIAOU, « Calcul et conception des ouvrages hydrauliques ». juin 2015.
- [6] ACIT Géotechnique, « Rapport d'essais de laboratoire sur matériaux de sondage et d'emprunt : Voirie de Bobo-Dioulasso ». févr. 2020.
- [7] M. SOULEY ISSIAKOU, N. SAIYOURI, Y. ANGUY, et C. GABORIEAU, « Etude des matériaux latéritiques utilisés en construction routière au Niger : Méthode d'amélioration ». HAL Id : hal-01167576, juin 2015.
- [8] SETRA et LCPC, « Conception et dimensionnement des structures de chaussée - Guide technique ». déc. 1994.
- [9] N. VAN TUU, B. LEMOINE, et J. POUPLARD, « Hydraulique Routière ». Ministère de la Coopération et du Développement de la République Française : BCEOM, 1981.
- [10] F.-N. CRES, « Hydrologie Urbaine Quantitative-Assainissement pluvial ». sept. 2001.
- [11] ORSTOM, CIEH, et LCT-CEMAGREF.-ENGREF, « Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits Bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche ». BULLETIN FAO D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE, mars 02, 1998.
- [12] A.L. MAR, « Cours d'Hydraulique : Ecoulement à surface libre ». Groupe des Ecoles EIER-ETSHER, juill. 2004.
- [13] Ministère Français de l'Equipement et du Logement, « Fascicule 61 : conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art ; Titre II : programmes des charges et épreuves des ponts routes ». déc. 1971.
- [14] Fascicule 62, titre I du CCTG - Travaux section 1 : béton armé, « Règles BAEL 91 révisées 99 : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites ». Février 2000.

- [15] Ministre de l'Équipement et Ministre de l'Intérieur, « Instruction internministérielle sur la signalisation routiere ». Journal officiel de la République française, nov. 1967.
- [16] PRESIDENT DU FASO et PRESIDENT DU CONSEIL DES MINISTRES, « Décret n°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 (JON°31 2001) Portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement ». mai 2001.

ANNEXE

Annexe I. ELEMENT DE CONCEPTION GEOMETRIQUE.....	62
I.1 Elément du tracé en plan.....	62
I.2 Eléments du profil en long.....	63
Annexe II. PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURAL DE LA CHAUSSEE 67	
II.1 Fiche de comptage du trafic	67
II.2 Classe de trafic.....	68
II.3 Calcul des contraintes et déformations admissible avec Alizé LCPC.....	68
Annexe III. ETUDES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUE.....	69
III.1 Traitement des données pluviométriques.....	69
III.2 Courbe hypsométrique des bassins versants	71
III.3 Calcul du coefficient de ruissellement	74
III.4 Ouvrages existants	75
Annexe IV. NOTE DE CALCUL DES CANIVEAUX : CAS DU CANIVEAU 200 X 120.....	76
IV.1 Caractéristiques géométriques du caniveau	77
IV.2 Calcul de la dalle de couverture	77
IV.3 Calcul du radier.....	81
IV.4 Calcul des voiles	84
Annexe V. NOTES DE CALCUL DU DALOT TRANSVERSAL 4×3,00×3,00.....	90
V.1 Géométrie du dalot et hypothèses de calcul	90
V.2 Calcul des charges sollicitées par l'ouvrage	91
V.3 Calcul des sollicitations	100
V.4 Calcul des armatures	114
Annexe VI. NOTE DE CALCUL DU DALOT LONGITUDINAL 1×2,00×1,20.....	138
VI.1 Calcul des charges permanentes G.....	138
VI.2 Calcul des charges d'exploitation Q : les charges routières.....	139
VI.3 Calcul des sollicitations sous charge permanente	143
Annexe VII. EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX	148
Annexe VIII. AVANT METRE	154
Annexe IX. LES PLANS.....	163

Annexe I. ELEMENT DE CONCEPTION GEOMETRIQUE

I.1 Elément du tracé en plan

RUE 25,61					
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
				363614,43	1234932,2
D1	GIS = 222,387g	533,87			
			533,87	363430,54	1234431,0
LONGUEUR DE L'AXE		533,876			

RUE 25,65					
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
				363430,54	1234431,0
D1	GIS = 269,305g	680,76			
			680,76	362827,38	1234115,3
C1	XC= 362363,695				
	YC= 1235001,357				
	R = -1000,000	58,54			
			739,30	362774,75	1234089,7
D2	GIS = 273,032g	66,65			
			805,9	362713,99	1234062,3
C2	XC= 363125,056				
	YC= 1233150,743				
	R = 1000,000	59,65			
			865,61	362660,37	1234036,2
D3	GIS = 269,234g	110,23			
			975,85	362562,76	123398
C3	XC= 362888,041				
	YC= 1233365,162				
	R = 700,000	39,85			
			1015,70	362528,02	1233965,4
D4	GIS = 265,610g	75,08			
			1090,78	362463,63	1233926,8
C4	XC= 362103,617				
	YC= 1234527,193				
	R = -700,000	51,5			
			1142,32	362418,49	1233902,0
D5	GIS = 270,297g	617,90			
			1760,2	361866,63	1233624,0

LONGUEUR DE L'AXE		1760,23			
RUE 17,170					
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
				361842,00	1233414,8
D1	GIS = 7,459g	210,69			
			210,69	361866,63	1233624,0
LONGUEUR DE L'AXE		210,695			

RUE 17,104					
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
				360748,36	1232391,9
D1	GIS = 52,341g	438,65			
			438,65	361069,73	1232690,4
C1	XC= 360389,100				
	YC= 1233423,101				
	R = 1000,000	58,25			
			496,90	361111,23	1232731,3
D2	GIS = 48,632g	87,63			
			584,54	361171,85	1232794,6
C2	XC= 361893,988				
	YC= 1232102,877				
	R = -1000,000	66,95			
			651,49	361219,75	1232841,4
D3	GIS = 52,895g	109,9			
			761,43	361300,9	1232915,5
C3	XC= 361300,276				
	YC= 1232916,261				
	R = 1,000	0,00			
			761,44	361300,95	1232915,5
D4	GIS = 52,671g	222,98			
			984,42	361465,10	1233066,4
C4	XC= 361464,427				
	YC= 1233067,184				
	R = 1,000	0,00			
			984,43	361465,10	1233066,4
D5	GIS = 52,504g	513,23			
			1497,66	361842,00	1233414,8
LONGUEUR DE L'AXE		1497,666			

I.2 Eléments du profil en long

RUE 25,61				
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
				470,37
D1	PENTE= -1,450 %	13,22		
			13,22	470,18
PA1	S= 49,4730 Z= 469,9205			
	R = 2500,00	73,55		
			86,77	470,19
D2	PENTE= 1,492 %	75,43		
			162,20	471,32
PA2	S= 206,9730 Z= 471,6583			
	R = -3000,00	20,3		
			182,53	471,55
D3	PENTE= 0,815 %	81,16		
			263,70	472,2
PA3	S= 288,1366 Z= 472,3194			
	R = -3000,00	15,74		
			279,44	472,30
D4	PENTE= 0,290 %	161,59		
			441,04	472,77
PA4	S= 449,7312 Z= 472,7875			
	R = -3000,00	18,03		
			459,07	472,77
D5	PENTE= -0,311 %	74,80		
			533,87	472,5
LONGUEUR DE L'AXE		533,876		

RUE 25,65				
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
				472,53
D1	PENTE= -1,107 %	447,23		
			447,23	467,5
PA1	S= 485,9641 Z= 467,3758			
	R = 3500,00	3,45		
			450,68	467,55
D2	PENTE= -1,008 %	457,47		
			908,16	462,94
PA2	S= 938,4024 Z= 462,7900			
	R = 3000,00	30,23		
			938,40	462,7
D3	PENTE= 0,000 %	225,77		
			1164,17	462,7
PA3	S= 1164,1743 Z= 462,7900			
	R = 3000,00	64,63		

			1228,80	463,48
D4	PENTE= 2,154 %	139,07		
			1367,8	466,48
PA4	S= 1443,2861 Z= 467,2948			
	R = -3500,00	17,03		
			1384,91	466,80
D5	PENTE= 1,668 %	195,98		
			1580,90	470,07
PA5	S= 1639,2731 Z= 470,5633			
	R = -3500,00	30,51		
			1611,41	470,45
D6	PENTE= 0,796 %	148,81		
			1760,2	471,63
LONGUEUR DE L'AXE		1760,23		

RUE 17,170				
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
				474,42
D1	PENTE= -1,047 %	70,01		
			70,01	473,69
PA1	S= 43,8376 Z= 473,8310			
	R = -2500,00	10,6		
			80,69	473,55
D2	PENTE= -1,474 %	130,00		
			210,69	471,64
LONGUEUR DE L'AXE		210,695		

RUE 17,104				
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
				485,34
D1	PENTE= -0,392 %	342,6		
			342,6	483,99
PA1	S= 328,9599 Z= 484,0256			
	R = -3500,00	14,6		
			357,3	483,91
D2	PENTE= -0,810 %	343,35		
			700,67	481,12
PA2	S= 724,9864 Z= 481,0300			
	R = 3000,00	24,30		
			724,98	481,0
D3	PENTE= 0,000 %	61,06		
			786,05	481,0
PA3	S= 786,0548 Z= 481,0300			

	R = -3000,00	28,41		
			814,46	480,89
D4	PENTE= -0,947 %	683,19		
			1497,66	474,42
LONGUEUR DE L'AXE		1497,666		

Annexe II. PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE

II.1 Fiche de comptage du trafic

ETUDE DE LA MOBILITE URBAINE DE BOBO-DIOULASSO									
Catégories de véhicules									
Périodes	Voiture particulier	taxi	mini car	autocars	SOTRACO	Camionnette	Camions et En. Art	Tricycles	Motos
13/02/2020	457	214	183	0	0	201	136	409	1317
14/02/2020	559	216	235	38	0	180	95	452	1230
15/02/2020	350	55	108	6	0	75	61	220	1277
TOTAL	1366	485	526	44	0	456	292	1081	3824
TMJ	456	162	176	15	0	152	98	361	1275

II.2 Classe de trafic

La classe de trafic en fonction nombre d'essieu équivalent est donnée dans le tableau suivant

$T_1 < 5 \times 10^5$
$5 \times 10^5 < T_2 < 1,5 \times 10^6$
$1,5 \times 10^6 < T_3 < 4 \times 10^6$
$4 \times 10^6 < T_4 < 10^7$
$10^7 < T_5 < 2 \times 10^7$

II.3 Calcul des contraintes et déformations admissible avec Alizé LCPC

Trafic PL cumulé : données

☒ Moyenne journalière annuelle (MJA) : 186
☒ Taux accroissement géométrique (%) : 5
☐ Taux accroissement arithmétique (%) : 6,88
☒ Durée de service (années) : 20
☐ Trafic cumulé PL : 2,2448E+6

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94
 CAM : Catalogue 1998
 Risques : Guide lcpc-sétra 94
 Risques : Catalogue 1998
 Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type : bitumineux
 coefficient CAM : 0,8
 risque (%) : 5,0
 trafic cumulé NE : 1,7958E+6
 Epsilon6 (µdéf) : 100
 -1/b : 5

E10*10Hz (MPa) : 7200
 Etéq10Hz (MPa) : 5400
 écart type Sh (m) : 0,010
 écart type SN : 0,250
 Kr (risque) : 0,815
 Kc (calage) : 1,1
 Ks (couche liée/pf1) : 1/1,2

Calculer EpsiT admissible
 Calcul inverse NE = f(EpsiT)
 Calcul inverse Risk = f(EpsiT)
 Bibliothèque des matériaux

Imprimer Enregistrer

EpsiT

Annotation libre : gnt et sol

Mémo ...

1 - EpsiT= 76,7 (bb)

2 - Epsiz= 490,6 (gnt et sol)

effacer=dbl click

Fermer

Annexe III. ETUDES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUE

III.1 Traitement des données pluviométriques

Les pluies annuelles de Bobo-Dioulasso sont consignées dans le tableau suivant :

<i>Année</i>	<i>Pluie annuelle</i>
2011	608
2017	705
2013	709
2005	722
2002	753
2004	767
2018	855
2001	867
2007	914
2003	915
2009	916
2019	951,5
2012	955
2006	1014
2000	1021
2015	1029
2008	1041
2014	1065
2010	1104
2016	1118
Moyenne annuelle	901,46

Les paramètres de l'ajustement des pluies maximales annuelles par la loi de Gumbel sont :

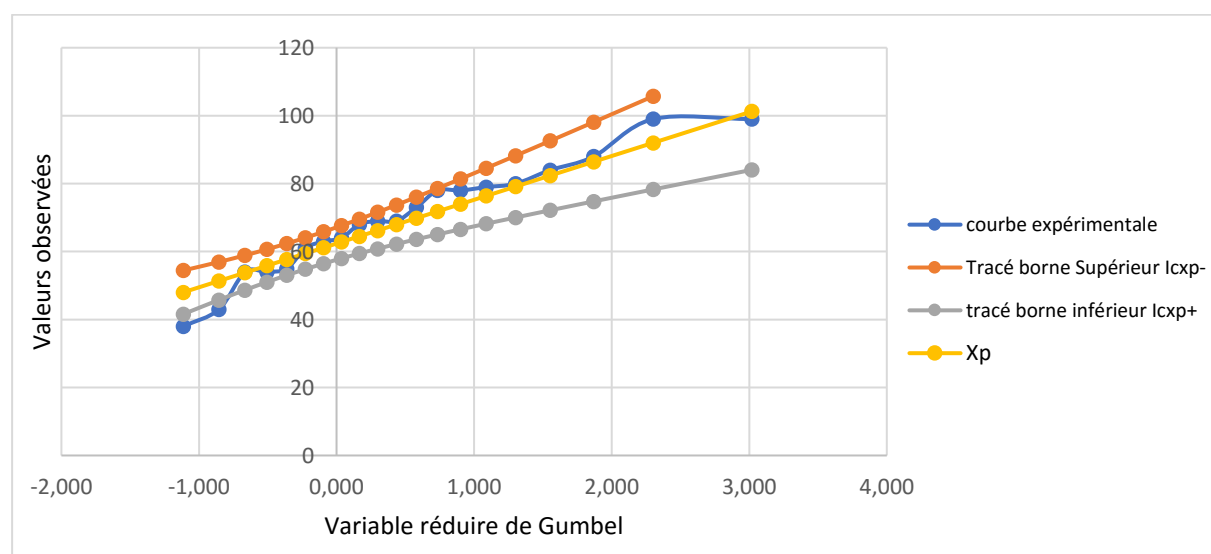
Paramètres de la loi de Gumbel	
Paramètre d'échelle 1/a	12,881
Paramètre de position xo	62,368

<i>caractéristique de l'échantillon</i>	
Moyenne (X)	69,80
Ecart type (s)	16,51
coefficient de variation (cv)	0,24

Le tableau suivant donne la valeur expérimentale de l'ajustement des pluies maximales annuelles par la loi de Gumbel ainsi que ses bornes inférieures et supérieures.

Année	Pluie maximale journalière (mm)	rang	fréquence expérimentale	variable réduite de Gumbel (up)	xp calculé	k	Ic _{xp} -	Ic _{xp} +
2017	38	1	0,048	-1,113	48,028	-1,318	54,443	41,612
2004	43	2	0,095	-0,855	51,355	-1,117	56,942	45,768
2006	54	3	0,143	-0,666	53,793	-0,969	58,903	48,683
2013	54	4	0,190	-0,506	55,854	-0,845	60,675	51,032
2011	55	5	0,238	-0,361	57,715	-0,732	62,384	53,047
2001	61	6	0,286	-0,225	59,465	-0,626	64,093	54,838
2012	63	7	0,333	-0,094	61,157	-0,523	65,841	56,472
2005	64	8	0,381	0,036	62,826	-0,422	67,658	57,993
2000	68	9	0,429	0,166	64,502	-0,321	69,565	59,439
2009	69	10	0,476	0,298	66,213	-0,217	71,585	60,840
2018	69	11	0,524	0,436	67,984	-0,110	73,743	62,224
2014	73	12	0,571	0,581	69,845	0,003	76,070	63,620
2010	78	13	0,619	0,735	71,833	0,123	78,608	65,058
2015	78	14	0,667	0,903	73,995	0,254	81,417	66,574
2008	79	15	0,714	1,089	76,398	0,400	84,582	68,214
2003	80	16	0,762	1,302	79,141	0,566	88,238	70,044
2007	84	17	0,810	1,554	82,390	0,762	92,612	72,168
2016	88	18	0,857	1,870	86,452	1,008	98,126	74,778
2002	99	19	0,905	2,302	92,016	1,345	105,733	78,299
2019	99	20	0,952	3,020	101,270	1,906	118,469	84,071

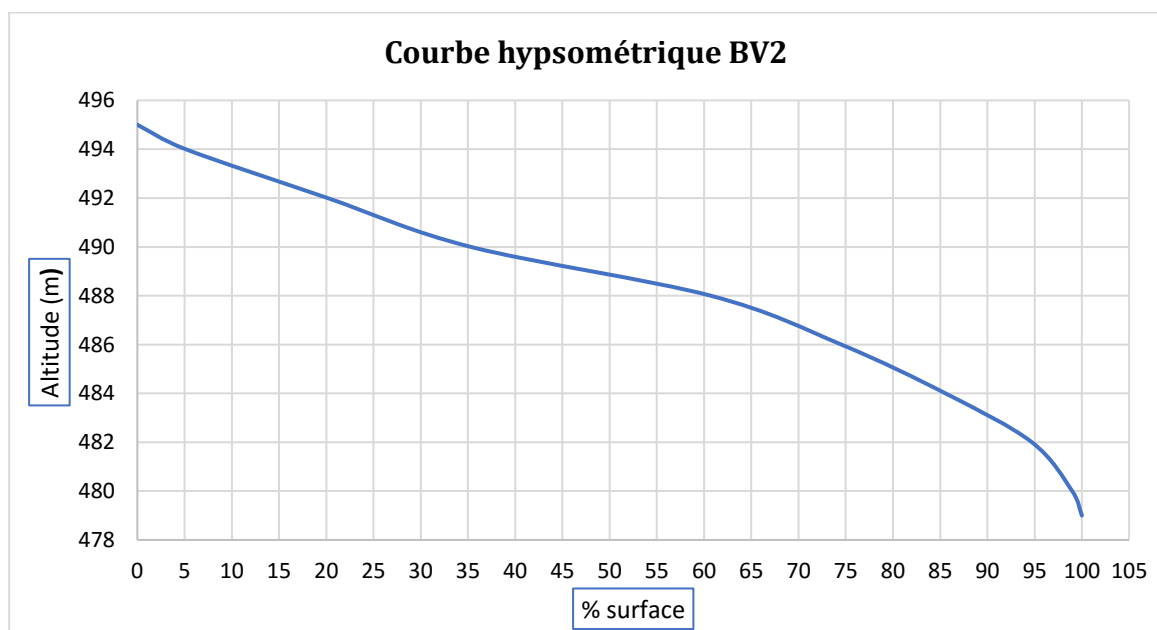
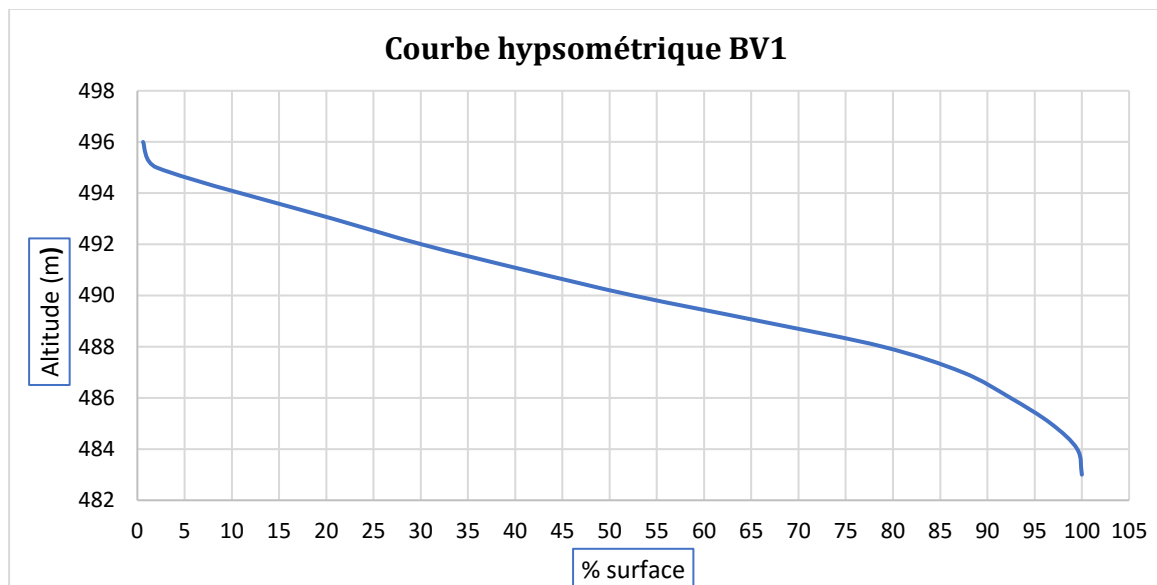
Les courbes obtenues sont les suivantes

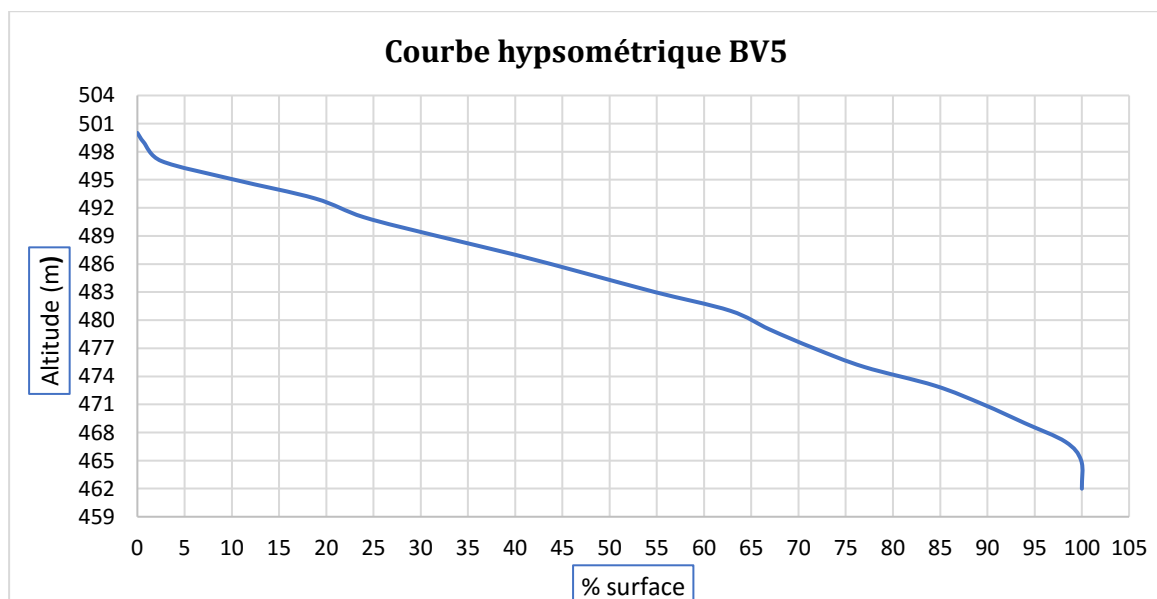
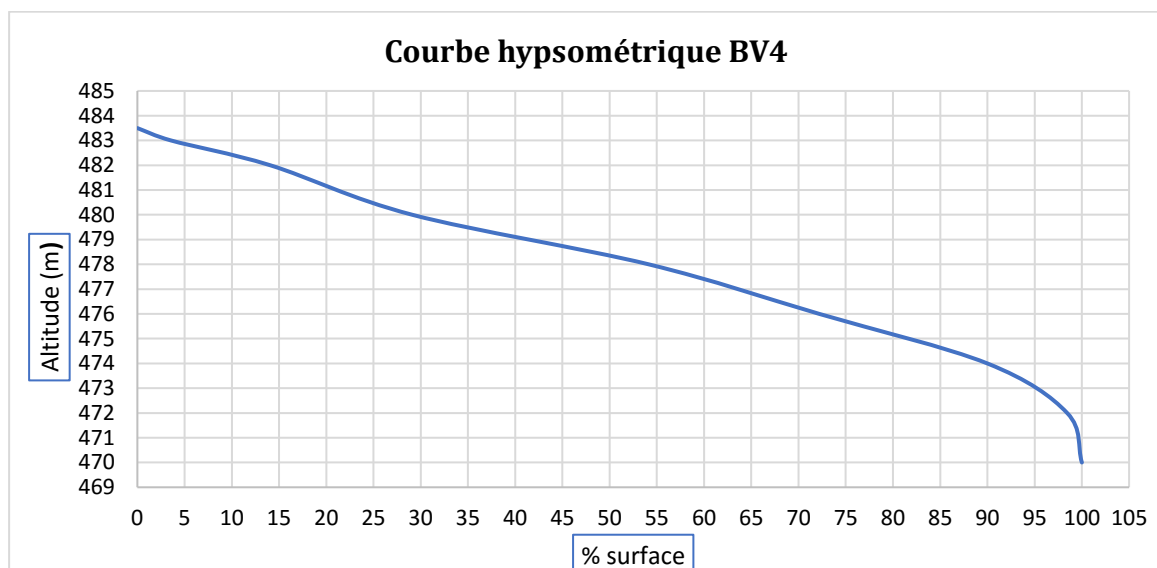
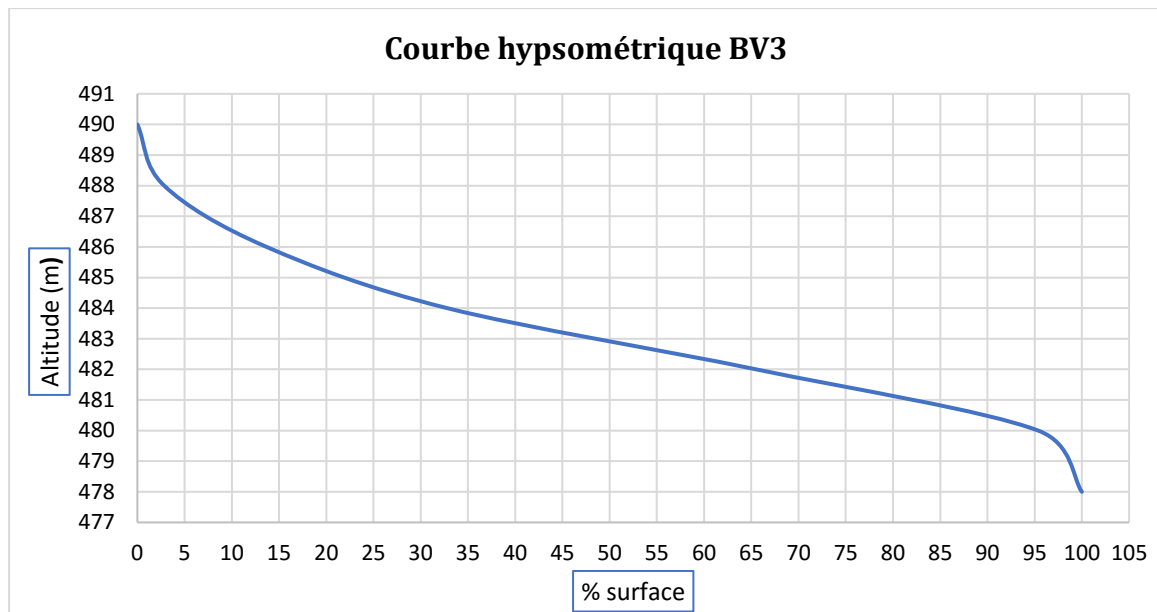


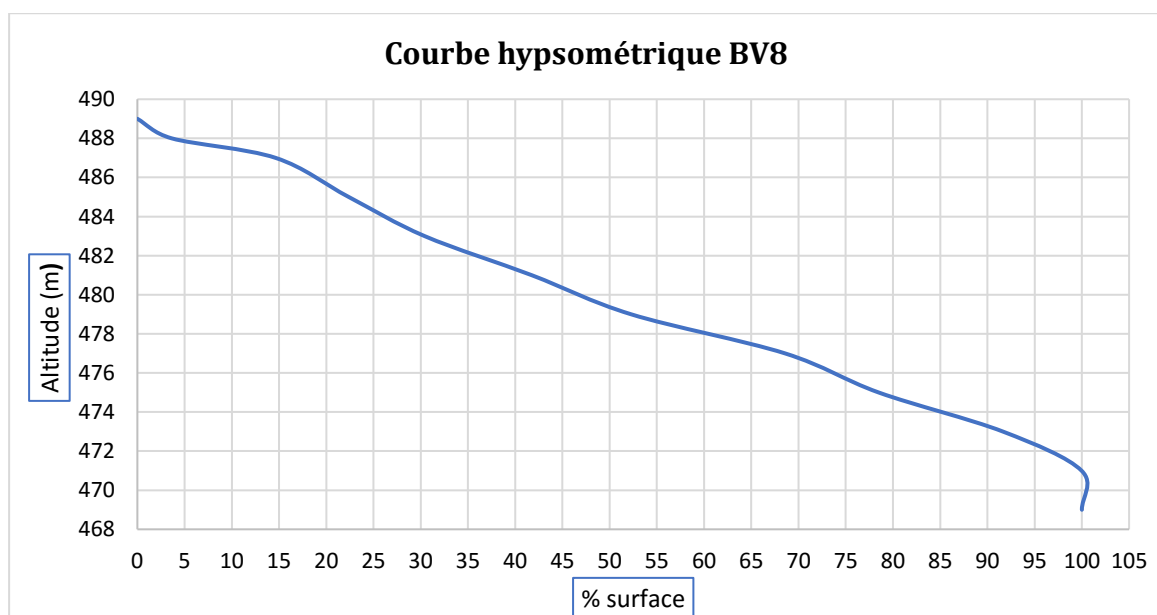
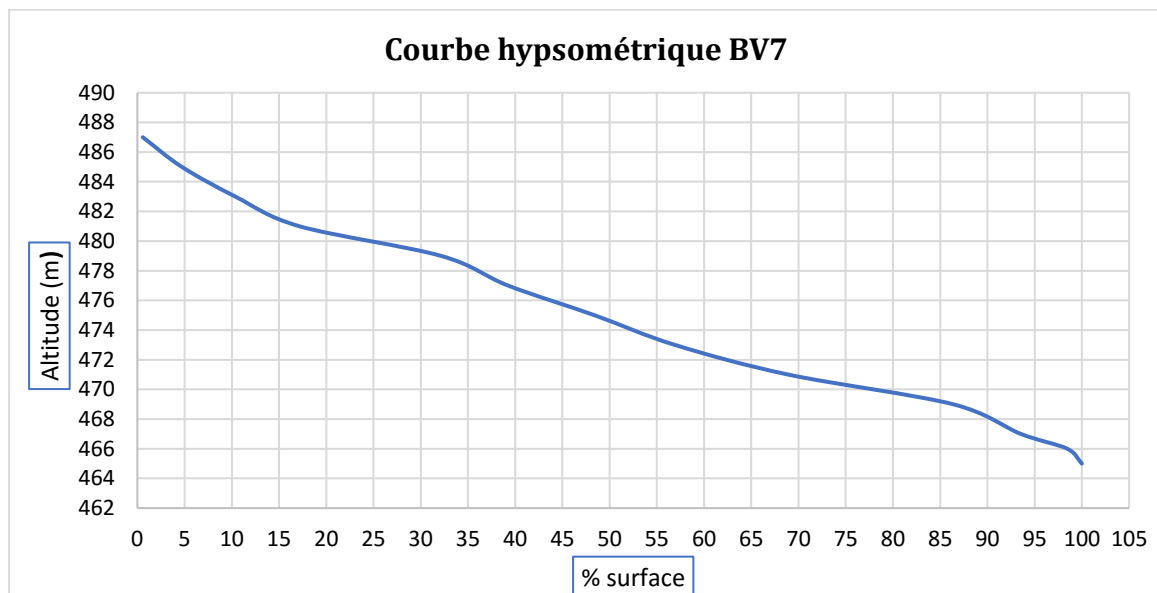
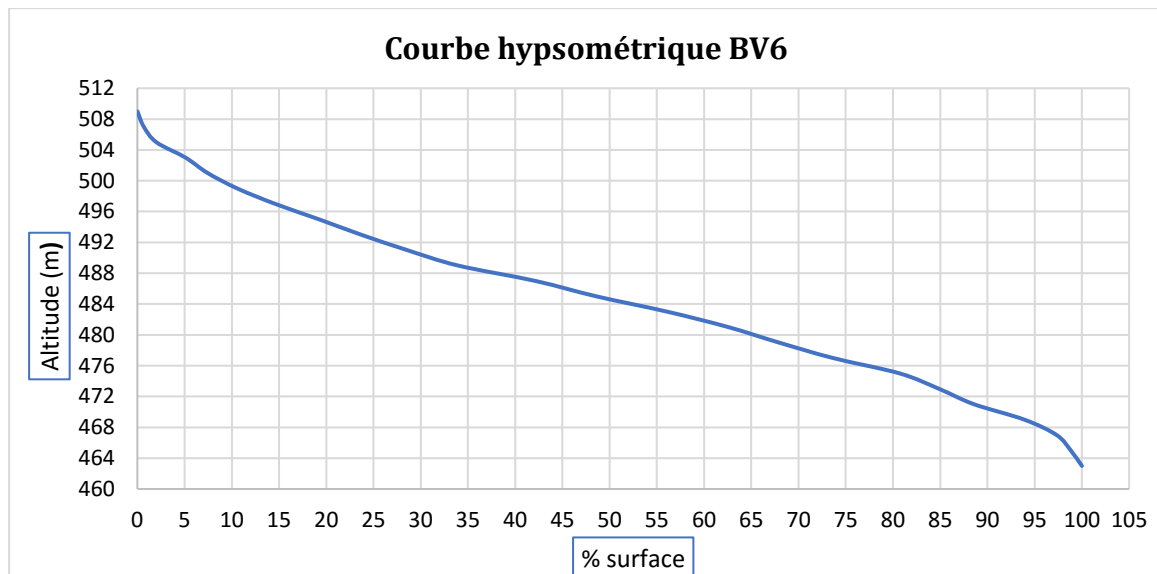
Le tableau suivant donne les synthèses des valeurs obtenues pour plusieurs périodes de retour

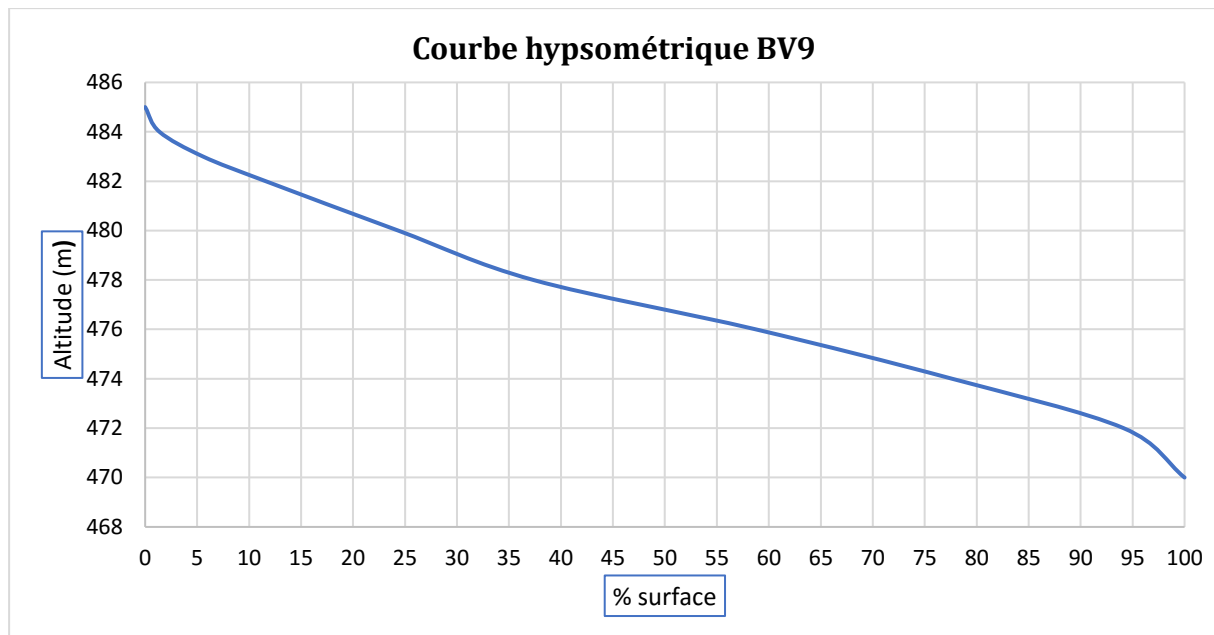
Période de retour	5	10	20	50	100
probabilité de dépassement	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
u humide	1,50	2,25	2,97	3,90	4,60
u sèche	-0,48	-0,83	-1,10	-1,36	-1,53
xp humide	81,7	91,4	100,6	112,6	121,6
xp sèche	56,2	51,6	48,2	44,8	42,7

III.2 Courbe hypsométrique des bassins versants









III.3 Calcul du coefficient de ruissellement

En fonction du type d'occupation de sol du bassin versants, le calcul des coefficients de ruissellement est présenté ci-dessous:

Types d'occupation du sol	Ilots	Terrains vagues	Rues aménagées	Rues non aménagés
Coefficient de ruissellement	0.70	0.57	0.95	0.60

La formule de calcul est la suivante :

$$C = \frac{\sum C_i S_i}{\sum S_i} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} C_i : \text{Coefficient de ruissellement de surface élémentaire} \\ \text{et} \\ S_i : \text{Surface élémentaire} \end{cases}$$

Bassins versants	Surface totale du BV (m2)	Surface Ilot (m2)	surface terrain vague (m2)	Surface rues aménagés (m2)	surfaces rues non aménagés (m2)	valeur de C
BV1	0,3072	0,0277	0,2426	0,0112	0,0258	0,2867
BV2	0,4039	0,1919	0,0726	0,0098	0,1295	0,5033
BV3	0,1395	0,0663	0,0251	0,0061	0,0420	0,5111
BV4	0,2312	0,1099	0,0416	0,0186	0,0612	0,5257
BV5	1,3160	0,5746	0,3277	0,0055	0,4082	0,4706
BV6	1,9473	1,0079	0,3575	0,0091	0,5728	0,4986
BV7	0,2252	0,1240	0,0202	0,0049	0,0761	0,5369
BV8	0,2387	0,1314	0,0214	0,0046	0,0813	0,5359
BV9	0,2657	0,1475	0,0297	0,0054	0,0830	0,5302

III.4 Ouvrages existants



Dalot 1x2x1 du PK 1+047 de la rue 25.65



Dalot 2x2x2 du PK 1+035 de la rue 25.65

Annexe IV. NOTE DE CALCUL DES CANIVEAUX : CAS DU CANIVEAU 200 X 120

Rappelons les hypothèses de calcul suivantes :

- Poids volumique du béton : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$;
- Résistance du béton à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$;
- Résistance du béton à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0.6 + 0.06 * f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$
- Coefficient de sécurité du béton : $\gamma_b = 1,5$;
- Diamètre du plus gros granulat : $C_g = 20 \text{ mm}$;
- Acier à haute adhérence (HA) de nuance : FeE400 ;
- Coefficient de sécurité de l'acier $\gamma_s = 1,15$;
- Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$;
- Poids volumique du béton bitumineux : $\gamma_{\text{BB}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- Poids volumique du sol : $\gamma_{\text{sol}} = 20 \text{ kN/m}^3$;
- Coefficient de poussée des terres : $k_a = 0,33$;
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU :

$$f_{bu} = \frac{0,85 * F_{c28}}{\theta * \gamma_b} = \frac{0,85 * 25}{1 * 1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

- Contrainte limite du béton comprimé à l'ELS :

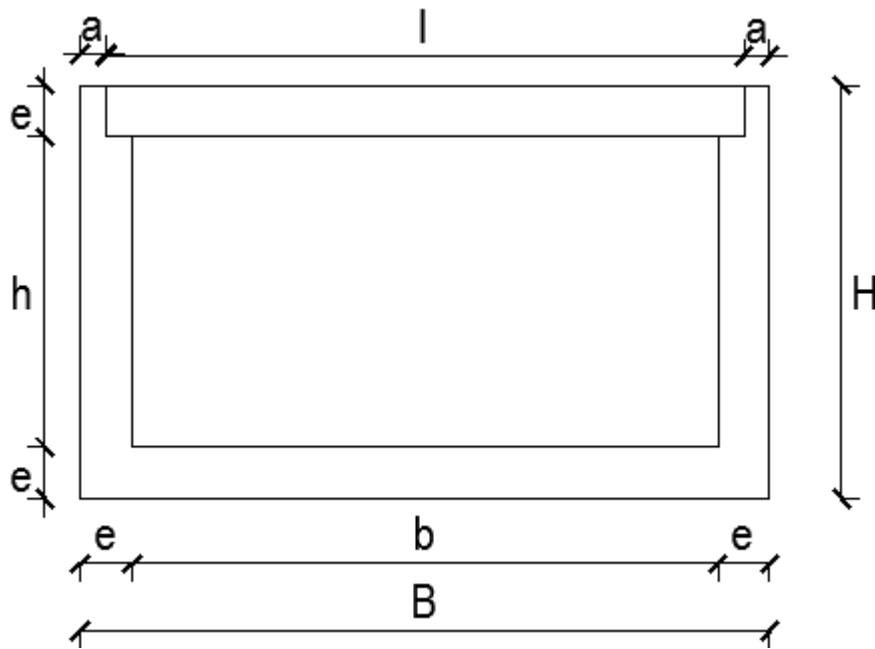
$$\sigma_{bc} = 0,6 * f_{c28} = 0,6 * 25 = 15 \text{ MPa}$$

- Contrainte limite des aciers à l'ELS : Fissuration préjudiciable

$$\sigma_{st} = \min\left(\frac{2}{3} fe; \text{Max}(110 * \sqrt{\eta * f_{t28}}; 0.5 fe)\right) = 201.63 \text{ MPa}$$

- Résistance de calcul de l'acier : $f_{su} = \frac{fe}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ MPa}$

IV.1 Caractéristiques géométriques du caniveau



Epaisseur dalle $e_1 = 25 \text{ cm}$

Epaisseur voile, radier $e_2 = 20 \text{ cm}$

Ouverture du caniveau $b = 200 \text{ cm}$

Hauteur libre du caniveau $h = 120 \text{ cm}$

Lèvre de feuillure $a = \frac{e_2}{2} = 10 \text{ cm}$

Redent de la feuillure $f = e_2 - a = 10 \text{ cm}$

Portée de la dalle $l = b + 2 \times f = 220 \text{ cm}$

Hauteur du caniveau : $H = h + (e_1 + e_2) = 165 \text{ cm}$

Largeur du caniveau : $B = b + 2 \times e_2 = 240 \text{ cm}$

Les piédroits sont encastrés dans le radier tandis que la dalle est simplement appuyé sur le piédroit, elle sera donc calculée séparément. Considérons les données suivantes pour le calcul

IV.2 Calcul de la dalle de couverture

La dalle sera dimensionnée en flexion simple comme une poutre de dimensions :

$$b = 0,5 \text{ m}; \quad h = 0,25 \text{ m}; \quad d = 0,9 * h = 0,9 * 0,25 \text{ m} = 0,225 \text{ m}$$

- Charge permanente : Poids propre de la dalle :

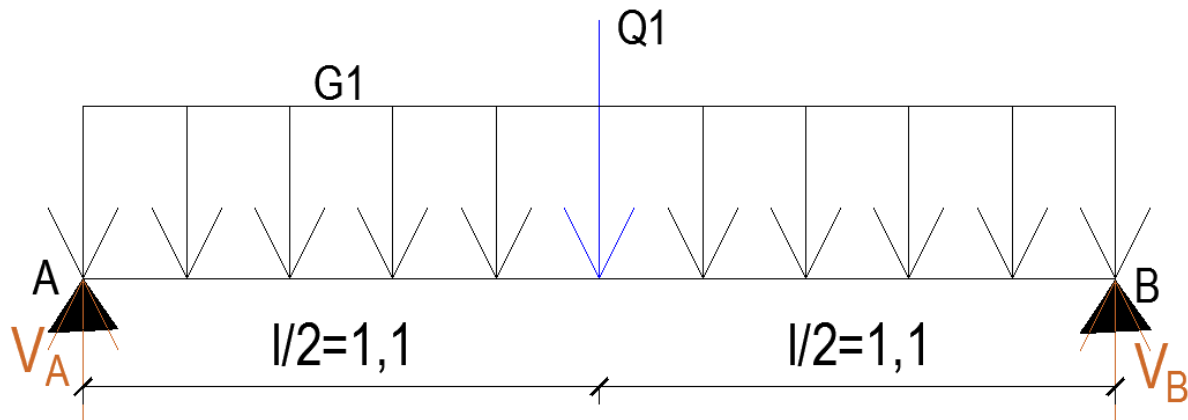
$$G_1 = \gamma_b * e_1 * b = 25 * 0,25 * 1 = 6,25 \text{ KN/m}$$

- Charge d'exploitation

C'est la charge concentrée d'une roue isolée de 100 kN

$$Q_1 = 100 \text{ KN}$$

➤ Sollicitations



$$V = V_A = V_B = \frac{G_1 * l}{2} + \frac{Q_1}{2} \quad \text{et} \quad M_{max} = \frac{G_1 * l^2}{8} + \frac{Q_1 * l}{4}$$

Calcul à l'ELU

$$G_{u1} = 1,35G = 8,44 \text{ KN/m} \quad \text{Et} \quad Q_{u1} = 1,6Q = 160 \text{ KN}$$

$$M_u = \frac{8,44 * 2,2^2}{8} + \frac{160 * 2,2}{4} = 93,10 \text{ KN.m/m}$$

$$M_u = 93,10 \text{ KN.m/ml}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{93,11 * 10^{-3}}{1 * 0,225^2 * 14,17} = 0,130$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l = 0,392$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,130}) = 0,174$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,225 * (1 - 0,4 * 0,174) = 0,21 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st\ u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{93,10 * 10^{-3}}{0,21 * 347,83} = 12,79 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Section d'acier minimal

$$A_{s\ min} = 0,23 * \frac{f_{t28}}{f_e} * b * d = 0,23 * \frac{2,1}{400} * 1 * 0,225 = 2,72 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s\ min}$ est respecté

Alors $A_{st\ u} = 12,79 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Choix des aciers

Les aciers sont choisis de sorte à avoir la section $A_{st} \geq 12,79 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Soit **9 HA 14** totalisant une section $A_{st} = 13,85 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Pour une bonne disposition constructive, on prendre le diamètre d'acier du lit supérieur égale à l'acier forfaitaire ci-après :

$$\phi_{ls} \geq \frac{1}{3} * \phi_{li} = \frac{1}{3} * 14 = 4,67 \text{ mm. Soit un diametre } \phi_{ls} = 10 \text{ mm}$$

Calcul d'acier de répartition

La section d'acier de répartition est donnée par : $A_r = \text{Max} \{A_{min} ; \beta\}$

$$\text{Avec } \frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 3,46 \leq \beta \leq 4,62 \text{ et } A_{min} = 2,72 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra 5HA10 totalisant une section $A_r = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Vérification à l'ELS

Il suffit de vérifier que les contraintes développées σ_{bc} et σ_{st} sont telle que :

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser})$$

$$G_{ser1} = G = 6,25 \text{ KN/m} \quad \text{Et} \quad Q_{ser1} = 1,2Q = 120 \text{ KN}$$

$$M_{ser} = \frac{6,25 * 2,2^2}{8} + \frac{120 * 2,2}{4} = 69,78 \text{ KN.m/m}$$

$$M_{ser} = 69,78 \text{ KN.m/m} \quad \text{et} \quad A_{st} = 13,85 \text{ cm}^2$$

Valeur réel de y_{ser}

$$\frac{b * y_{ser}^2}{2} - n * A_{st} (d - y_{ser}) = 0$$

$$\frac{100 * y_{ser}^2}{2} - 15 * 13,85 * (22,5 - y_{ser}) = 0$$

$$50 * y_{ser}^2 + 207,75 * y_{ser} - 4674,38 = 0$$

$$y_{ser} = 7,81 \text{ cm}$$

▪ **Valeur de I_{ser}**

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 * 7,81^3}{3} + 15 * 13,85 * (22,5 - 7,81)^2 = 60710,96$$

$$I_{ser} = 60710,96 \text{ cm}^2$$

▪ **Valeur de σ_{bc} et σ_{st}**

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{69,78 * 0,0781}{60710,96 * 10^{-8}} = 8976,82 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 8,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 69,78}{60710,96 * 10^{-8}} * (0,225 - 0,0781) = 253270,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 253,27 \text{ MPa}$$

$$\text{On a } \sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} > \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

La contrainte développée par les armatures tendues n'est pas vérifiée, il faut dans ce cas augmenter la section d'acier. En fin de compte, les armatures obtenues pour la dalle de couverture seront :

Armatures inférieures : **HA 14** espacé de **12 cm**

Armatures supérieures : **HA 10** espacé de **12 cm**

Armatures de répartition : **HA 10** espacé de **20 cm**

IV.3 Calcul du radier

Poids du tablier :

$$G_1 = 6,25 \text{ KN/m}$$

Poids des piédroits repartis sur le radier

$$G_{Pd} = \frac{2 * \gamma_{bé}(h * e_2 + e_1 * \frac{e_2}{2})}{B} = \frac{2 * 25 * (1,2 * 0,2 + 0,25 * 0,10)}{2,40} = 5,52 \text{ KN/m}$$

Poids propre du radier

$$G_r = b * e_2 * \gamma_b = 1 * 0,2 * 25 = 5 \text{ KN/m}$$

$$G_2 = G_1 + G_{Pd} + G_r = 16,77 \text{ KN/m}$$

Surcharge due à la roue isolée de **100 kN**

$$Q_2 = \frac{B_r}{b * B} = \frac{100}{1 * 2,4} = 41,67 \text{ KN/ml}$$

Calcul à l'ELU

$$G_u = 1,35G_2 = 22,64 \text{ KN/m} \quad \text{Et} \quad Q_u = 1,6Q_2 = 66,67 \text{ KN}$$

$$M_u = \frac{(G_u + Q_u) * l^2}{8} = \frac{(22,64 + 66,67)2,2^2}{8} = 54,03 \text{ KN.m/m}$$

$$M_u = 54,03 \text{ KN.m/ml}$$

$$b = 1 \text{ m}; \quad h = 0,2 \text{ m}; \quad d = 0,9 * h = 0,9 * 0,2 \text{ m} = 0,18 \text{ m}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{54,03 * 10^{-3}}{1 * 0,18^2 * 14,17} = 0,178$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l = 0,392$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,178}) = 0,157$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,225 * (1 - 0,4 * 0,179) = 0,17 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{54,03 * 10^{-3}}{0,17 * 347,83} = 9,21 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Section d'acier minimal

$$A_{s min} = 0,23 * \frac{f_{t28}}{f_e} * b * d = 0,23 * \frac{2,1}{400} * 1 * 0,18 = 2,17 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s min}$ est respecté

Alors $A_{st u} = 9,21 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Choix des aciers

Les aciers sont choisis de sorte à avoir la section $A_{st} \geq 9,21 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Soit **6 HA 14** totalisant une section $A_{st} = 9,24 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Pour une bonne disposition constructive, on prendre le diamètre d'acier du lit inférieur égale à l'acier forfaitaire ci-après :

$$\phi_{li} \geq \frac{1}{3} * \phi_{ls} = \frac{1}{3} * 14 = 4,67 \text{ mm. Soit un diametre } \phi_{li} = 10 \text{ mm}$$

Calcul d'acier de répartition

La section d'acier de répartition est donnée par : $A_r = \text{Max} \{A_{min} ; \beta\}$

$$\text{Avec } \frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 2,31 \leq \beta \leq 3,08 \text{ et } A_{min} = 2,17 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra 5HA10 totalisant une section $A_r = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Vérification à l'ELS

Il suffit de vérifier que les contraintes développées σ_{bc} et σ_{st} sont telle que :

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser})$$

On a :

$$G_{ser1} = G_2 = 16,77 \text{ KN/m} \quad \text{Et} \quad Q_{ser1} = 1,2Q_2 = 50 \text{ KN/m}$$

$$M_{ser} = \frac{(16,77 + 50)2,2^2}{8} = 40,4 \text{ KN.m/m}$$

$$M_{ser} = 40,4 \text{ KN/ml} \quad \text{Et} \quad A_{st} = 9,24 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Valeur réel de y_{ser}

$$\frac{b * y_{ser}^2}{2} - n * A_{st} (d - y_{ser}) = 0$$

$$\frac{100 * y_{ser}^2}{2} - 15 * 9,24 * (18 - y_{ser}) = 0$$

$$50 * y_{ser}^2 + 138,6 * y_{ser} - 2494,8 = 0$$

$$y_{ser} = 5,81 \text{ cm}$$

▪ Valeur de I_{ser}

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 * 5,81^3}{3} + 15 * 9,24 * (18 - 5,81)^2 = 27132,85$$

$$I_{ser} = 27132,85 \text{ m}^2$$

▪ Valeur de σ_{bc} et σ_{st}

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{40,40 \times 0,0581}{27132,85 \times 10^{-8}} = 8650,13 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 8,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 40,40}{27132,85 \times 10^{-8}} \times (0,18 - 0,0581) = 27223,59 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 272,23 \text{ MPa}$$

$$\text{On a } \sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} > \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

La contrainte développée par les armatures tendues n'est pas vérifiée, il faut dans ce cas augmenter la section d'acier. En fin de compte, les armatures obtenues pour le radier seront :

Armatures inférieures : **HA 10** espacé de **20 cm**

Armatures supérieures : **HA 14** espacé de **20 cm**

Armatures de répartition : **HA 10** espacé de **20 cm**

IV.4 Calcul des voiles

Le voile est soumis à un ensemble de charge verticale et horizontale, Le calcul se fera donc en flexion composé avec un effort normal de compression

Effort vertical dû à la dalle

Poids de la dalle :

$$P_d = \frac{G_1 * l}{2} = \frac{6,25 * 2,2}{2} = 6,88 \text{ KN}$$

Charge de la roue isolée : $Q_d = 0,5 * 100 = 50 \text{ KN}$

Poids propre du voile

$$P_v = \gamma_b * e_v * h * b = 25 * 0,2 * 1,40 * 1 = 7 \text{ KN/ml}$$

Effort horizontal

Ce sont les poussées de terre dont l'expression est donné par :

$$G_3 = \frac{1}{2} k a * \gamma_{sol} * h_i * b \quad \text{Où } h_i \text{ est la hauteur du remblai}$$

A la tête du piédroit (niveau du tablier), $h_1 = 0 \text{ m}$

$$G_3 = 0 \text{ KN/m}$$

Au pied du piédroit (niveau du radier), $h_2 = h + e_1$

$$G_3 = \frac{1}{2} * 0,33 * 20 * 1,45 * 1 = 4,79 \text{ KN/m}$$

Calcul à l'ELU

$$N_u = 1,35 * (P_d + P_v) + 1,6 * Q_d$$

$$N_u = 1,35 * (6,88 + 7) + 1,6 * 50 = 98,74 \text{ KN}$$

$$N_u = 98,74 \text{ KN}$$

$$M_u = 1,35 * \left(\frac{G_3 * l_1^2}{3} \right) = 1,35 * \left(\frac{4,79 * 1,45^2}{3} \right) = 4,53$$

$$M_u = 4,53 \text{ KN.m/ml}$$

$$b = 1 \text{ m}; \quad h = 0,2 \text{ m}; \quad d = 0,9 * h = 0,9 * 0,2 \text{ m} = 0,18 \text{ m}$$

Excentricité e.

$$e = e_1 + e_2 + e_a, \text{ avec}$$

e_1 : excentricité du premier ordre

e_2 : excentricité due aux effets de second ordre, liée à la déformation

e_a : excentricité additionnelle traduisant les imperfections géométriques initiales

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{4,52}{98,74} = 0,046 \text{ m}$$

$$e_a = \max \left(2 \text{ cm}; \frac{L}{250} \right) = \max \left(2 \text{ cm}; \frac{1,45}{250} \right) = 0,02 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{3 * L_f^2}{10000 * h} * (2 + \alpha \varphi);$$

$$\text{Avec } L_f = 0,7L_0 = 1,015 \text{ m}; \quad h = 0,30 \text{ m}; \quad \alpha = \frac{M_g}{M_g + M_q} = \frac{3,36}{3,36 + 0} = 1; \quad \varphi = 2$$

$$e_2 = \frac{3 * 1,015^2}{10000 * 0,2} * (2 + 1 * 2) = 0,0062 \text{ m}$$

$$\text{On a donc : } e = 0,046 + 0,02 + 0,006 = 0,07 \text{ m}$$

Coefficient de remplissage Ψ_1 .

$$\Psi_1 = \frac{N_u}{b * h * f_{bu}} = \frac{98,74 * 10^{-3}}{1 * 0,2 * 14,17} = 0,035$$

On a $\Psi_1 < 0,81$

$$\text{Comme } \Psi_1 < \frac{2}{3} ; \text{ on a } \xi = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4 * (3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})} = \frac{1 + \sqrt{9 - 12 * 0,035}}{4 * (3 + \sqrt{9 - 12 * 0,035})} = 0,166$$

$$e_{NC} = \xi * h = 0,166 * 0,2 = 0,033 \text{ m}$$

On a $e > e_{NC}$ donc la section est partiellement comprimée.

Moment de flexion fictif M_{uf} .

$$M_{uf} = N_u * e_A,$$

$$\text{Avec } e_A = e + (d - 0,5 * h) = 0,07 + (0,18 - 0,5 * 0,2) = 0,15 \text{ m}$$

$$M_{uf} = 98,74 * 0,15 = 14,81 \text{ KN.m/ml}$$

$$\mu_{uf} = \frac{M_{uf}}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{14,81 * 10^{-3}}{1 * 0,18^2 * 14,17} = 0,032$$

On a $\mu_{uf} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,032}) = 0,041$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,18 * (1 - 0,4 * 0,041) = 0,177 \text{ m}$$

Section d'acier :

$$A_s = \frac{M_{u \text{ fict}}}{z_u * f_{su}} - \frac{N_u}{f_{su}} = \frac{14,81 * 10^{-3}}{0,177 * 347,83} - \frac{98,74 * 10^{-3}}{347,83} = -0,43 \text{ cm}^2$$

Section d'acier minimale :

$$A_{min} = \text{Max} \left(\frac{b * h}{1000} ; 0,23 * b * d * \frac{f_{t28}}{f_e} \right)$$

$$A_{min} = \text{Max} \left(\frac{1 * 0,2}{1000} ; 0,23 * 1 * 0,2 * 0,9 * \frac{2,1}{400} \right) = 2,17 \text{ cm}^2$$

La condition de non fragilité $A_{st\ ser} > A_{s\ min}$ n'étant pas respecté, on prendra :

$$A_{st\ u} = 2,17\ cm^2/ml$$

Les aciers sont choisis de sorte à avoir la section $A_{st} \geq 2,17\ cm^2/ml$ pour chaque nappe

Soit **2 x 4 HA 10** totalisant une section $A_{st} = 6,24\ cm^2/ml$ pour les deux nappes

Le diamètre d'aciers transversaux est déterminé par la relation ci-après

$$\phi_t \geq \frac{1}{3} * \phi_l = 3,33\ mm. \text{ Soit un diametre } \phi_t = 8\ mm$$

Calcul d'acier de répartition

La section d'acier de répartition est donnée par : $A_r = \text{Max} \{A_{min} ; \beta\}$

$$\text{Avec } \frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 1,56 \leq \beta \leq 2,08 \text{ et } A_{min} = 2,17\ cm^2/ml$$

On prendra 2 x 4HA8 totalisant une section $A_r = 4,08\ cm^2/ml$

Vérification à l'ELS

Il suffit de vérifier que

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st}$$

$$\text{Avec } \sigma_{bc} = \frac{Z * N_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} = \frac{n * Z * N_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser})$$

On a :

$$N_{ser} = (P_d + P_v) + 1,2 * Q_d$$

$$N_{ser} = (6,88 + 7) + 1,2 * 50 = 73,88\ KN$$

$$M_{ser} = \left(\frac{G_3 * l_1^2}{3} \right) = \left(\frac{4,79 * 1,45^2}{3} \right) = 4,52$$

$$A_{st} = 6,24\ cm^2 ; \quad N_{ser} = 73,88\ kN/ml ; \quad M_{ser} = 4,52\ KN.m/ml$$

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{4,52}{73,88} = 0,061\ m \quad \frac{h}{4} = 0,05\ m \quad \text{et} \quad \frac{h}{6} = 0,033\ m$$

La section est partiellement comprimée car $e = 0,06 > \frac{h}{4}$

Calcul de Z et y_{ser}

$$\text{Posons } C = 0,5 * h - e = 0,5 * 0,2 - 0,06 = 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

La détermination de Z nécessite la résolution de l'équation

$$Z^3 + pZ + q = 0 \quad \text{avec}$$

$$p = -3c^2 + 90A_s * \frac{d - c}{b} = -3 * (4)^2 + 90 * 6,24 * \frac{18 - 4}{100} = 30,62$$

$$q = -2c^3 - 90A_s * \frac{(d - c)^2}{b} = -2 * (4)^3 - 90 * 6,24 * \frac{(18 - 4)^2}{100} = -1228,74$$

$$\Delta = q^2 + \frac{4p^3}{27} = (-1228,74)^2 + \frac{4 * (30,62)^3}{27} = 1514055,15 > 0$$

$$t = 0,5(\sqrt{\Delta} - q) = 1229,60 \quad ; \quad u = \sqrt[3]{t} = 10,71$$

$$z = u - \frac{p}{3u} = 10,71 - \frac{30,62}{3 * 10,71} = 9,76 \text{ cm}$$

$$y_{ser} = z + c = 9,76 + 4 = 13,76 \text{ cm}$$

$$y_{ser} = 13,76 \text{ cm}$$

▪ Valeur de I_{ser}

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 * 13,76^3}{3} + 15 * 6,24(18 - 13,76)^2 = 88525,54$$

$$I_{ser} = 88525,54 \text{ cm}^2$$

▪ Valeur de σ_{bc} et σ_{st}

$$\sigma_{bc} = \frac{Z * N_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{0,1069 * 73,88 * 0,1376}{88525,54 * 10^{-8}} = 1120,79 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 1,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * Z * N_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 0,0976 * 73,88}{88525,54 * 10^{-8}} * (0,18 - 0,1376)$$

$$= 5180,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 5,18 \text{ MPa}$$

$$\text{On a } \sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

Donc les contraintes sont vérifiées

Conclusion

Les sections d'acier du voile sont les suivantes :

Armatures principales : **HA 10** espacé de **30 cm**

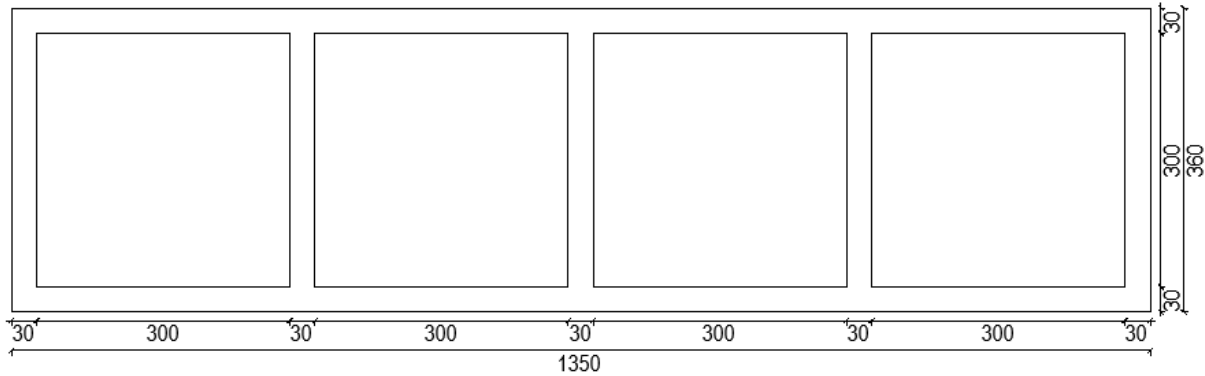
Armatures de repartiions : **HA 8** espacé de **30 cm**

Le calcul du reste des caniveaux suit la même procédure ci-dessus

Annexe V. NOTES DE CALCUL DU DALOT TRANSVERSAL

4×3,00×3,00

V.1 Géométrie du dalot et hypothèses de calcul

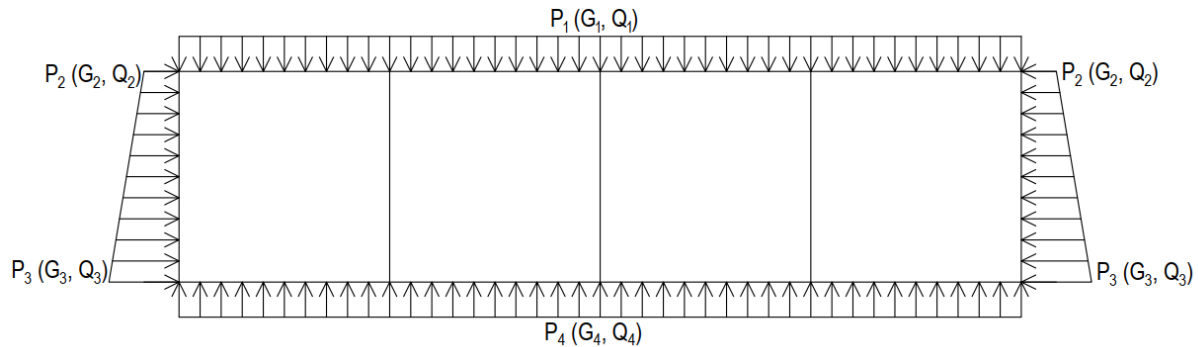


Les hypothèses et données de calcul sont les suivantes

- Dalot $N \times B \times H$ soit $4 \times 3 \times 3$
- Epaisseur du radier, piédroits, tablier : $e = 30 \text{ cm}$
- Largeur du dalot $L = 15,9 \text{ m}$
- Epaisseur du béton bitumineux : $e_{BB} = 5 \text{ cm}$
- Epaisseur de remblai est de $e_r = 20 \text{ cm}$;
- Hauteur des guides roues $h_{gr} = 50 \text{ cm}$
- Epaisseur des guides roues $e_{gr} = 30 \text{ cm}$
- Poids volumique du béton : $\gamma_{bé} = 25 \text{ kN/m}^3$;
- Résistance à la compression à 28 jours : $F_{C28} = 25 \text{ MPa}$;
- Coefficient de sécurité du béton : $\gamma_b = 1,5$;
- Diamètre du plus gros granulat : $Cg = 20 \text{ mm}$;
- Acier à haute adhérence (HA) de nuance : FeE400 ;
- Coefficient de sécurité de l'acier $\gamma_s = 1,15$;
- Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$;
- Poids volumique du béton bitumineux : $\gamma_{BB} = 25 \text{ kN/m}^3$
- Poids volumique du sol : $\gamma_{Sol} = 20 \text{ kN/m}^3$;
- Coefficient de poussée des terres : $k_a = 0,33$;
- Le calcul est effectué pour une longueur $b = 1 \text{ ml}$ de dalot

V.2 Calcul des charges sollicitées par l'ouvrage

Chaque élément est soumis à une charge d'exploitation Q et à une charge permanente G, p représente la combinaison des charges à l'ELU ou à l'ELS.



V.2.1 Calcul des charges permanentes G

➤ Tablier

Poids du béton bitumineux :

$$G_{BB} = b * e_{BB} * \gamma_{BB} = 1 * 0,05 * 25 = \mathbf{1,25 \text{ KN/m}}$$

Poids du remblai :

$$G_r = b * e_r * \gamma_{sol} = 1 * 0,2 * 20 = \mathbf{4 \text{ KN/m}}$$

Poids des guides roues :

$$G_{gr} = \frac{(e_{gr} * h_{gr} * \gamma_{bé}) * 2}{L} = \frac{0,3 * 0,5 * 25 * 2}{15,9} = \mathbf{0,47 \text{ KN/m}}$$

Poids propre du tablier

$$G_t = b * e * \gamma_{bé} = 0,3 * 25 = 1 * \mathbf{7,5 \text{ KN/m}}$$

La charge permanente sur le tablier est donc :

$$G_1 = G_{BB} + G_r + G_{gr} + G_t$$

$$\mathbf{G_1 = 13,22 \text{ KN/m}}$$

➤ Piédroit

Les charges correspondent aux poussées de terre sur les piédroits de rive. Son expression est donné par : $G_i = ka * \gamma_{sol} * h_i$ où h_i correspond à la hauteur du remblai.

A la tête du piédroit (niveau du tablier), on a :

$$G_2 = ka * \gamma_{sol} * (e + e_r) * b = 0,33 * 20 * (0,3 + 0,2) * 1 = \mathbf{3,3\,KN/m}$$

$$G_2 = \mathbf{3,3\,KN/m}$$

Au pied du piédroit (niveau du radier), on a :

$$G_3 = ka * \gamma_{sol} * (e + e_r + H) * b = 0,33 * 20 * (0,3 + 0,2 + 3) * 1 = \mathbf{23,1\,KN/m}$$

$$G_3 = \mathbf{23,1\,KN/m}$$

➤ **Radier**

$$G_4 = G_{rd} + G_{pd} + G_1$$

Poids du tablier chargé :

$$G_1 = \mathbf{13,22\,KN/m}$$

Poids des piédroits repartis sur le radier

$$G_{pd} = \frac{(N + 1) * H * e * \gamma_{bé}}{N * B + (N + 1) * e} = \frac{5 * 3 * 0,30 * 25}{4 * 3 + 5 * 0,3} = \mathbf{8,33\,KN/m}$$

Poids propre du radier

$$G_{rd} = b * e * \gamma_b = 1 * 0,3 * 25 = \mathbf{7,5\,KN/m}$$

$$G_4 = \mathbf{29,06\,KN/m}$$

V.2.2 Calcul des charges d'exploitation Q : les charges routières

➤ **Sur le tablier : Q_1**

Les charges routières sont définies conformément au fascicule 61 titre II. Ici, les deux systèmes de charge A et B sont à analyser, le système à considérer sera celui qui produit l'effet le plus défavorable.

- **Largeur roulable et largeur chargeable**

La largeur roulable est la largeur comprise entre dispositif de retenues ou bordure. La largeur chargeable quant à elle se déduit de la largeur roulable en enlevant une bande de 0,50 m le long

de chaque dispositif de retenue (glissière ou barrière), étant donné qu'il n'en existe pas ici, la largeur chargeable est égale à la largeur roulable. Pour chacune des deux chaussées, on aura donc :

$$L_r = L_c = 6 \text{ m} \quad \text{Soit} \quad L_r = L_c = 12 \text{ m} \text{ pour les deux chaussées}$$

- **Classe de pont**

Avec une double chaussée à deux voies chacune de largeur roulable totale $L_r > 7 \text{ m}$, le pont la supportant est rangé en **classe I**

- **Nombre de voies chargés**

$$n_v = \text{Ent} \left(\frac{L_c}{3} \right) = \frac{6}{3} = 2 \quad \text{par chaussée}$$

Soit 4 voies chargées pour les deux chaussées

- **Largeur d'une voie**

$$V = \left(\frac{L_c}{n_v} \right) = \frac{6}{2} = 3 \text{ m}$$

➤ **Système de charge A**

Les charges de système A sont les charges uniformément réparties variable avec la longueur de la chaussée. Son expression est donnée par :

$$Q_A = a_2 * q(L) \quad \text{avec} \quad q(L) = \text{Max} (a_1 A(L) ; (4 - 0,002L))$$

$$A(L) = 2,3 + \frac{360}{L + 12} \quad \text{en} \quad \text{KN/m}^2 \quad \text{où } L \text{ est la longueur chargée}$$

- **Coefficient a_1 et a_2**

Les valeurs de a_1 sont données en fonction de la classe du pont et du nombre de voie dans le tableau ci-dessous

Classe du pont	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	> 4
I	1	1	0,9	0,75	0,75
II	1	0,9	/	/	/
III	0,9	0,8	/	/	/

On a donc $a_1 = 0,75$

La valeur de a_2 est définie par la formule suivante :

$$a_2 = \frac{V0}{V} \text{ Avec } V \text{ la largeur d'une voie et } V0 \text{ donné dans le tableau suivant}$$

Classe de pont	V0
I	3.5
II	3,0 m
III	2,75 m

Alors $V0 = 3,5$ et $a_2 = \frac{3,5}{3} = 1,167$

- **Valeur de A(L)**

$$A(L) = 2.30 + \frac{360}{L + 12} = 2.30 + \frac{360}{12 + 12} = 17,3 \text{ KN/m}^2$$

- **Valeur de q(L)**

$$q(L) = \text{Max} (a_1 A(L) ; (4 - 0,002L))$$

$$q(L) = \text{Max} (0,75 \times 17,3 ; (4 - 0,002 \times 12)) = 12,98 \text{ KN/m}^2$$

- **Valeur de Q_A**

$$Q_A = a_2 * q(L) = 1,167 \times 12,98 = 15,14 \text{ KN/m}^2$$

Sur une longueur de 1ml de dalot, on aura : $Q_A = 15,14 \text{ kN/m}$

$$Q_A = 15,14 \text{ kN/m}$$

➤ **Système de charge B**

Le système B est constitué de trois sous système de camion à savoir :

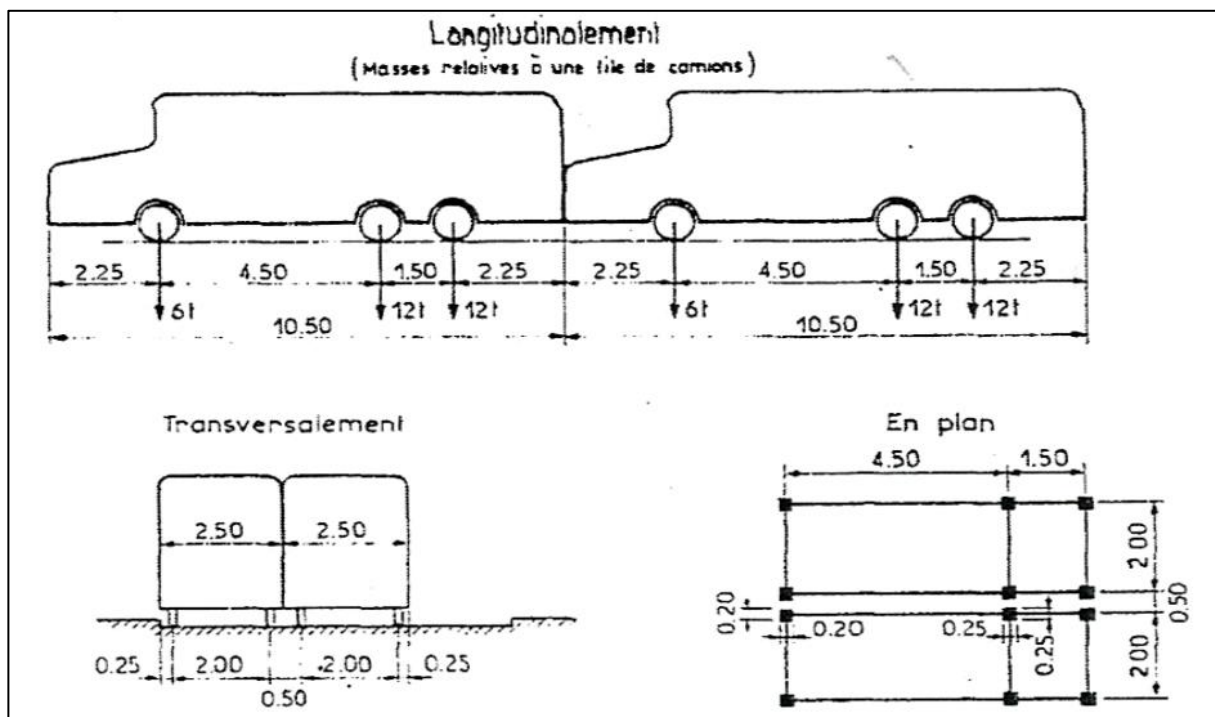
- Sous système Bc : 2 camions de 30 t par voie,
- Sous système Bt : 2 essieux-tandems de 32 t,
- Sous système Br : roue de 10 t.

La charge du système B à considérer est l'effet maximal produit par les sous-systèmes Bc, Bt et Br. Les expressions sont les suivantes

$$Q_B = \text{Max} \begin{cases} \delta \times b_c \times B_c \\ \delta \times b_t \times B_t \\ \delta \times B_r \end{cases} \quad \text{où } \delta, b_c, b_t \text{ et } B_c \text{ sont les coefficients de pondération}$$

➤ Charge de type Bc

Le convoi Bc est composé de camions type comporte 3 essieux tous à roues simples munies de pneumatiques, dont les caractéristiques sont représentés sur la figure ci-dessous. On dispose dans le sens longitudinal au maximum deux camions et dans le sens transversal autant de camions que de nombre de voies. Avec nos 04 voies, nous pouvons disposer jusqu'à 4 files dans le sens transversal. Le cas le plus défavorable est lorsque nous disposons les 08 essieux arrière (2 essieux par file) sur une travée (de longueur dans le sens transversal).



Figures V.a : disposition du convoi Bc

- Charge totale des 08 essieux

$$S_{Bc} = 8 * 120 = 960 \text{ KN}$$

- Surface d'encombrement des 08 essieux

$$S = (1,5 + 0,25) * (4,5 + 0,25) * 2 = 16,62 \text{ m}^2$$

- Charge répartie sur la surface d'impact :

$$B_{c1} = \frac{S_{Bc}}{S} = \frac{960}{16,62} = 57,76 \text{ KN/m}^2$$

- **Coefficient b_c**

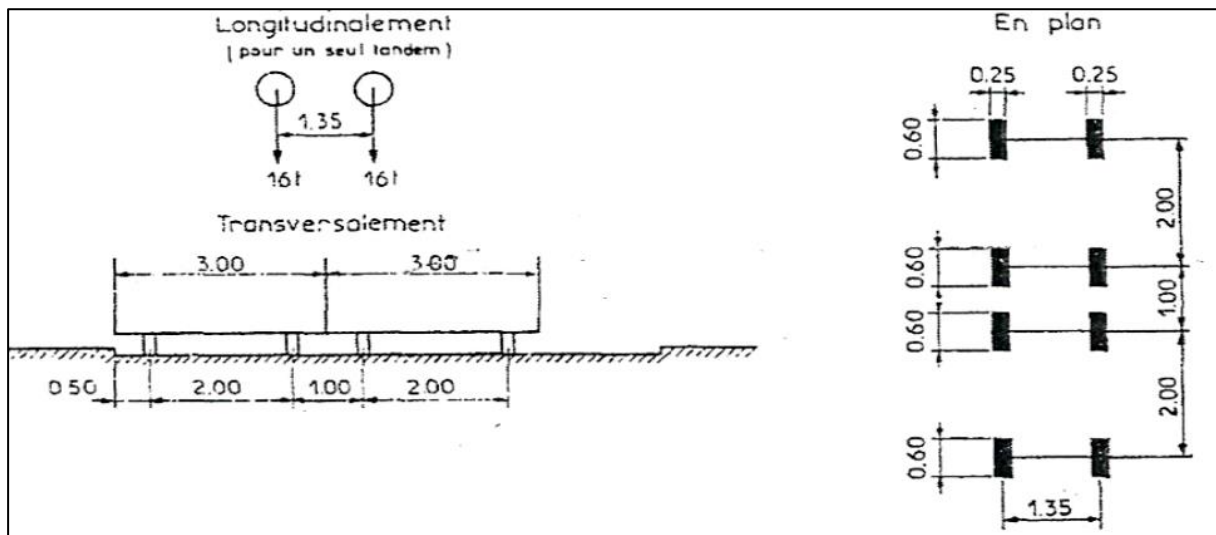
Les valeurs de b_c sont données dans le tableau ci-dessous en fonction de la classe du pont et du nombre de file repartis transversalement

Classe du pont	Nombre de files considérés				
	1	2	3	4	> 4
I	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
II	1	1	/	/	/
III		0,8	/	/	/

$b_c = 0,8$

- **Charge de type Bt**

Un tandem du système Bt est constitué de 2 essieux à roues simples munies de pneumatiques dont les caractéristiques sont présentées sur la figure ci-dessous. Le nombre de camions est limité à deux dans le sens longitudinal et ne peut s'appliquer qu'au pont de classe I et II. Le cas le plus défavorable ici est lorsque nous avons une file de 04 tandems disposés sur une travée dans le sens transversal.



Figures V.b : disposition du convoi Bt

- **Charge totale des 08 essieux**

$$S_{Bt} = 8 * 160 = \mathbf{1280\ KN}$$

- **Surface d'encombrement des 08 essieux**

$$S = (1.35 + 0.25) * (5 + 0.6) * 2 = \mathbf{17,92\ m^2}$$

- **Charge repartie sur la surface d'impact :**

$$B_{t1} = \frac{S_{Bt}}{S} = \frac{1280}{17,92} = \mathbf{71,43\ KN/m^2}$$

- **Coefficient b_t**

Les valeurs de b_t en fonction de la classe du pont sont données dans le tableau ci-dessous.

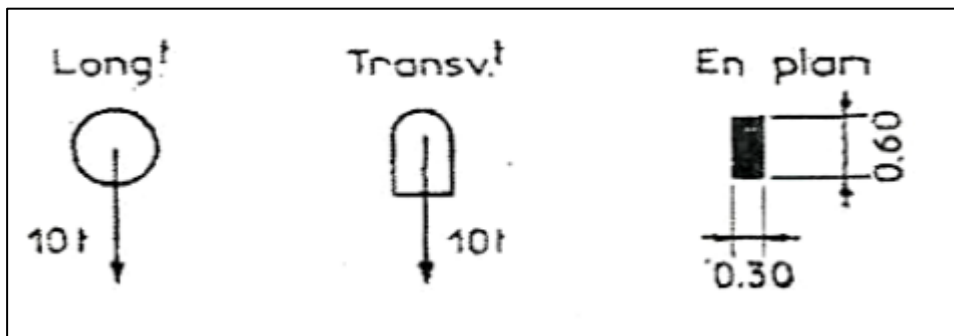
Classe de pont	Coefficient b_t
I	1
II	0,9

On a alors $b_t = 1$

➤ **Charge de type Br**

Le Br représente l'effet d'une roue isolée de 100 KN disposée normalement à l'axe longitudinal de la chaussée et dont les caractéristiques de cette roue sont présentées sur la figure ci-dessous.

Le rectangle de la roue peut être placé n'importe où sur la largeur roulable de manière à produire l'effet le plus défavorable. De toute évidence, l'effet du système Br est moins défavorable que les deux systèmes précédents



Figures V.C : disposition du convoi Br

➤ **Coefficient de répartition dynamique**

Les charges du système B sont des surcharges roulantes c'est pourquoi ils sont multipliées par un coefficient de majoration dynamique donnée par la formule ci-après

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2L} + \frac{0.6}{1 + 4\frac{G}{S}}$$

Avec

$$L = \max (L_r ; l \text{ portée de la travée}) = \max (12 \text{ m} ; 3,3 \text{ m}) = 12 \text{ m}$$

G, le poids total d'une section du tablier de longueur L et de toute la largeur y compris les superstructures éventuelles

$$G = G_1 * L * l = 13,22 * 12 * 3,3 = 523,51 \text{ KN}$$

S, le poids total des essieux du système B qu'il est possible de disposer sur la longueur L majoré du coefficient b

$$S = \text{Max} (b_c * S_{Bc} ; b_t * S_{Bt} ; S_{Br}) = (0,8 * 960 ; 1 * 1280 ; 100) = 1280 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 * 12} + \frac{0.6}{1 + 4 * \frac{523,51}{1280}} = 1.35$$

Des trois sous-systèmes B précédemment analysés, Le sous-système qui produit l'effet le plus défavorable est le système Bt. La charge de type B retenue est alors la suivante :

$$Q_{B1} = 1,35 * 1 * 71,43 = 96,43 \text{ KN/m}^2 \quad \text{sur le tablier}$$

Comme défini précédemment, la charge d'exploitation Q1 et Q4 du tablier et du radier respectivement est celui du système de charge qui produit l'effet le plus défavorable. C'est le système de charge B.

$Q_1 = Q_{B1} = 96,43 \text{ KN/m}^2$

➤ **Sur le radier : Q_1**

Tout comme pour le cas du tablier le système de charge à considérer est celui qui produit l'effet le plus défavorable sur le radier

Systeme A

C'est la même valeur que précédemment

$$Q_A = 15,14 \text{ kN/m}$$

Sous système Bc

Sachant que la longueur totale de deux camions disposés longitudinalement est 21 m et que l'ouvrage mesure 13,5m, le phénomène le plus défavorable est lorsque nous disposons d'un premier camion et l'essieu avant du deuxième camion sur le tablier, ce ci totalise une longueur de 12,75 m. Etant donné qu'on a 4 voies, on aura également 4 files transversales.

$$B_{c4} = \frac{S_{ct}}{S} = \frac{8 * 120 + 4 * 60 + 4 * 60}{12 * 13,5} = 8,89 \text{ KN/m}^2$$

Sous système Bt

Le nombre de camions est limité à deux dans le sens longitudinal et est égale à 4 dans le sens transversal alors,

$$B_{t4} = \frac{S_{Bt}}{S} = \frac{2 * 8 * 160}{12 * 13,5} = 15,80 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{B4} = \delta * S_{Bt} * b = 1,35 * 15,80 * 1 = 21,33 \text{ KN/m}$$

La surcharge sur le radier est donc :

$$Q_4 = 21,33 \text{ KN/m}^2$$

➤ Sur les piédroits : $Q_2 = Q_3$

Dans la justification de la stabilité des piédroits de rives soumis à des efforts de la part des remblais d'accès au dalot, on considère que ces remblais sont susceptibles de recevoir une charge de $q = 10 \text{ KN/m}^2$, répartie sur toute la largeur de la plate-forme. Cette charge agit horizontalement sur les piédroits par la force de poussée ci-dessous :

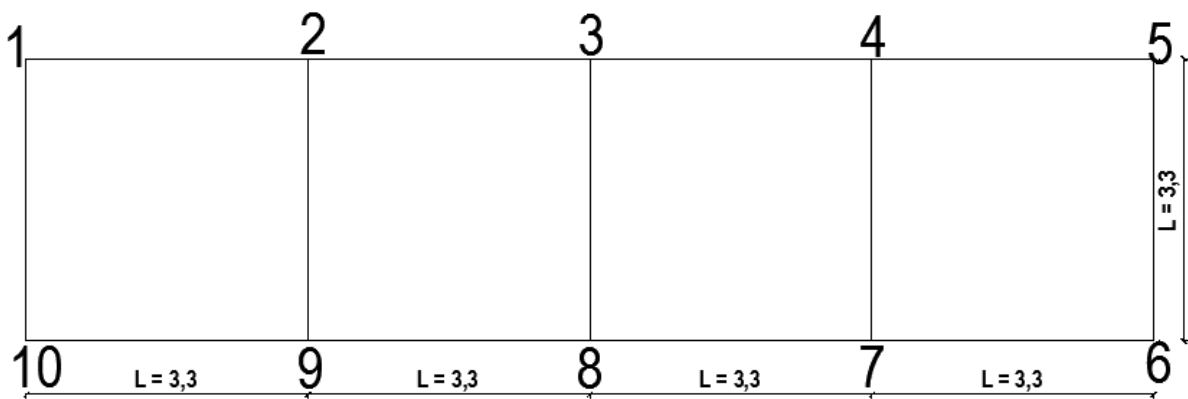
$$Q_2 = Q_3 = k_a * q = 0,33 * 10 = 3,3 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_2 = Q_3 = 3,3 \text{ KN/m}^2$$

V.3 Calcul des sollicitations

➤ Principe de calcul

Nous rappelons que les études seront faites par bande de $b=1\text{m}$ mètre de dalot. Supposons que les déformations due aux efforts normaux sont négligées par rapports aux déformations dues au moment fléchissant. L'équilibre de chaque nœud sera étudié par la méthode des rotations en considérant la structure comme étant à nœud fixe, c'est-à-dire seules les rotations nodales sont prises en compte pour le calcul. Les nœuds sont numérotés de 1 à 10 comme indiqué sur la figure xx ci-après



Les barres sont considérées comme des poutres de largeur $b = 1\text{ m}$ et de hauteur égale à l'épaisseur des éléments du dalot $h = e = 0,3\text{ m}$. La portée d'une barre L représente la longueur entre ses fibres moyennes.

Désignons par :

M_{ij} : Moment statique appliqué au nœud i par la barre ij

m_{ij} : Moment d'encastrement appliqué au nœud i par la barre ij

M_{Mij} : Moment au milieu de la barre ij

θ_i : Rotation du nœud i

a_i : Constante du nœud i

k_1 : Caractéristique de la rigidité des barres horizontales (tablier, radier)

k_2 : Caractéristique de la rigidité des barres verticales (piédroits)

I_1 : Moment d'inertie des barres horizontales (tablier, radier)

I_2 : Moment d'inertie des barres verticales (piédroits)

$$\text{On a } I_1 = I_2 = I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{1 * 0,30^3}{12} \quad \text{alors } k_1 = k_2 = k = \frac{2 * E * I}{L}$$

Ou E est le module de young. Il est constant et est la même pour toutes les barres, On lui donne la valeur 1 pour simplifier les calculs

$$I = \frac{1 * 0,33^3}{12} = 2,25 * 10^{-3} m^4 \quad k = \frac{2 * 9,88 * 10^{-4}}{3,3} = 1,36 KN.m$$

Le moment M_{ij} est déterminé à partir de la relation suivante :

$$M_{ij} = k * (2 * \theta_i + \theta_j) + m_{ij}$$

- **Equation d'équilibre des nœuds**

L'équation d'équilibre du nœud 1 s'écrit :

$$M_{1.2} + M_{1.10} = 0$$

$$\rightarrow k * (2 * \theta_1 + \theta_2) + m_{1.2} + k * (2 * \theta_1 + \theta_{10}) + m_{1.10} = 0$$

$$\rightarrow 4 * k * \theta_1 + k * \theta_2 + k * \theta_{10} = -(m_{1.2} + m_{1.10})$$

$$\rightarrow 4\theta_1 + \theta_2 + \theta_{10} = \frac{-(m_{1.2} + m_{1.10})}{k} = a_1$$

De la même manière en écrivant l'équation d'équilibre de chaque nœud, nous obtenons 10 équations à 10 inconnus : $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8, \theta_9, \theta_{10}$

$$4\theta_1 + \theta_2 + \theta_{10} = \frac{-(m_{1.2} + m_{1.10})}{k} = a_1 \quad (1)$$

$$\theta_1 + 6\theta_2 + \theta_3 + \theta_9 = \frac{-(m_{2.1} + m_{2.3} + m_{2.9})}{k} = a_2 \quad (2)$$

$$\theta_2 + 6\theta_3 + \theta_4 + \theta_8 = \frac{-(m_{3.2} + m_{3.4} + m_{3.8})}{k} = a_3 \quad (3)$$

$$\theta_3 + 6\theta_4 + \theta_5 + \theta_7 = \frac{-(m_{4.3} + m_{4.5} + m_{4.7})}{k} = a_4 \quad (4)$$

$$\theta_4 + 4\theta_5 + \theta_6 = \frac{-(m_{5.4} + m_{5.6})}{k} = a_5 \quad (5)$$

$$\theta_5 + 4\theta_6 + \theta_7 = \frac{-(m_{6.5} + m_{6.7})}{k} = a_6 \quad (6)$$

$$\theta_4 + \theta_6 + 6\theta_7 + \theta_8 = \frac{-(m_{7,4} + m_{7,6} + m_{7,8})}{k} = a_7 \quad (7)$$

$$\theta_3 + \theta_7 + 6\theta_8 + \theta_9 = \frac{-(m_{8,3} + m_{8,7} + m_{8,9})}{k} = a_8 \quad (8)$$

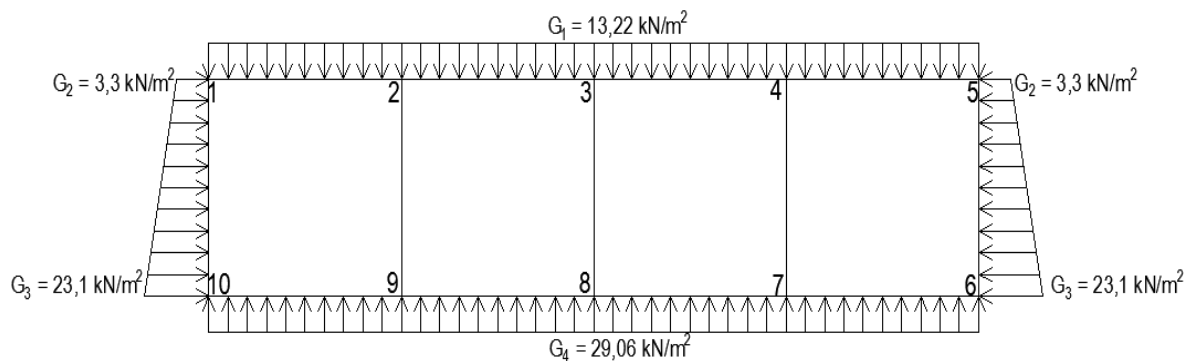
$$\theta_2 + \theta_8 + 6\theta_9 + \theta_{10} = \frac{-(m_{9,2} + m_{9,8} + m_{9,10})}{k} = a_9 \quad (9)$$

$$\theta_1 + \theta_9 + 4\theta_{10} = \frac{-(m_{10,1} + m_{10,9})}{k} = a_{10} \quad (10)$$

Les moments d'encastrement $m_{i,j}$ sont fonction du chargement des barres. Nous effectuerons le calcul des sollicitations sous charges permanentes et sous charges routières de façon indépendante.

V.3.1 Calcul des sollicitations sous charges permanent

Les charges calculées en V.1.3 sont présentées sur la figure ci-après

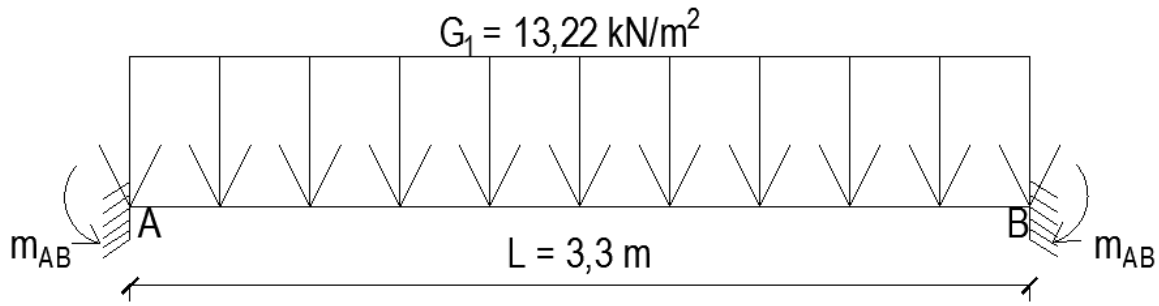


Le tablier et le radier sont constitués de 4 barres chacun et les piédroits sont constitués de 5 Barres. Les moments d'encastrement sont calculés à partir des formules de Navier – Bresse. On suppose que le sens positif des moments est le sens trigonométrique.

➤ Moment d'encastrement $m_{i,j}$

Tablier

Sur une barre AB du tablier, le moment d'encastrement est calculé comme suit :



$$m_{AB} = -m_{BA} = \frac{G_1 \times L^2}{12} = \frac{13,22 \times 3,3^2}{12} = 12 \text{ KN.m/ml}$$

Le chargement et la longueur de toutes les barres du tablier étant la même, les moments d'encastrement seront également les mêmes en valeur absolue. Soit

$$m_{1.2} = -m_{2.1} = 12 \text{ KN.m/ml}$$

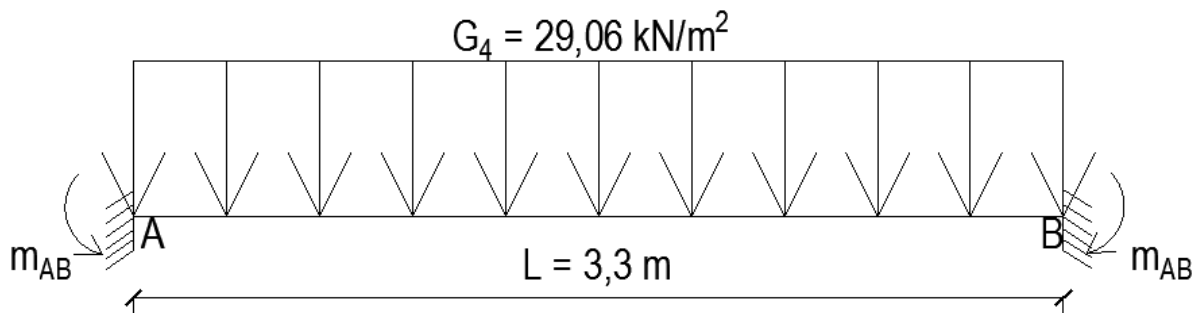
$$m_{2.3} = -m_{3.2} = 12 \text{ KN.m/ml}$$

$$m_{3.4} = -m_{4.3} = 12 \text{ KN.m/ml}$$

$$m_{4.5} = -m_{5.4} = 12 \text{ KN.m/ml}$$

Radier

Sur une barre AB du radier, le moment d'encastrement est calculé comme suit :



$$m_{AB} = -m_{BA} = \frac{G_4 \times L^2}{12} = \frac{29,06 \times 3,3^2}{12} = 26,37 \text{ KN.m/ml}$$

Le chargement et la longueur de toutes les barres du radier étant la même, les moments d'encastrement seront également les mêmes en valeur absolue. Soit

$$m_{6.7} = -m_{7.6} = 26,37 \text{ KN.m/ml}$$

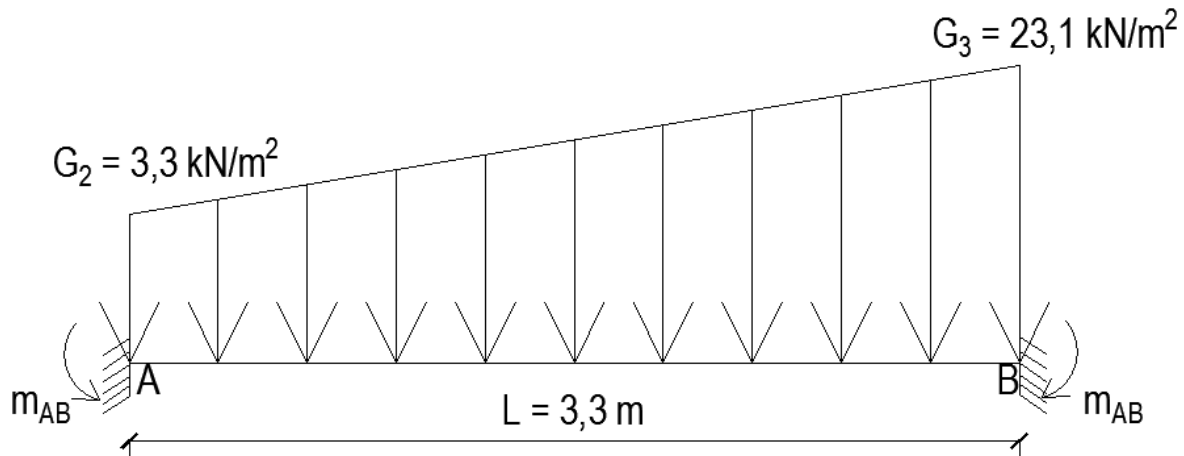
$$m_{7.8} = -m_{8.7} = 26,37 \text{ KN.m/ml}$$

$$m_{8,9} = -m_{9,8} = 26,37 \text{ KN.m/ml}$$

$$m_{9,10} = -m_{10,9} = 26,37 \text{ KN.m/ml}$$

Piédroits de rive

Les charges des piédroits de rive sont de forme trapézoïdale. Sur une barre AB de piédroit de rive, le moment d'encastrement est calculé comme suit



$$m_{AB} = \frac{(3G_2 + 2G_3) \times L^2}{60} = \frac{(3 \times 3,3 + 2 \times 23,1) \times 3,3^2}{60} = 10,18 \text{ KN.m/ml}$$

$$m_{BA} = \frac{-(2G_2 + 3G_3) \times L^2}{60} = \frac{-(2 \times 3,3 + 3 \times 23,1) \times 3,3^2}{60} = 13,78 \text{ KN.m/ml}$$

On aura donc :

$$m_{1,10} = -10,18 \text{ KN.m/ml}$$

$$m_{10,1} = 13,78 \text{ KN.m/ml}$$

$$m_{5,6} = 10,18 \text{ KN.m/ml}$$

$$m_{6,5} = -13,78 \text{ KN.m/ml}$$

Piédroits intermédiaires

Les piédroits intermédiaires ne sont pas chargés. Par conséquent les moments d'encastrement sont nuls. C'est-à-dire

$$m_{2,9} = m_{9,2} = m_{3,8} = m_{8,3} = m_{4,7} = m_{7,4} = 0 \text{ KN.m/ml}$$

En injectant les valeurs de $m_{i,j}$ dans les 10 équations précédents, on obtient :

$$4\theta_1 + \theta_2 + \theta_{10} = \frac{-(12 - 10,18)}{1,36} = -1,34 \quad (1')$$

$$\theta_1 + 6\theta_2 + \theta_3 + \theta_9 = \frac{-(-12 + 12 + 0)}{1,36} = 0 \quad (2')$$

$$\theta_2 + 6\theta_3 + \theta_4 + \theta_8 = \frac{-(-12 + 12 + 0)}{1,36} = 0 \quad (3')$$

$$\theta_3 + 6\theta_4 + \theta_5 + \theta_7 = \frac{-(-12 + 12 + 0)}{1,36} = 0 \quad (4')$$

$$\theta_4 + 4\theta_5 + \theta_6 = \frac{-(-12 + 10,18)}{1,36} = 1,34 \quad (5')$$

$$\theta_5 + 4\theta_6 + \theta_7 = \frac{-(-13,78 + 26,37)}{1,36} = -9,26 \quad (6')$$

$$\theta_4 + \theta_6 + 6\theta_7 + \theta_8 = \frac{-(0 - 26,37 + 26,37)}{1,36} = 0 \quad (7')$$

$$\theta_3 + \theta_7 + 6\theta_8 + \theta_9 = \frac{-(0 - 26,37 + 26,37)}{1,36} = 0 \quad (8')$$

$$\theta_2 + \theta_8 + 6\theta_9 + \theta_{10} = \frac{-(0 - 26,37 + 26,37)}{1,36} = 0 \quad (9')$$

$$\theta_1 + \theta_9 + 4\theta_{10} = \frac{-(13,78 - 26,37)}{1,36} = 9,26 \quad (10')$$

La résolution de ce système d'équation nous donne

θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9	θ_{10}
-1,078	0,262	0,000	-0,262	1,078	-2,708	0,495	0,000	-0,495	2,708

Ainsi, nous déduisons les moments M_{ij} par la relation :

$$M_{ij} = k * (2 * \theta_i + \theta_j) + m_{ij}$$

$$M_{1.2} = 1,36 * (2 * (-1,078) + 0,262) + 12 = \mathbf{9,43\ KN.m/ml}$$

$$M_{1.10} = 1,36 * (2 * (-1,078) + 2,708) - 10,18 = \mathbf{-9,43\ KN.m/ml}$$

$$M_{2.1} = 1,36 * (2 * 0,262 - 1,078) - 12 = \mathbf{-12,75\ KN.m/ml}$$

$$M_{2.3} = 1,36 * (2 * 0,262 - 0) + 12 = \mathbf{12,71\ KN.m/ml}$$

$$M_{2.9} = 1,36 * (2 * 0,262 - 0,495) + 0 = \mathbf{0,04\ KN.m/ml}$$

$$M_{3.2} = 1,36 * (2 * 0 + 0,262) - 12 = \mathbf{-11,64\ KN.m/ml}$$

$$M_{3.4} = 1,36 * (2 * 0 - 0,262) + 12 = \mathbf{11,64\ KN.m/ml}$$

$$M_{3.8} = 1,36 * (2 * 0 + 0) + 0 = \mathbf{0\ KN.m/ml}$$

$$M_{4.3} = 1,36 * (2(-0,262) + 0) - 12 = \mathbf{-12,71\ KN.m/ml}$$

$$M_{4.5} = 1,36 * (2(-0,262) + 1,078) + 12 = \mathbf{12,75\ KN.m/ml}$$

$$M_{4.7} = 1,36 * (2(-0,262) + 0,495) + 0 = \mathbf{-0.04\ KN.m/ml}$$

$$M_{5.4} = 1,36 * (2 * 1,078 - 0,262) - 12 = \mathbf{-9,43\ KN.m/ml}$$

$$M_{5.6} = 1,36 * (2 * 1,078 - 2,708) + 10,18 = \mathbf{9,43\ KN.m/ml}$$

$$M_{6.5} = 1,36 * (2 * (-2,708) + 1,078) - 13,78 = \mathbf{-19,68\ KN.m/ml}$$

$$M_{6.7} = 1,36 * (2 * (-2,708) + 0,495) + 26,37 = \mathbf{19,68\ KN.m/ml}$$

$$M_{7.6} = 1,36 * (2 * 0,495 - 2,708) - 26,37 = \mathbf{-28,71\ KN.m/ml}$$

$$M_{7.8} = 1,36 * (2 * 0,495 - 0) + 26,37 = \mathbf{27,72\ KN.m/ml}$$

$$M_{7.4} = 1,36 * (2 * 0,495 - 0,262) + 0 = \mathbf{0,99\ KN.m/ml}$$

$$M_{8.7} = 1,36 * (2 * 0 + 0,495) - 26,37 = \mathbf{-25,70\ KN.m/ml}$$

$$M_{8.9} = 1,36 * (2 * 0 - 0,495) + 26,37 = \mathbf{25,70\ KN.m/ml}$$

$$M_{8.3} = 1,36 * (2 * 0 + 0) + 0 = \mathbf{0\ KN.m/ml}$$

$$M_{9.8} = 1,36 * (2 * (-0,495) + 0) - 26,37 = \mathbf{-27,72\ KN.m/ml}$$

$$M_{9.10} = 1,36 * (2 * (-0,495) + 2,708) + 26,37 = \mathbf{28,71\ KN.m/ml}$$

$$M_{9.2} = 1,36 * (2 * (-0,495) + 0,262) + 0 = \mathbf{-0,99\ KN.m/ml}$$

$$M_{10.9} = 1,36 * (2 * 2,708 - 0,495) - 26,37 = \mathbf{-19,68\ KN.m/ml}$$

$$M_{10.1} = 1,36 * (2 * 2,708 - 1,078) + 13,78 = \mathbf{19,68 \text{ KN.m/ml}}$$

➤ **Moments isostatiques au milieu des travées (tablier, radier et piédroits).**

Les moments isostatiques au milieu des barres dépendent du chargement et de la portée de chaque barre. Etant donné que toutes les travées du tablier ont la même portée et le même chargement, les moments isostatiques sont donc identiques. Il en est de même pour les travées du radier et des piédroits.

$$\text{Tablier : } M_{ot} = -\frac{G_1 * L^2}{8} = -\frac{13,22 * 3,3^2}{8} = \mathbf{-18 \text{ KN.m/ml}}$$

$$\text{Radier : } M_{or} = \frac{G_4 * L^2}{8} = \frac{29,06 * 3,3^2}{8} = \mathbf{39,56 \text{ KN.m/ml}}$$

$$\text{Piédroit de rive : } M_{opr} = \frac{G_2 * L^2}{8} + \frac{(G_3 - G_2) * H^2}{16} = \frac{3,3 * 3,3^2}{8} + \frac{(23,1 - 3,3) * 3,3^2}{16} = \mathbf{17,98 \text{ KN.m/ml}}$$

$$\text{Piédroit intermédiaire : } M_{opi} = \mathbf{0 \text{ KN.m/ml}}$$

➤ **Moment au milieu des travées M_{Mij}**

Tablier

$$M_{M1-2} = \frac{(M_{1.2} - M_{2.1})}{2} + M_{ot} = \frac{9,43 + 12,75}{2} - 18 = \mathbf{-6,91 \text{ KN.m/ml}}$$

$$M_{M2-3} = \frac{(M_{2.3} - M_{3.2})}{2} + M_{ot} = \frac{12,71 + 11,64}{2} - 18 = \mathbf{-5,84 \text{ KN.m/ml}}$$

$$M_{M3-4} = \frac{(M_{3.4} - M_{4.3})}{2} + M_{ot} = \frac{11,64 + 12,71}{2} - 18 = \mathbf{-5,84 \text{ KN.m/ml}}$$

$$M_{M4-5} = \frac{(M_{4.5} - M_{5.4})}{2} + M_{ot} = \frac{9,43 + 12,75}{2} - 18 = \mathbf{-6,91 \text{ KN.m/ml}}$$

Radier

$$M_{M6-7} = \frac{(M_{7.6} - M_{6.7})}{2} + M_{or} = \frac{-28,71 - 19,68}{2} + 39,58 = \mathbf{15,39 \text{ KN.m/ml}}$$

$$M_{M7-8} = \frac{(M_{8.7} - M_{7.8})}{2} + M_{or} = \frac{-25,70 - 27,72}{2} + 39,58 = \mathbf{12,87 \text{ KN.m/ml}}$$

$$M_{M8-9} = \frac{(M_{9,8} - M_{8,9})}{2} + M_{or} = \frac{-27,72 - 25,70}{2} + 39,58 = 12,87 \text{ KN.m/ml}$$

$$M_{M9-10} = \frac{(M_{10,9} - M_{9,10})}{2} + M_{or} = \frac{-19,68 - 28,71}{2} + 39,58 = 15,39 \text{ KN.m/ml}$$

Piédroits de rive

$$M_{M1-10} = \frac{(M_{1,10} - M_{10,1})}{2} + M_{opr} = \frac{-9,43 - 19,68}{2} + 17,98 = 3,43 \text{ KN.m/ml}$$

$$M_{M5-6} = \frac{(M_{5,6} - M_{6,5})}{2} - M_{opr} = \frac{9,43 + 19,68}{2} - 17,98 = -3,43 \text{ KN.m/ml}$$

Piédroits intermédiaires

$$M_{M2-9} = -M_{M4-7} = 0,54 \text{ KN.m/ml}$$

$$M_{M3-8} = 0 \text{ KN.m/ml}$$

➤ Calcul des efforts tranchants aux d'appuis

Tablier

▪ Travée 1-2

$$\text{Appui gauche : } T_{1,2} = \frac{(M_{1,2} + M_{2,1})}{L} + \frac{G_1 * L}{2} = \frac{9,43 - 12,75}{3,3} + \frac{13,22 * 3,3}{2} = 20,81 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Appui droit : } T_{2,1} = -\frac{M_{1,2} + M_{2,1}}{L} + \frac{G_1 * L}{2} = -\frac{(9,43 - 12,75)}{3,3} + \frac{13,22 * 3,3}{2} = 22,82 \text{ KN.m/ml}$$

▪ Travée 2-3

$$\text{Appui gauche : } T_{2,3} = \frac{(M_{2,3} + M_{3,2})}{L} + \frac{G_1 * L}{2} = \frac{12,71 - 11,64}{3,3} + \frac{13,22 * 3,3}{2} = 22,14 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Appui droit : } T_{3,2} = -\frac{M_{2,3} + M_{3,2}}{L} + \frac{G_1 * L}{2} = -\frac{12,71 - 11,64}{3,3} + \frac{13,22 * 3,3}{2} = 21,49 \text{ KN.m/ml}$$

▪ Travée 3-4

$$\text{Appui gauche : } T_{3.4} = \frac{(M_{3.4}+M_{4.3})}{L} + \frac{G_1*L}{2} = \frac{11,64-12,71}{3,3} + \frac{13,22*3,3}{2} = 21,49 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Appui droit : } T_{4.3} = -\frac{M_{3.4}+M_{4.3}}{L} + \frac{G_1*L}{2} = -\frac{(11,64-12,71)}{3,3} + \frac{13,22*3,3}{2} = 22,14 \text{ KN.m/ml}$$

▪ Travée 4-5

$$\text{Appui gauche : } T_{4.5} = \frac{(M_{4.5}+M_{5.4})}{L} + \frac{G_1*L}{2} = \frac{9,43-12,751}{3,3} + \frac{13,22*3,3}{2} = 22,82 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Appui droit : } T_{5.4} = -\frac{M_{4.5}+M_{5.4}}{L} + \frac{G_1*L}{2} = -\frac{(9,43-12,75)}{3,3} + \frac{13,22*3,3}{2} = 20,81 \text{ KN.m/ml}$$

Radier

▪ Travée 7-6

$$\text{Appui gauche : } T_{76} = \frac{(M_{7.6}+M_{6.7})}{L} - \frac{G_4*L}{2} = \frac{-28,71+19,68}{3,3} - \frac{29,06*3,3}{2} = -50,69 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Appui droit : } T_{6.7} = -\frac{M_{1.2}+M_{2.1}}{L} - \frac{G_4*L}{2} = -\frac{(-28,71+19,68)}{3,3} - \frac{29,06*3,3}{2} = -45,2 \text{ KN.m/ml}$$

▪ Travée 8-7

$$\text{Appui gauche : } T_{8.7} = \frac{(M_{8.7}+M_{7.8})}{L} - \frac{G_4*L}{2} = \frac{-25,70+27,72}{3,3} - \frac{29,06*3,3}{2} = -47,3 \text{ KN.m/ml}$$

$$\text{Appui droit : } T_{7.8} = -\frac{M_{8.7}+M_{7.8}}{L} - \frac{G_4*L}{2} = -\frac{(-25,70+27,72)}{3,3} - \frac{29,06*3,3}{2} = -48,56 \text{ KN/ml}$$

▪ Travée 9-8

$$\text{Appui gauche : } T_{9.8} = \frac{(M_{9.8}+M_{8.9})}{L} - \frac{G_4*L}{2} = \frac{-27,72+25,70}{3,3} - \frac{29,06*3,3}{2} = -48,56 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Appui droit : } T_{8.9} = -\frac{M_{9.8}+M_{8.9}}{L} - \frac{G_4*L}{2} = -\frac{(-27,72+25,70)}{3,3} - \frac{29,06*3,3}{2} = -47,3 \text{ KN.m/ml}$$

▪ Travée 10-9

$$\text{Appui gauche : } T_{10.9} = \frac{(M_{10.9}+M_{9.10})}{L} - \frac{G_4*L}{2} = \frac{-19,68+28,71}{3,3} - \frac{29,06*3,3}{2} = -45,2 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Appui droit : } T_{9,10} = -\frac{M_{10,9} + M_{9,10}}{L} - \frac{G_4 * L}{2} = -\frac{(-19,68 + 28,71)}{3,3} - \frac{29,06 * 3,3}{2} = -50,69 \text{ KN/ml}$$

Piédroits : efforts de compression

Les efforts de compression des piédroits sont déterminés à partir des réactions d'appuis calculés ci-dessus.

- Piédroit de rive gauche 1-10

$$N_{1-10} = T_{1,2} - T_{1,9} = 20,81 + 45,2 = 66,01 \text{ KN/ml}$$

- Piédroit de rive droite 5-6

$$N_{5-6} = T_{5,4} - T_{6,5} = 20,81 + 45,2 = 66,01 \text{ KN/ml}$$

- Piédroit intermédiaire 2-9

$$N_{2-9} = (T_{2,1} - T_{9,10}) + (T_{2,3} - T_{9,8}) = (22,82 + 50,69) + (21,14 + 48,56) = 144,21 \text{ KN/ml}$$

- Piédroit intermédiaire 3-8

$$N_{3-8} = (T_{3,2} - T_{8,9}) + (T_{3,4} - T_{8,7}) = 2 * (22,14 + 47,3) = 138,88 \text{ KN/ml}$$

- Piédroit intermédiaire 2-9

$$N_{4-7} = (T_{4,3} - T_{7,8}) + (T_{4,5} - T_{7,6}) = (22,82 + 50,69) + (21,14 + 48,56) = 144,21 \text{ KN/ml}$$

V.3.2 Calcul des sollicitations sur Pybar

Les calculs ont été également faite à l'aide du logiciel Pybar. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

Modélisation sur charges permanentes

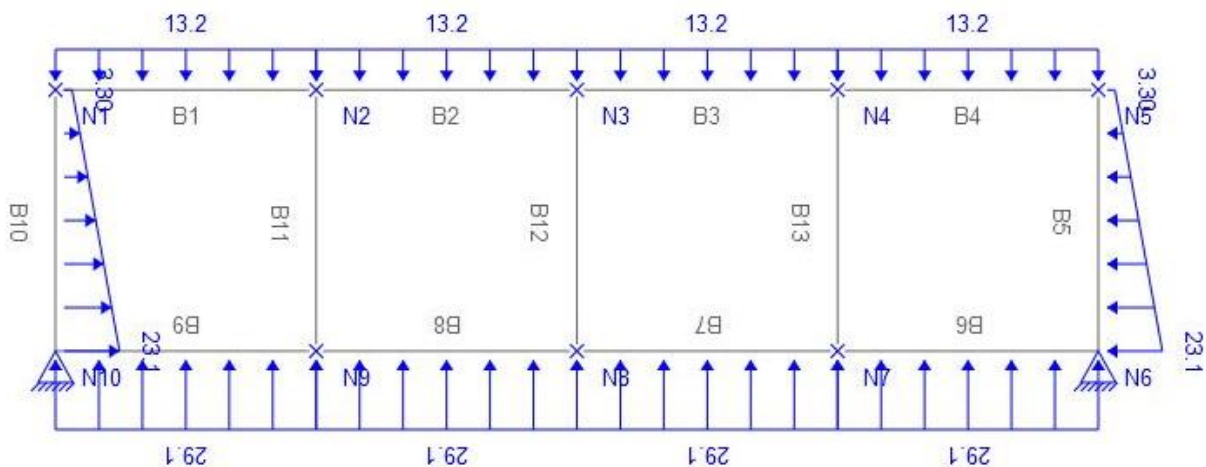


Diagramme des moments fléchissant

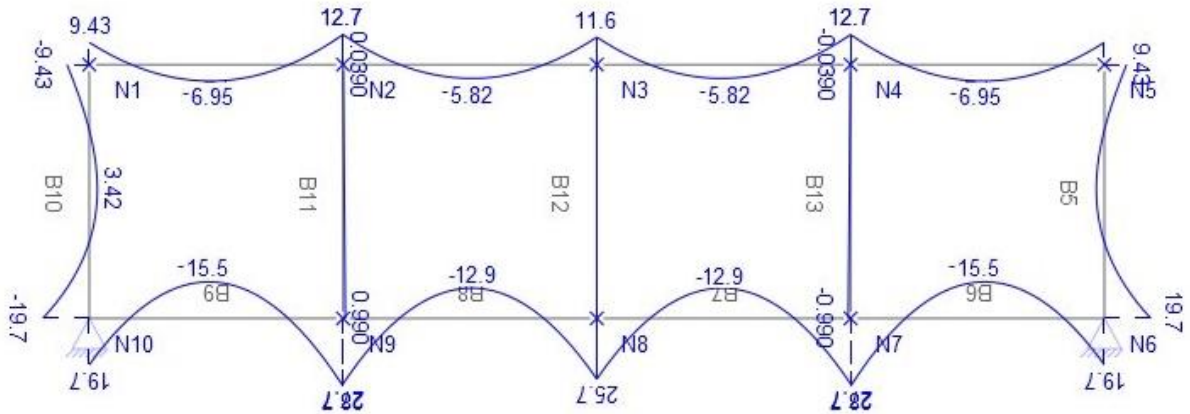
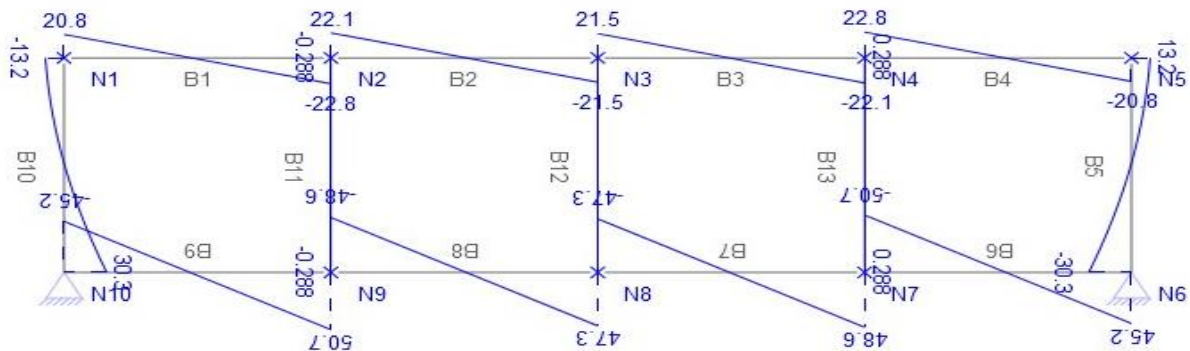


Diagramme des efforts tranchants



On voit clairement sur les différents diagrammes que les résultats obtenus sont les mêmes que lors du calcul manuel. Ainsi, pour la suite de l'étude, le calcul des sollicitations sera effectué directement avec le logiciel pybar.

Le tableau ci-dessous donne les sollicitations maximales sur appuis et en travée pour chaque élément du dalot (Tablier, radier, piédroits)

Eléments d'ouvrage	Sollicitations sous charges permanente		
Tablier	Moments fléchissant maximal	Aux appuis de rive	9,43 KN.m/ml
		Aux appuis intermédiaires	12,70 KN.m/ml
		En travée	6,95 KN.m/ml
Radier	Moments fléchissant maximal	Aux appuis de rive	19,70 KN.m/ml
		Aux appuis intermédiaires	28,70 KN.m/ml
		En travée	15,5 KN.m/ml
		A l'appui supérieur	9,43 KN.m/ml

Piédroits de rive	Moments fléchissant maximal	A l'appui inférieur	19,70 $KN.m/ml$
		En travée	3,42 $KN.m/ml$
	Effort normal maximal	/	66,01 KN/ml
Piédroits intermédiaires	Moments fléchissant maximal	A l'appui supérieur	0,04 $KN.m/ml$
		A l'appui inférieur	0,99 $KN.m/ml$
		En travée	0,54 $KN.m/ml$
	Effort normal maximal	/	144,21 KN/ml

V.3.3 Calcul des sollicitations sous charges d'exploitation

On rappelle que le calcul est effectué directement sur Pybar

Modélisation

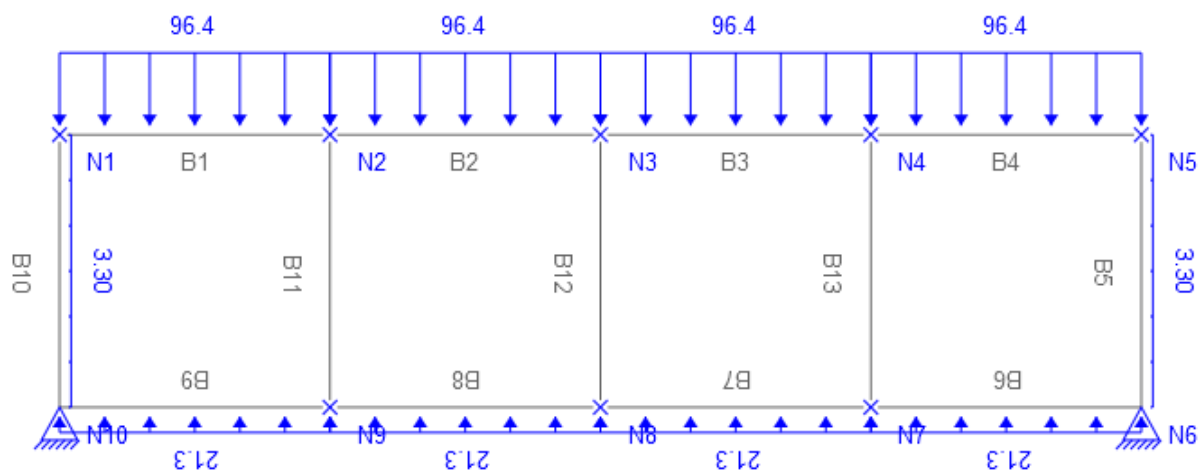


Diagramme des moments fléchissant

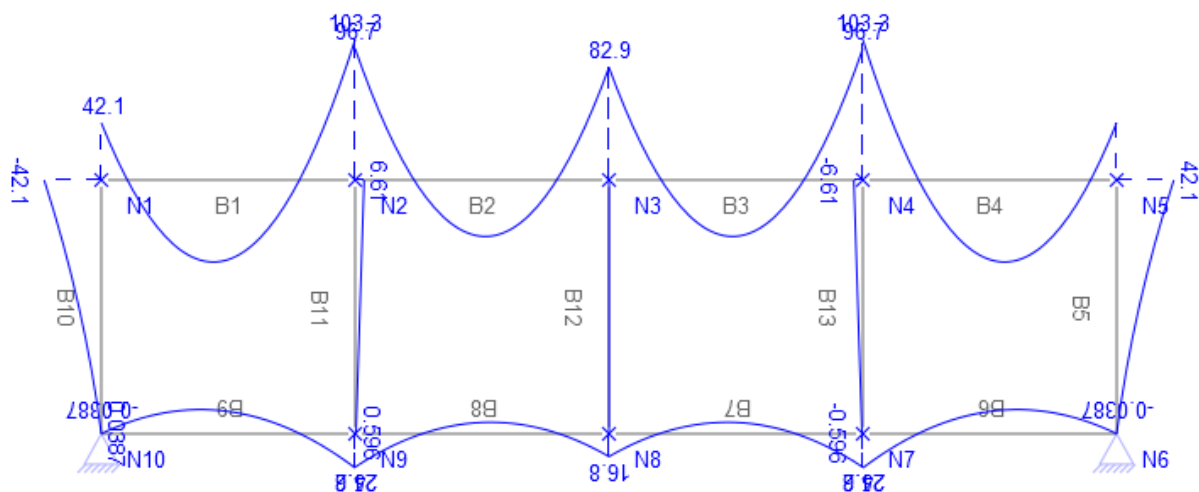
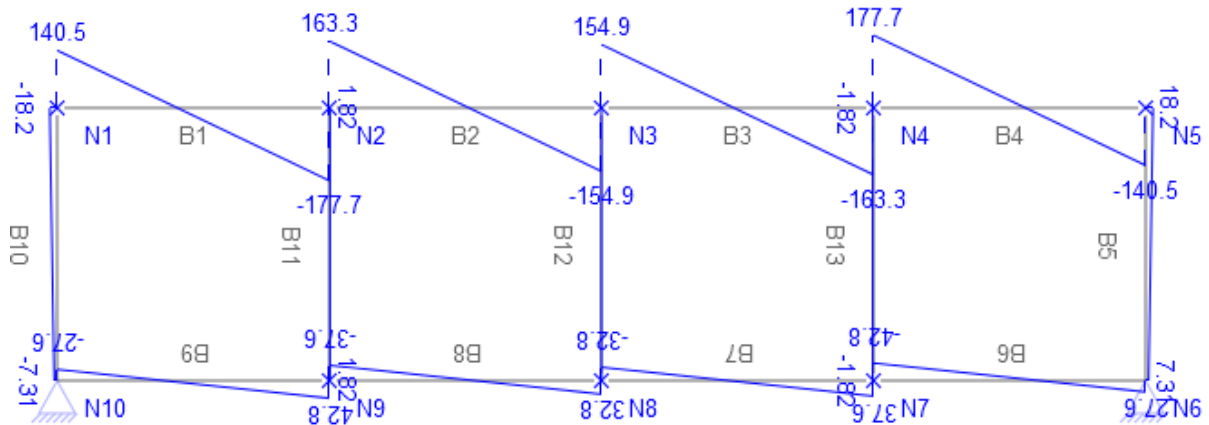


Diagramme des efforts tranchants



Eléments d'ouvrage	Sollicitations sous charges permanente		
Tablier	Moments fléchissant maximal	Aux appuis de rive	42,1 KN.m/ml
		Aux appuis intermédiaires	103,3 KN.m/ml
		En travée	60,4 KN.m/ml
Radier	Moments fléchissant maximal	Aux appuis de rive	0,04 KN.m/ml
		Aux appuis intermédiaires	25,2 KN.m/ml
		En travée	17,8 KN.m/ml
Piédroits de rive	Moments fléchissant maximal	A l'appui supérieur	42,1 KN.m/ml
		A l'appui inférieur	0,04 KN.m/ml
		A mi- travée	17,1 KN.m/ml
	Effort normal maximal	/	168,1 KN/ml
Piédroits intermédiaires	Moments fléchissant maximal	A l'appui supérieur	6,61 KN.m/ml
		A l'appui inférieur	0,60 KN.m/ml
		A mi- travée	3,3 KN.m/ml
	Effort normal maximal	/	421,4 KN/ml

Combinaison à l'ELU et à l'ELS

Les combinaisons à l'état limite ultime et à l'état limite de service sont données par :

$$M_{ELU} = 1,35 M_G + 1,6 M_Q \quad \text{et} \quad N_{ELU} = 1,35 N_G + 1,6 N_Q \quad \text{à l'ELU}$$

$$M_{ELS} = M_G + 1,2 M_Q \quad \text{et} \quad N_{ELS} = N_G + 1,2 N_Q \quad \text{à l'ELS}$$

Eléments d'ouvrage	Combinaison des sollicitations à		ELU	ELS
Tablier	Moments fléchissant maximal (KN.m/ml)	Aux appuis de rive	80,09	59,95
		Aux appuis intermédiaires	182,43	136,66

		En travée	106,02	79,43
Radier	Moments fléchissant maximal (KN.m/ml)	Aux appuis de rive	26,65	19,75
		Aux appuis intermédiaires	79,07	58,94
		En travée	49,41	36,86
Piédroits de rive	Moments fléchissant maximal (KN.m/ml)	A l'appui supérieur	80,09	59,95
		A l'appui inférieur	26,65	19,75
		A mi- travée	31,98	23,94
	Effort normal maximal KN/ml	/	358,07	267,73
Piédroits intermédiaires	Moments fléchissant maximal (KN.m/ml)	A l'appui supérieur	10,63	7,97
		A l'appui inférieur	2,30	1,71
		A mi- travée	6,01	4,5
	Effort normal maximal KN/ml	/	868,92	649,89

V.4 Calcul des armatures

$$b = 1 \text{ m}; \quad h = 0,3 \text{ m}; \quad d = 0,9 * h = 0,9 * 0,3 \text{ m} = 0,27 \text{ m}$$

$$f_{c28} = 25 \text{ MPa}; \quad f_{t28} = 0,06 * f_{c28} + 0,6 = 2,1 \text{ MPa}; \quad f_{bu} = \frac{0,85 * F_{c28}}{\theta * \gamma_b} = 14,17$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \text{Min} \left\{ \frac{2}{3} \times f_e; \text{Max}(0,5 \times f_e; 110 \times \sqrt{\eta * f_{t28}}) \right\} = 201,63 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 * f_{c28} = 15 \text{ MPa}; \quad f_e = 400 \text{ MPa}; \quad f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 347,83 \text{ MPa} \quad \mu_l = 0,392$$

$$A_{s \min} = 0,23 * \frac{f_{t28}}{f_e} * b * d = 0,23 * \frac{2,1}{400} * 1 * 0,27 = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

V.4.1 Calcul des armatures pour tablier

Le calcul est effectué en flexion simple

Armatures supérieures sur appuis de rive

- Calcul à l'ELU

$$M_u = 80,09 \text{ KN.m/ml}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{80,09 * 10^{-3}}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,078$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,078}) = 0,101$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,27 * (1 - 0,4 * 0,101) = 0,259 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{80,09 * 10^{-3}}{0,259 * 347,83} = 8,89 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s \min}$ est respecté

Alors $A_{st u} = 8,89 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Armatures supérieures sur appuis intermédiaires

- Calcul à l'ELU

$$M_u = 182,43 \text{ KN.m/ml}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{182,43 * 10^{-3}}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,176$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,176}) = 0,244$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,27 * (1 - 0,4 * 0,244) = 0,24 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{182,43 * 10^{-3}}{0,24 * 347,83} = 21,53 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s \min}$ est respecté

Alors $A_{st u} = 21,53 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Armatures inférieures en travées

- Calcul à l'ELU

$$M_u = 106,02 \text{ KN.m/ml}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{106,02 * 10^{-3}}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,102$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,102}) = 0,134$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,27 * (1 - 0,4 * 0,134) = 0,255 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st\ u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{106,02 * 10^{-3}}{0,255 * 347,83} = 11,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s\ min}$ est respecté

Alors $A_{st\ u} = 11,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Choix des aciers

Les aciers pour tablier sont choisis de sorte à avoir leurs sections :

$$\begin{cases} A_{st} \geq 8,89 \text{ cm}^2/\text{ml} & \text{Comme aciers supérieurs sur appuis de rive} \\ A_{st} \geq 21,53 \text{ cm}^2/\text{ml} & \text{Comme aciers supérieurs sur appuis intermédiaire} \\ A_{st} \geq 11,93 \text{ cm}^2/\text{ml} & \text{Comme aciers inférieurs en travées} \end{cases}$$

Pour ce fait, on prendra pour :

- Armatures supérieures sur appuis de rive

8 HA 14 soit une section $A_{st} = 12,31 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- Armatures supérieures sur appuis intermédiaires

8HA 14 + 8 HA 14 soit une section $A_{st} = 24,62 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- Armatures inférieures en travées

8 HA 14 soit une section $A_{st} = 12,31 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Calcul d'aciers de répartition

La section d'acier de répartition est donnée par : $A_r = \text{Max} \{A_{min} ; \beta\}$

Avec $\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3}$ et $A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Sur appuis

$$\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 6,16 \leq \beta \leq 8,21 \quad \text{et} \quad A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra 7HA12 totalisant une section $A_r = 7,92 \text{ cm}^2/\text{ml}$

En travée

$$\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 3,075 \leq \beta \leq 4,10 \quad \text{et} \quad A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra 7HA10 totalisant une section $A_r = 5,5 \text{ cm}^2/\text{ml}$

➤ Vérification des contraintes à l'ELS

Il suffit de vérifier que

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser})$$

Sur appuis de rive

On a : $A_{st} = 12,31 \text{ cm}^2/\text{ml}$; $M_{ser} = 59,95 \text{ KN/ml}$

Valeur réel de y_{ser}

$$\frac{b * y_{ser}^2}{2} + n * A_{sc} (y_{ser} - d') - n * A_{st} (d - y_{ser}) = 0 \quad \text{avec } A_{sc} = 0$$

$$\frac{100 * y_{ser}^2}{2} + 0 - 15 * 12,31 * (27 - y_{ser}) = 0$$

$$50 * y_{ser}^2 + 184,65 * y_{ser} - 3323,7 = 0$$

$$y_{ser} = 6,51 \text{ cm}$$

▪ Valeur de I_{ser}

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 \times 6,51^3}{3} + 15 \times 12,31(27 - 6,51)^2 = 33573,99$$

$$I_{ser} = 33573,99 \text{ cm}^2$$

▪ Valeur de σ_{bc} et σ_{st}

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{59,95 \times 0,0651}{33573,99 \times 10^{-8}} = 11624,30 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 11,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 59,95}{33573,99 \times 10^{-8}} \times (0,27 - 0,0651) = 307749,58 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 307,75 \text{ MPa}$$

$$\text{On a } \sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} > \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

La contrainte développée par les armatures tendues n'est pas vérifiée, il faut donc augmenter la section d'acier.

Sur appuis intermédiaires

$$\text{On a : } A_{st} = 24,62 ; M_{ser} = 136,66 \text{ KN/ml}$$

Valeur réel de y_{ser}

$$\frac{b * y_{ser}^2}{2} + n * A_{sc} (y_{ser} - d') - n * A_{st} (d - y_{ser}) = 0 \quad \text{avec } A_{sc} = 0$$

$$\frac{100 * y_{ser}^2}{2} + 0 - 15 * 24,62 \times (27 - y_{ser}) = 0$$

$$50 * y_{ser}^2 + 369,3 * y_{ser} - 6647,4 = 0$$

$$y_{ser} = 8,41 \text{ cm}$$

▪ Valeur de I_{ser}

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 \times 8,41^3}{3} + 15 \times 24,62(27 - 8,41)^2 = 53791,26$$

$$I_{ser} = 53791,26 \text{ cm}^2$$

▪ Valeur de σ_{bc} et σ_{st}

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{136,66 \times 0,841}{53791,26 \times 10^{-8}} = 21309,83 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 21,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 136,66}{53791,26 \times 10^{-8}} \times (0,27 - 0,841) = 364497,01 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 364,49 \text{ MPa}$$

$$\text{On a } \sigma_{bc} > \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} > \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

Aucune des deux contraintes n'est vérifiée, il faut donc augmenter la section d'acier.

En travée

$$\text{On a : } A_{st} = 12,31 ; M_{ser} = 79,43 \text{ KN/ml}$$

Valeur réel de y_{ser}

$$\frac{b * y_{ser}^2}{2} + n * A_{sc} (y_{ser} - d') - n * A_{st} (d - y_{ser}) = 0 \quad \text{avec } A_{sc} = 0$$

$$\frac{100 * y_{ser}^2}{2} + 0 - 15 * 12,31 \times (27 - y_{ser}) = 0$$

$$50 * y_{ser}^2 + 184,65 * y_{ser} - 3323,7 = 0$$

$$y_{ser} = 6,51 \text{ cm}$$

▪ Valeur de I_{ser}

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 \times 6,51^3}{3} + 15 \times 12,31(27 - 6,51)^2 = 33573,99$$

$$I_{ser} = 33573,99 \text{ cm}^2$$

▪ Valeur de σ_{bc} et σ_{st}

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{79,43 \times 0,0977}{33573,99 \times 10^{-8}} = 15401,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 15,40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 79,43}{33573,99 \times 10^{-8}} \times (0,27 - 0,0977) = 407748,95 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 407,75 \text{ MPa}$$

$$\text{On a } \sigma_{bc} > \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} > \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

Aucune des deux contraintes n'est vérifiée, il faut donc augmenter la section d'acier.

➤ Disposition constructive

Les espacements entre les aciers doivent être de telle sorte que

$$E_h \geq \text{Max} (\phi_l ; 1,5 C_g)$$

Où ϕ_l est le diamètre d'acier principale et C_g le diamètre du plus gros granulat

$$E_h \geq \text{Max} (14 \text{ mm} ; 1,5 * 20 \text{ mm}) = 30 \text{ mm}$$

$$E_h \geq 3 \text{ cm}$$

Conclusion

Les sections d'acier pour le tablier sont les suivantes :

Armatures supérieures sur appuis de rive : **HA 14** espacé de 10 cm

Armatures supérieures sur appuis intermédiaires : **HA 14 + HA 12** espacé de 10 cm

Armatures inférieures en travées : **HA 14** espacé de 10 cm

Armature de répartition lit supérieur : **HA 12** espacé de 15 cm

Armature de répartition lit inférieur : **HA 10** espacé de 15 cm

V.4.2 Calcul des aciers pour radier

Le calcul est effectué en flexion simple

Armatures inférieures sur appuis de rive

- Calcul à l'ELU

$$M_u = 26,66 \text{ KN.m/ml}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{26,66 * 10^{-3}}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,026$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,026}) = 0,033$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,27 * (1 - 0,4 * 0,033) = 0,266 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{26,66 * 10^{-3}}{0,266 * 347,83} = 2,87 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s \min}$ n'étant pas respecté, on prendra :

$$A_{st u} = A_{\min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Armatures inférieurs sur appuis intermédiaires

- Calcul à l'ELU

$$M_u = 79,07 \text{ KN.m/ml}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{79,07 * 10^{-3}}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,077$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,077}) = 0,1$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,27 * (1 - 0,4 * 0,1) = 0,259 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st\ u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{79,07 * 10^{-3}}{0,259 * 347,83} = 8,77 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s\ min}$ est respecté

Alors $A_{st\ u} = 8,77 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Armatures supérieur en travées

- Calcul à l'ELU

$$M_u = 49,41 \text{ KN.m/ml}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{49,41 * 10^{-3}}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,048$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,048}) = 0,061$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,27 * (1 - 0,4 * 0,061) = 0,263 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st\ u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{49,41 * 10^{-3}}{0,263 * 347,83} = 5,39 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s\ min}$ est respecté

Alors $A_{st\ u} = 5,39 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Choix des aciers

Les aciers pour tablier sont choisis de sorte à avoir leurs sections :

$$\begin{cases} A_{st} \geq 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml} & \text{Comme aciers supérieurs sur appuis de rive} \\ A_{st} \geq 8,77 \text{ cm}^2/\text{ml} & \text{Comme aciers supérieurs sur appuis intermédiaire} \\ A_{st} \geq 5,39 \text{ cm}^2/\text{ml} & \text{Comme aciers inférieurs en travées} \end{cases}$$

Pour ce fait, on prendra pour :

- Armatures inférieures sur appuis de rive

5HA 12 soit une section $A_{st} = 5,65 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- Armatures inférieures sur appuis intermédiaires

5 HA 12+ 5 HA 10 soit une section $A_{st} = 9,58 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- Armatures supérieures en travées

5 HA 12 soit une section $A_{st} = 5,65 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Calcul d'aciers de répartition

La section d'acier de répartition est donnée par : $A_r = \text{Max} \{A_{min} ; \beta\}$

Avec $\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3}$ et $A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Sur appuis

$$\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 2,39 \leq \beta \leq 3,19 \quad \text{et} \quad A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra 5HA10 totalisant une section $A_r = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$

En travée

$$\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 1,65 \leq \beta \leq 2,65 \quad \text{et} \quad A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra 5HA10 totalisant une section $A_r = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$

➤ Vérification des contraintes à L'ELS

Il suffit de vérifier que

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser})$$

Sur appuis de rive

On a : $A_{st} = 5,65 \text{ cm}^2$; $M_{ser} = 19,75 \text{ KN/ml}$

Valeur réel de y_{ser}

$$\frac{b * y_{ser}^2}{2} + n * A_{sc} (y_{ser} - d') - n * A_{st} (d - y_{ser}) = 0 \quad \text{avec } A_{sc} = 0$$

$$\frac{100 * y_{ser}^2}{2} + 0 - 15 * 5,65 * (27 - y_{ser}) = 0$$

$$50 * y_{ser}^2 + 84,75 * y_{ser} - 1525,5 = 0$$

$$y_{ser} = 4,74 \text{ cm}$$

▪ Valeur de I_{ser}

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 * 4,74^3}{3} + 15 * 5,65 * (27 - 4,74)^2 = 18451,26$$

$$I_{ser} = 18451,26 \text{ cm}^2$$

▪ Valeur de σ_{bc} et σ_{st}

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{19,75 * 0,0474}{18451,26 * 10^{-8}} = 5073,12 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 5,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 19,75}{18451,26 * 10^{-8}} * (0,27 - 0,0474) = 212878,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 212,88 \text{ MPa}$$

$$\text{On a } \sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} > \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

La contrainte développée par les armatures tendues n'est pas vérifiée, il faut donc augmenter la section d'acier.

Sur appuis intermédiaires

On a : $A_{st} = 9,58 \text{ cm}^2$; $M_{ser} = 58,94 \text{ KN/ml}$

Valeur réel de y_{ser}

$$\frac{b * y_{ser}^2}{2} + n * A_{sc} (y_{ser} - d') - n * A_{st} (d - y_{ser}) = 0 \quad \text{avec } A_{sc} = 0$$

$$\frac{100 * y_{ser}^2}{2} + 0 - 15 * 9,58 * (27 - y_{ser}) = 0$$

$$50 * y_{ser}^2 + 143,7 * y_{ser} - 2586,6 = 0$$

$$y_{ser} = 5,90 \text{ cm}$$

▪ **Valeur de I_{ser}**

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 * 5,90^3}{3} + 15 * 9,58 (27 - 5,90)^2 = 27885,08$$

$$I_{ser} = 27885,08 \text{ cm}^2$$

▪ **Valeur de σ_{bc} et σ_{st}**

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{58,94 * 0,0890}{27885,08 * 10^{-8}} = 12470,68 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 12,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 58,94}{27885,08 * 10^{-8}} * (0,27 - 0,0590) = 383631,98 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 383,63 \text{ MPa}$$

On a $\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$ et $\sigma_{st} > \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$

La contrainte développée par les armatures tendues n'est pas vérifiée, il faut donc augmenter la section d'acier.

En travée

On a : $A_{st} = 5,65 \text{ cm}^2$; $M_{ser} = 36,86 \text{ KN/ml}$

Valeur réel de y_{ser}

$$\frac{b * y_{ser}^2}{2} + n * A_{sc} (y_{ser} - d') - n * A_{st} (d - y_{ser}) = 0 \quad \text{avec } A_{sc} = 0$$

$$\frac{100 * y_{ser}^2}{2} + 0 - 15 * 5,65 * (27 - y_{ser}) = 0$$

$$50 * y_{ser}^2 + 84,75 * y_{ser} - 1525,5 = 0$$

$$y_{ser} = 4,74 \text{ cm}$$

▪ Valeur de I_{ser}

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 * 4,74^3}{3} + 15 * 5,65 * (27 - 4,74)^2 = 18451,26$$

$$I_{ser} = 18451,26 \text{ cm}^2$$

▪ Valeur de σ_{bc} et σ_{st}

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{36,86 * 0,0474}{18451,26 * 10^{-8}} = 9469,07 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 9,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n * M_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 36,86}{18451,26 * 10^{-8}} * (0,27 - 0,0474) = 397341,43 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{st} = 397,34 \text{ MPa}$$

On a $\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$ et $\sigma_{st} > \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$

La contrainte développée par les armatures tendues n'est pas vérifiée, il faut donc augmenter la section d'acier.

➤ **Disposition constructive**

Les espacements entre les aciers doivent être de telle sorte que

$$E_h \geq \text{Max} (\phi_l ; 1,5 C_g)$$

Où ϕ_l est le diamètre d'acier principale et C_g le diamètre du plus gros granulat

$$E_h \geq \text{Max} (12 \text{ mm} ; 1,5 * 20 \text{ mm}) = 30 \text{ mm}$$

$$E_h \geq 3 \text{ cm}$$

Conclusion

Les sections d'acier pour le radier sont les suivantes :

Armatures inférieures sur appuis de rive : **HA 12** espacé de 20 cm

Armatures inférieures sur appuis intermédiaires : **HA 12 + HA 10** espacé de 20 cm

Armatures supérieures en travées : **HA 12** espacé de 20 cm

Acier de répartition lit supérieur et inférieur : **HA 10** espacé de 25 cm

V.4.3 Calcul des armatures pour piédroit de rive

Le dimensionnement est effectué en flexion composée avec un effort normal de compression

Armatures pour Lit extérieur

• **Calcul à l'ELU**

$$N_u = 358,07 \text{ KN/ml} ; M_u = 80,09 \text{ KN.m/ml} ;$$

Excentricité e .

$$e = e_1 + e_2 + e_a, \text{ avec}$$

e_1 : excentricité du premier ordre

e_2 : excentricité due aux effets de second ordre, liée à la déformation

e_a : excentricité additionnelle traduisant les imperfections géométriques initiales

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{80,09}{358,07} = 0,224 \text{ m}$$

$$e_a = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{L}{250}\right) = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{3,3}{250}\right) = 0,02 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{3 * L_f^2}{10000 * h} * (2 + \alpha \varphi);$$

$$\text{Avec } L_f = 0,5L_0 = 1,65 \text{ m}; \quad h = 0,30 \text{ m}; \quad \alpha = \frac{M_g}{M_g + M_q} = \frac{9,43}{9,43 + 42,1} = 0,18; \quad \varphi = 2$$

$$e_2 = \frac{3 * 1,65^2}{10000 * 0,3} * (2 + 0,18 * 2) = 0,006 \text{ m}$$

$$\text{On a donc : } \mathbf{e = 0,224 + 0,02 + 0,006 = 0,25 \text{ m}}$$

Coefficient de remplissage Ψ_1 .

$$\Psi_1 = \frac{N_u}{b * h * f_{bu}} = \frac{358,07 * 10^{-3}}{1 * 0,3 * 14,17} = 0,084$$

$$\text{On a } \mathbf{\Psi_1 < 0,81}$$

$$\text{Comme } \Psi_1 < \frac{2}{3}; \text{ on a } \xi = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4 * (3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})} = \frac{1 + \sqrt{9 - 12 * 0,084}}{4 * (3 + \sqrt{9 - 12 * 0,084})} = 0,16$$

$$\mathbf{e_{NC} = \xi * h = 0,16 * 0,3 = 0,049 \text{ m}}$$

On a $\mathbf{e > e_{NC}}$ donc la section est partiellement comprimée.

Moment de flexion fictif M_{uf} .

$$M_{uf} = N_u * e_A,$$

$$\text{Avec } e_A = e + (d - 0,5 * h) = 0,25 + (0,27 - 0,5 * 0,3) = 0,37 \text{ m}$$

$$\mathbf{M_{uf} = 358,07 * 0,37 = 132,49 \text{ KN.m/ml}}$$

$$\mu_{uf} = \frac{M_{uf}}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{132,49 * 10^{-3}}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,128$$

On a $\mathbf{\mu_{uf} < \mu_l}$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,128}) = 0,172$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,27 * (1 - 0,4 * 0,172) = 0,251 \text{ m}$$

Section d'acier :

$$A_s = \frac{M_{u \text{ fict}}}{z_u * f_{su}} - \frac{N_u}{f_{su}} = \frac{132,49 * 10^{-3}}{0,251 * 347,83} - \frac{358,07 * 10^{-3}}{347,83} = 4,86 \text{ cm}^2$$

Section d'acier minimale :

$$A_{min} = \text{Max}\left(\frac{b * h}{1000} ; 0,23 * b * d * \frac{f_{t28}}{f_e}\right)$$

$$A_{min} = \text{Max}\left(\frac{1 * 0,3}{1000} ; 0,23 * 1 * 0,3 * 0,9 * \frac{2,1}{400}\right) = 3,26 \text{ cm}^2$$

La condition de non fragilité $A_{stu} > A_{s \text{ min}}$ est respectée

$$A_{stu} = 4,86 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Armatures pour Lit intérieur

- **Calcul à l'ELU**

$$N_u = 358,07 \text{ KN/ml} ; M_u = 31,98 \text{ KN.m/ml} ;$$

Excentricité e.

$$e = e_1 + e_2 + e_a , \text{ avec}$$

e_1 : excentricité du premier ordre

e_2 : excentricité due aux effets de second ordre, liée à la déformation

e_a : excentricité additionnelle traduisant les imperfections géométriques initiales

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{31,98}{358,07} = 0,089 \text{ m}$$

$$e_a = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{L}{250}\right) = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{3,3}{250}\right) = 0,02 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{3 * L_f^2}{10000 * h} * (2 + \alpha \varphi) ;$$

$$\text{Avec } L_f = 0,5L_0 = 1,65 \text{ m} ; h = 0,30 \text{ m} ; \alpha = \frac{M_g}{M_g + M_q} = \frac{3,42}{17,1 + 3,42} = 0,17 ; \varphi = 2$$

$$e_2 = \frac{3 * 1,65^2}{10000 * 0,3} * (2 + 0,17 * 2) = 0,006 \text{ m}$$

On a donc : $e = 0,089 + 0,02 + 0,006 = 0,115 \text{ m}$

Coefficient de remplissage Ψ_1 .

$$\Psi_1 = \frac{N_u}{b * h * f_{bu}} = \frac{358,07 * 10^{-3}}{1 * 0,3 * 14,17} = 0,084$$

On a $\Psi_1 < 0,81$

$$\text{Comme } \Psi_1 < \frac{2}{3} ; \text{ on a } \xi = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4 * (3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})} = \frac{1 + \sqrt{9 - 12 * 0,084}}{4 * (3 + \sqrt{9 - 12 * 0,084})} = 0,16$$

$$e_{NC} = \xi * h = 0,16 * 0,3 = 0,049 \text{ m}$$

On a $e > e_{NC}$ donc la section est partiellement comprimée.

Moment de flexion fictif M_{uf} .

$$M_{uf} = N_u * e_A,$$

$$\text{Avec } e_A = e + (d - 0,5 * h) = 0,115 + (0,27 - 0,5 * 0,3) = 0,235 \text{ m}$$

$$M_{uf} = 358,07 * 0,23 = 84,15 \text{ KN.m/ml}$$

$$\mu_{uf} = \frac{M_{uf}}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{84,15 * 10^{-3}}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,081$$

On a $\mu_{uf} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,081}) = 0,106$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,27 * (1 - 0,4 * 0,106) = 0,259 \text{ m}$$

Section d'acier :

$$A_s = \frac{M_{ufict}}{z_u * f_{su}} - \frac{N_u}{f_{su}} = \frac{84,15 * 10^{-3}}{0,29 * 347,83} - \frac{358,07 * 10^{-3}}{347,83} = -0,94 \text{ cm}^2$$

La condition de non fragilité $A_{st \text{ ser}} > A_{s \text{ min}}$ n'étant pas respectée, on prendra

$$A_{st u} = A_{s \text{ min}} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des aciers

Les aciers sont choisis de façon à avoir :

$$\begin{cases} A_{st} \geq 4,86 \text{ cm}^2/\text{ml} & \text{Comme aciers pour lit extérieur} \\ A_{st} \geq 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml} & \text{et} \\ & \text{Comme aciers pour lit intérieur} \end{cases}$$

Pour ce fait, on prendra pour :

- Armatures extérieures

6 HA 12 soit une section $A_{st} = 6,79 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- Armatures intérieures

6 HA 10 soit une section $A_{st} = 4,71 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Calcul d'aciers de répartition

La section d'acier de répartition est donnée par : $A_r = \text{Max} \{A_{min} ; \beta\}$

Avec $\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3}$ et $A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Lit extérieur

$$\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 1,70 \leq \beta \leq 2,26 \quad \text{et} \quad A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra 5HA10 totalisant une section $A_r = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Lit intérieur

$$\frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 1,18 \leq \beta \leq 1,57 \quad \text{et} \quad A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra 5HA10 totalisant une section $A_r = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Vérification à l'ELS.

Il suffit de vérifier que

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st}$$

$$\text{Avec } \sigma_{bc} = \frac{Z * N_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} = \frac{n * Z * N_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser})$$

$$\text{On a } A_{st} = 6,79 \text{ cm}^2 ; N_{ser} = 267,73 \text{ KN/ml} ; M_{ser} = 59,95 \text{ KN.m/ml}$$

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{59,95}{267,73} = 0,224 \text{ m}$$

La section est partiellement comprimée car $e = 0,224 > \frac{h}{4}$

Calcul de Z et y_{ser}

$$\text{Posons } C = 0,5 * h - e = 0,5 * 0,3 - 0,224 = -0,074 \text{ m} = -7,4 \text{ cm}$$

La détermination de Z nécessite la résolution de l'équation

$$Z^3 + pZ + q = 0 \quad \text{avec}$$

$$p = -3c^2 + 90A_s * \frac{d - c}{b} = -3 * (-7,4)^2 + 90 * 6,79 * \frac{27 + 7,4}{100} = -52,82$$

$$q = -2c^3 - 90A_s * \frac{(d - c)^2}{b} = -2 * (-7,4)^3 - 90 * 6,79 * \frac{(27 + 7,4)^2}{100} = -6416,58$$

$$\Delta = q^2 + \frac{4p^3}{27} = (-6416,58)^2 + \frac{4 * (-52,82)^3}{27} = 41150667 > 0$$

$$t = 0,5(\sqrt{\Delta} - q) = 6415,73 ; u = \sqrt[3]{t} = 18,58$$

$$z = u - \frac{p}{3u} = 18,58 + \frac{52,82}{3 * 18,58} = 19,53 \text{ cm}$$

$$y_{ser} = z + c = 19,53 - 7,4 = 12,13 \text{ cm}$$

$$y_{ser} = 12,13 \text{ cm}$$

▪ Valeur de I_{ser}

$$I_{ser} = \frac{b * y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{100 * 12,13^3}{3} + 15 * 6,79(27 - 12,13)^2 = 63001,78$$

$$I_{ser} = 63001,78 \text{ cm}^2$$

▪ Valeur de σ_{bc} et σ_{st}

$$\sigma_{bc} = \frac{Z * N_{ser}}{I_{ser}} * y_{ser} = \frac{0,1953 * 267,73 \times 0,1213}{63001,78 \times 10^{-8}} = 10067,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{bc} = 10,07 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{st} &= \frac{n * Z * N_{ser}}{I_{ser}} * (d - y_{ser}) = \frac{15 * 0,1953 * 267,73}{63001,78 \times 10^{-8}} \times (0,27 - 0,1213) \\ &= 73076,16 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = 73,08 \text{ MPa}$$

$$\text{On a } \sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

Donc les contraintes sont vérifiées

Conclusion

Les sections d'acier pour les piédroits de rive sont les suivantes :

Armatures extérieures : **HA 12** espacé de 20 cm

Armatures intérieur : **HA 10** espacé de 20 cm

Acier de répartition : **HA 10** espacé de 25 cm

V.4.4 Calcul des armatures pour piédroits intermédiaires

- Calcul à l'ELU

$$N_u = 868,92 \text{ KN/ml} ; M_u = 10,63 \text{ KN.m/ml} ;$$

Excentricité e.

$$e = e_1 + e_2 + e_a, \text{ avec}$$

e_1 : excentricité du premier ordre

e_2 : excentricité due aux effets de second ordre, liée à la déformation

e_a : excentricité additionnelle traduisant les imperfections géométriques initiales

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{10,63}{868,92} = 0,012 \text{ m}$$

$$e_a = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{L}{250}\right) = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{3,3}{250}\right) = 0,02 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{3 * L_f^2}{10000 * h} * (2 + \alpha \varphi) ;$$

$$\text{Avec } L_f = 0,5L_0 = 1,65 \text{ m} ; h = 0,30 \text{ m} ; \alpha = \frac{M_g}{M_g + M_q} = \frac{0,04}{0,04 + 6,61} = 0,006 ; \varphi = 2$$

$$e_2 = \frac{3 * 1,65^2}{10000 * 0,3} * (2 + 0,006 * 2) = 0,006 \text{ m}$$

$$\text{On a donc : } e = 0,012 + 0,02 + 0,006 = 0,038 \text{ m}$$

Coefficient de remplissage Ψ_1 .

$$\Psi_1 = \frac{N_u}{b * h * f_{bu}} = \frac{868,92 * 10^{-3}}{1 * 0,3 * 14,17} = 0,20$$

$$\text{On a } \Psi_1 < 0,81$$

$$\text{Comme } \Psi_1 < \frac{2}{3} ; \text{ on a } \xi = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4 * (3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})} = \frac{1 + \sqrt{9 - 12 * 0,20}}{4 * (3 + \sqrt{9 - 12 * 0,20})} = 0,161$$

$$e_{NC} = \xi * h = 0,161 * 0,3 = 0,048 \text{ m}$$

On a $e < e_{NC}$ donc la section est entièrement comprimée. Le calcul sera effectué en compression simple.

Le piédroit est considéré comme un poteau de dimension $1,00 \times 0,30 \text{ m}$ soumis un effort normal de compression dont le point d'application est au centre de gravité de la section du béton et des armatures longitudinaux.

On a :

$$a = 0,3 \text{ m}, \quad b = 1 \text{ m}, \quad H = 3,3 \text{ m},$$

$$N_u = 868,92 \text{ KN/ml} ; N_{ser} = 649,89 \text{ KN}$$

Calculons :

Longueur de flambement L_f .

$$L_f = 0,5 * L_0 \quad \text{avec } L_0 = 3,3 \text{ m}$$

$$L_f = 0,5 * 3,3 = 1,65 \text{ m}$$

Elancement λ .

$$\lambda = \frac{L_f}{i_{min}} = 3,5 * \frac{L_f}{a} \quad \text{Car} \quad i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{B}} = \quad \text{et} \quad I_{min} = \frac{b * a^3}{12} \quad , \quad B = a * b$$

$$\lambda = 3,5 * \frac{1,65}{0,3} = 19,25$$

Coefficient de minoration α .

$$\alpha = \frac{0.85}{1 + 0,2 * (\frac{\lambda}{35})^2} \quad \text{car} \quad \lambda < 50.$$

$$\alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 * (\frac{19,25}{35})^2} = 0,80$$

La section d'acier longitudinale :

$$A_{sc} \geq \left[\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r * f_{c28}}{0,9 * \gamma_b} \right] \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$$B_r = (a - 0,02) * (b - 0,02) = (0,3 - 0,02) * (1 - 0,02) = 0,2744 \, m^2$$

$$A_{sc} \geq \left[\frac{868,92 * 10^{-3}}{0,80} - \frac{0,2744 * 25}{0,9 * 1,5} \right] \frac{1,15}{400} = -114,87 \, cm^2$$

Section d'acier minimale :

$$A_{minc} = \text{Max} \left\{ 4 * U ; \frac{0,2 * B}{100} \right\} \quad \text{où } U \text{ est le périmètre et } B \text{ la section comprimée}$$

$$A_{minc} = \text{Max} \left\{ 4 * 2 * (1 + 0,3) ; \frac{0,2 * (100 * 30)}{100} \right\} = 10,40 \, cm^2$$

Section d'acier maximale

$$A_{max} = \frac{5 * B}{100} = \frac{5 * (100 * 30)}{100} = 150 \, cm^2$$

Choix des aciers

La section d'acier A_{sc} calculé précédemment est trop faible ($A_{sc} < A_{minc}$). En effet, la section d'acier doit être de sorte à respecter la condition $A_{minc} < A_{sc} < A_{max}$. On prendre donc les aciers dont la section est supérieure et plus proche possible de A_{minc} c'est-à-dire

$$A_{sc} \geq 10,40 \text{ cm}^2$$

Soit **2 X 5 HA 12** totalisant une section $A_{st} = 11,31 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Calcul d'aciers de répartition

La section d'acier de répartition est donnée par : $A_r = \text{Max} \{A_{min} ; \beta\}$

$$\text{Avec } \frac{A_{st}}{4} \leq \beta \leq \frac{A_{st}}{3} \rightarrow 2,83 \leq \beta \leq 3,77 \text{ et } A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On prendra **2 X 3 HA10** totalisant une section $A_r = 4,71 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Conclusion

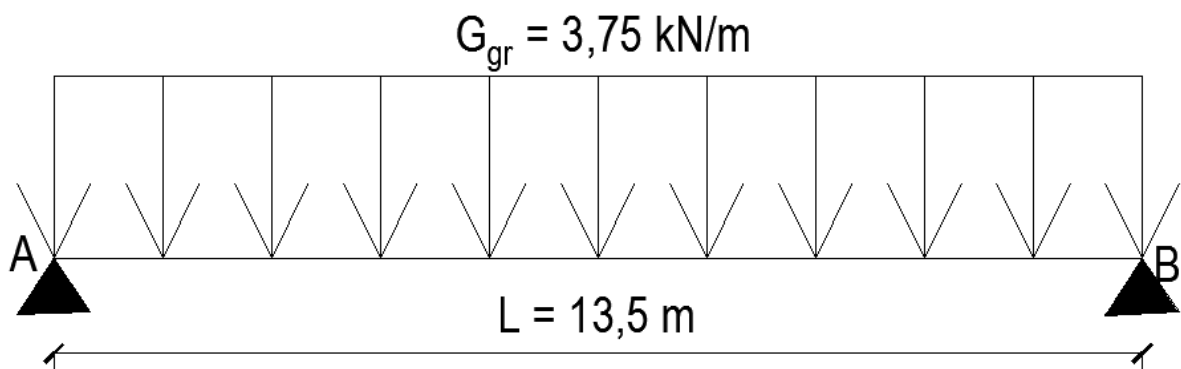
Armatures principales : **HA 12** espacé de 20 cm

Acier de répartition : **HA 10** espacé de 25 cm

V.4.5 Dimensionnement du guide roue

Le guide roue est une poutre de largeur 30 cm de hauteur 50 cm et de portée 13,5 m. Il est soumis à la seule action de son propre poids

$$G_{gr} = 25 * 0,3 * 0,5 = 3,75 \text{ kN/m}$$



Le moment maximal est donné par :

$$M = \frac{G_{gr} * L^2}{8} = \frac{3,75 * 13,5^2}{8} = 85,43 \text{ kN.m}$$

$$b = 0,3 \text{ m}; \quad h = 0,5 \text{ m}; \quad d = 0,9 * h = 0,9 * 0,5 \text{ m} = 0,45 \text{ m}$$

- Calcul des armatures à l'ELU

$$M_u = 1,35 * 85,43 = 115,33 \text{ KN.m/ml}$$

Moment réduit μ_{bu}

$$\mu_u = \frac{M_u}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{115,33 * 10^{-3}}{0,3 * 0,45^2 * 14,17} = 0,134$$

On a $\mu_{bu} < \mu_l$, donc il n'y'a pas d'aciers comprimés.

Calculons α_u et z_u .

$$\alpha_u = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_{bu}}) = 1,25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,134}) = 0,181$$

$$z_u = d * (1 - 0,4 * \alpha_u) = 0,45 * (1 - 0,4 * 0,181) = 0,42 \text{ m}$$

La section d'acier théorique :

$$A_{st u} = \frac{M_u}{z_u * f_{st}} = \frac{115,33 * 10^{-3}}{0,42 * 347,83} = 7,94 \text{ cm}^2$$

Section d'acier minimal

$$A_{s min} = 0,23 * \frac{f_{t28}}{f_e} * b * d = 0,23 * \frac{2,1}{400} * 0,3 * 0,45 = 1,63 \text{ cm}^2$$

La condition de non fragilité $A_{st} > A_{s min}$ est respecté

Alors $A_{st u} = 7,94 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Choix des aciers

En conformité avec la section d'acier du tablier, on prendra les **HA 14** comme aciers principaux.

Le diamètre d'aciers transversaux est donné par :

$$\phi_t = \frac{\phi_l}{3} = \frac{14}{3} = 4,66$$

On prendra : $\phi_t = 10 \text{ mm}$

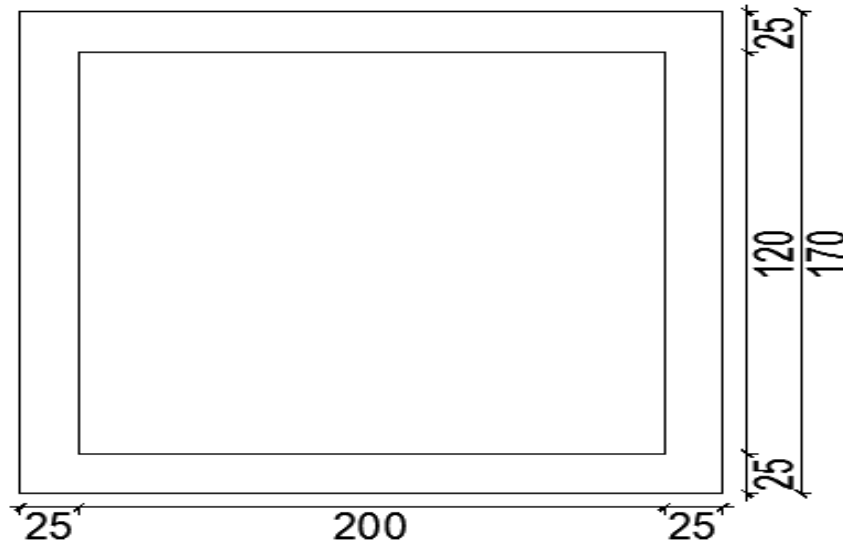
On considérément aussi un diamètre d'acier de **10 mm** comme aciers de flambement

Le dalot transversal 2×1,50×1,50 sera calculé suivant la même procédure.

Annexe VI. NOTE DE CALCUL DU DALOT LONGITUDINAL $1 \times 2,00 \times 1,20$

Géométrie :

Longueur du dalot : $L = 14 \text{ m}$



Nous supposons que le tablier n'a pas remblai

VI.1 Calcul des charges permanentes G

➤ Tablier

Poids des guides roues :

$$G_{gr} = \frac{(e_{gr} * h_{gr} * \gamma_{bé}) * 2}{L} = \frac{0,25 * 0,4 * 25 * 2}{14} = 0,45 \text{ KN/m}$$

Poids propre du tablier

$$G_t = b * e * \gamma_{bé} = 0,25 * 25 * 1 = 6,25 \text{ KN/m}$$

La charge permanente sur le tablier est donc :

$$G_1 = G_{gr} + G_t$$

$$G_1 = 6,70 \text{ KN/m}$$

➤ Piédroit

Les charges correspondent aux poussées de terre sur les piédroits de rive. Son expression est donné par : $G_i = ka * \gamma_{sol} * h_i$ où h_i correspond à la hauteur du remblai.

A la tête du piédroit (niveau du tablier), on a :

$$G_2 = ka * \gamma_{sol} * e * b = 0,33 * 20 * 0,25 * 1 = \mathbf{1,65 \text{ KN/m}}$$

$$\mathbf{G_2 = 1,65 \text{ KN/m}}$$

Au pied du piédroit (niveau du radier), on a :

$$G_3 = ka * \gamma_{sol} * (e + H) * b = 0,33 * 20 * (0,25 + 1,2) * 1 = \mathbf{9,57 \text{ KN/m}}$$

$$\mathbf{G_3 = 9,57 \text{ KN/m}}$$

➤ Radier

$$G_4 = G_{rd} + G_{pd} + G_1$$

Poids du tablier chargé :

$$G_1 = \mathbf{6,70 \text{ KN/m}}$$

Poids des piédroits repartis sur le radier

$$G_{pd} = \frac{(N + 1) * H * e * \gamma_{bé}}{N * B + (N + 1) * e} = \frac{2 * 1,2 * 0,25 * 25}{1 * 2 + 2 * 0,25} = \mathbf{6 \text{ KN/m}}$$

Poids propre du radier

$$G_{rd} = b * e * \gamma_b = 1 * 0,25 * 25 = \mathbf{6,25 \text{ KN/m}}$$

$$\mathbf{G_4 = 18,95 \text{ KN/m}}$$

VI.2 Calcul des charges d'exploitation Q : les charges routières

➤ Sur le tablier et le radier : Q_1 et Q_4

Tout comme dans le cas du dalot transversal, les deux systèmes de charge A et B seront analysés, le système à considérer sera celui qui produit l'effet le plus défavorable.

- Largeur roulable et largeur chargeable

$$L_r = L_c = 14 \text{ m}$$

- **Classe de pont**

Puisque la largeur roulable totale $L_r > 7 \text{ m}$, le pont la supportant est rangé en **classe I**

- **Nombre de voies chargés**

$$n_v = \text{Ent} \left(\frac{L_c}{3} \right) = \frac{14}{3} = 4 \text{ voies chargées}$$

- **Largeur d'une voie**

$$V = \left(\frac{L_c}{n_v} \right) = \frac{12}{4} = 3 \text{ m}$$

➤ **Système de charge A**

Les charges de système A sont les charges uniformément réparties variable avec la longueur de la chaussée. Son expression est donnée par :

$$Q_A = a_2 * q(L) \quad \text{avec} \quad q(L) = \text{Max} (a_1 A(L) ; (4 - 0,002L))$$

$$A(L) = 2,3 + \frac{360}{L + 12} \quad \text{en} \quad \text{KN/m}^2 \quad \text{où } L \text{ est la longueur chargée}$$

- **Coefficient a_1 et a_2**

On a $a_1 = 0,75$

La valeur de a_2 est définie par la formule suivante :

$$a_2 = \frac{V_0}{V} \quad \text{avec} \quad V_0 = 3,5$$

$$a_2 = \frac{3,5}{3} = 1,167$$

- **Valeur de $A(L)$**

$$A(L) = 2,30 + \frac{360}{L + 12} = 2,30 + \frac{360}{12 + 12} = 17,3 \text{ KN/m}^2$$

- **Valeur de $q(L)$**

$$q(L) = \text{Max} (a_1 A(L) ; (4 - 0,002L))$$

$$q(L) = \text{Max} (0,75 \times 17,3 ; (4 - 0,002 \times 12)) = 12,98 \text{ KN/m}^2$$

- **Valeur de Q_A**

$$Q_A = a_2 * q(L) = 1,167 \times 12,98 = 15,14 \text{ KN/m}^2$$

Sur une longueur de 1ml de dalot, on aura : $Q_A = 15,14 \text{ kN/m}$

$$Q_A = 15,14 \text{ kN/m}$$

➤ **Système de charge B**

$$Q_B = \text{Max} \begin{cases} \delta \times b_c \times B_c \\ \delta \times b_t \times B_t \\ \delta \times B_r \end{cases} \quad \text{où } \delta, b_c, b_t \text{ et } b_r \text{ sont les coefficients de pondération}$$

➤ **Charge de type Bc**

Le convoi Bc est composé de camions type comporte 3 essieux tous à roues simples munies de pneumatiques, dont les caractéristiques sont représentés sur la figure V.a. On peut disposer dans le sens longitudinal au maximum un camion et dans le sens transversal autant de camions que de nombre de voies. Avec nos 04 voies, nous pouvons disposer jusqu'à 4 files dans le sens transversal. Le cas le plus défavorable est lorsque nous disposons les 08 essieux arrière (2 essieux par file) sur le tablier.

- **Charge totale des 08 essieux**

$$S_{Bc} = 8 * 120 = 960 \text{ KN}$$

- **Surface d'encombrement des 08 essieux**

$$S = (1,5 + 0,25) * (4,5 + 0,25) * 2 = 16,62 \text{ m}^2 \text{ sur le tablier}$$

$$S = 14 * 2 = 24 \text{ m}^2 \text{ sur le radier}$$

- **Charge repartie sur la surface d'impact :**

$$B_{c1} = \frac{S_{Bc}}{S} = \frac{960}{16,62} = 57,76 \text{ KN/m}^2 \text{ sur le tablier}$$

$$B_{c4} = \frac{S_{Bc}}{S} = \frac{960}{24} = 40 \text{ KN/m}^2 \text{ sur le radier}$$

- **Coefficient b_c**

$$b_c = 0,8$$

➤ **Charge de type Bt**

Un tandem du système Bt est constitué de 2 essieux à roues simples munies de pneumatiques dont les caractéristiques sont présentées sur la figure V.b. Le nombre de camions est limité à un

seul dans le sens longitudinal. Le cas le plus défavorable ici est lorsque nous avons une file de 04 tandems disposés sur une travée dans le sens transversal.

- **Charge totale des 08 essieux**

$$S_{Bt} = 8 * 160 = 1280 \text{ KN}$$

- **Surface d'encombrement des 08 essieux**

$$S = (1.35 + 0.25) * (5 + 0.6) * 2 = 17,92 \text{ m}^2 \quad \text{sur le tablier}$$

$$S = 14 * 2 = 24 \text{ m}^2 \quad \text{sur le radier}$$

- **Charge repartie sur la surface d'impact :**

$$B_{t1} = \frac{S_{Bt}}{S} = \frac{1280}{17,92} = 71,43 \text{ KN/m}^2 \quad \text{sur le tablier}$$

$$B_{t4} = \frac{S_{Bt}}{S} = \frac{1280}{24} = 53,33 \text{ KN/m}^2 \quad \text{sur le radier}$$

- **Coefficient $b_t = 1$**

➤ **Coefficient de répartition dynamique**

Les charges du système B sont des surcharges roulantes c'est pourquoi ils sont multipliées par un coefficient de majoration dynamique donnée par la formule ci-après

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2L} + \frac{0.6}{1 + 4\frac{G}{S}}$$

Avec

$$L = \max (L_r ; l \text{ portée de la travée}) = \max (12 \text{ m} ; 3,3 \text{ m}) = 12 \text{ m}$$

G, le poids total d'une section du tablier de longueur L et de toute la largeur y compris les superstructures éventuelles

$$G = G_1 * L * l = 13,22 * 12 * 3,3 = 523,51 \text{ KN}$$

S, le poids total des essieux du système B qu'il est possible de disposer sur la longueur L majoré du coefficient b

$$S = \text{Max} (b_c * S_{Bc} ; b_t * S_{Bt} ; S_{Br}) = (0,8 * 960 ; 1 * 1280 ; 100) = 1280 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 * 12} + \frac{0.6}{1 + 4 * \frac{523,51}{1280}} = 1.35$$

Des trois sous-systèmes B précédemment analysés, Le sous-système qui produit l'effet le plus défavorable est le système Bt. La charge de type B retenue est alors la suivante :

$$Q_{B1} = 1,35 * 1 * 71,43 = \mathbf{96,43 \text{ KN/m}^2} \quad \text{sur le tablier}$$

$$Q_{B4} = 1,35 * 1 * 53,33 = \mathbf{10,67 \text{ KN/m}^2} \quad \text{sur le radier}$$

Comme défini précédemment, la charge d'exploitation Q1 et Q4 du tablier et du radier respectivement est celui du système de charge qui produit l'effet le plus défavorable. C'est le système de charge B.

$$Q_1 = Q_{B1} = \mathbf{96,43 \text{ KN/m}^2}$$

$$Q_4 = Q_{B4} = \mathbf{53,33 \text{ KN/m}^2}$$

➤ **Sur les piédroits : $Q_2 = Q_3$**

Dans la justification de la stabilité des piédroits de rives soumis à des efforts de la part des remblais d'accès au dalot, on considère que ces remblais sont susceptibles de recevoir une charge de $q = 10 \text{ KN/m}^2$, répartie sur toute la largeur de la plate-forme. Cette charge agit horizontalement sur les piédroits par la force de poussée ci-dessous :

$$Q_2 = Q_3 = k_a * q = 0,33 * 10 = 3,3 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_2 = Q_3 = \mathbf{3,3 \text{ KN/m}^2}$$

VI.3 Calcul des sollicitations sous charge permanente

Le calcul est effectué directement sur le logiciel pybar

Le calcul est effectué directement sur le logiciel pybar

Chargement

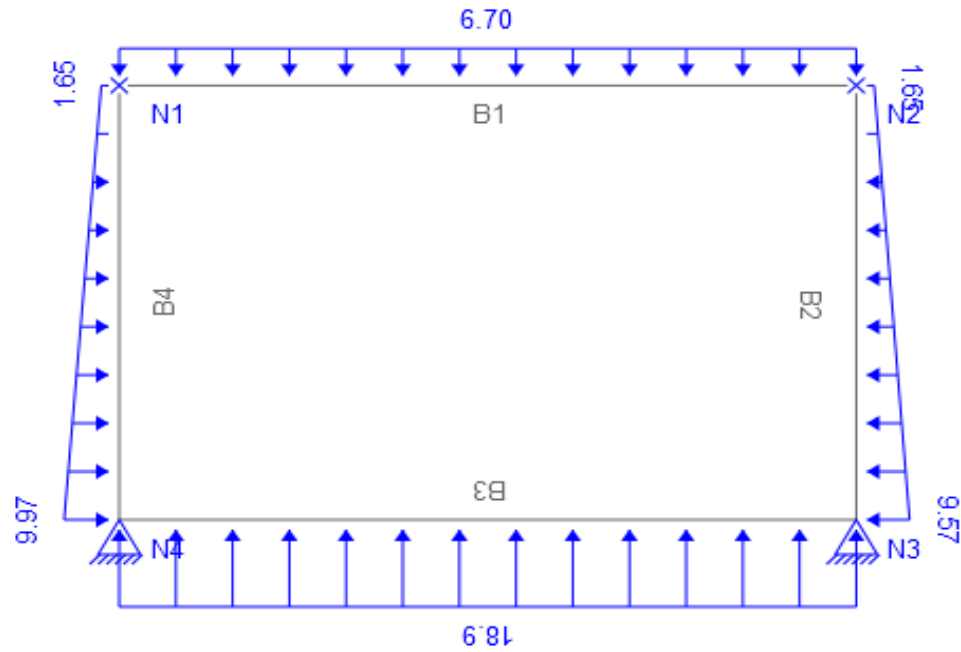


Diagramme des moments fléchissant

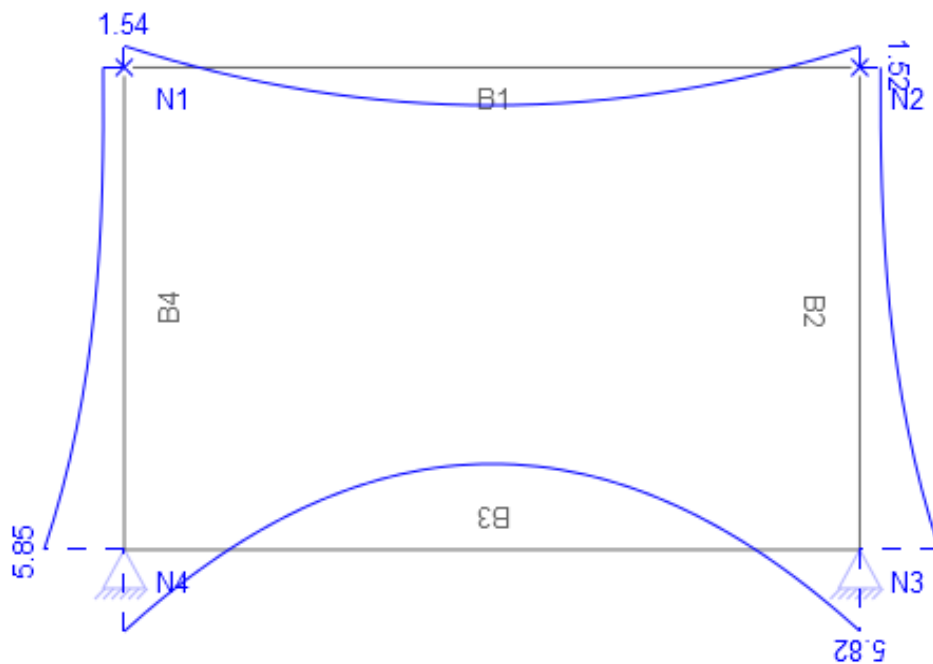
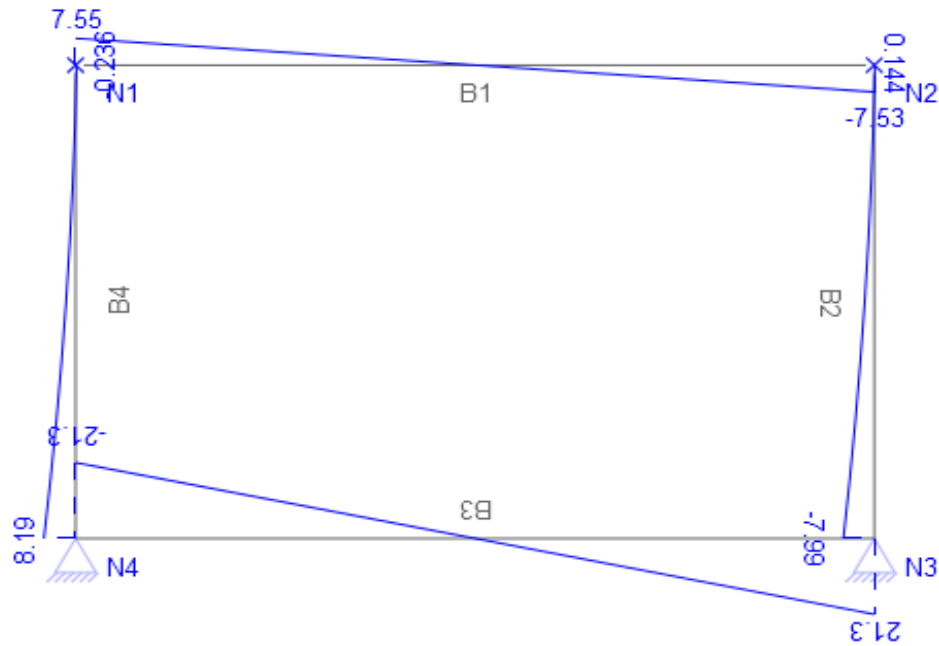


Diagramme des efforts tranchants



Calcul des sollicitations sous charge d'exploitation

Chargement

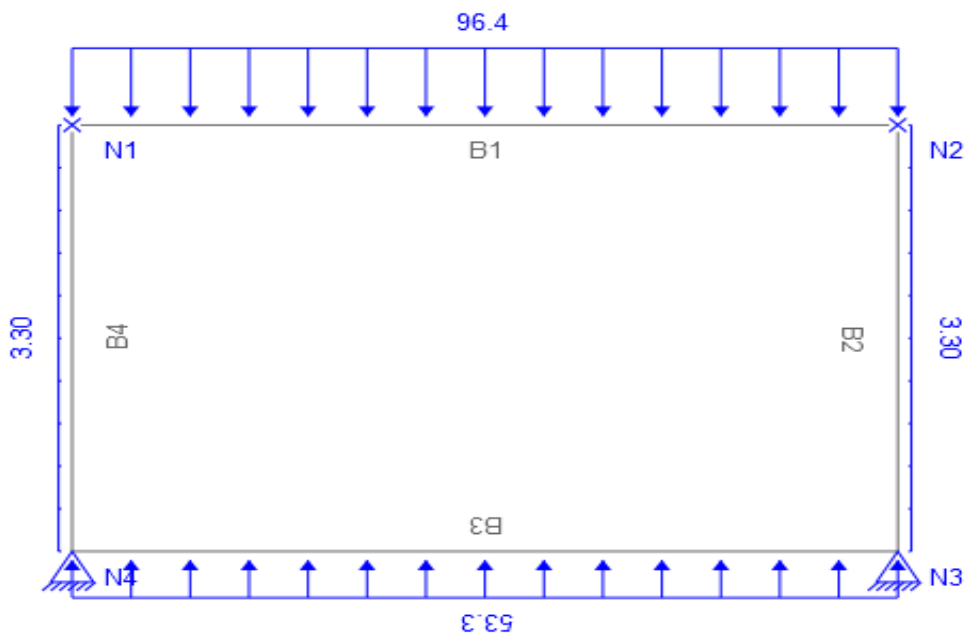


Diagramme des moments fléchissant

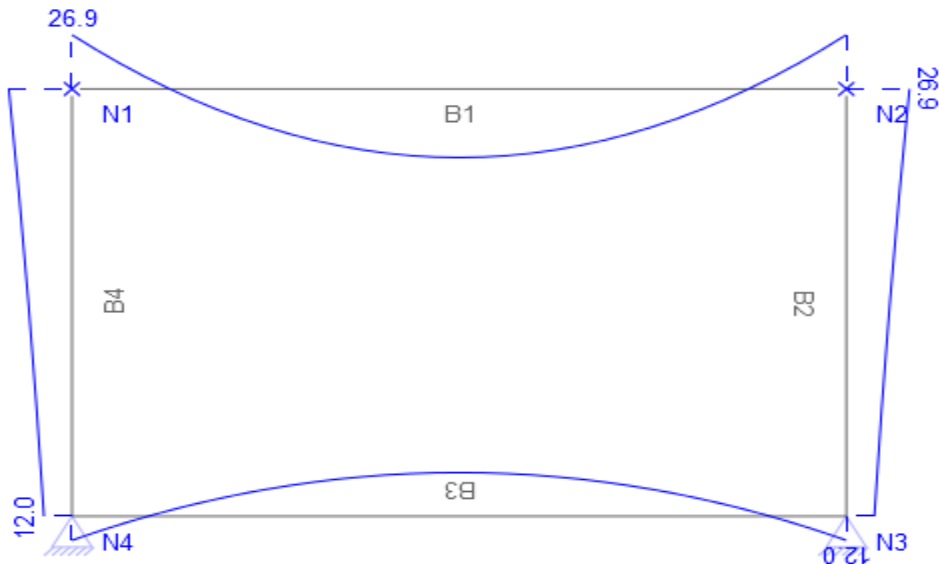
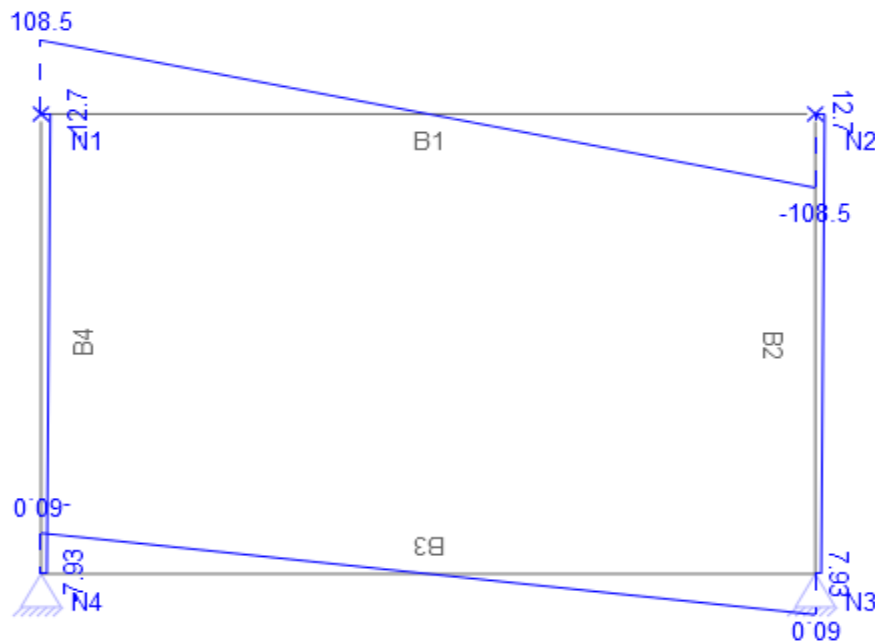


Diagramme des efforts tranchants



Combinaison des charges

Les combinaisons à l'état limite ultime et à l'état limite de service sont données par :

$$M_{ELU} = 1,35 M_G + 1,6 M_Q \quad \text{et} \quad N_{ELU} = 1,35 N_G + 1,6 N_Q \quad \text{à l'ELU}$$

$$M_{ELS} = M_G + 1,2 M_Q \quad \text{et} \quad N_{ELS} = N_G + 1,2 N_Q \quad \text{à l'ELS}$$

Le tableau ci-dessous donne les sollicitations

Eléments d'ouvrage	Combinaison des sollicitations à		ELU	ELS
Tablier	Moments fléchissant maximal ($KN.m/ml$)	Aux appuis de rive	45,12	33,82
		En travée	58,22	43,63
Radier	Moments fléchissant maximal ($KN.m/ml$)	Aux appuis de rive	27,10	20,25
		En travée	43,20	32,32
Piédroits de rive	Moments fléchissant maximal ($KN.m/ml$)	A l'appui supérieur	50,94	38,13
		A l'appui inférieur	22,09	16,54
		A mi- travée	32,49	24,34
	Effort normal maximal (KN/ml)	/	308,14	230,75

Calcul des aciers

Les aciers sont calculés suivant le même principe que ceux du dalot $4 \times 3,00 \times 3,00$. Nous ne présenterons plus les détails de calcul ici.

Annexe VII. EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

Qualification et symboles des différents paramètres de caractérisation

PARAMÈTRES	QUALIFICATIONS ET SYMBOLES
Nature	Positive : P Négative : N
Intensité	Faible : F Moyenne : M Forte/Haute : H
Portée	Ponctuelle : Po Locale : Lo Régionale : Rg
Durée	Court terme : Ct Moyen terme : Mt Long terme : Lt
Interaction	Direct : D Indirect : I

**ETUDES POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE DANS
LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO**

Composante du milieu	Sources d'impacts	Impacts	Périodes	Paramètres de caractérisation					Importance relative
				Nature	Interaction	Portée	Durée	intensité	
sols	Installation du chantier et bases-vie	Occupation des sols	Travaux	N	D	Po	Ct	M	Mi
	Exploitation des emprunts	Érosion du sol	Travaux et exploitation	N	D	Lo	Lt	M	Mo
	Travaux de terrassement et de réalisation de la chaussée	Tassement du sol, Modification de la structure du sol	Travaux et exploitation	N	D	Po	Lt	M	Mo
	Travaux maçonnerie des ouvrages et Construction des ouvrages connexes (drains, protections diverses)	Pollution des sols par la laitance de ciment et les gravats	Travaux	N	D	Po	Ct	F	Mi
	Transport et Circulation des engins de BTP et véhicules	Tassement du sol dans les emprunts, route du projet et périmètre des zones de travaux	Travaux	N	D/I	Po/Lo	Ct	M	Mi/Mo
Air	Travaux de terrassement et de réalisation de la chaussée, Travaux maçonnerie des ouvrages et Construction des ouvrages connexes (drains, protections diverses)	Envol de poussière et nuisance sonore	Travaux	N	D/I	Lo	Ct	M	Mo
	Transport et Circulation des engins de BTP et véhicules	Pollution de l'air (poussière et co2) nuisance sonore	Travaux	N	D/I	Lo	Ct	M	Mo
	Exploitation de la ressource en eau (Arrosage de la route pour compactage)	réduction de l'envol de poussière	Travaux	P	D	Lo	Ct	M	Mo
eaux de surface	Installation du chantier et bases-vie	Réduction des infiltrations d'eau suite aux tassement des sols	Installation et travaux	N	D/I	Lo	Ct	F	Mi

**ETUDES POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE DANS
LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO**

Composante du milieu	Sources d'impacts	Impacts	Périodes	Paramètres de caractérisation					Importance relative
				Nature	Interaction	Portée	Durée	intensité	
	Exploitation des emprunts	Risque d'altération de la qualité d'eau de surface Augmentation du ruissellement	Travaux	N	D/I	Po	Ct	F	Mi
	Exploitation de la ressource en eau	Baisse de la qualité et de la quantité des eaux suite aux prélèvements	Travaux	N	D/I	Lo	Ct	M	Mo
	Travaux de terrassement et de réalisation de la chaussée	Réduction des infiltrations d'eau suite aux tassements des sols	Installation et travaux	N	D	Lo	Ct	F	Mi
	Entretien du matériel, vidange, Approvisionnement en carburant	Risque de pollution des eaux de surface et souterraines par les hydrocarbures et huiles usagées qui seront entraînés par ruissellement	Travaux et exploitation	N	D/I	Po	Ct/Mt	F	Mi
Végétation	installation du chantier, ouverture d'emprunt, ouverture d'emprise,	Destruction de la végétation	Travaux et exploitation	N	D	Lo	Lt	M	Mo
	Plantation d'arbres	Compensation de l'impact du projet sur le couvert végétale	Travaux	P	D	Lo	Lt	M	Mo
faune	Installation du chantier et bases-vie, Abattage d'arbres, Exploitation des emprunts, Transport et Circulation des engins de BTP et véhicules Présence d'une route aménagée et d'infrastructures d'accompagnement	Destruction des niches écologiques et des habitats	Travaux	N	D	Po	Ct	F	Mi

**ETUDES POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE DANS
LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO**

Composante du milieu	Sources d'impacts	Impacts	Périodes	Paramètres de caractérisation					Importance relative
				Nature	Interaction	Portée	Durée	intensité	
		Migration possible de la faune	Travaux	N	D	Po	Ct	F	Mi
		Risque d'écrasement de la petite faune (zone d'emprunt de matériaux) et des animaux en divagation	Travaux	N	D	Po	Ct	F	Mi
		Abreuvement possible de faune dans les zones d'emprunts	Exploitation	N	D/I	Lo	Ct à M	M	Mo
Paysage	Installation des chantiers et bases-vie, Déblai et mise en dépôt du tout venant, exploitation des emprunts	Modification du paysage	Travaux et exploitation	N	D/I	Lo	Ct	F	Mi
Santé et sécurité du public	Présence de la main d'œuvre	Propagation des IST et SIDA, maladies liées à l'insalubrité	Travaux et exploitation	N	D/I	Rg	Lt	M	Ma
	Exploitation des emprunts, ouverture d'emprise	Développement de maladies respiratoires et nuisances diverses	Travaux et exploitation	N	D	Lo	Mt	F	Mo
	Transport et Circulation des engins de BTP et véhicules	accidents	Exploitation	N	D/I	Lo	Mt	M	Mo
	Présence d'une route aménagée et d'infrastructures d'accompagnement	Évacuations sanitaires plus efficaces	Exploitation	P	D/I	Lo	Mt	M	Mo
Création d'emploi	Présence de la main d'œuvre	Embauche de la main-d'œuvre locale	Travaux	P	D/I	Lo	Ct	M	Mo

**ETUDES POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE DANS
LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO**

Composante du milieu	Sources d'impacts	Impacts	Périodes	Paramètres de caractérisation					Importance relative
				Nature	Interaction	Portée	Durée	intensité	
		Développement du commerce création et/o renforcement des AGR	Travaux et exploitation	P	D/I	Rg	Mt	H	Ma
		Amélioration des revenus et des conditions de vie de populations	Travaux et exploitation	P	D/I	Rg	Mt	H	Ma
Circulation	Travaux de terrassement et de réalisation de la chaussée, Transport e Circulation des engins de BTP et véhicules, Présence d'une route aménagée et d'infrastructures d'accompagnement	Entrave de libres circulations des populations riveraine	Travaux	N	D/I	Lo	Ct	M	Mo
		Fluidité de la circulation	Exploitation	P	D/I	Lo	Mt	M	Mo
Activité économique	Installation des chantiers et bases-vie, Déblai et mise en dépôt du tout venant Travaux de terrassement et de réalisation de la chaussée	Destruction de biens, baisse de revenu des population	Travaux	N	D	Lo	Ct	H	Mo
	Présence de la main d'œuvre, Présence d'une route aménagée e d'infrastructures d'accompagnement	Développement du commerce création et/o renforcement des AGR	Travaux et exploitation	P	D/I	Rg	Mt	M	Mo
		Augmentation du revenu des populations	Travaux et exploitation	P	D/I	Rg	Mt	M	Mo
Patrimoine culturel	Installation des chantiers et bases-vie, Déblai et mise en dépôt du tout venant Travaux de terrassement et de réalisation de la chaussée	Profanation des lieux sacrés et de cultes, déplacement de lieux sacré	Travaux	N	D/I	Po	Ct	F	Mi
0 Qualité de vie et bien-être de la population	Travaux d'e terrassement et de la chaussée, Présence d'une route aménagée et d'infrastructures d'accompagnement	Nuisance sonore, dégradation de la qualité de l'air	travaux	N	D	Lo	Ct	F	Mi
		Entrave de libre circulation des populations, et l'accès aux infrastructures sociaux-éducatives.	travaux	N	D/I	Lo	Mt	F	Mo
		Risques d'accident, maladies d'origine hydrique	Travaux	N	D/I	Lo	Mt	M	Mo

**ETUDES POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE 4 KM DE VOIRIE DANS
LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO**

Composante du milieu	Sources d'impacts	Impacts	Périodes	Paramètres de caractérisation					Importance relative
				Nature	Interaction	Portée	Durée	intensité	
		Accroissement des opportunités de revenus pour les populations, les femmes et les jeunes en particulierité	Travaux et exploitation	P	D/I	Lo/Rg	Mt	M	Mo
		Réinvestissement des retombées économiques dans l'amélioration des conditions et cadres de vie	Travaux et exploitation	P	D/I	Lo/Rg	Mt	M	Mo
	Exploitation de la route, appels d'investisseur	Développement de nouvelles infrastructures sur l'environnement de la route (boutique, buvette atelier)	exploitation	P	D/I	Po /Lo	Mt	M	Mo
	Présence d'une route aménagée et d'infrastructures d'accompagnement	Accroissement de la pression foncière	exploitation	N	D/I	Lo	Ct	M	Mo
		désenclavement des secteurs 17, 24,25 et 26	exploitation	P	D	Po Lo	Lt	M	Mo
		Facilitation des évacuations sanitaires	exploitation	P	D	Lo	Mt	M	Mo
		Migration de nouvelles populations	exploitation	P	D	Lo	Mt	M	Mo

Annexe VIII. AVANT METRE

Caractéristique générales				
Rues	25.61	25.65	17.170	17.104
Longueur totale des voies	533,876 m	1760,23 m	210,695 m	1497,666 m
Largeur chaussée + accotement	14 m			
Largeur TPC	1 m			
Revêtement	0,05 m			
Epaisseur couche de base	0,2 m			
Epaisseur couche de fondation	0,2 m			
Epaisseur couche de forme	0,3 m			
Emprise de la voie	25 m	25 et 40	25,00	45 et 50

Il faut noter que la longueur à aménager de chaque rue adjacente est de 15 m

Travaux préparatoires

Ils sont calculés en unité de surface et correspond à la longueur multiplié par la largeur comme indiqué dans le tableau ci-après

Rues	Nettoyage de l'emprise de tous éléments entravant la mise en œuvre des travaux			Abattage d'arbre de diamètre ≥ 1 m
	Longueur (m)	largeur (m)	Surface (m2)	
25.61	533,876	25	13 346,90	3
25.65	1 760,230	25	44 005,75	12
17.170	210,695	25	5 267,38	0
17.104	1 497,666	25	37 441,65	8
Total	/	/	100 061,68	23,00

Terrassement généraux

Le logiciel piste calcule les cubatures grâce au profil en travers courant et les résultats sont consignés dans les tableaux ci-après

CALCUL DES CUBATURES RUE 25.61						
N° PROF	ABSCISSE CURVILIGNE	VOLUME REMBLAI (m3)	VOLUME DEBLAI (m3)	COUCHE DE FONDATION (m3)	COUCHE BASE (m3)	COUCHE DE ROULEMENT (m3)
			6,	2,	2,	0,
	1,4		3,	17,	17,	3,
	10,9		35,	37,	38,	8,
	2,		7,	62,	63,	13,

	5		136,	80,	8	17,
	7		145,	80,	8	17,
	10		127,	80,	8	17,
	12		131,	64,	64,	14,
	140,0	5,	44,	40,	40,	8,
1	15		89,	56,	56,	12,
1	17		116,	80,	8	17,
1	20	8,	143,	80,	81,	17,
1	22	2,	91,	80,	81,	17,
1	25	0,	140,	80,	8	17,
1	27	2,	88,	80,	81,	17,
1	30	2,	50,	80,	81,	17,
1	32	11,	53,	80,	81,	17,
1	35	1,	4,	80,	81,	17,
1	37	2,	104,	80,	81,	17,
2	40	6,	141,	80,	81,	17,
2	42	14,	94,	80,	81,	17,
2	45		11,	80,	8	17,
2	47	23,	47,	80,	81,	17,
2	50	14,	46,	80,	81,	17,
2	52	8,	5,	54,	5,	11,
2	533,87	1,	22,	14,	14,	3,
Volume total		168,	2175,	1712,	1731,	373,

CALCUL DES CUBATURES RUE 25.65						
N° PROF	ABSCISSE CURVILIGNE	VOLUME REMBLAI m3	VOLUME DEBLAI m3	COUCHE DE FONDATION m3	COUCHE BASE m3	COUCHE DE ROULEMENT m3
		0,	65,	40,	40,	8,
	2	2,	13,	80,	81,	17,
	5	26,	47,	80,	81,	17,
	7	26,	88,	80,	81,	17,
	10	0,	101,	80,	81,	17,
	12		15,	80,	81,	17,
	15		123,	80,	81,	17,
	17	2,	93,	80,	81,	17,
	20	1,	68,	80,	81,	17,
1	22	2,	14,	80,	82,	17,
1	25	56,	2,	54,	54,	11,
1	258,7	25,	0,	16,	16,	3,
1	260,0	17,		5,	5,	1,
1	262,4	19,	2,	2,	2,	5,
1	27	2,	74,	60,	60,	13,
1	30		6,	80,	79,	17,
1	32	8,	89,	80,	79,	17,

1	350	1,	59,	80,	80,	17,
1	375		85,	80,	79,	17,
2	400	1,	81,	80,	79,	17,
2	425		84,	80,	79,	17,
2	450		152,	80,	79,	17,
2	475		134,	80,	79,	17,
2	500	33,	31,	80,	80,	17,
2	525	3,	3,	80,	80,	17,
2	550	24,	49,	80,	80,	17,
2	575		65,	80,	79,	17,
2	600		50,	80,	80,	17,
2	625	6,	13,	80,	80,	17,
3	650	73,	11,	80,	76,	17,
3	675	30,	12,	49,	47,	10,
3	680,7	1,	14,	40,	38,	8,
3	700	29,	50,	70,	67,	15,
3	725	2,	16,	6,	60,	13,
3	739,3	1,	7,	40,	38,	8,
3	750	10,	32,	57,	54,	12,
3	775	39,	16,	80,	76,	17,
3	800	23,	1,	49,	47,	10,
3	805,9	13,	22,	40,	38,	8,
4	825	27,	2,	70,	67,	15,
4	850	8,	68,	65,	62,	14,
4	865,6	14,	9,	40,	38,	8,
4	875	9,	33,	55,	52,	1,
4	900	11,	18,	57,	55,	12,
4	911,1	0,	21,	24,	23,	5,
4	915,3	4,	2,	11,	11,	2,
4	918,4	0,	20,	15,	14,	3,
4	925		45,	50,	48,	11,
4	950	9,	53,	80,	76,	17,
5	975	79,		41,	39,	
5	975,8	32,		1,	16,	3,
5	985,6	74,		24,	23,	5,
5	991,2	10,		15,	14,	3,
5	995,2	53,		1,	13,	3,
5	1000	59,		32,	31,	7,
5	1015,	87,	2,	40,	38,	8,
5	1025	105,	3,	48,	46,	10,
5	1046,1	21,	2,	40,	38,	8,
5	1050	197,		46,	44,	10,
6	1075	384,		65,	63,	14,
6	1090,7	18,		40,	38,	8,
6	1100	104,		22,	21,	4,

6	1104,8	124,0	0	16,0	15,0	3,0
6	1110,0	131,0	0	32,0	31,0	0
6	112	95,0	0	39,0	37,0	8,0
6	1134,5	80,0	4,0	40,0	38,0	8,0
6	1150	156,0	0	64,0	62,0	14,0
6	117	112,0	2,0	80,0	77,0	17,0
6	1200	34,0	14,0	80,0	77,0	17,0
7	122	31,0	3	80,0	77,0	17,0
7	1250	0	71,0	80,0	76,0	17,0
7	127	19,0	50,0	80,0	77,0	17,0
7	1300	35,0	11,0	80,0	77,0	17,0
7	132	10,0	35,0	80,0	77,0	17,0
7	1350	5,0	83,0	80,0	7	17,0
7	137	18,0	83,0	80,0	77,0	17,0
7	1400	24,0	79,0	80,0	7	17,0
7	142	20,0	39,0	80,0	77,0	17,0
7	1450	21,0	38,0	80,0	77,0	17,0
8	147	0,0	74,0	80,0	77,0	17,0
8	1500	4,0	65,0	80,0	79,0	17,0
8	152	5,0	41,0	50	49,0	10,0
8	1531,0	79,0	0	37,0	3	8,0
8	1548,3	42,0	0	30,0	29,0	6,0
8	1550	47,0	2,0	42,0	42,0	9,0
8	157	73,0	3,0	80,0	79,0	17,0
8	1600	4,0	5,0	80,0	79,0	17,0
8	162	5,0	31,0	80,0	79,0	17,0
8	1650	6,0	27,0	80,0	79,0	17,0
9	167	3,0	90	80,0	78,0	17,0
9	1700	0	121,0	80,0	78,0	17,0
9	172	3,0	117,0	80,0	78,0	17,0
9	1750	0	62,0	56,0	55,0	12,0
9	1760,2	0,0	19,0	16,0	16,0	3,0
Volume total		3485,0	3691,0	5645,0	5537,0	1231,0

CALCUL DES CUBATURES RUE 17.104						
N° PROP	ABSCISSE CURVILIGNE	VOLUME REMBLAI m3	VOLUME DEBLAI m3	COUCHE DE FONDATION m3	COUCHE BASE m3	COUCHE DE ROULEMENT m3
1	0	1,0	22,0	40,0	40,0	8,0
2	25	0	130,0	80,0	80,0	17,0
3	50	3,0	66,0	80,0	80,0	17,0
4	75	8,0	98,0	80,0	80,0	17,0
5	100	6,0	92,0	80,0	80,0	17,0
6	125	0	85,0	80,0	80,0	17,0

7	150	0	97,9	80,2	80,0	17,5
8	175	1,9	56,7	80,2	80,7	17,5
9	200	12,7	33,7	57,2	57,0	12,5
10	210,695	3,0	14,4	17,1	17,2	3,7
Volume total		36,2	698	675,8	679,7	147,4

CALCUL DES CUBATURES RUE 25.61						
N° PROF	ABSCISSE CURVILIGNE	VOLUME REMBLAI m3	VOLUME DEBLAI m3	COUCHE DE FONDATION m3	COUCHE BASE m3	COUCHE DE ROULEMENT m3
1	0	0	119,5	40,1	41,1	8,7
2	25	0	231,3	80,2	82,1	17,5
3	50	0	273,2	80,2	82,1	17,5
4	75	0	426,6	80,2	92,6	17,5
5	100	0	114,4	80,2	82,1	17,5
6	125	25,7	77,5	80,2	82,1	17,5
7	150	24,9	39,8	80,2	82,1	17,5
8	175	20,9	47,1	80,2	82,1	17,5
9	200	65,2	11,7	80,2	82,1	17,5
10	225	77,0	7,0	80,2	82,1	17,5
11	250	45,7	32,1	80,2	82,1	17,5
12	275	150,0	0	80,2	82,1	17,5
13	300	298,5	0	80,2	82,1	17,5
14	325	290,5	0	80,2	82,1	17,5
15	350	0	245,7	80,2	82,1	17,5
16	375	360,8	0	80,2	80,1	17,5
17	400	144,8	0	80,2	80,1	17,5
18	425	214,4	0	80,2	80,1	17,5
19	450	11,9	89,5	80,2	79,8	17,5
20	475	185,8	0	80,2	80,1	17,5
21	500	251,9	0	80,2	80,1	17,5
22	525	136,7	0	80,2	80,1	17,5
23	550	58,8	0,8	40,1	46,1	10,1
24	553,72	24,2	0	9,0	9,0	2,1
25	556,01	96,8	0	34,1	34,1	7,4
26	575	59,2	4,4	70,5	70,5	15,4
27	600	73,0	4,5	80,2	80,2	17,5
28	625	27,2	24,8	80,2	80,2	17,5
29	650	14,8	50,1	80,2	80,1	17,5
30	675	7,7	6,1	80,2	79,9	17,5
31	700	49,7	128,8	80,2	79,9	17,5
32	725	33,5	65,8	47,3	47,1	10,7
33	729,5	15,8	15,9	17,5	17,5	3,8
34	735,93	58,0	0	22,8	22,8	5,1
35	743,72	9,9	2,8	22,0	22,0	4,9
36	750	22,5	7,7	50,1	51,8	10,9
37	775	8,2	1,4	80,2	82,1	17,5

38	800	134,2	0	80,2	82,4	17,5
39	825	149,7	0	80,2	82,4	17,5
40	850	263,4	0	80,2	82,4	17,5
41	875	113,5	15	80,2	82,4	17,5
42	900	135,7	0	80,2	82,4	17,5
43	925	169,8	0	80,2	82,4	17,5
44	950	80,5	1,7	80,2	82,4	17,5
45	975	107,2	0	42,4	43,8	9,7
46	976,44	15,7	0	5,4	5,6	1,2
47	978,39	41,7	0	11,7	11,7	2,4
48	983,35	113,7	0	34,6	35,6	7,6
49	1000	76,7	0	66,8	68	14,6
50	1025	71,7	2,4	80,2	80,5	17,5
51	1050	85,5	0,5	80,2	80,5	17,5
52	1075	150,7	0	80,2	80,5	17,5
53	1100	141,7	0	80,2	80,5	17,5
54	1125	116,7	0,7	80,2	80,5	17,5
55	1150	42,4	17,7	80,2	80,5	17,5
56	1175	13,7	87,7	80,2	80,6	17,5
57	1200	6,7	93,4	80,2	80,6	17,5
58	1225	1,7	122,7	80,2	80,6	17,5
59	1250	3,9	103,4	80,2	80,6	17,5
60	1275	0,7	100,7	59,6	59,5	13
61	1287,16	0,8	20,7	23,7	23,8	5,2
62	1289,78	6,5	0	6,7	6,8	1,5
63	1291,36	7	16,7	16,4	16,5	3,6
64	1300	6,9	80,7	53,9	54,7	11,8
65	1325	10,6	125,5	80,2	80,6	17,5
66	1350	19,7	142,9	80,2	80,6	17,5
67	1375	4,7	110,7	80,2	80,6	17,5
68	1400	11,8	37,7	80,2	80,5	17,5
69	1425	0,6	92,6	80,2	80,6	17,5
70	1450	0	201,8	80,2	80	17,5
71	1475	0	140,5	76,4	76,6	16,7
72	1497,666	37	0,7	36,7	36,7	7,9
Volume total		506,7	359,7	480,7	488,7	104,7

Les déblais

Le déblai représente le volume total de sol qui sera enlevé avant la mise en place des différentes couches. Le déblai de décapage représente le volume de la terre végétale dont on estime l'épaisseur à 0,1 m. le déblai de substitution des couches de chaussée est le déblai total donné par le logiciel piste ci-dessus ajouté au volume de la couche de forme. Le déblai des amorces et des zones de stationnement représente la surface totale de ces zones multiplié par l'épaisseur totale de la structure de chaussée qui est de 0,75 m (soit 0,05 m pour le BB, 0,20 m pour la couche de

base, 0,20 m pour la couche de fondation et 0,30 m pour la couche de forme). Les résultats de calcul sont présentés ci-dessous.

Déblais en terrain meuble				
Rues	25.61	25.65	17.170	17.104
Déblai de décapage ep 0,1 m	800,82	2 640,35	316,04	2 246,55
Déblai pour substitution des couche de structure de chaussée	4 577,56	11 612,44	1 646,13	10 338,65
déblais pour les amorces des rues adjacentes	769,50	2 651,00	513,00	1 966,50
déblai des zones de stationnement	556,80	2 227,00	139,20à	1 705,20
Total	6 704,68	19 130,79	2 614,37	16 256,90
Volume total de déblai	44 706,74			

Les remblais

Ce sont particulièrement ceux déterminés par le logiciel piste ajouté au volume de la couche de forme à mettre en place.

Calcul des volumes de chaussée

C'est le volume total à mettre en place pour chaque couche de chaussée. En dehors de la couche d'imprégnation, ces couche sont déterminées par le logiciel piste et sont présentés dans les trois dernières colonnes des tableaux de terrassement ci-dessus. A ces valeurs sont ajoutés le volume structures de chaussé pour l'aménagement des amorces et zones de stationnement. Les calculs sont récapitulés dans le suivant

Volume de chaussée						
Rues		25.61	25.65	17.170	17.104	Total
Volume de graveleux latéritique pour couche de fondation	Chaussée	1712,50	5 645,70	675,80	4 802,00	14604,08
	Amorces	205,20	706,80	136,80	524,40	
	Zones de stationnement	37,12	74,24	18,56	64,96	
Volume de grave latéritique amélioré au concassé pour couche de base	Chaussée	1731,50	5 537,70	679,10	4 885,00	14601,38
	Amorces	205,20	706,80	136,80	524,40	
	Zones de stationnement	37,12	74,24	18,56	64,96	
Volume du revêtement en Béton bitumineux	Chaussée	373,60	1 231,70	147,40	1 048,00	3273,8
	Amorces	51,30	176,70	34,20	131,10	
	Zones de stationnement	9,20	18,40	4,60	16,10	
	Interruption TPC	4,50	16,50	3,00	7,50	

Ouvrages d'assainissement

La longueur des ouvrages est déjà présentée dans la partie d'étude hydraulique. Les dalots longitudinaux sont détaillés dans les tableaux ci-dessous :

LA LISTE DES DALOTS DE LA RUE 25.61				
N°	PK	POSITION		Longueur du dalot
1	0+075		GAUCHE	29
2	0+075	DROITE		29
3	0+130	DROITE		29
4	0+200	DROITE		29
5	0+275		GAUCHE	35
6	0+275	DROITE		35
7	0+412	DROITE		29
8	0+510		GAUCHE	20
9	0+510	DROITE		20

LA LISTE DES DALOTS DE LA RUE 25.65				
N°	PK	POSITION		Longueur du dalot
1	0+010		GAUCHE	40
2	0+075	DROITE		35
3	0+262		GAUCHE	29
4	0+262	DROITE		29
5	0+335	DROITE		40
6	0+405	DROITE		29
7	0+475		GAUCHE	46
8	0+585		GAUCHE	32
9	0+585	DROITE		39
10	0+660		GAUCHE	32
11	0+660	DROITE		29
12	0+725	DROITE		22
13	0+750		GAUCHE	28
14	0+806		GAUCHE	39
15	0+806	DROITE		25
16	0+850	DROITE		35
17	0+875		GAUCHE	29
18	0+930		GAUCHE	29
19	0+930	DROITE		29
20	0+980		GAUCHE	29
21	1+040		GAUCHE	29
22	1+175		GAUCHE	21
23	1+225		GAUCHE	21
24	1+275	DROITE		22
25	1+410	DROITE		25
26	1+460		GAUCHE	30
27	1+470	DROITE		22
28	1+535		GAUCHE	24
29	1+675	DROITE		24

30	1+690		GAUCHE	34
31	1+760		GAUCHE	50

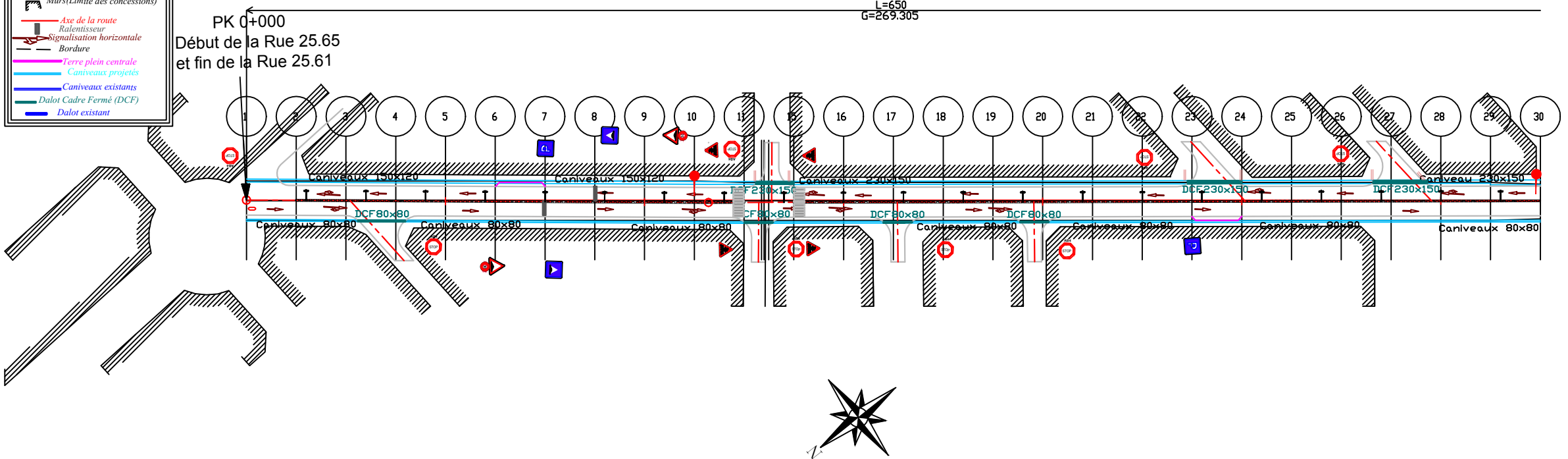
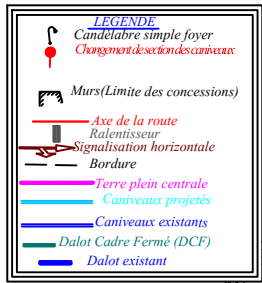
LA LISTE DES DALOTS DE LA RUE 17.170				
N°	PK	POSITION		Longueur du dalot
1	0+005	DROITE		40
2	0+005		GAUCHE	26
3	0+035	DROITE		22
4	0+100		GAUCHE	24
5	0+125	DROITE		24
6	0+185		GAUCHE	20

LA LISTE DES DALOTS DE LA RUE 17.104				
N°	PK	POSITION		Longueur du dalot
1	0+075		GAUCHE	20
2	0+135		GAUCHE	20
3	0+185		GAUCHE	20
4	0+250		GAUCHE	35
5	0+325		GAUCHE	20
6	0+400		GAUCHE	20
7	0+465		GAUCHE	20
8	0+525	DROITE		30
9	0+525		GAUCHE	40
10	0+600		GAUCHE	20
11	0+675		GAUCHE	20
12	0+750		GAUCHE	30
13	0+750	DROITE		30
14	0+935		GAUCHE	20
15	0+935	DROITE		20
16	0+985		GAUCHE	20
17	1+050		GAUCHE	40
18	1+050	DROITE		35
19	1+125	DROITE		20
20	1+200		GAUCHE	20
21	1+265		GAUCHE	30
22	1+325	DROITE		20
23	1+325		GAUCHE	20

Annexe IX. LES PLANS

Les plans réalisés dans le cadre du présent projet sont les suivants :

- Tracé combiné rue 25.61 ;
- Tracé combiné rue 25.65 ;
- Tracé combiné rue 17.170 ;
- Tracé combiné rue 17.104 ;
- Profil en travers type : il est identique pour toutes les rues ;
- Plan type des amorces
- Plan type de ralentisseur ;
- Plan de coffrage et de ferrailage caniveau 80x80 ;
- Plan de coffrage et de ferrailage caniveau 120x100 ;
- Plan de coffrage et de ferrailage caniveau 120x120 ;
- Plan de coffrage et de ferrailage caniveau 150x120 ;
- Plan de coffrage et de ferrailage caniveau 200x120 ;
- Plan de coffrage et de ferrailage caniveau 230x150 ;
- Plan de coffrage et de ferrailage caniveau 370x200 ;
- Plan de coffrage et de ferrailage caniveau 430x250 ;
- Plans de ferrailage et coffrage dalot 4x300x300 ;
- Plans de ferrailage et coffrage dalot 2x150x150 ;
- Plans de ferrailage et coffrage dalot 1x120x100 ;
- Plans de ferrailage et coffrage dalot 1x150x120 ;
- Plans de ferrailage et coffrage dalot 1x200x120 ;
- Plans de ferrailage et coffrage dalot 1x230x150 ;
- Plans de ferrailage et coffrage dalot 1x370x200 ;
- Plans de ferrailage et coffrage dalot 1x430x250.



ECHELLE EN S 1/ 2000
ECHELLE EN Z 1/ 200
PLAN DE COMPARISON

Echelle en S 1/ 2000 Echelle en Z 1/ 200 Plan de comparaison																														
Cotes Terrain	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Distances Partielles		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	8.78	12.5		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Distances Cumulees	0.00	25.00	50.00	75.00	100.00	125.00	150.00	175.00	200.00	225.00	250.00	258.78	262.47	275.00	300.00	325.00	350.00	375.00	400.00	425.00	450.00	450.69	475.00	500.00	525.00	550.00	575.00	600.00	625.00	650.00
Cotes Projet	472.28	472.03	471.51	471.26	471.08	470.94	470.52	470.24	469.90	469.48	469.04	468.89	469.01	469.12	468.63	468.35	468.21	467.99	467.75	467.51	467.21	467.21	467.08	466.58	466.18	465.91	465.91	465.73	465.09	464.58
Declivites Projet	L=447.235																					P=1.11% L=199.315								
Alignements et Courbes	r=269.305 L=650																													
Devers Gauche	5%	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Devers Droit	-5%	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

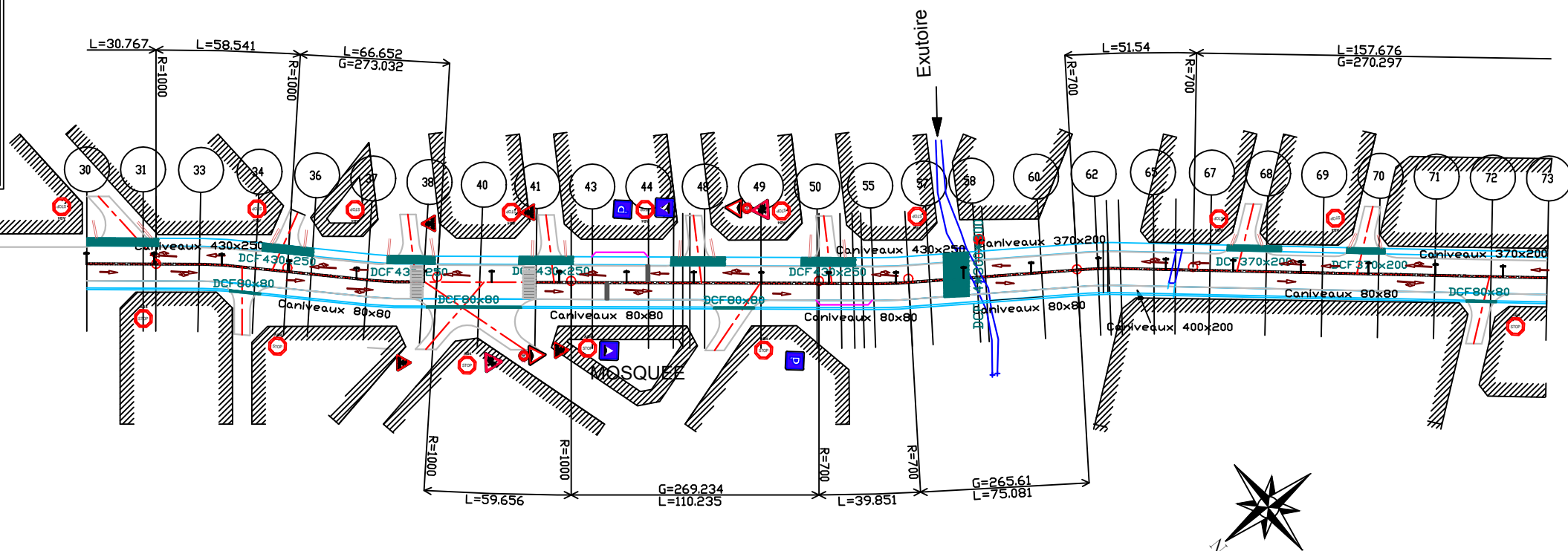
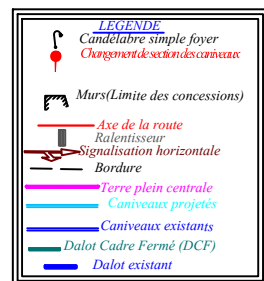


ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

TRACE COMBINE
RUE 25.65

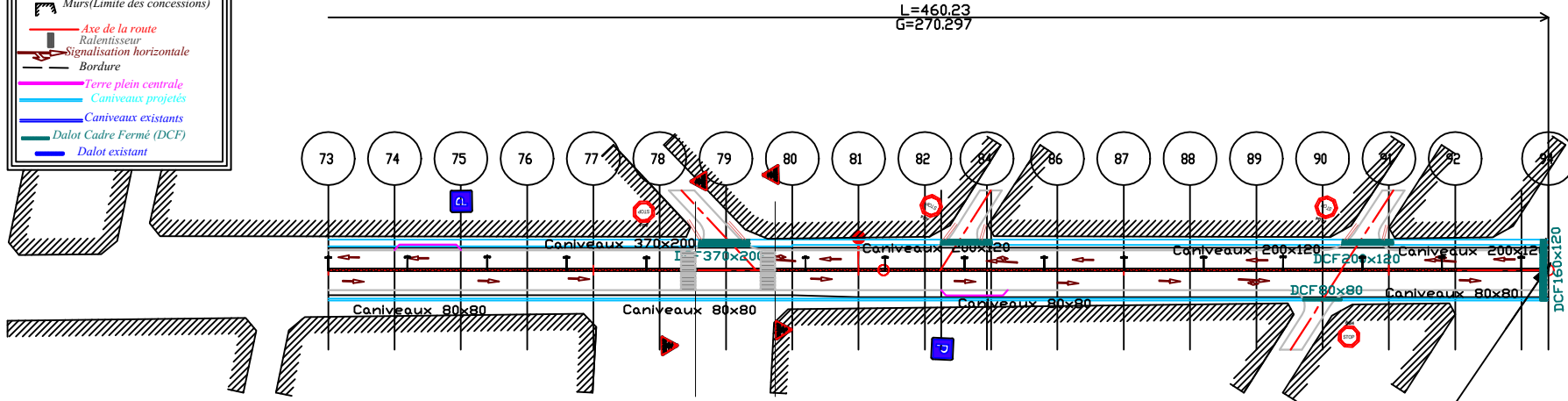
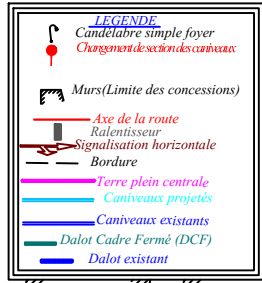
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénierie Master 2
Génie Civil / Route et Ouvrage d'Art

Date : Décembre 2020
Echelle : 1/2000
Planche : 1/3



ECHELLE EN S 1/ 2000
ECHELLE EN Z 1/ 200
PLAN DE COMPARAISON

Echelle en S 1/ 2000 Echelle en Z 1/ 200 Plan de comparaison																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

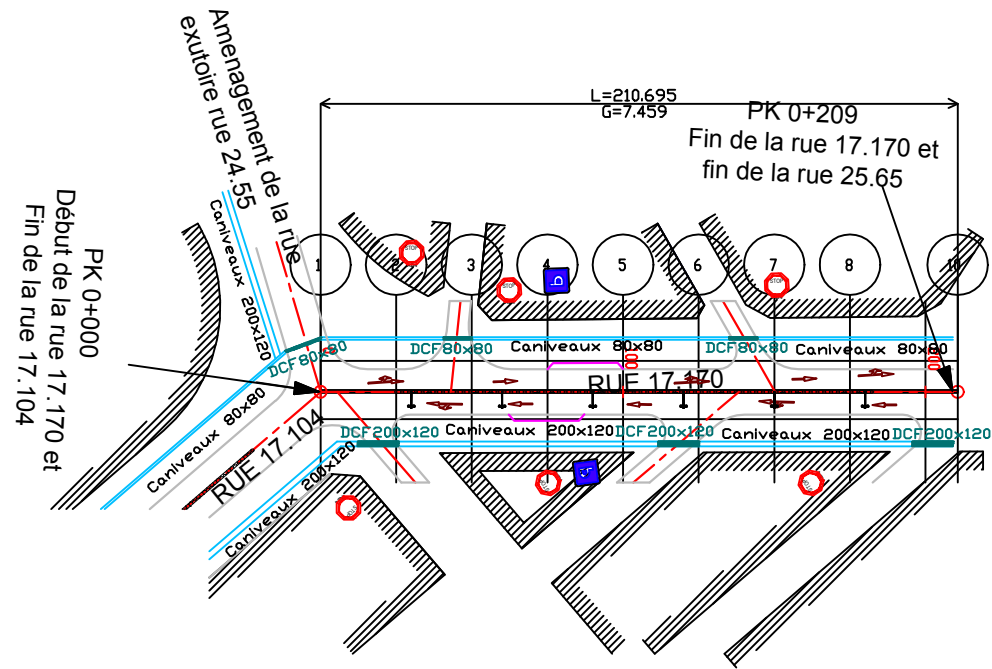


PK 1+760
Fin de la Rue 25.65
et fin de la Rue 17.170

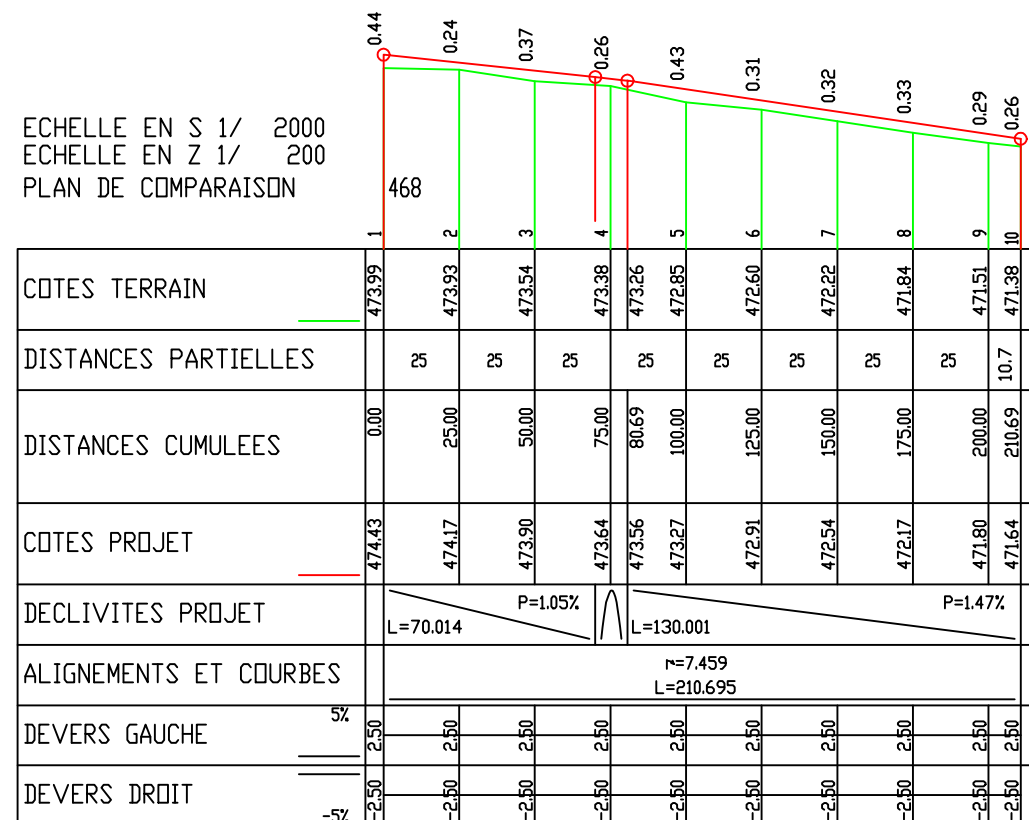


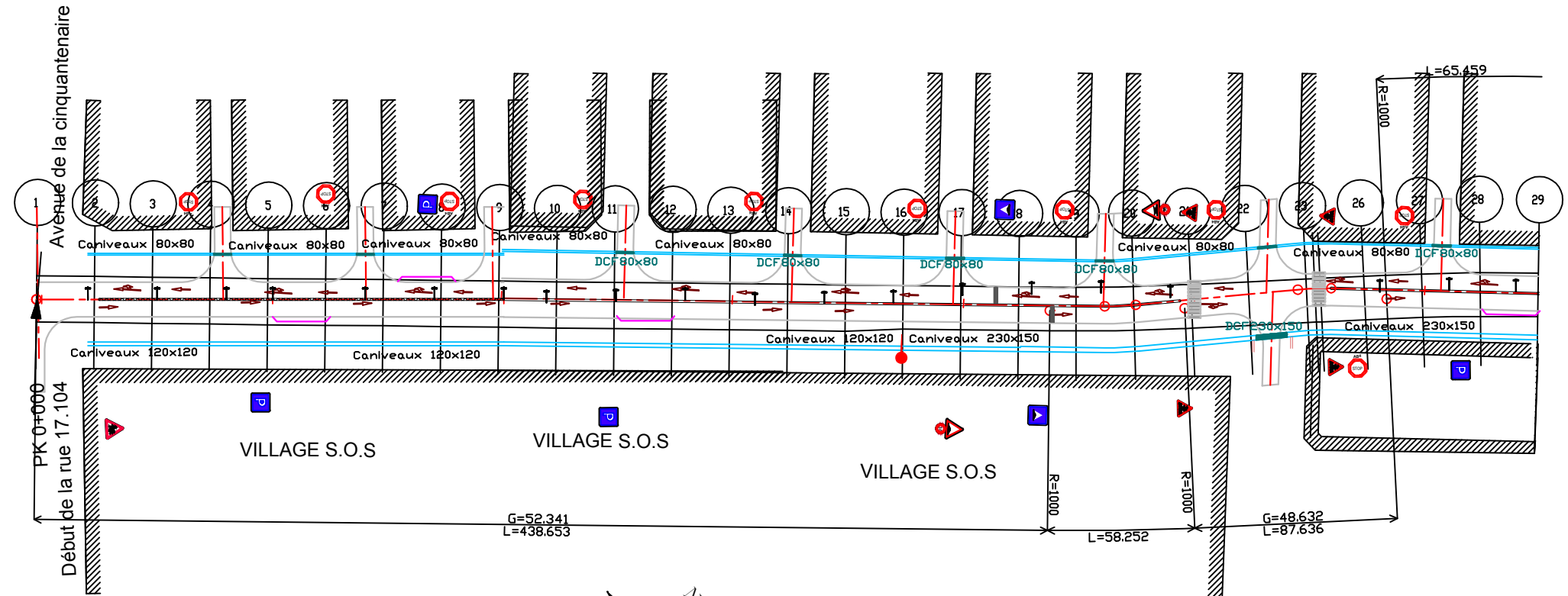
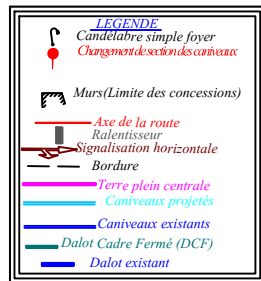
ECHELLE EN S 1/ 2000
ECHELLE EN Z 1/ 200
PLAN DE COMPARAISON

ECHELLE EN S 1/ 2000 ECHELLE EN Z 1/ 200 PLAN DE COMPARAISON																										
COTES TERRAIN	464.42	465.10	465.81	466.18	466.33	466.31	466.28	466.96	467.17	468.05	468.39	468.57	468.48	468.90	468.93	469.45	469.56	469.93	470.07	470.25	470.37	470.40	470.80	470.86	471.23	471.38
DISTANCES PARTIELLES		25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	6.2	17.1	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25	10.2
DISTANCES CUMULEES	1300.00	1325.00	1350.00	1367.88	1375.00	1384.92	1400.00	1425.00	1450.00	1475.00	1500.00	1525.00	1531.20	1548.33	1550.00	1575.00	1580.90	1600.00	1611.41	1625.00	1650.00	1675.00	1700.00	1725.00	1750.00	1760.23
COTES PROJET	465.02	465.56	466.10	466.48	466.63	466.81	467.06	467.48	467.89	468.31	468.73	469.14	469.25	469.53	469.56	469.98	470.08	470.34	470.45	470.56	470.76	470.96	471.16	471.36	471.56	471.64
DECLIVITES PROJET	P=2.15% L=67.88 P=1.67% L=195.987 R=3500 L=30.511 P=0.8% L=148.817																									
ALIGNEMENTS ET COURBES	n=270.297 L=460.23																									
DEVERS GAUCHE	5%	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
DEVERS DROIT	-5%	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50



ECHELLE EN S 1/ 2000
ECHELLE EN Z 1/ 200
PLAN DE COMPARAISON





ECHELLE EN S 1/ 2000
ECHELLE EN Z 1/ 200
PLAN DE COMPARAISON

Echelle en S 1/ 2000 Echelle en Z 1/ 200 Plan de comparaison																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
Cotes terrain	485.34	485.23	485.31	485.53	484.71	484.41	484.31	484.30	484.09	483.94	483.96	483.48	483.22	483.15	483.73	483.97	483.59	482.66	482.79	482.58	482.76	482.91	482.16	481.80	481.81	481.50	481.46	481.59	481.54	481.46	481.32	481.21
Distances partielles		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	19	25	25	25	25	25	
Distances cumulees	0.00	25.00	50.00	75.00	100.00	125.00	150.00	175.00	200.00	225.00	250.00	275.00	300.00	325.00	342.68	350.00	357.32	375.00	400.00	425.00	438.65	450.00	475.00	500.00	525.00	550.00	556.01	575.00	584.54	600.00	625.00	650.00
Cotes projet	485.34	485.24	485.15	485.05	484.95	484.85	484.75	484.66	484.56	484.46	484.36	484.26	484.17	484.07	484.00	483.96	483.91	483.77	483.56	483.36	483.25	483.16	482.96	482.75	482.55	482.35	482.30	482.15	482.07	481.94	481.74	481.54
Declivites projet	L=342.68															P=-0.39%		L=292.68		P=0.81%												
Alignements et courbes	r=52.341 L=438.653															R=1000 L=58.252						r=48.632 L=87.636				R=1000 L=65.459						
Devers gauche	5%	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
Devers droit	-5%	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50



MINISTRE DES INFRASTRUCTURES
MINISTRE DE L'HABITAT
ET DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGENIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



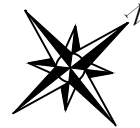
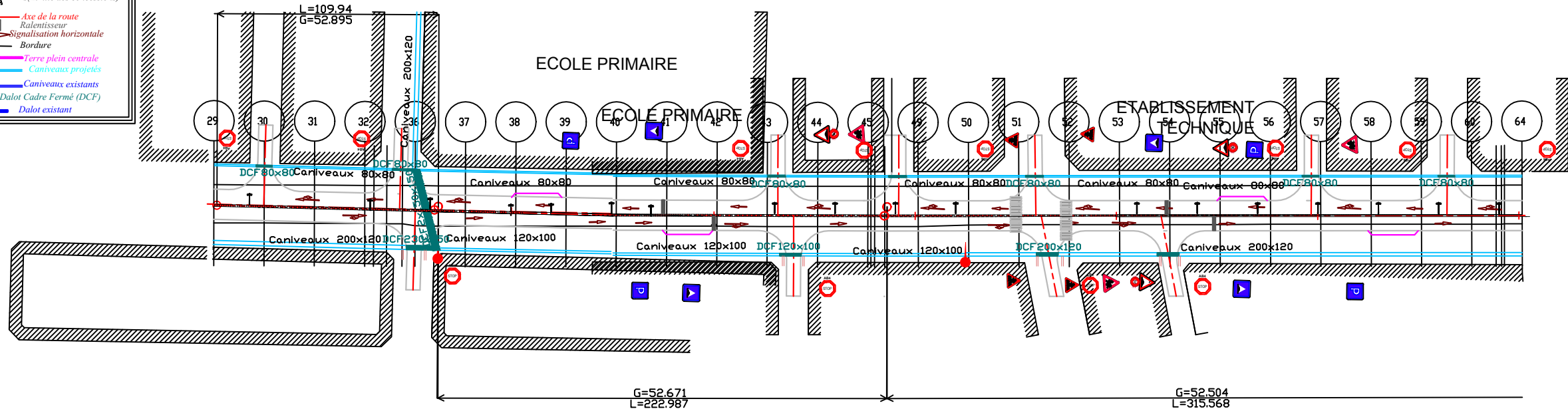
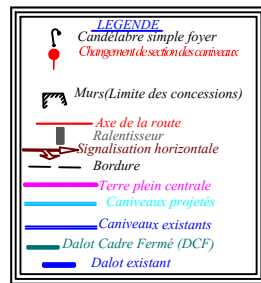
TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

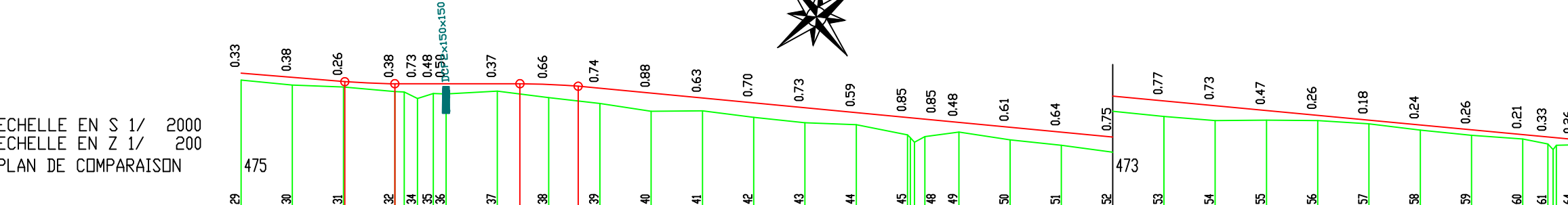
TRACE COMBINE
RUE 17.104

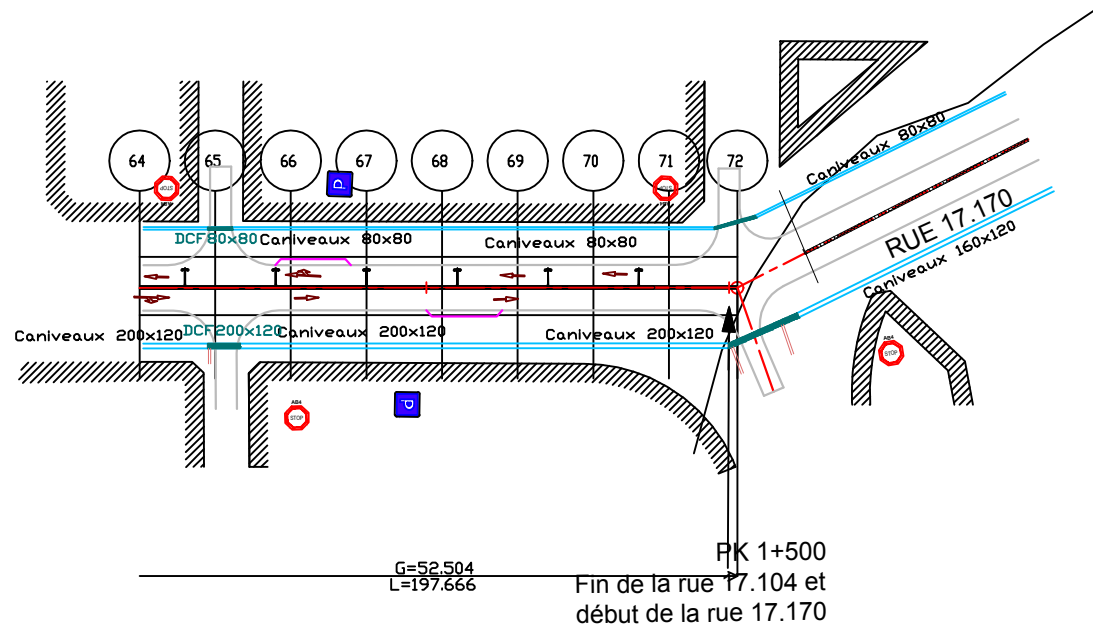
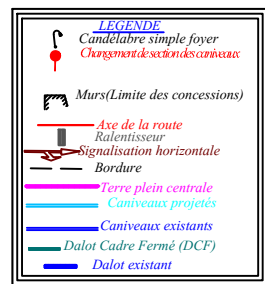
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil / Route et Ouvrage d'Art

Date : Décembre 2020
Echelle : 1/2000
Planche : 1/3



ECHELLE EN S 1/ 2000
ECHELLE EN Z 1/ 200
PLAN DE COMPARAISON

Echelle en S 1/ 2000 Echelle en Z 1/ 200 Plan de comparaison																																					
Cotes Terrain		481.21	481.19	480.96	480.87	480.87	480.65	480.30	480.35	480.53	480.59	480.66	480.52	480.34	480.17	480.06	479.68	479.70	479.39	479.12	479.02	478.53	478.45	478.66	478.29	478.02	477.68	477.42	477.23	477.25	477.22	477.06	476.77	476.51	476.32	476.09	476.04
Distances Partielles			25	25	25	25	6.43	7.79	6.28	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	16.6	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	12.2	8.64
Distances Cumulees		650.00	651.50	675.00	700.00	700.68	725.00	735.93	743.72	750.00	761.44	775.00	786.05	800.00	814.47	825.00	850.00	875.00	900.00	925.00	950.00	975.00	983.35	1000.00	1025.00	1050.00	1075.00	1100.00	1125.00	1150.00	1175.00	1200.00	1225.00	1250.00	1275.00	1287.16	1300.00
Cotes Projet		481.54	481.53	481.34	481.13	481.13	481.03	481.03	481.03	481.03	481.03	481.03	481.03	481.00	480.90	480.80	480.56	480.32	480.09	479.85	479.61	479.38	479.30	479.14	478.90	478.66	478.43	478.19	477.95	477.72	477.48	477.24	477.01	476.77	476.53	476.42	476.30
Declivites Projet		P=0.81% L=50.678 P=0% L=61.068 P=0.95% L=485.533																																			
Alignements et Courbes		r=52.895 L=109.94 r=52.671 L=222.987 r=52.504 L=315.568																																			
Devers Gauche	5%	2.50																																			
Devers Droit	-5%	-2.50																																			

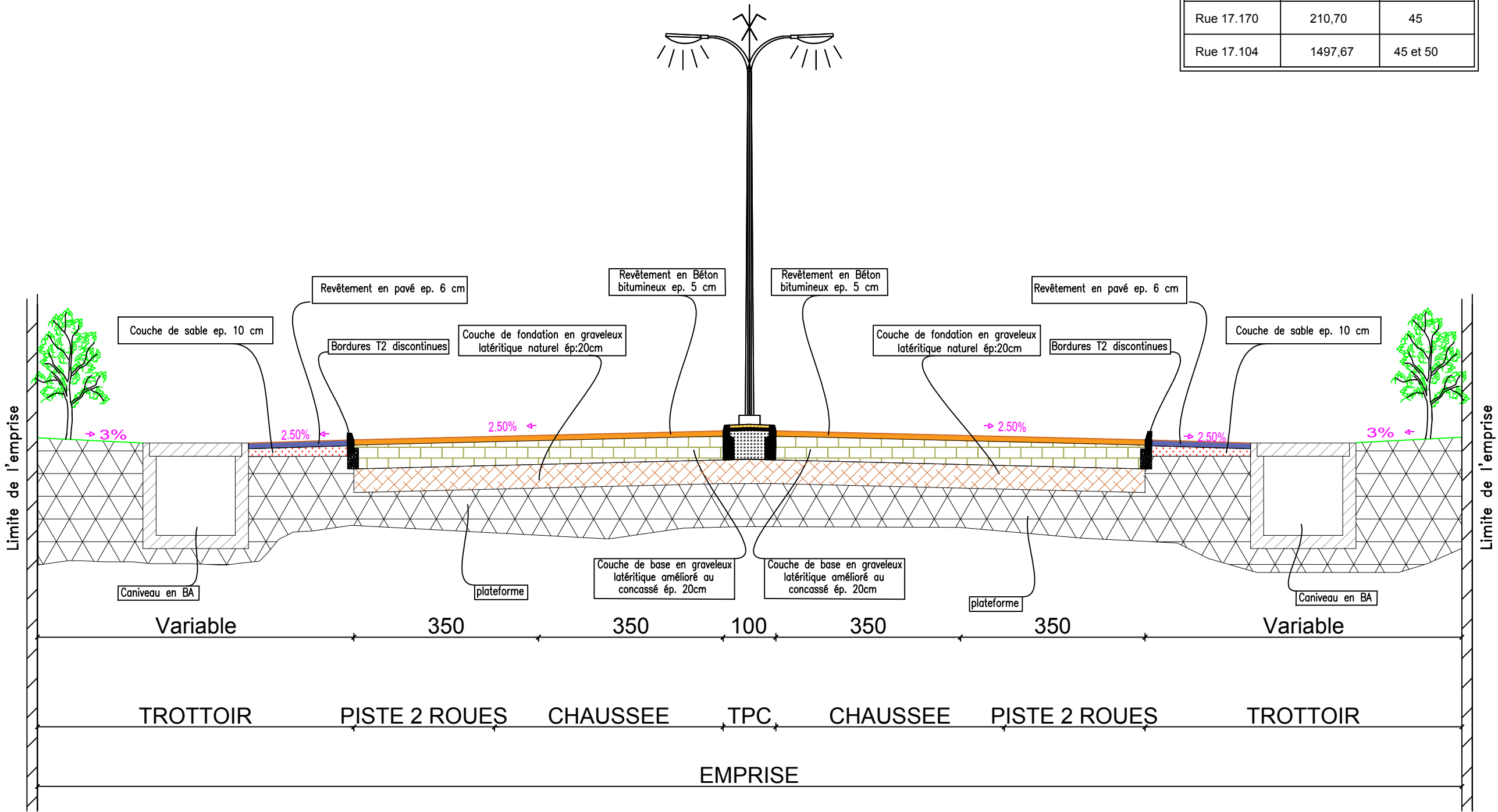


ECHELLE EN S 1/ 2000
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON

	64	65	66	67	68	69	70	71	72
COTES TERRAIN	476.04	475.87	475.66	475.33	474.86	474.76	474.71	474.37	473.91
DISTANCES PARTIELLES	25	25	25	25	25	25	25	22.67	
DISTANCES CUMULEES	1300.00	1325.00	1350.00	1375.00	1400.00	1425.00	1450.00	1475.00	1497.67
COTES PROJET	476.30	476.06	475.82	475.59	475.35	475.11	474.88	474.64	474.42
DECLIVITES PROJET	P=0.95%								
ALIGNEMENTS ET COURBES	r=52.504 L=197.666								
DEVERS GAUCHE	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
DEVERS DROIT	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%

Zones d'application:

Rues	Longueur (m)	Emprise (m)
Rue 25.61	533,88	25
Rue 25.65	1760,23	25 et 40
Rue 17.170	210,70	45
Rue 17.104	1497,67	45 et 50



MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES
MINISTÈRE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGÉNIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE
DE 4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE
DE BOBO - DIOULASSO

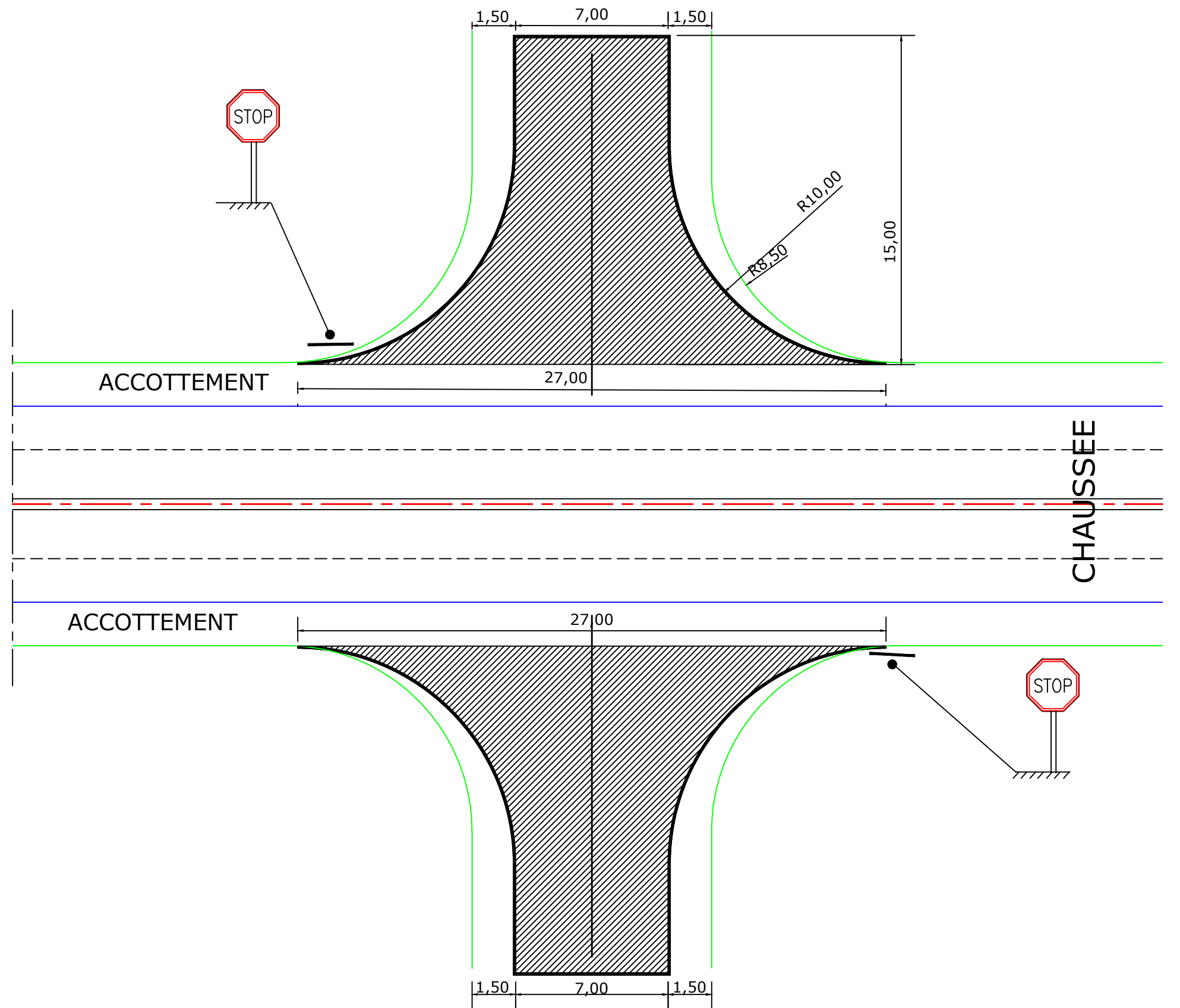
PROFIL EN
TRAVERS TYPE

Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

Date : Décembre 2020

Echelle : 1/80

Planche : 1/1



MINISTERE DES INFRASTRUCTURES
MINISTERE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGENIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDE POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

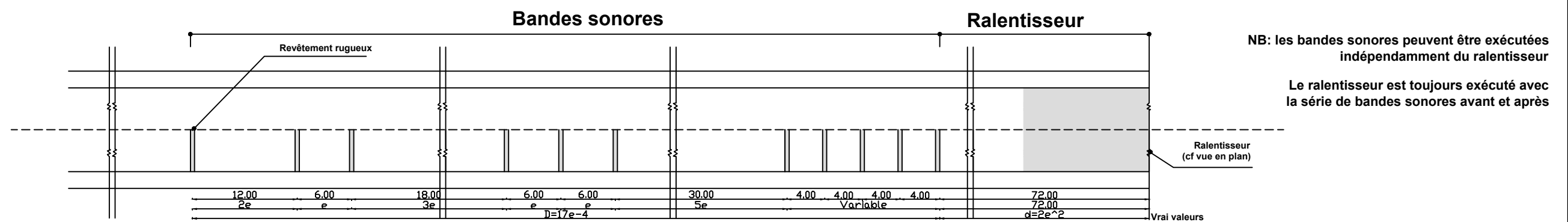
PLAN TYPE
AMENAGEMENT DES
ACCES

Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

Date : Décembre 2020

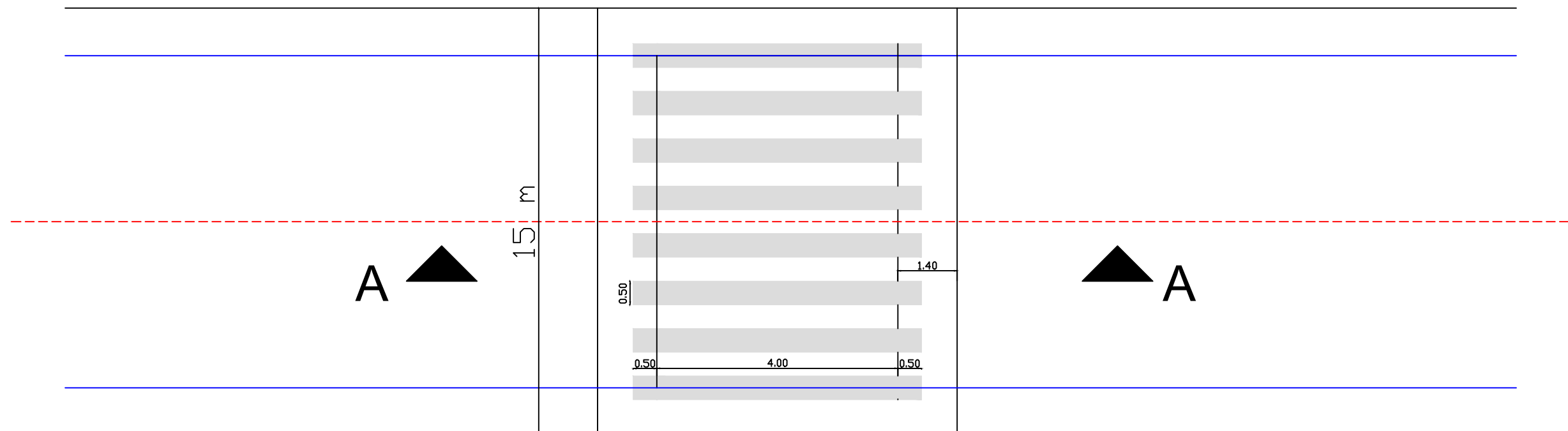
Echelle : 1/1000

Planche : 2/2



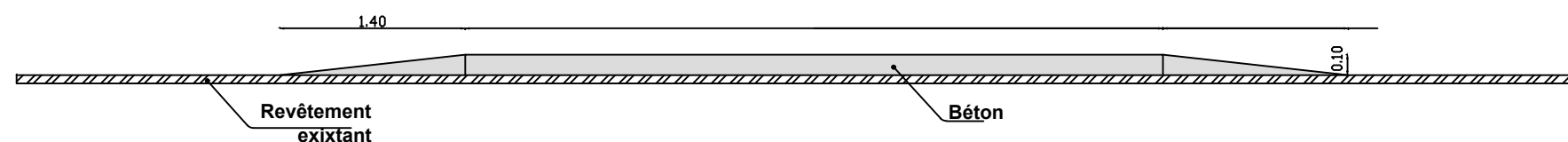
ECHELLE : 1/200

Vue en plan ralentisseur



ECHELLE : 1/100

Coupe A - A



ECHELLE : 1/50



MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES
MINISTÈRE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGÉNIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE
DE 4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE
DE BOBO - DIOULASSO

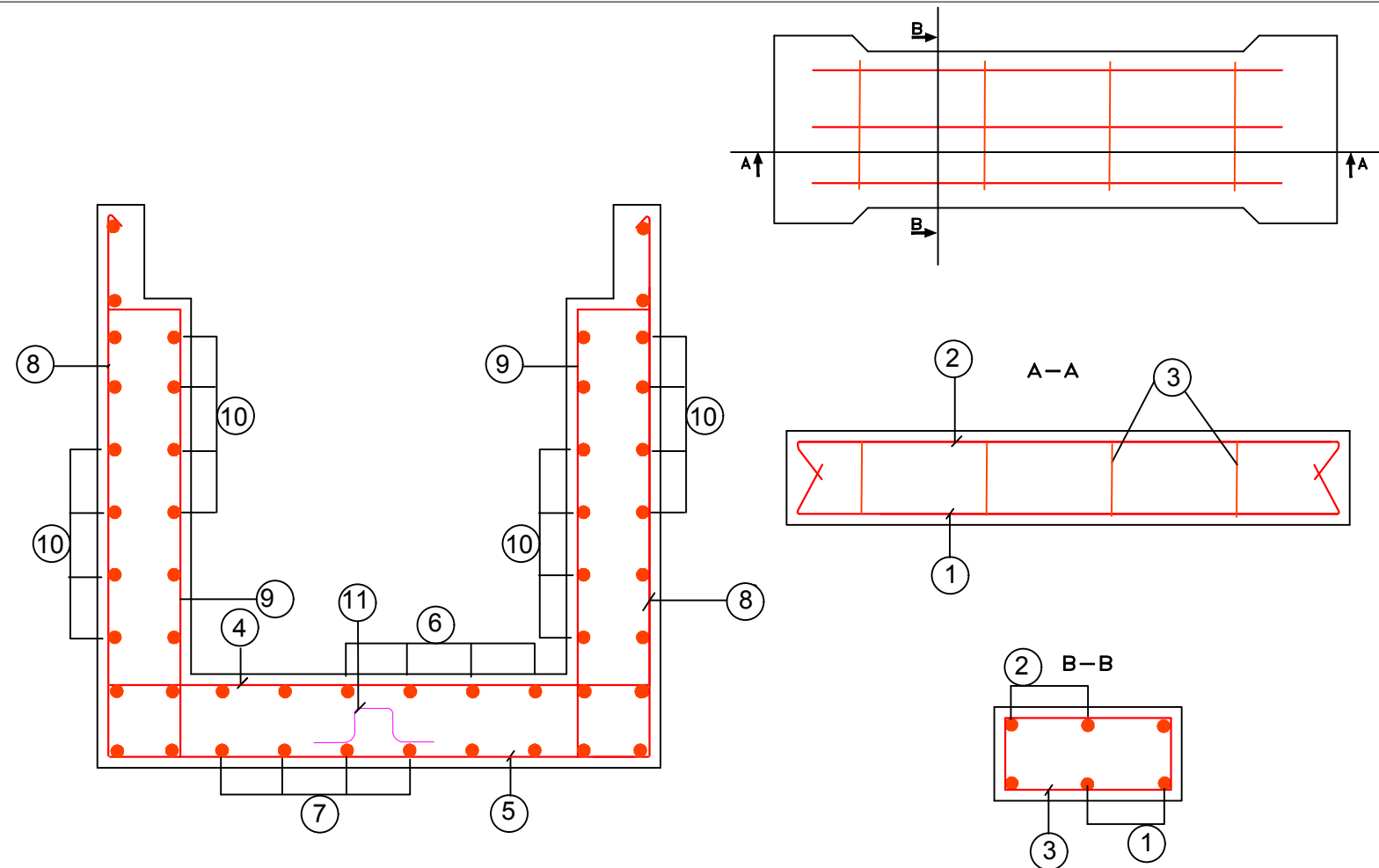
PLAN TYPE DE
RALENTISSEUR

Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

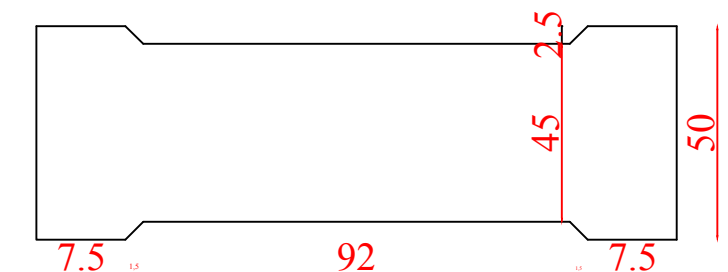
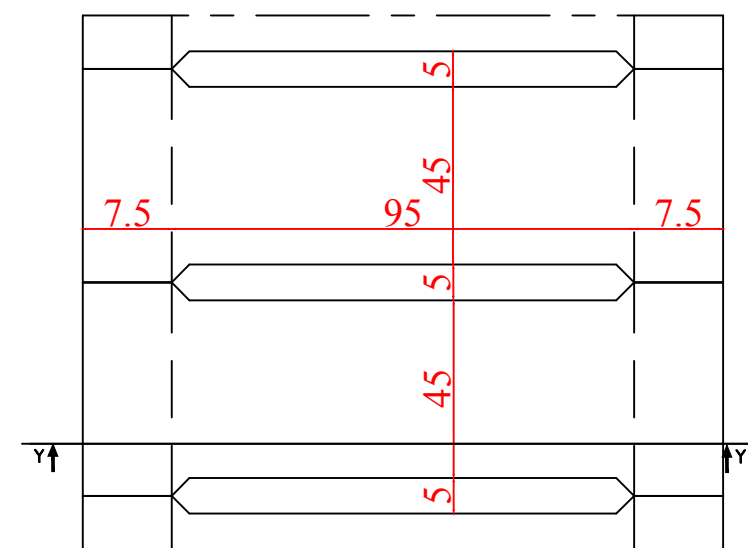
Date : Décembre 2020

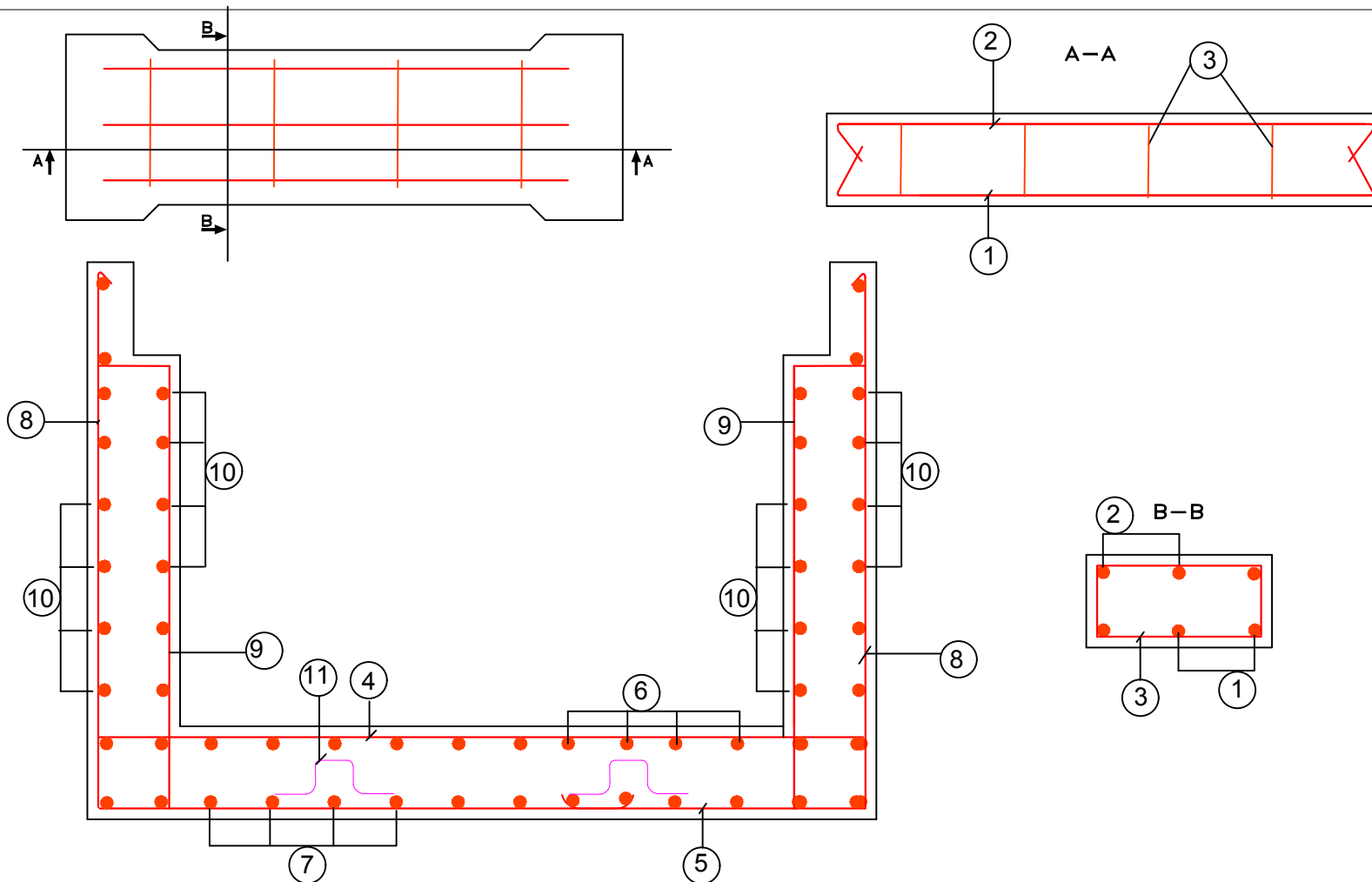
Echelle : variable

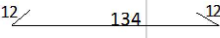
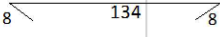
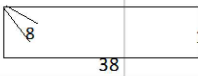
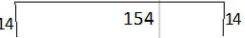
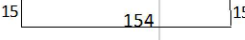
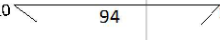
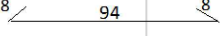
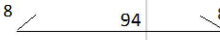
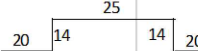
Planche : 1/1

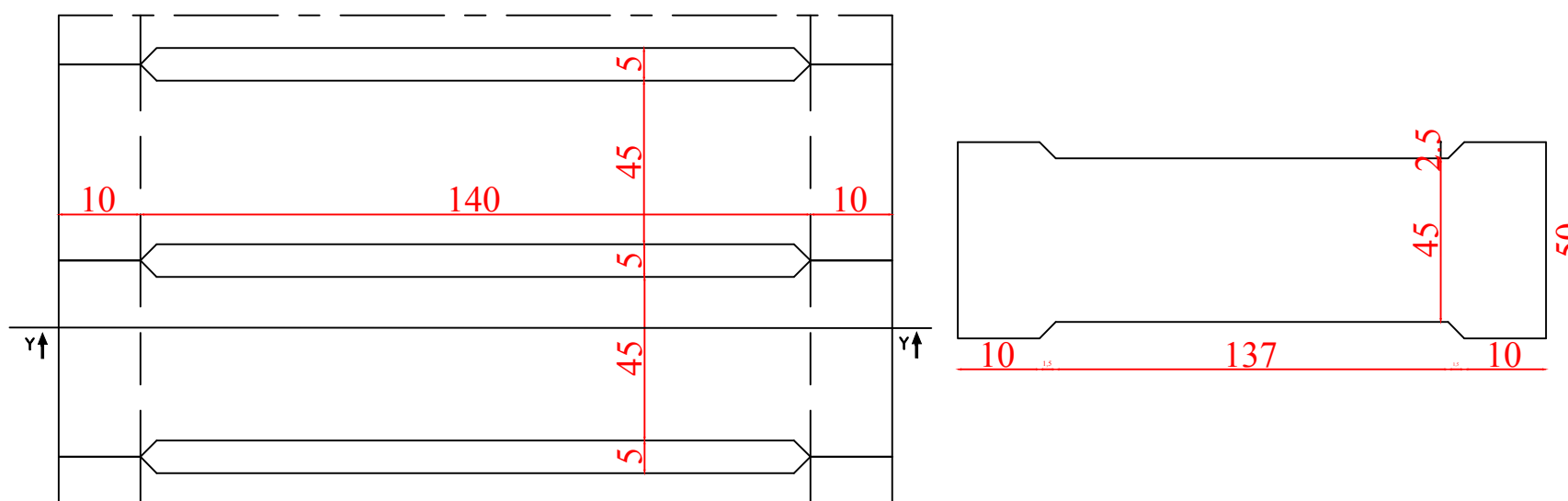


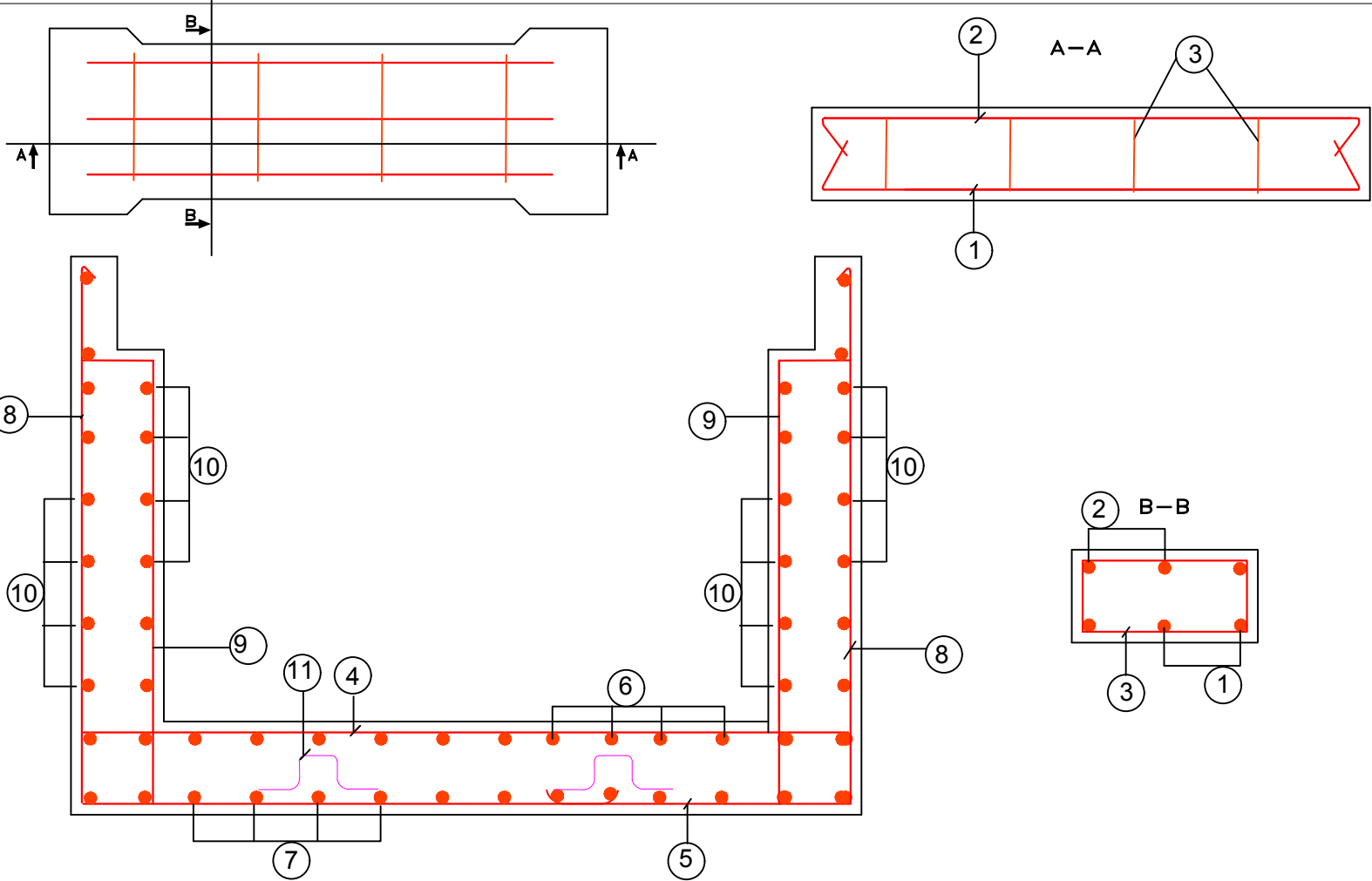
Paramètres du Caniveau											
Section (N x B x H)	B		H								
	80		80								
Epaisseur dalle =	20		cm	Longueur du caniveau =	100		cm	BETON =	B25		
Epaisseur voiles =	15		cm	Largeur du caniveau =	110		cm	ACIER =	HA Fe400		
Epaisseur Radier =	15		cm	Largeur de la dalle de couverture	50		cm	Enrobage =	3		cm
Portée de la dalle	95			Nombre de dalle de couverture	2		Dallettes				
ARMATURES DU CANIVEAU											
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme		Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	12	5	20			113	565	5,65	0,888	5,02
2	HA	8	5	20			105	525	5,25	0,394	2,07
3	HA	8	10	25			120	1 200	12,00	0,394	4,73
4	HA	10	6	20			134	804	8,04	0,617	4,96
5	HA	8	6	20			128	768	7,68	0,394	3,03
6	HA	8	5	25			110	550	5,50	0,394	2,17
7	HA	8	5	25			110	550	5,50	0,394	2,17
8	HA	10	10	25			134	1 340	13,40	0,617	8,27
9	HA	10	10	25			122	1 220	12,20	0,617	7,53
10	HA	8	16	25			110	1 760	17,60	0,394	6,93
11	HA	8	17	1/m2			87	1 479	14,79	0,394	5,83
Armature totale du caniveau (Kg)											52,69



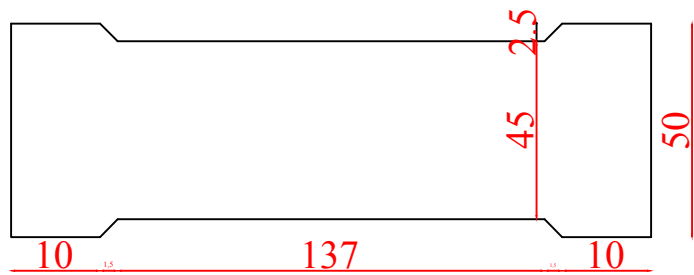
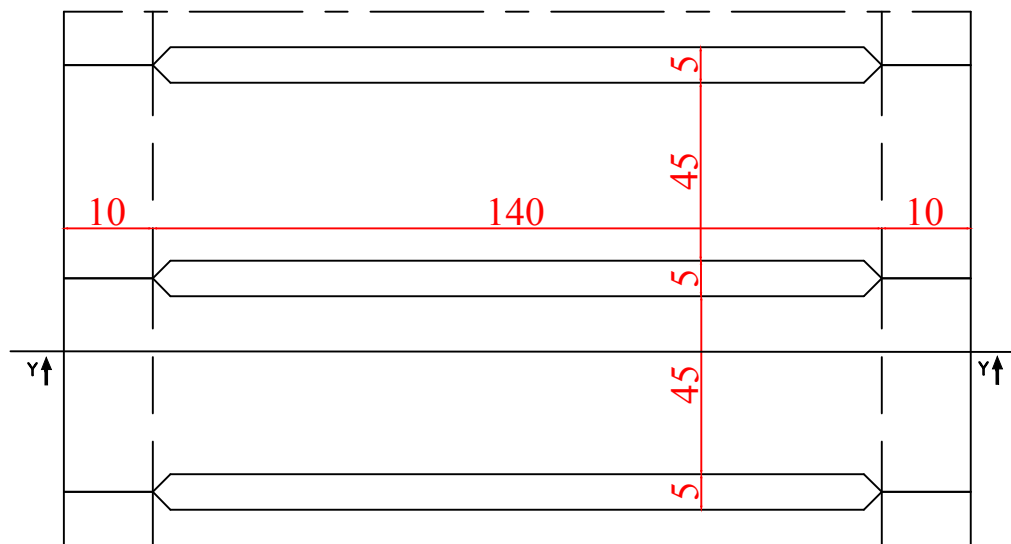
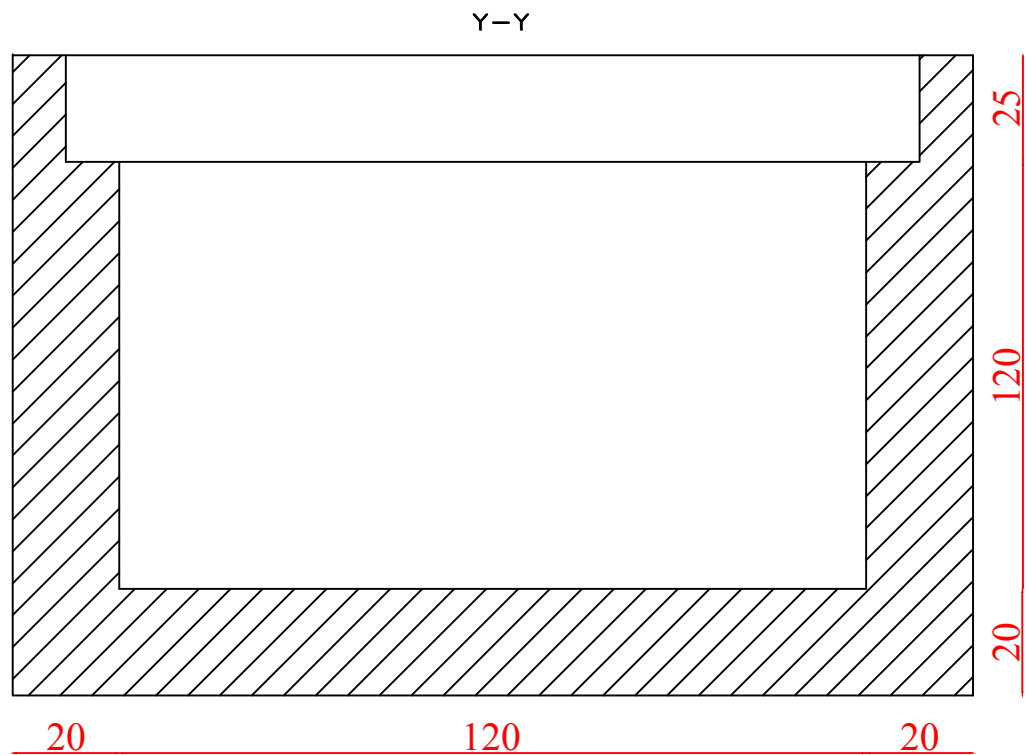


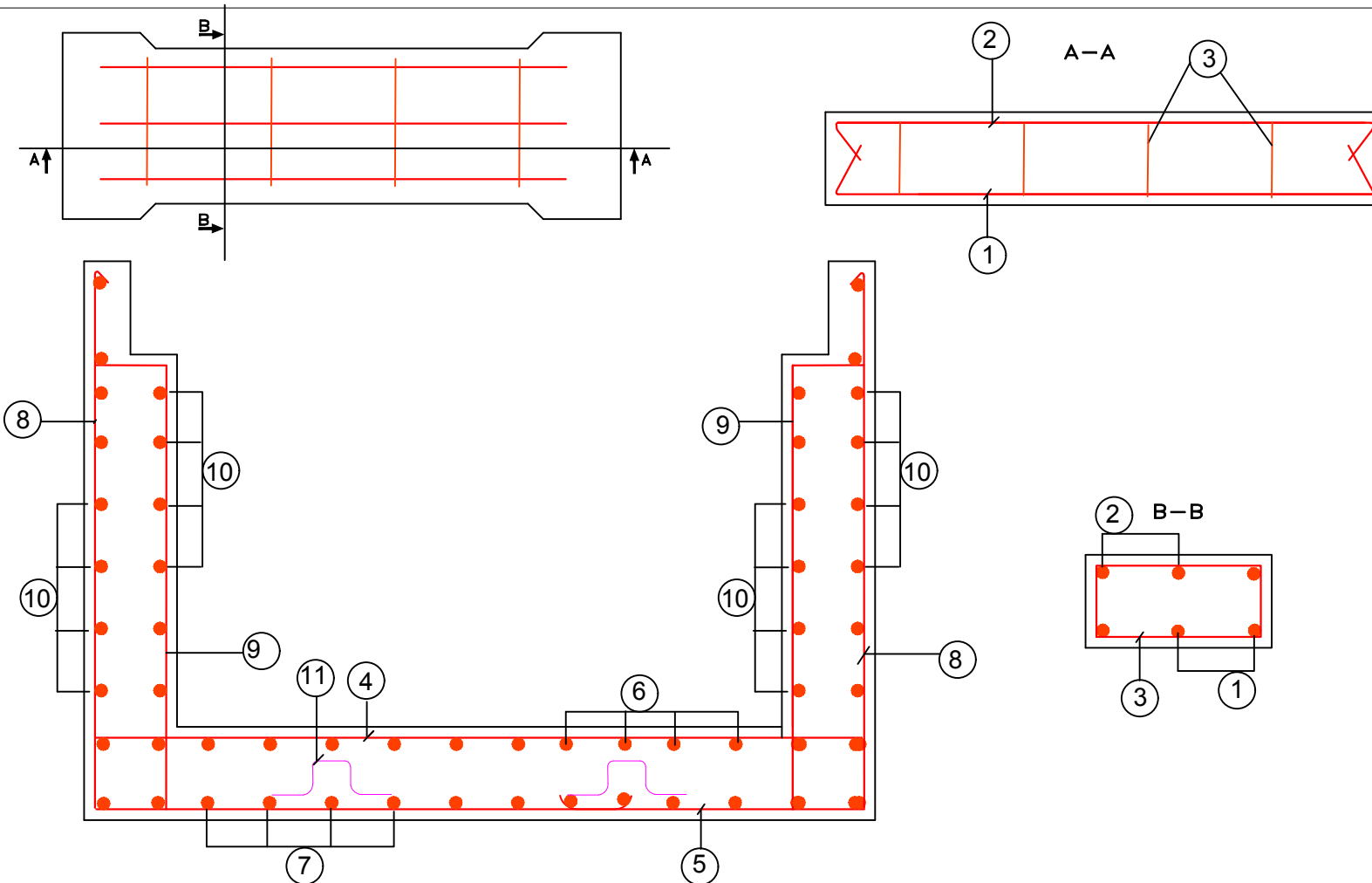
Paramètres du Caniveau												
Section (N x B x H)	B		H									
	120	100										
Epaisseur dalle =	25	cm	Longueur du caniveau =		100	cm	BETON =	B25				
Epaisseur voiles =	20	cm	Largeur du caniveau =		160	cm	ACIER =	HA Fe400				
Epaisseur Radier =	20	cm	Largeur de la dalle de couverte		50	cm	Enrobage =	3	cm			
Portée de la dalle	140		Nombre de dalle de couverte		2	Dallettes						
ARMATURES DU CANIVEAU												
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme		Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)	
1	HA	12	6	15			158	948	9,48	0,888	8,42	
2	HA	8	6	15			150	900	9,00	0,394	3,55	
3	HA	8	12	25			130	1 560	15,60	0,394	6,15	
4	HA	12	6	20			188	1 128	11,28	0,888	10,02	
5	HA	10	6	20			184	1 104	11,04	0,617	6,81	
6	HA	10	7	25			114	798	7,98	0,617	4,92	
7	HA	8	7	25			110	770	7,70	0,394	3,03	
8	HA	10	10	25			164	1 640	16,40	0,617	10,12	
9	HA	10	10	25			147	1 470	14,70	0,617	9,07	
10	HA	8	20	25			110	2 200	22,00	0,394	8,67	
11	HA	10	17	1/m2			93	1 581	15,81	0,617	9,75	
Armature totale du caniveau (Kg)												80,51

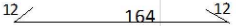
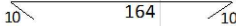
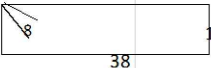
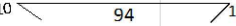
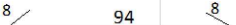
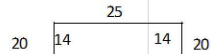


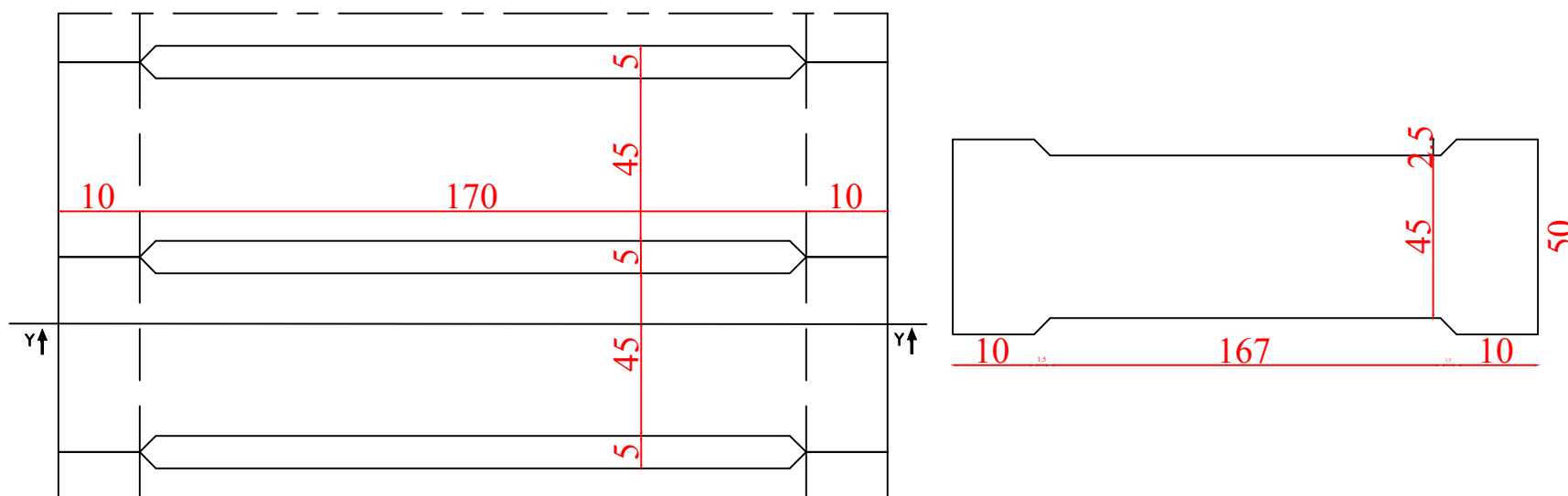


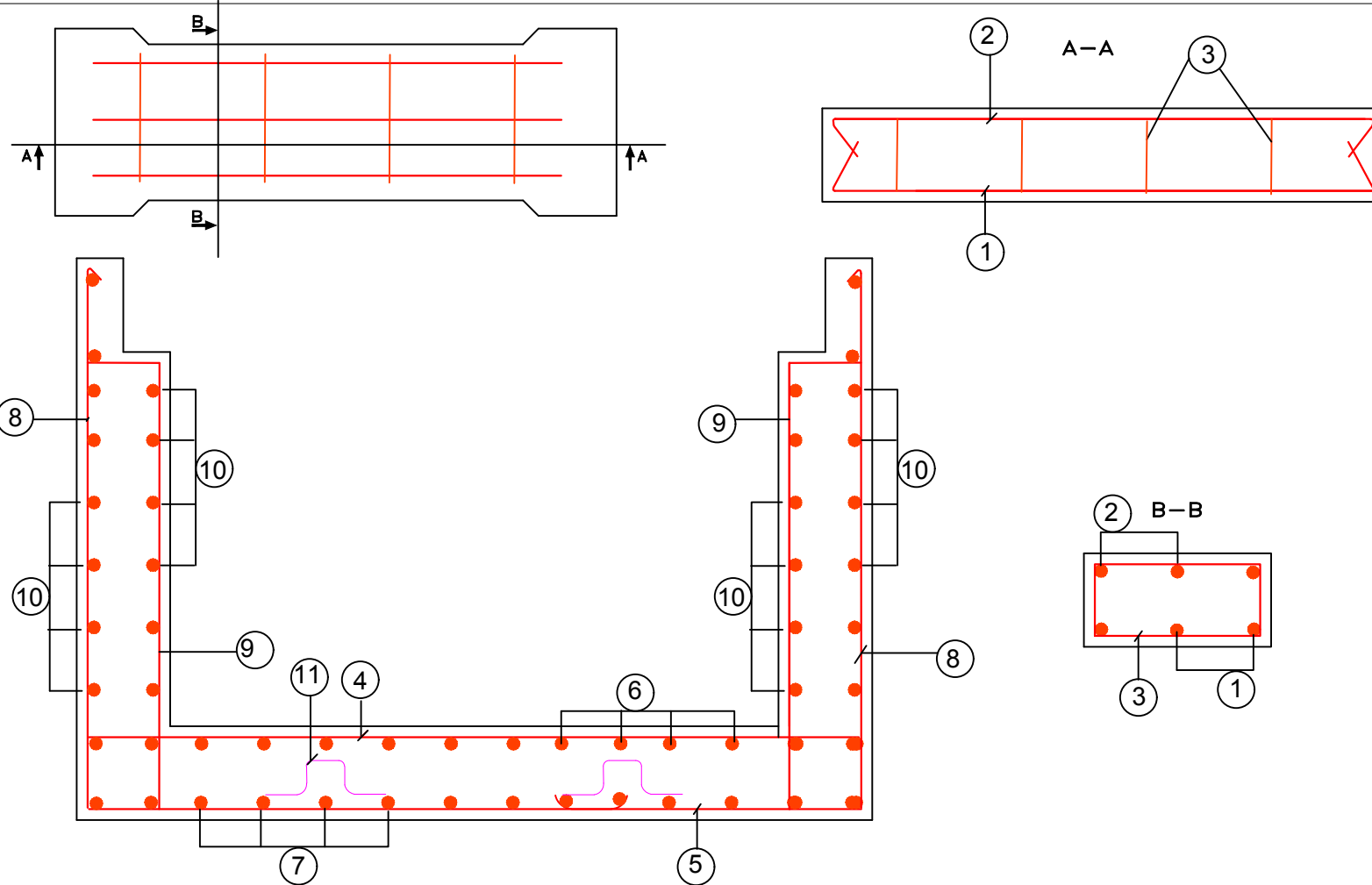
Paramètres du Caniveau											
Section (N x B x H)		B	H								
		120	120								
Epaisseur dalle =	25	cm	Longueur du caniveau =		100	cm	BETON =	B25			
Epaisseur voiles =	20	cm	Largeur du caniveau =		160	cm	ACIER =	HA Fe400			
Epaisseur Radier =	20	cm	Largeur de la dalle de couv		50	cm	Enrobage =	3	cm		
Portée de la dalle	140		Nombre de dalle de couvertu		2	Dallettes					
ARMATURES DU CANIVEAU											
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme		Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	12	6	15			158	948	9,48	0,888	8,42
2	HA	8	6	15			150	900	9,00	0,394	3,55
3	HA	8	12	25			130	1 560	15,60	0,394	6,15
4	HA	12	6	20			188	1 128	11,28	0,888	10,02
5	HA	10	6	20			184	1 104	11,04	0,617	6,81
6	HA	10	7	25			114	798	7,98	0,617	4,92
7	HA	8	7	25			110	770	7,70	0,394	3,03
8	HA	10	10	25			184	1 840	18,40	0,617	11,35
9	HA	10	10	25			167	1 670	16,70	0,617	10,30
10	HA	8	24	25			110	2 640	26,40	0,394	10,40
11	HA	10	17	1/m2			93	1 581	15,81	0,617	9,75
Armature totale du caniveau (Kg)											84,71

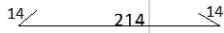
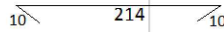
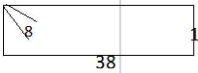
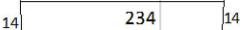
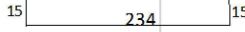
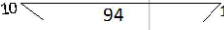
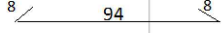
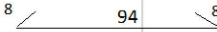
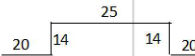


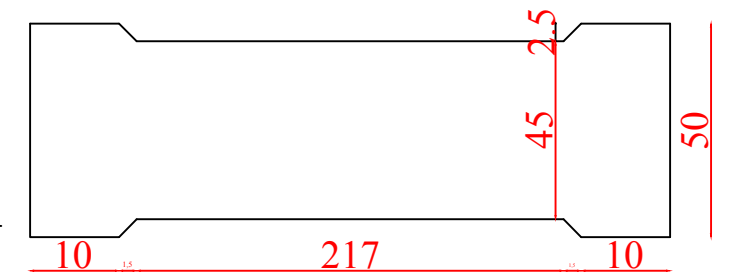
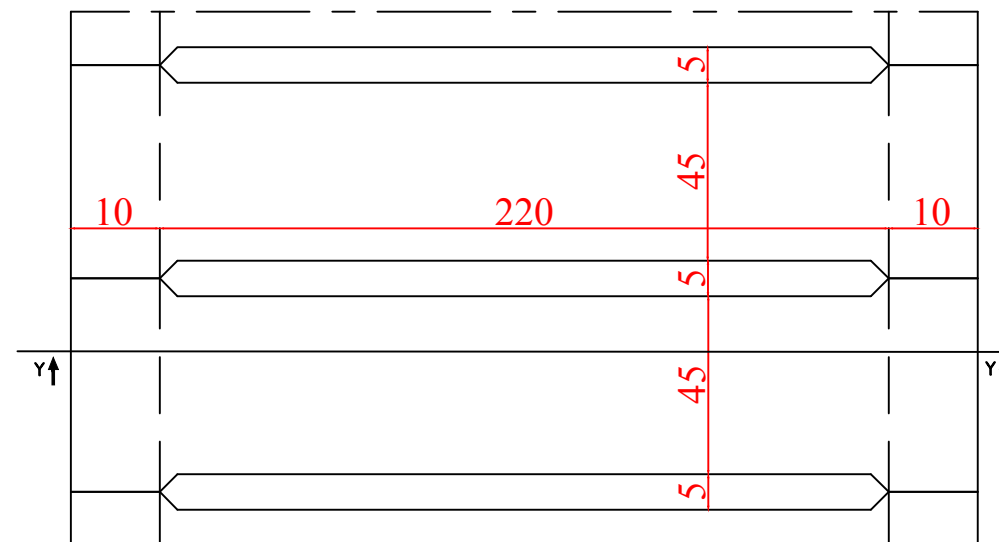
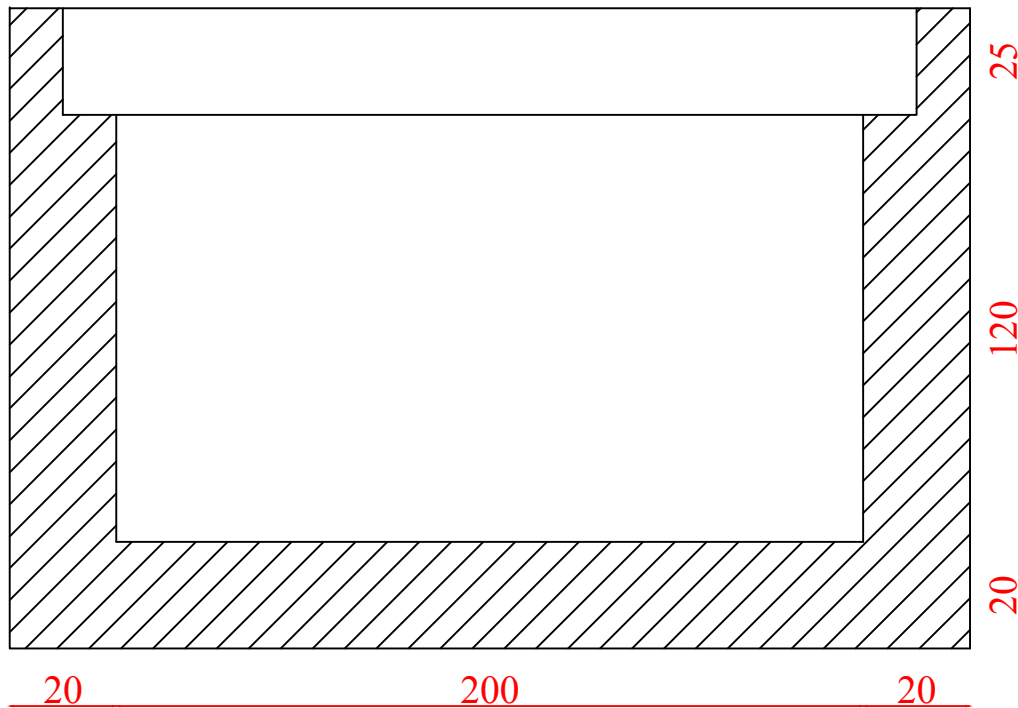


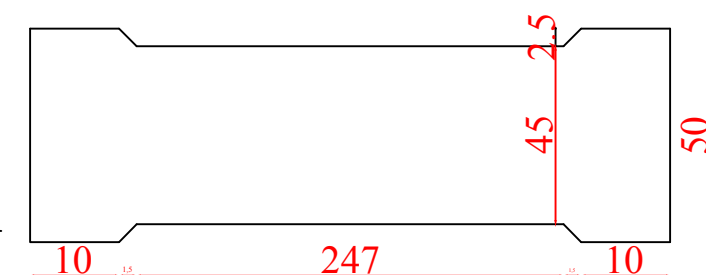
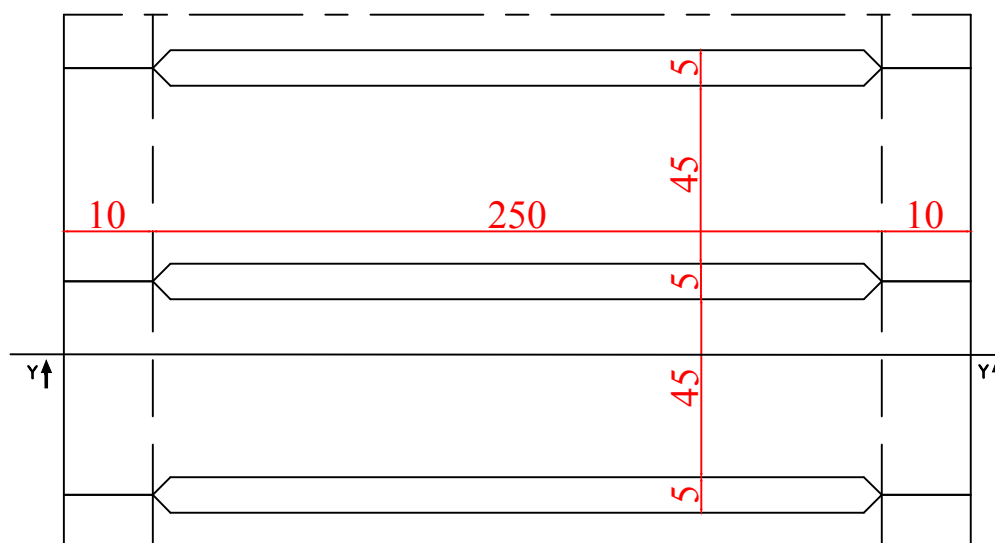
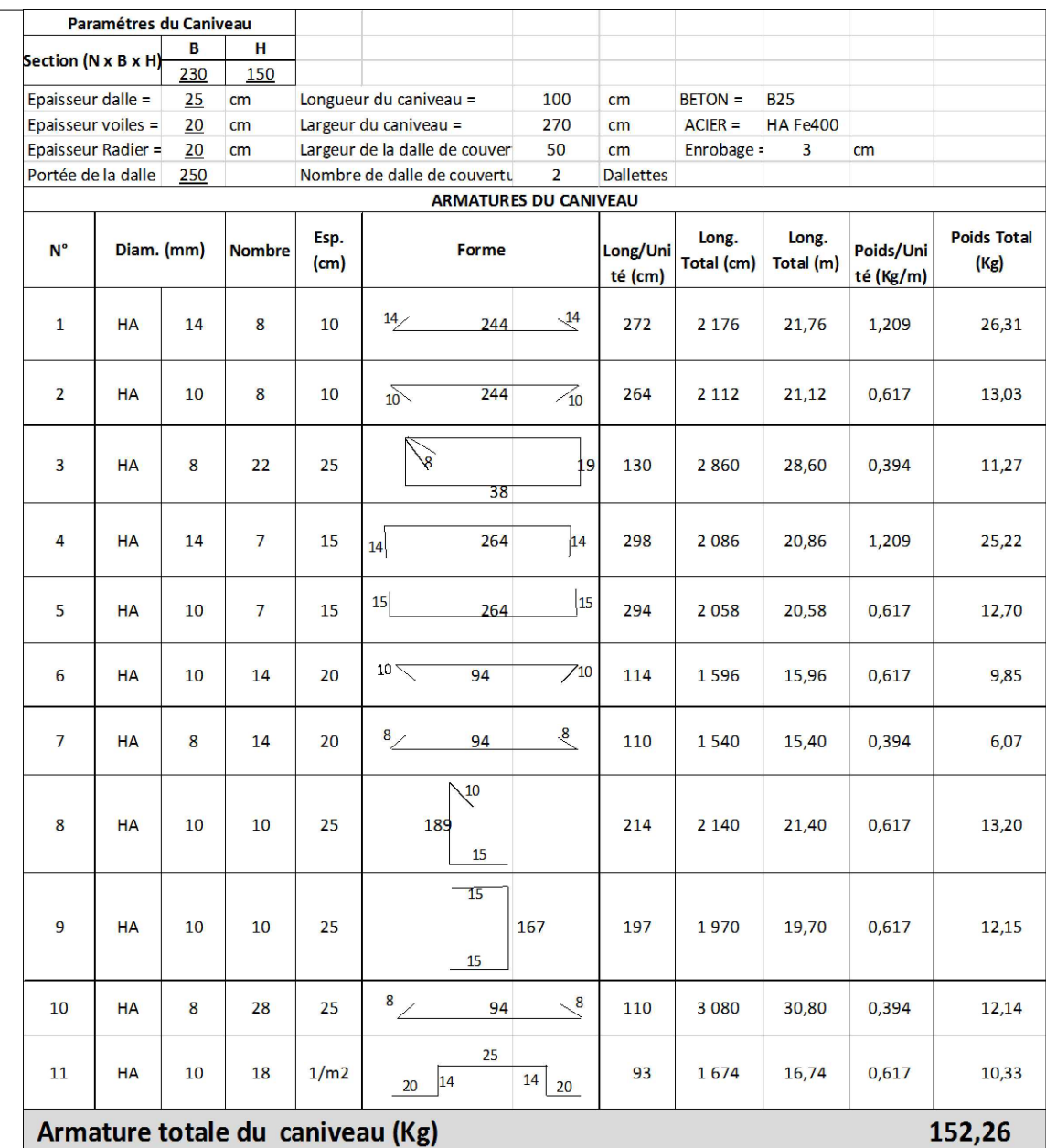
Paramètres du Caniveau												
Section (N x B x H)	B		H									
	150	120										
Epaisseur dalle =	25	cm	Longueur du caniveau =		100	cm	BETON =	B25				
Epaisseur voiles =	20	cm	Largeur du caniveau =		190	cm	ACIER =	HA Fe400				
Epaisseur Radier =	20	cm	Largeur de la dalle de couvertu		50	cm	Enrobage =	3	cm			
Portée de la dalle	170		Nombre de dalle de couverture		2	Dallettes						
ARMATURES DU CANIVEAU												
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)		
1	HA	14	6	15		192	1 152	11,52	1,209	13,93		
2	HA	10	6	15		184	1 104	11,04	0,617	6,81		
3	HA	8	14	25		130	1 820	18,20	0,394	7,17		
4	HA	12	7	15		218	1 526	15,26	0,888	13,55		
5	HA	10	7	15		214	1 498	14,98	0,617	9,24		
6	HA	10	8	25		114	912	9,12	0,617	5,63		
7	HA	8	8	25		110	880	8,80	0,394	3,47		
8	HA	10	10	25		184	1 840	18,40	0,617	11,35		
9	HA	10	10	25		167	1 670	16,70	0,617	10,30		
10	HA	8	24	25		110	2 640	26,40	0,394	10,40		
11	HA	10	18	1/m2		93	1 674	16,74	0,617	10,33		
Armature totale du caniveau (Kg)										102,18		

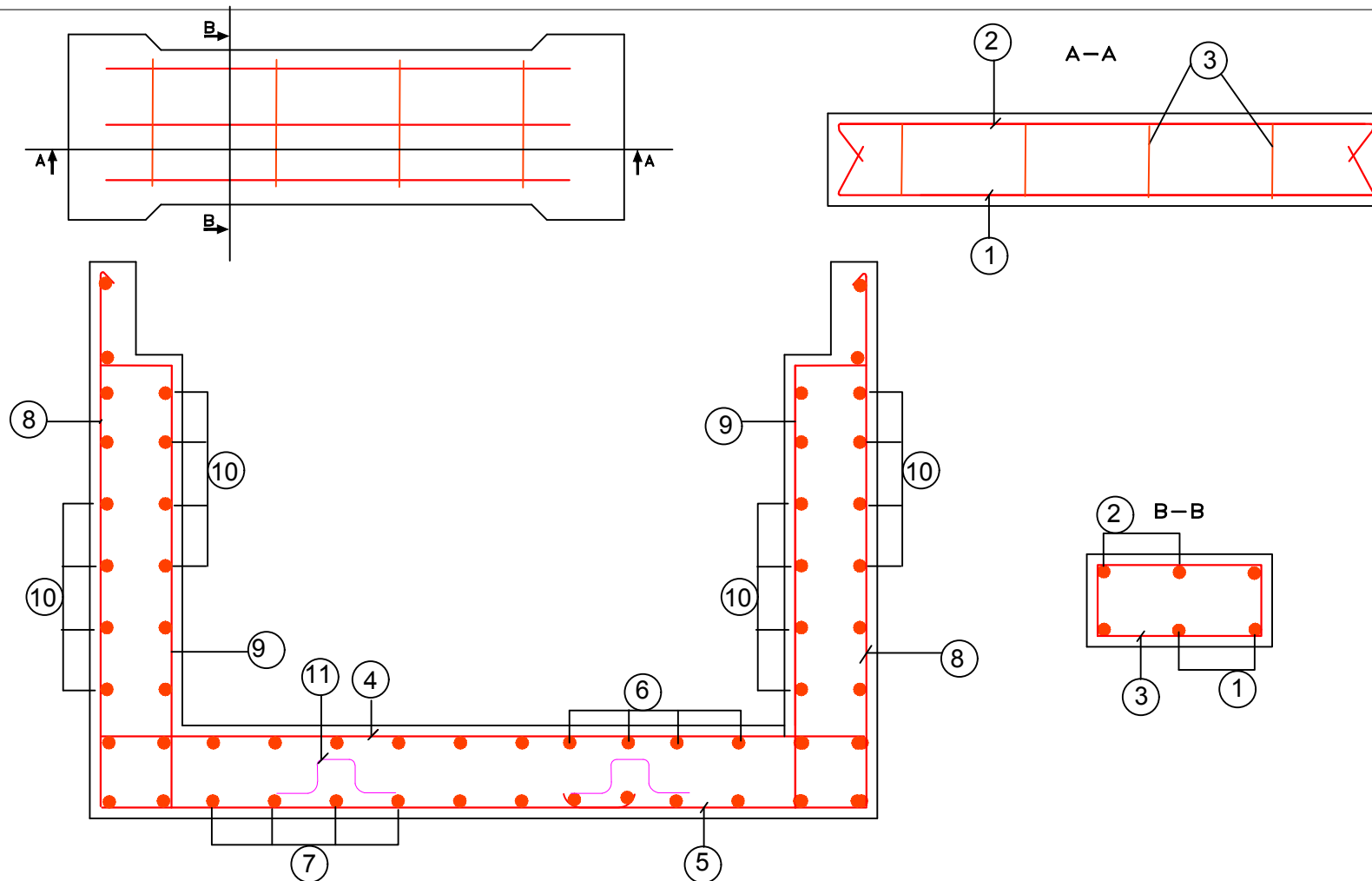




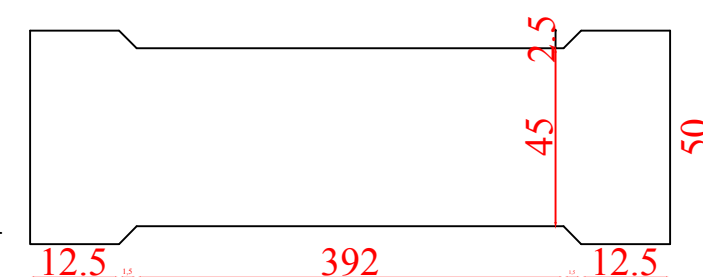
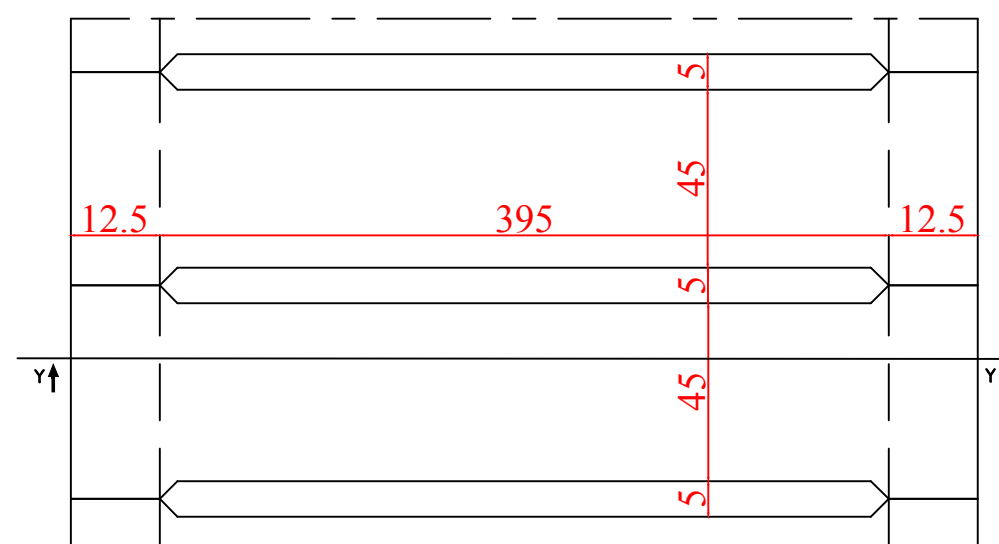
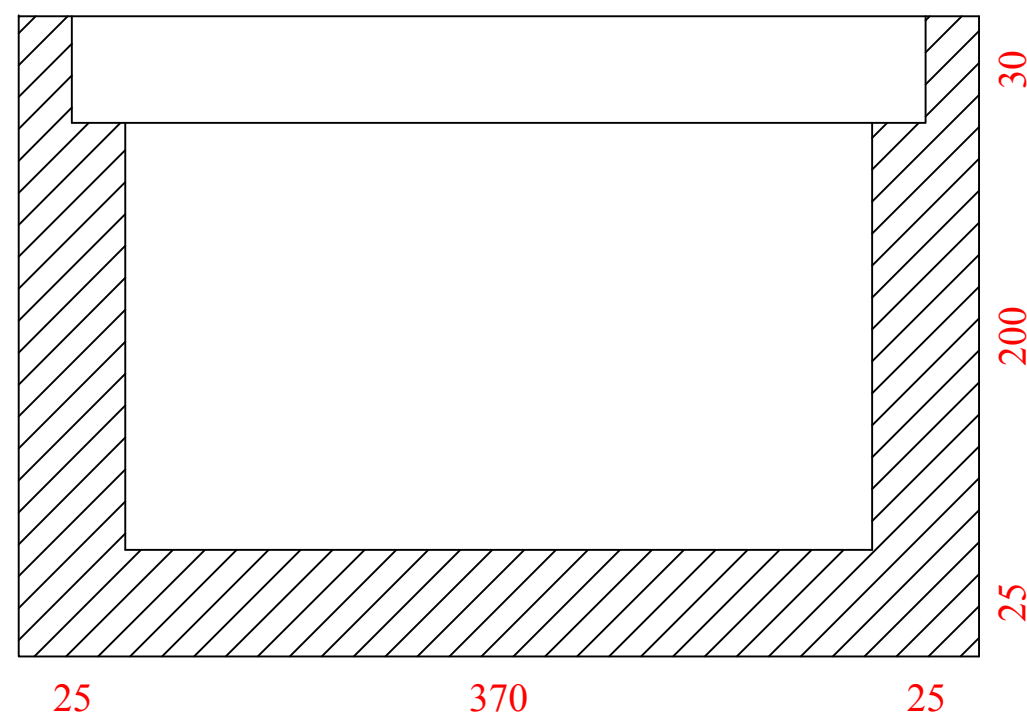
Paramètres du Caniveau										
Section (N x B x H)	B		H							
	200	120								
Epaisseur dalle =	25	cm	Longueur du caniveau =		100	cm	BETON =	B25		
Epaisseur voiles =	20	cm	Largeur du caniveau =		240	cm	ACIER =	HA Fe400		
Epaisseur Radier =	20	cm	Largeur de la dalle de couv		50	cm	Enrobage =	3	cm	
Portée de la dalle	220		Nombre de dalle de couvert		2	Dallettes				
ARMATURES DU CANIVEAU										
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	14	7	12		242	1 694	16,94	1,209	20,48
2	HA	10	7	12		234	1 638	16,38	0,617	10,11
3	HA	8	18	25		130	2 340	23,40	0,394	9,22
4	HA	14	5	20		268	1 340	13,40	1,209	16,20
5	HA	10	5	20		264	1 320	13,20	0,617	8,14
6	HA	10	12	20		114	1 368	13,68	0,617	8,44
7	HA	8	12	20		110	1 320	13,20	0,394	5,20
8	HA	10	10	25		184	1 840	18,40	0,617	11,35
9	HA	10	10	25		167	1 670	16,70	0,617	10,30
10	HA	8	24	25		110	2 640	26,40	0,394	10,40
11	HA	10	18	1/m2		93	1 674	16,74	0,617	10,33
Armature totale du caniveau (Kg)										120,18



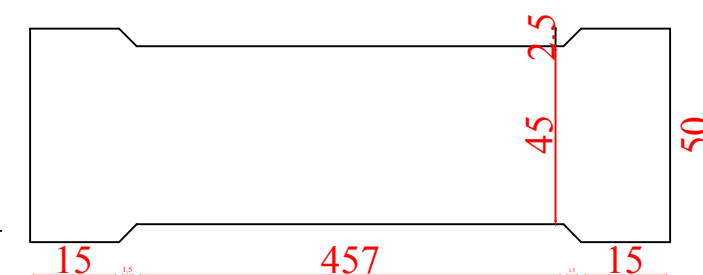
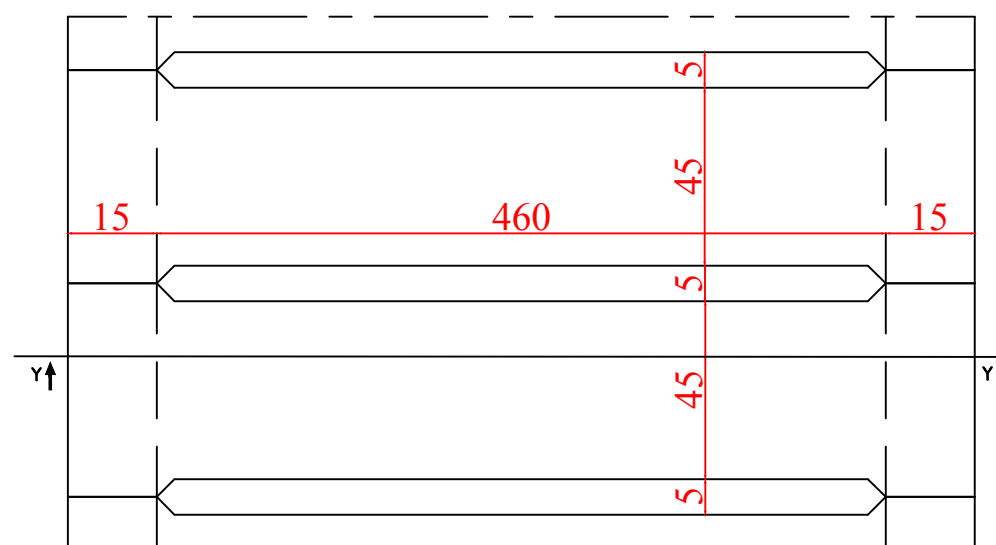
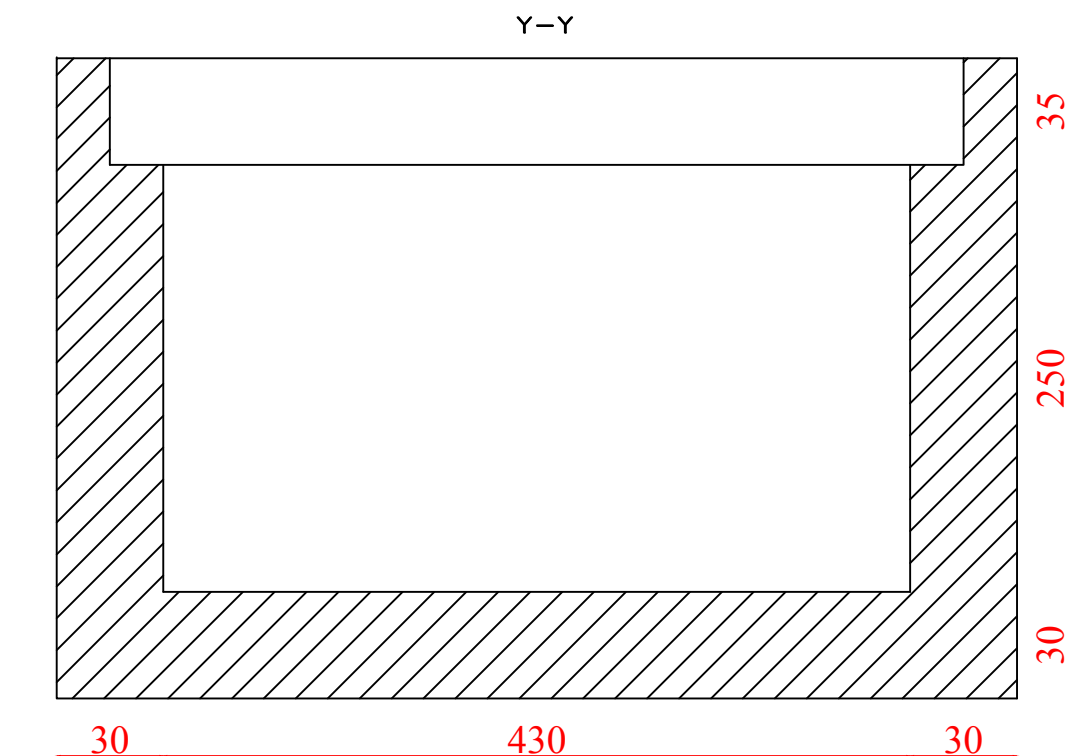


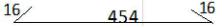
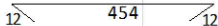
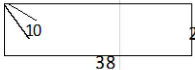
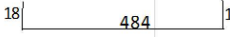
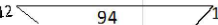
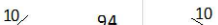
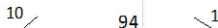
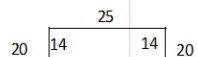


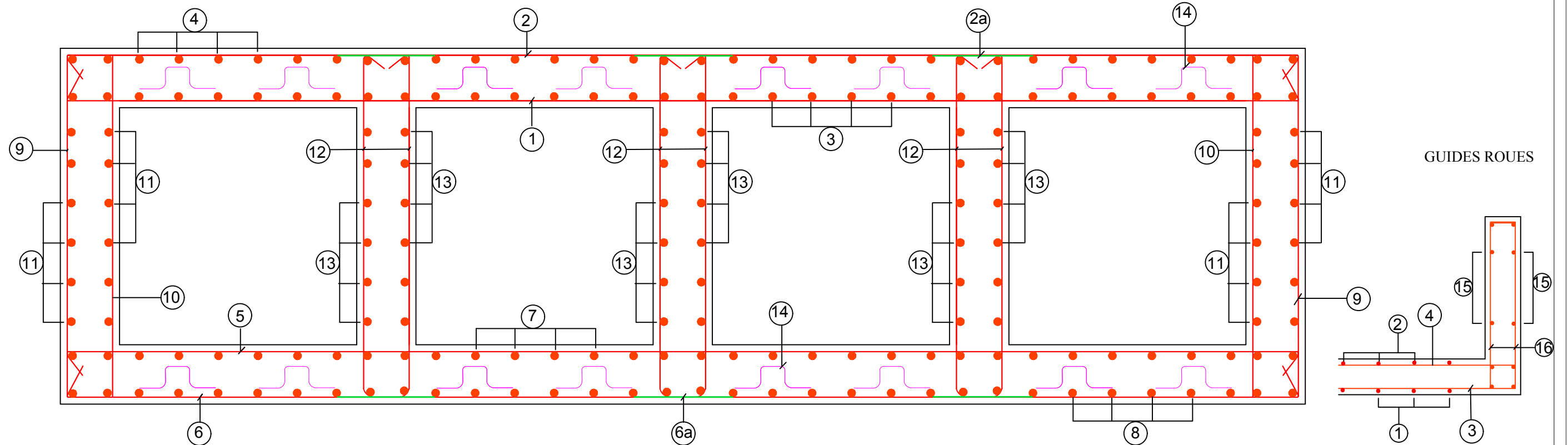
Y-Y



Paramètres du Caniveau											
Section (N x B x H)	B		H								
	370	200									
Epaisseur dalle =	30	cm	Longueur du caniveau =		100	cm	BETON =	B25			
Epaisseur voiles =	25	cm	Largeur du caniveau =		420	cm	ACIER =	HA Fe400			
Epaisseur Radier =	25	cm	Largeur de la dalle de couv		50	cm	Enrobage =	3	cm		
Portée de la dalle	395		Nombre de dalle de couv		2	Dallettes					
ARMATURES DU CANIVEAU											
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)	
1	HA	16	8	10		421	3 368	33,68	1,580	53,21	
2	HA	12	8	10		413	3 304	33,04	0,888	29,34	
3	HA	10	32	25		144	4 608	46,08	0,617	28,43	
4	HA	16	9	10		458	4 122	41,22	1,580	65,13	
5	HA	12	9	10		450	4 050	40,50	0,888	35,96	
6	HA	12	21	20		118	2 478	24,78	0,888	22,00	
7	HA	10	21	20		114	2 394	23,94	0,617	14,77	
8	HA	12	10	25		279	2 790	27,90	0,888	24,78	
9	HA	12	10	25		258	2 580	25,80	0,888	22,91	
10	HA	10	36	25		114	4 104	41,04	0,617	25,32	
11	HA	10	20	1/m2		93	1 860	18,60	0,617	11,48	
Armature totale du caniveau (Kg)										333,34	



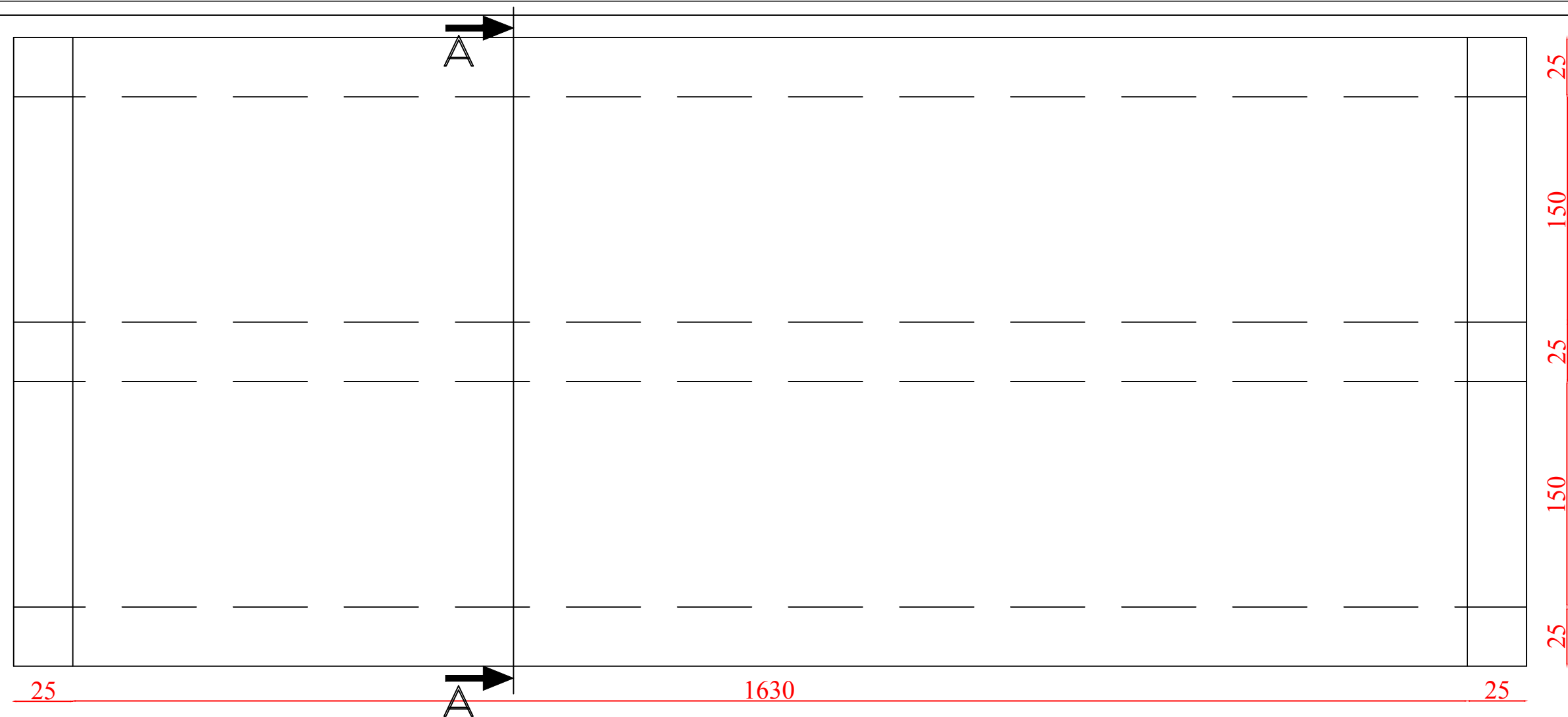
Paramètres du Caniveau										
Section (N x B x H)	B	H								
	430	250								
Epaisseur dalle =	35	cm	Longueur du caniveau =	100	cm	BETON =	B25			
Epaisseur voiles =	30	cm	Largeur du caniveau =	490	cm	ACIER =	HA Fe400			
Epaisseur Radier =	30	cm	Largeur de la dalle de couv.	50	cm	Enrobage =	3	cm		
Portée de la dalle	460		Nombre de dalle de couv.	2	Dallettes					
ARMATURES DU CANIVEAU										
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	16	10	8		486	4 860	48,60	1,580	76,79
2	HA	12	10	8		478	4 780	47,80	0,888	42,45
3	HA	10	38	25		154	5 852	58,52	0,617	36,11
4	HA	16	9	10		538	4 842	48,42	1,580	76,50
5	HA	12	9	10		520	4 680	46,80	0,888	41,56
6	HA	12	24	20		118	2 832	28,32	0,888	25,15
7	HA	10	24	20		114	2 736	27,36	0,617	16,88
8	HA	12	10	25		339	3 390	33,90	0,888	30,10
9	HA	12	10	25		313	3 130	31,30	0,888	27,79
10	HA	10	40	25		114	4 560	45,60	0,617	28,14
11	HA	10	20	1/m2		93	1 860	18,60	0,617	11,48
Armature totale du caniveau (Kg)										412,94



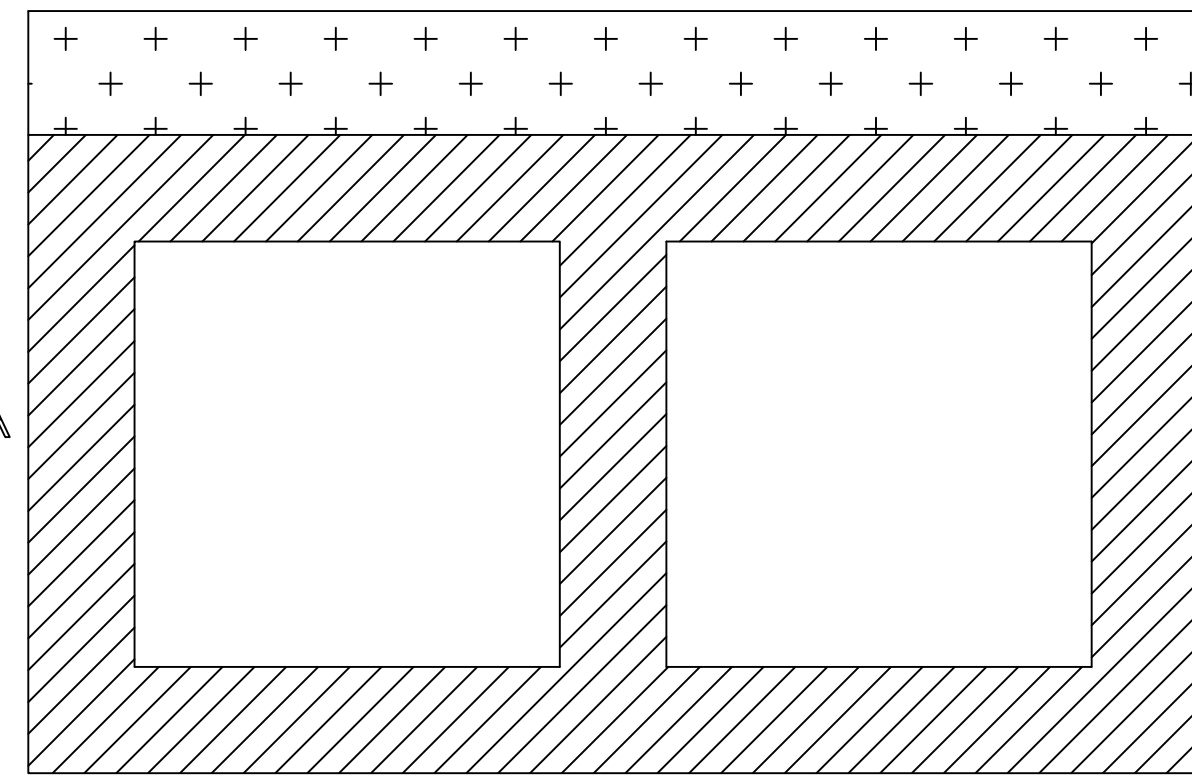
Paramètres du DALOT									
Section (N x B x H)	N	B	H						
	4	300	300						
Epaisseur Tablier =	30	cm	Hauteur Guides roues =	50	cm	BETON =	B25		
Epaisseur Piédroit =	30	cm	Epaisseur Guides roues =	30	cm	ACIER =	HA Fe400		
Epaisseur Radier =	30	cm	Longueur Guides roues =	1350	cm	Enrobage =	3	cm	
Longueur du Corps	1590	cm							

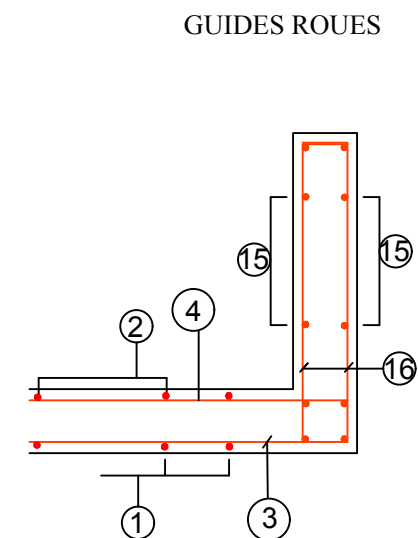
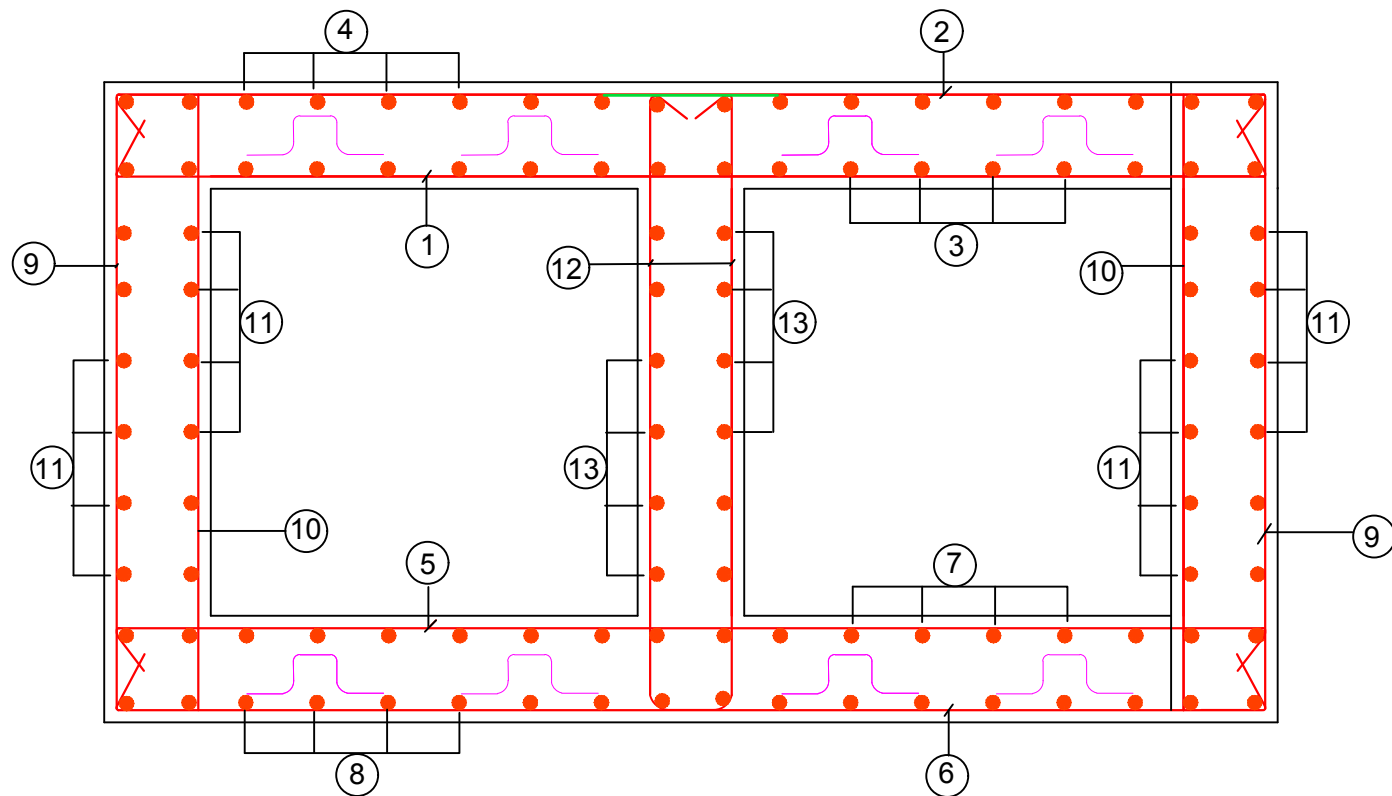
ARMATURES DU DALOT										
N°	Diam. (mm)	Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité	Poids Total (Kg)	
1	HA	14	140	14 14	1372	192 080	1 920,8	1,209	2 322,25	
2	HA	14	140	14 14	1372	192 080	1 920,8	1,209	2 322,25	
2a	HA	14	420	90 90	90	37 800	378,0	1,209	457,00	
3	HA	10	85	10 10	1 604	136 340	1 363,4	0,617	841,22	
4	HA	12	85	12 12	1 608	136 680	1 366,8	0,888	1 213,72	
5	HA	12	76	12 12	1 368	103 968	1 039,7	0,888	923,24	
6	HA	12	76	12 12	1 368	103 968	1 039,7	0,888	923,24	
6a	HA	10	228	90 90	90	20 520	205,2	0,617	126,61	
7	HA	10	53	10 10	1 604	85 012	850,1	0,617	524,52	
8	HA	10	53	10 10	1 604	85 012	850,1	0,617	524,52	

N°	Diam. (mm)	Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
9	HA	12	152	20 20	474	72 048	720,5	0,888	639,79
10	HA	10	152	20 20	402	61 104	611,0	0,617	377,01
11	HA	10	48	25 25	1 604	76 992	769,9	0,617	475,04
12	HA	12	228	20 20	756	172 368	1 723,7	0,888	1 530,63
13	HA	10	72	25 25	1 604	115 488	1 154,9	0,617	712,56
14	HA	10	112	1/m2 1/m2	113	12 656	126,6	0,617	78,09
15	HA	10	12	25 25	1 370	16 440	164,4	0,617	101,43
16	HA	10	106	25 25	136	14 416	144,2	0,617	88,95
Armature totale pour de dalot (Kg)									14 182,06



COUPE A—A





Paramètres du DALOT

Section (N x B x H)	N	B	H
	2	150	150

Epaisseur Tablier =	25	cm	Hauteur Guides roues =	50	cm	BETON =	B25	
Epaisseur Piédroit =	25	cm	Epaisseur Guides roues =	25	cm	ACIER =	HA Fe400	
Epaisseur Radier =	25	cm	Longueur Guides roues =	375	cm	Enrobage =	3	cm
Longueur du Corps : 1690		cm						

ARMATURES DU DALOT

N°	Diam. (mm)	Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	12	65	12/369	393	25 545	255,5	0,888	226,84
2	HA	12	65	12/369	393	25 545	255,5	0,888	226,84
2a	HA	10	65	90	90	5 850	58,5	0,617	36,09
3	HA	10	15	10/1684	1 704	25 560	255,6	0,617	157,71
4	HA	10	15	10/1684	1 704	25 560	255,6	0,617	157,71
5	HA	12	65	12/369	393	25 545	255,5	0,888	226,84
6	HA	12	65	12/369	393	25 545	255,5	0,888	226,84
7	HA	10	15	10/1684	1 704	25 560	255,6	0,617	157,71
8	HA	10	15	10/1684	1 704	25 560	255,6	0,617	157,71

N°	Diam. (mm)	Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
9	HA	10	132	194	294	38 808	388,1	0,617	239,45
10	HA	10	132	194	232	30 624	306,2	0,617	188,95
11	HA	8	28	8/1684	1 700	47 600	476,0	0,394	187,54
12	HA	12	81	12/194	431	34 911	349,1	0,888	310,01
13	HA	10	14	10/1684	1 704	23 856	238,6	0,617	147,19
14	HA	10	66	1/m2	103	6 798	68,0	0,617	41,94
15	HA	10	12	10/369	389	4 668	46,7	0,617	28,80
16	HA	10	30	19/44	82	2 460	24,6	0,617	15,18
Armature totale pour de dalot (Kg)									2 733,34



MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES
MINISTÈRE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGENIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

PLAN DE FERRAILLAGE
DALOT 2*250*150

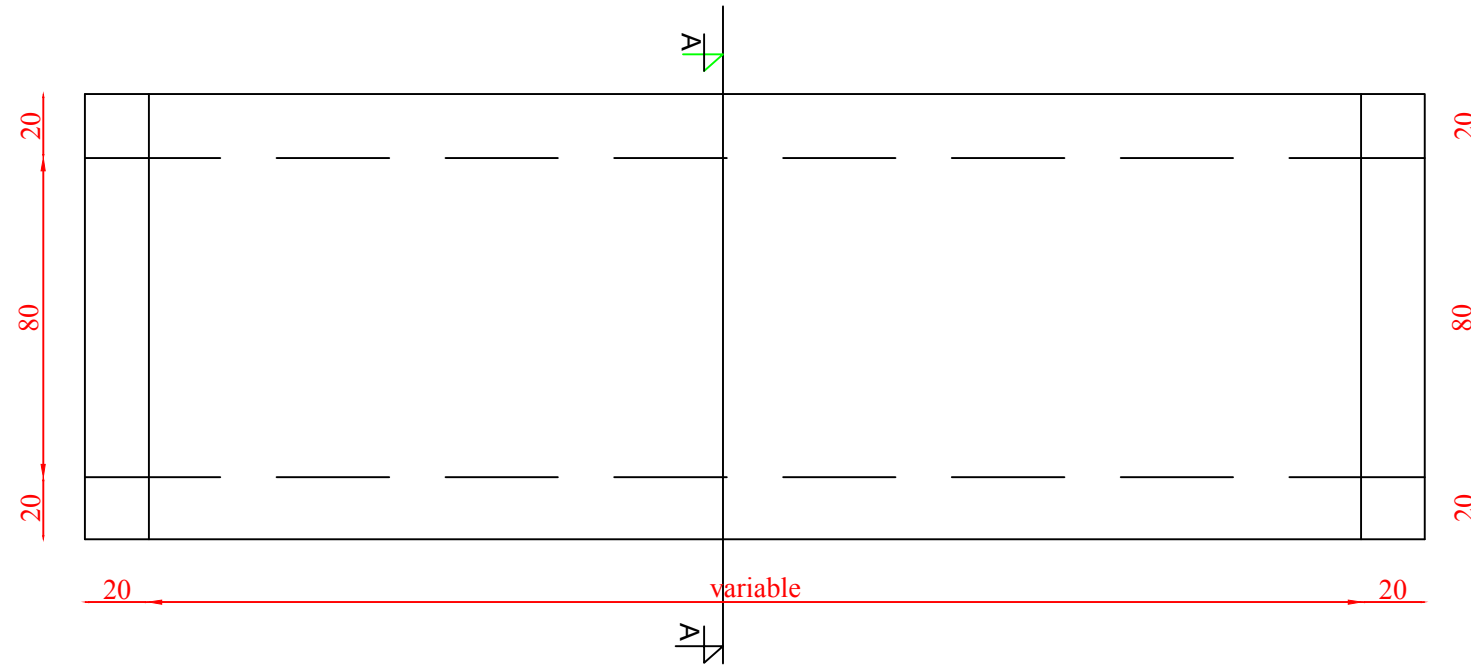
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

Date : Décembre 2020

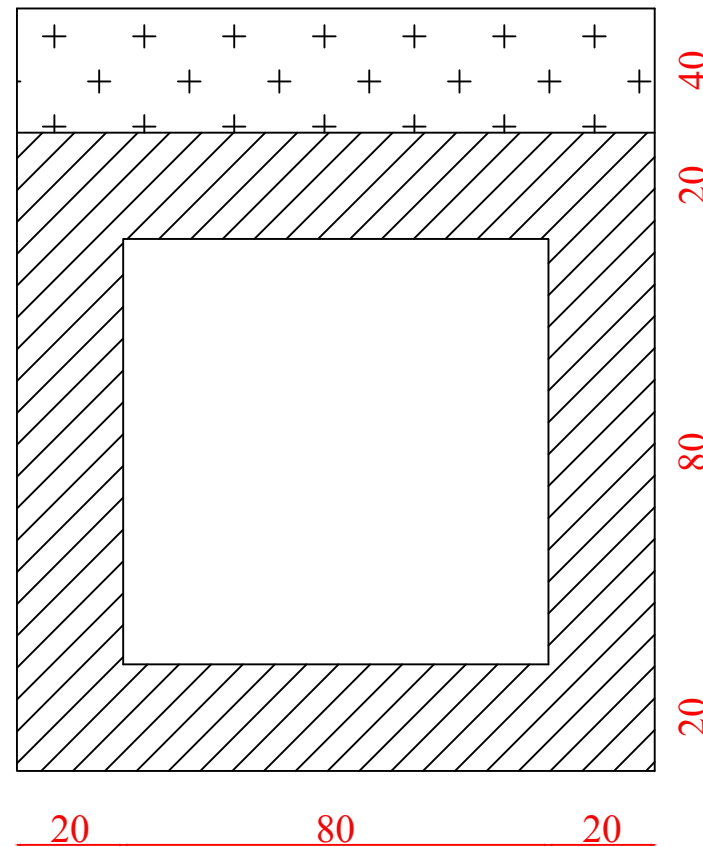
Echelle : 1/80

Plan N°

Planche : 2/2



COUPE A—A



MINISTERE DES INFRASTRUCTURES
MINISTERE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGENIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

PLAN DE COFFRAGE
DALOT 1*80*80

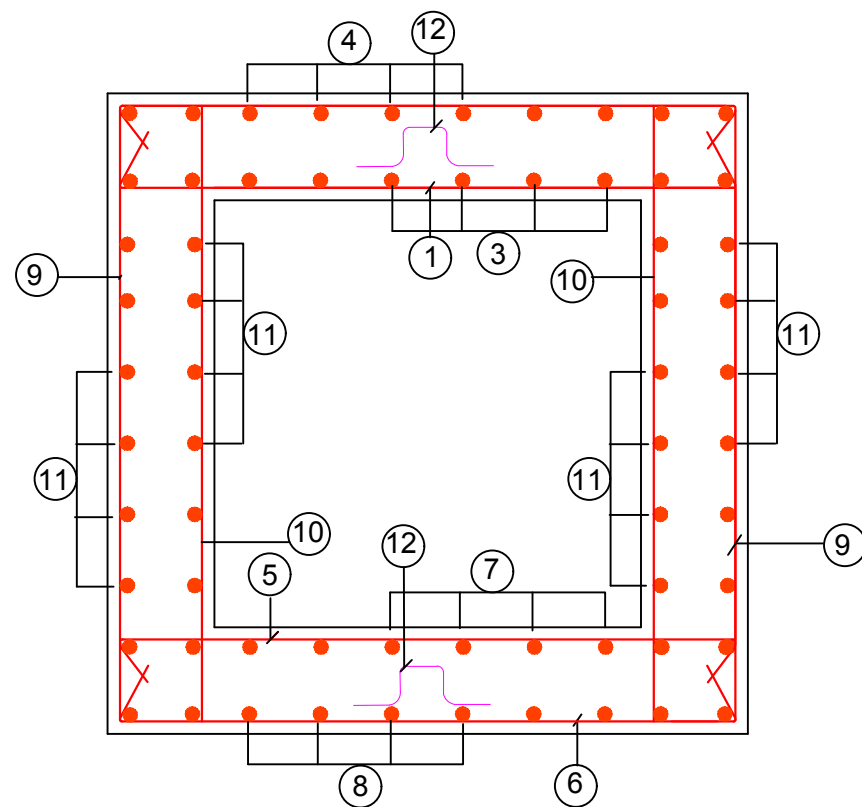
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

Date : Décembre 2020

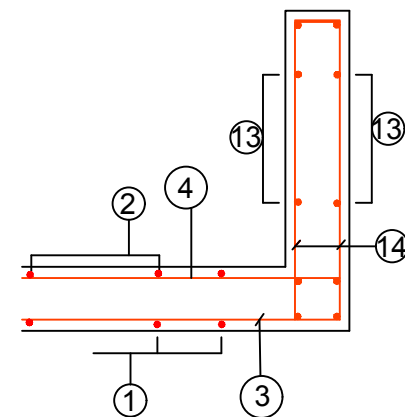
Echelle : 1/80

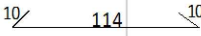
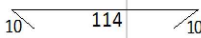
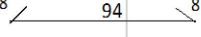
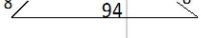
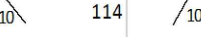
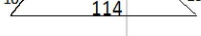
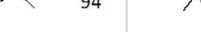
Plan N°

Planche : 1/2

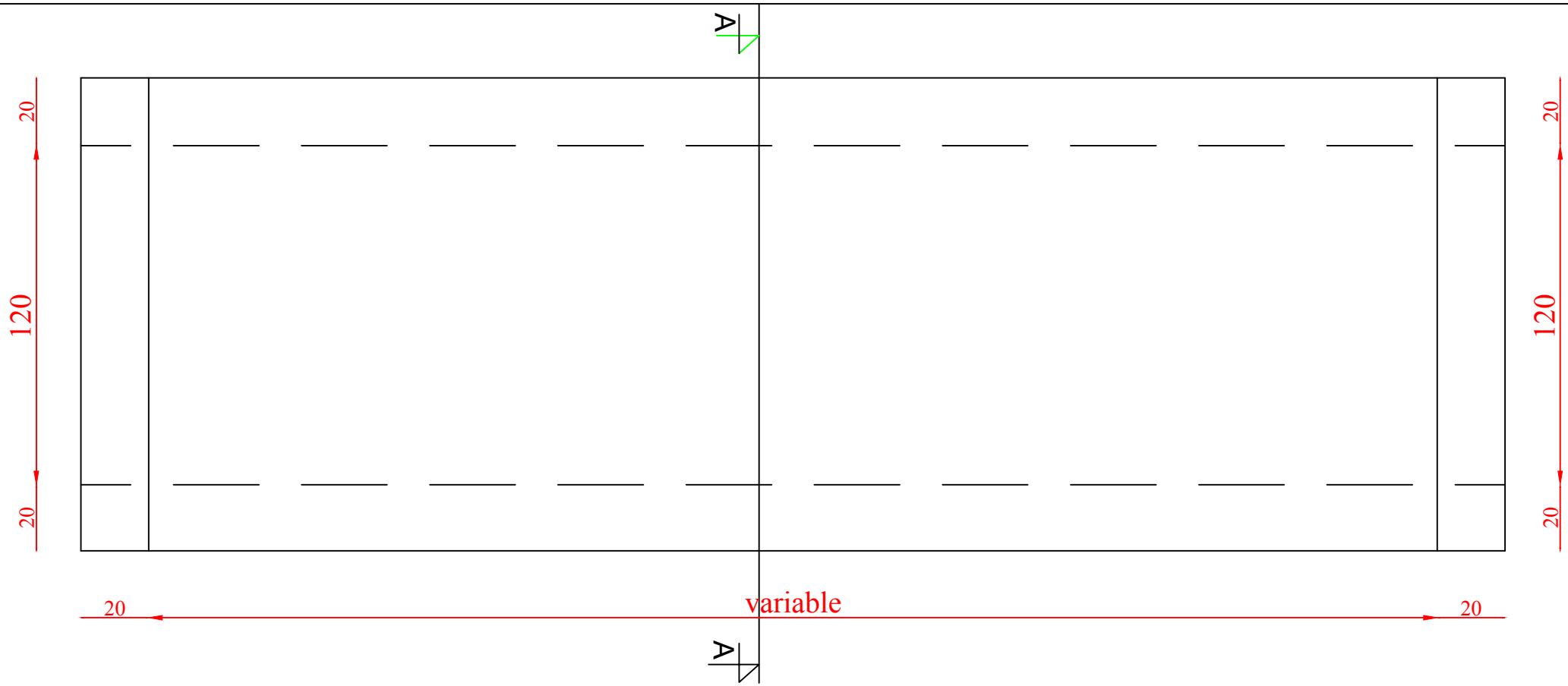


GUIDES ROUES

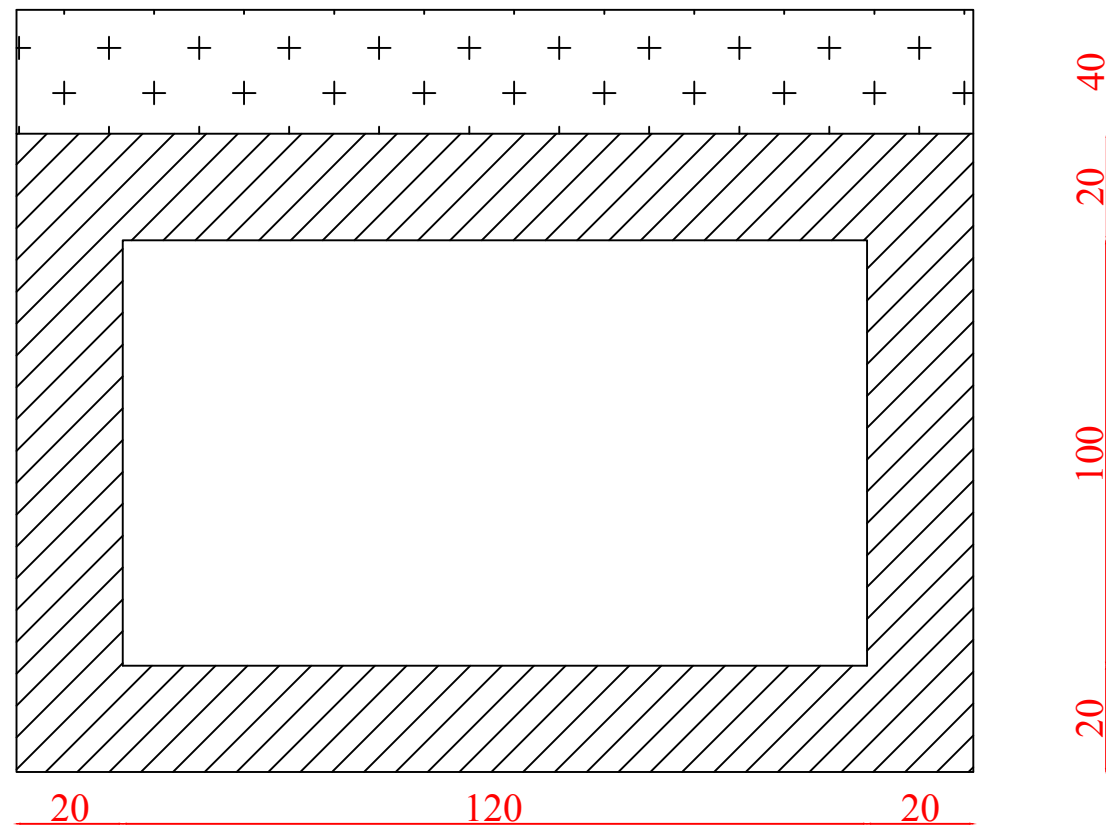


Paramètres du DALOT											
Section (N x B x H)	N	B	H								
	1	80	80								
Epaisseur Tablier =	20	cm	Hauteur Guides roues =	40	cm	BETON =	B25				
Epaisseur Piedroit =	20	cm	Epaisseur Guides roues =	20	cm	ACIER =	HA Fe400				
Epaisseur Radier =	20	cm	Longueur Guides roues =	120	cm	Enrobage	3	cm			
Longueur du Corps	100	cm									
ARMATURES DU DALOT											
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)	
1	HA	10	5	25		134	670	6,70	0,617	4,13	
2	HA	10	5	25		134	670	6,70	0,617	4,13	
3	HA	8	6	25		110	660	6,60	0,394	2,60	
4	HA	8	6	25		110	660	6,60	0,394	2,60	
5	HA	10	5	25		134	670	6,70	0,617	4,13	
6	HA	10	5	25		134	670	6,70	0,617	4,13	
7	HA	8	6	25		110	660	6,60	0,394	2,60	

N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
8	HA	8	6	25		110	660	6,60	0,394	2,60
9	HA	10	10	25		194	1 940	19,40	0,617	11,97
10	HA	10	10	25		142	1 420	14,20	0,617	8,76
11	HA	8	16	25		110	1 760	17,60	0,394	6,93
12	HA	10	18	1/m2		103	1 854	18,54	0,617	11,44
13	HA	10	8	25		134	1 072	10,72	0,617	6,61
14	HA	10	10	25		62	620	6,20	0,617	3,83
Armature totale pour de dalot (Kg)										76,48



COUPE A—A



MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES
MINISTÈRE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGÉNIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

PLAN DE COFFRAGE
DALOT 1*120*100

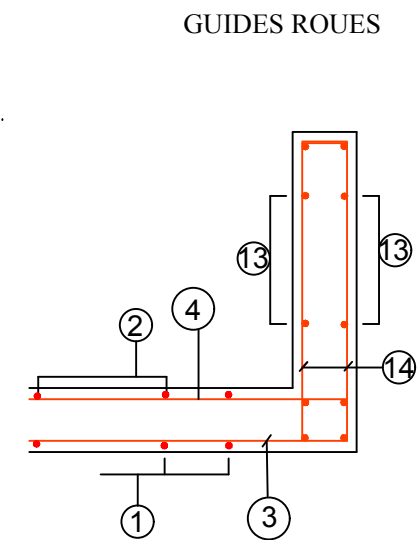
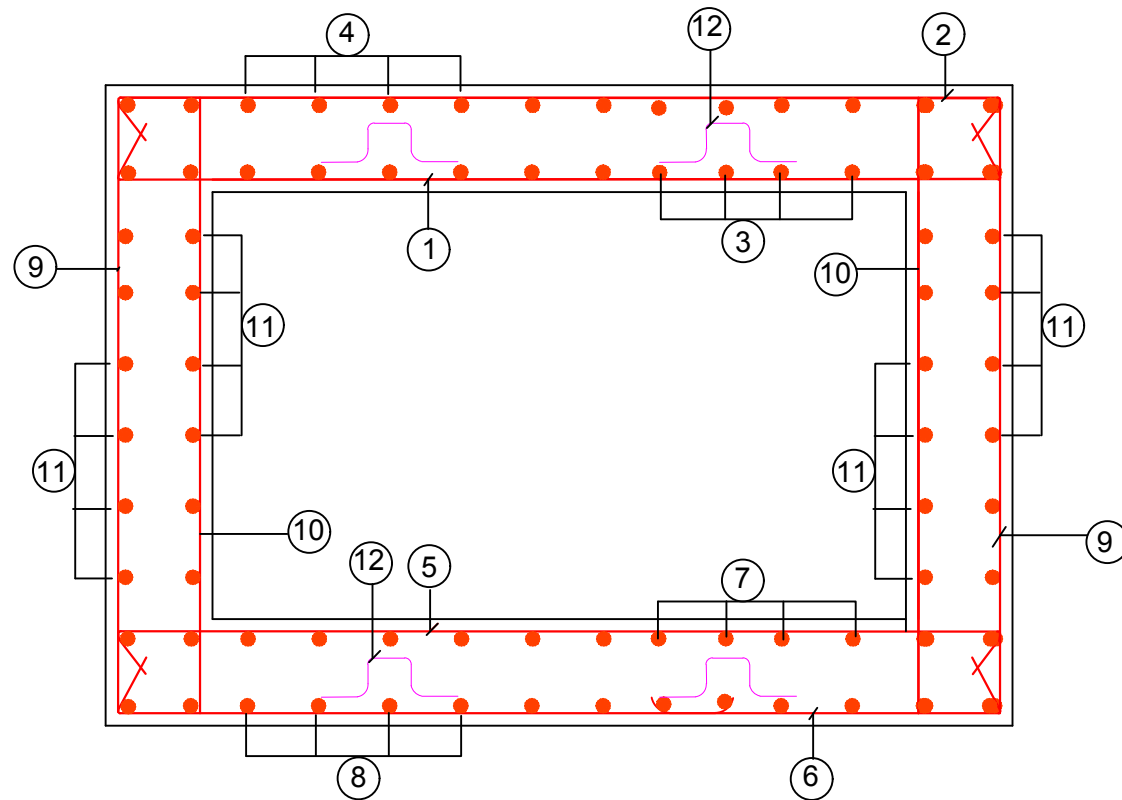
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

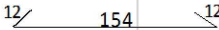
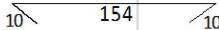
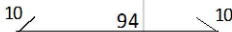
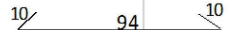
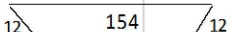
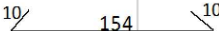
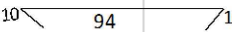
Date : Décembre 2020

Echelle : 1/80

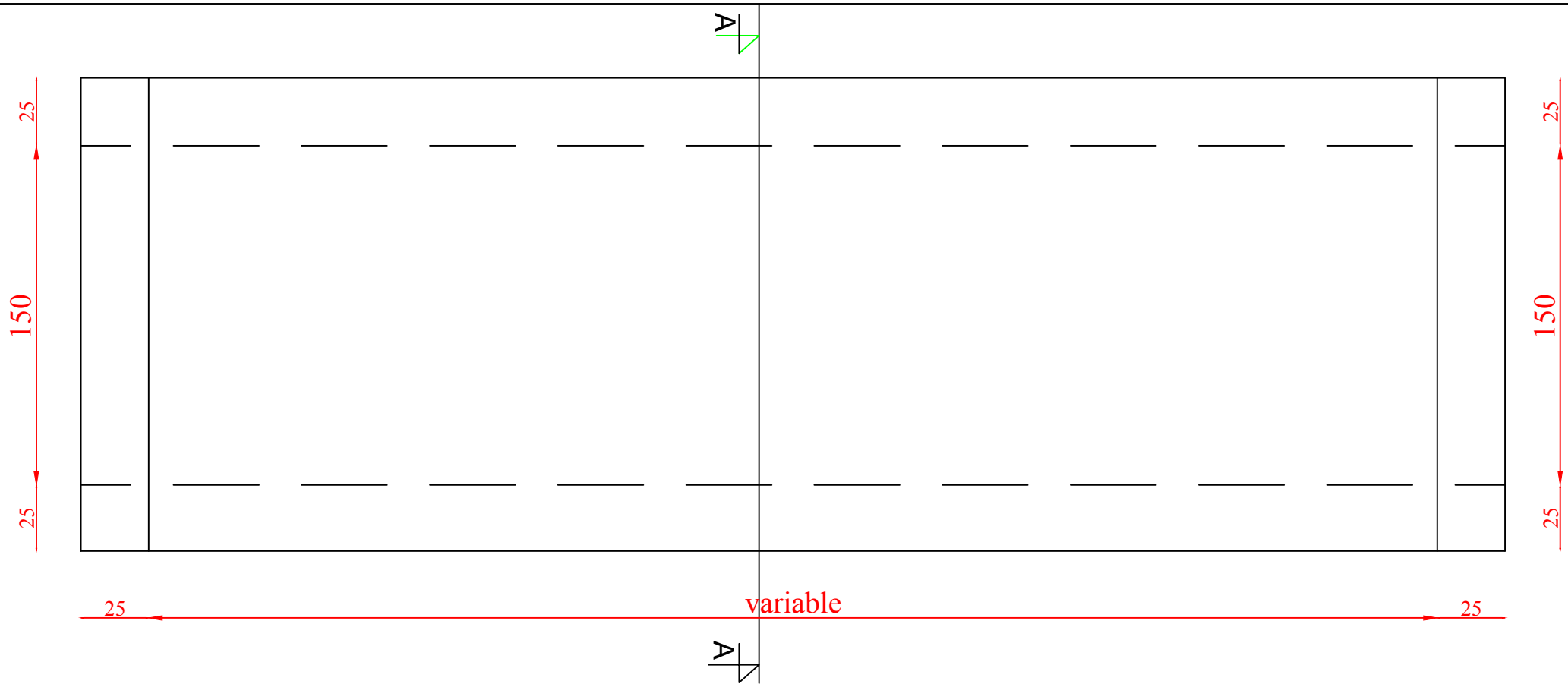
Plan N°

Planche : 1/2

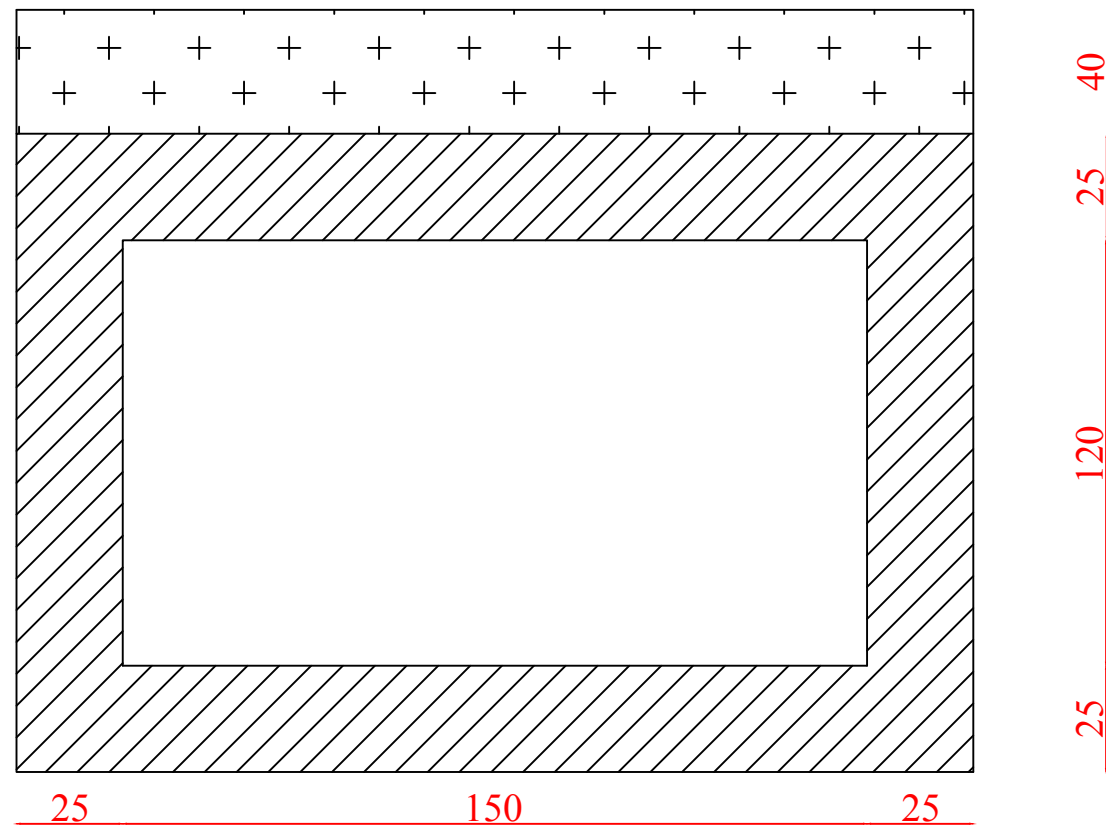


Paramètres du DALOT											
Section (N x B x H)	N	B	H								
	<u>1</u>	<u>120</u>	<u>100</u>								
Epaisseur Tablier =	<u>20</u>	cm	Hauteur Guides roues =	40	cm	BETON =	B25				
Epaisseur Piédroit =	<u>20</u>	cm	Epaisseur Guides roues =	20	cm	ACIER =	HA Fe400				
Epaisseur Radier =	<u>20</u>	cm	Longueur Guides roues =	160	cm	Enrobage	3	cm			
Longueur du Corps =	100	cm									
ARMATURES DU DALOT											
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)	
1	HA	12	5	25		178	890	8,90	0,888	7,90	
2	HA	10	5	25		174	870	8,70	0,617	5,37	
3	HA	10	7	25		114	798	7,98	0,617	4,92	
4	HA	10	7	25		114	798	7,98	0,617	4,92	
5	HA	12	5	25		178	890	8,90	0,888	7,90	
6	HA	10	5	25		174	870	8,70	0,617	5,37	
7	HA	10	7	25		114	798	7,98	0,617	4,92	

N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
8	HA	10	7	25		114	798	7,98	0,617	4,92
9	HA	10	10	25		214	2 140	21,40	0,617	13,20
10	HA	10	10	25		162	1 620	16,20	0,617	10,00
11	HA	8	20	25		110	2 200	22,00	0,394	8,67
12	HA	10	18	1/m2		93	1 674	16,74	0,617	10,33
13	HA	10	8	25		174	1 392	13,92	0,617	8,59
14	HA	10	14	25		62	868	8,68	0,617	5,36
Armature totale pour de dalot (Kg)										102,38



COUPE A—A



MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES
MINISTÈRE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGÉNIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

PLAN DE COFFRAGE
DALOT 1*150*120

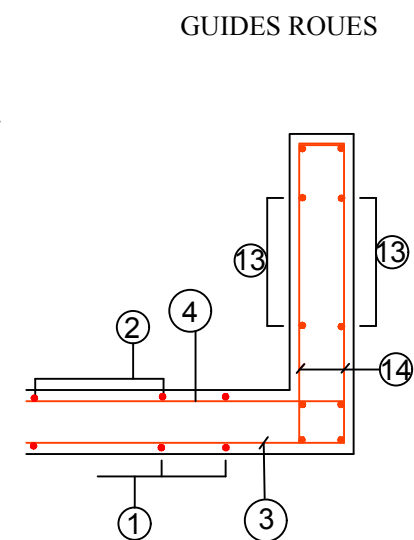
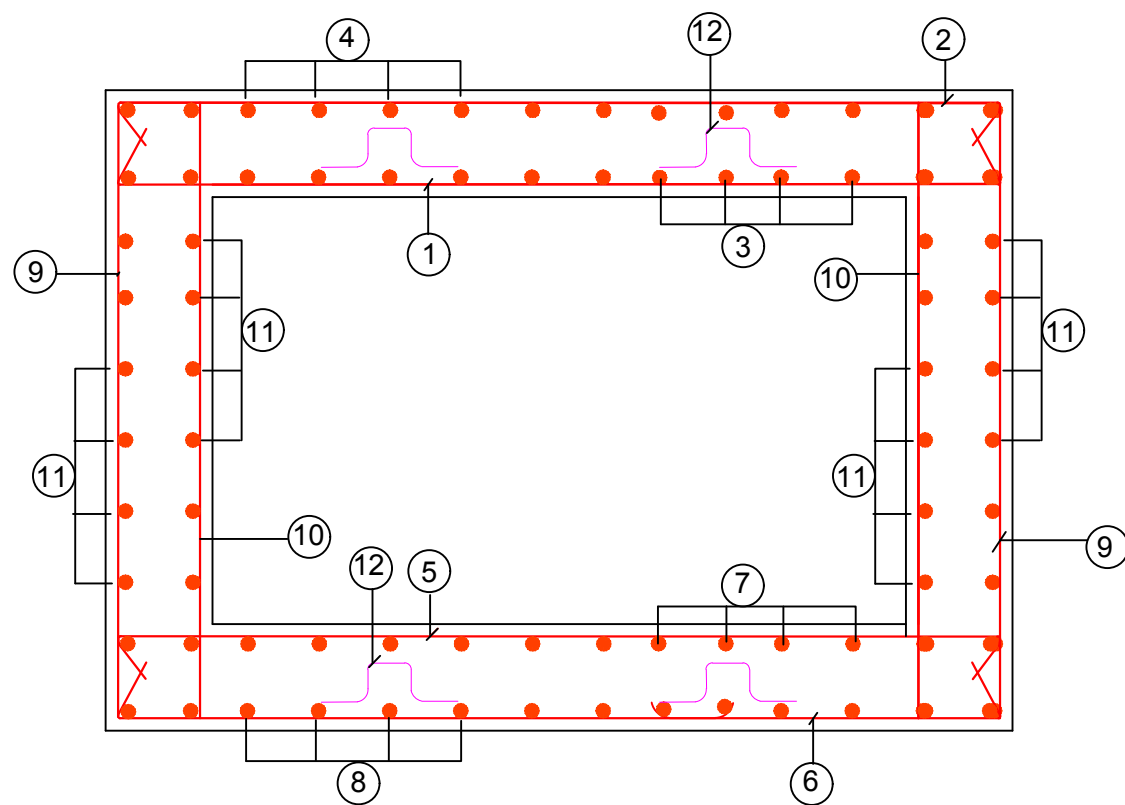
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

Date : Décembre 2020

Echelle : 1/80

Plan N°

Planche : 1/2



Paramètres du DALOT

Section (N x B x H)	N	B	H							
	1	150	120							
Epaisseur Tablier =	25	cm	Hauteur Guides roues =	40	cm	BETON =	B25			
Epaisseur Piedroit =	25	cm	Epaisseur Guides roues =	25	cm	ACIER =	HA Fe400			
Epaisseur Radier =	25	cm	Longueur Guides roues =	200	cm	Enrobage	3	cm		
Longueur du Corps =	100	cm								

ARMATURES DU DALOT

N°	Diam. (mm)	Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	12	6	12/194/12	218	1 308	13,08	0,888	11,62
2	HA	10	6	10/194/10	214	1 284	12,84	0,617	7,92
3	HA	10	9	10/94/10	114	1 026	10,26	0,617	6,33
4	HA	10	9	10/94/10	114	1 026	10,26	0,617	6,33
5	HA	12	5	12/194/12	218	1 090	10,90	0,888	9,68
6	HA	10	5	10/194/10	214	1 070	10,70	0,617	6,60
7	HA	10	9	10/94/10	114	1 026	10,26	0,617	6,33

N°	Diam. (mm)	Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	12	6	12/194/12	218	1 308	13,08	0,888	11,62
2	HA	10	6	10/194/10	214	1 284	12,84	0,617	7,92
3	HA	10	9	10/94/10	114	1 026	10,26	0,617	6,33
4	HA	10	9	10/94/10	114	1 026	10,26	0,617	6,33
5	HA	12	5	12/194/12	218	1 090	10,90	0,888	9,68
6	HA	10	5	10/194/10	214	1 070	10,70	0,617	6,60
7	HA	10	9	10/94/10	114	1 026	10,26	0,617	6,33
N°	Diam. (mm)	Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)



MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES
MINISTÈRE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGENIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

PLAN DE FERRAILLAGE
DALOT 1*150*120

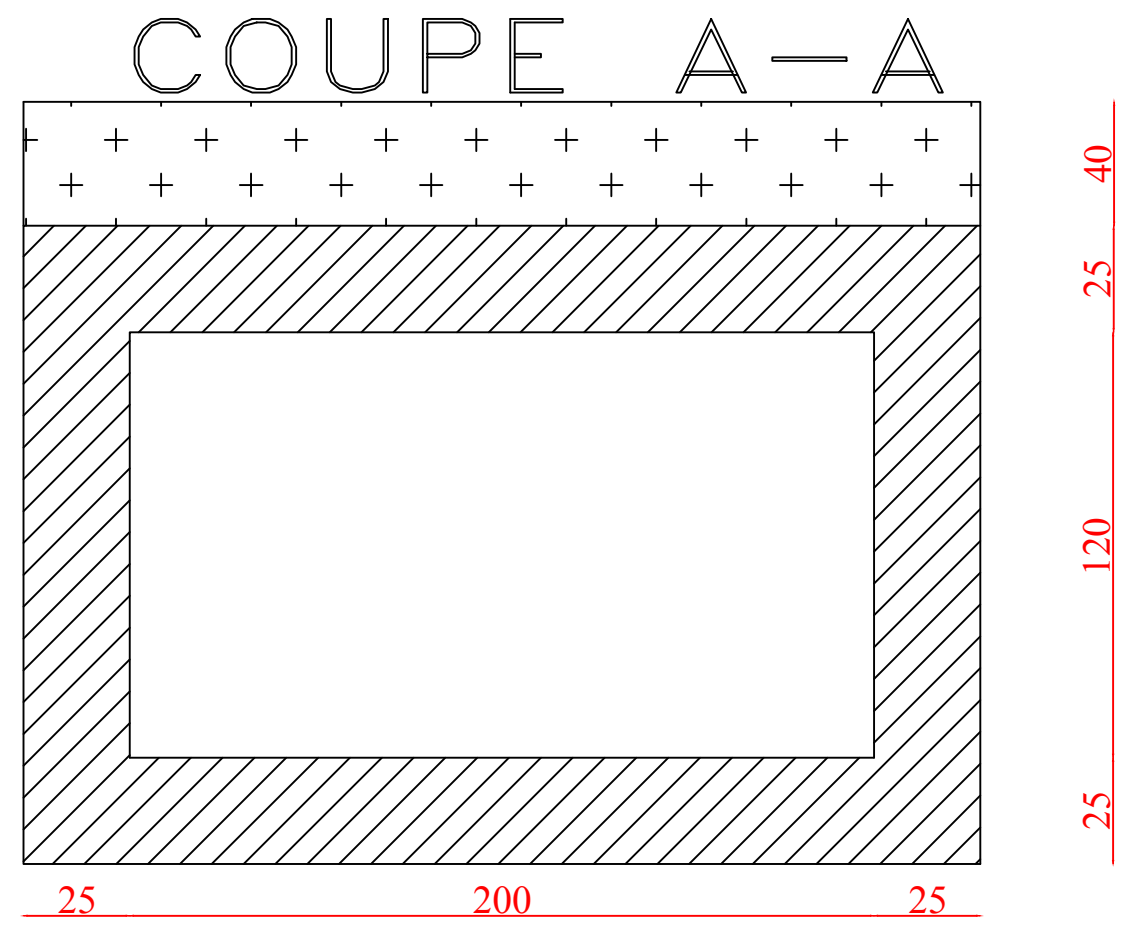
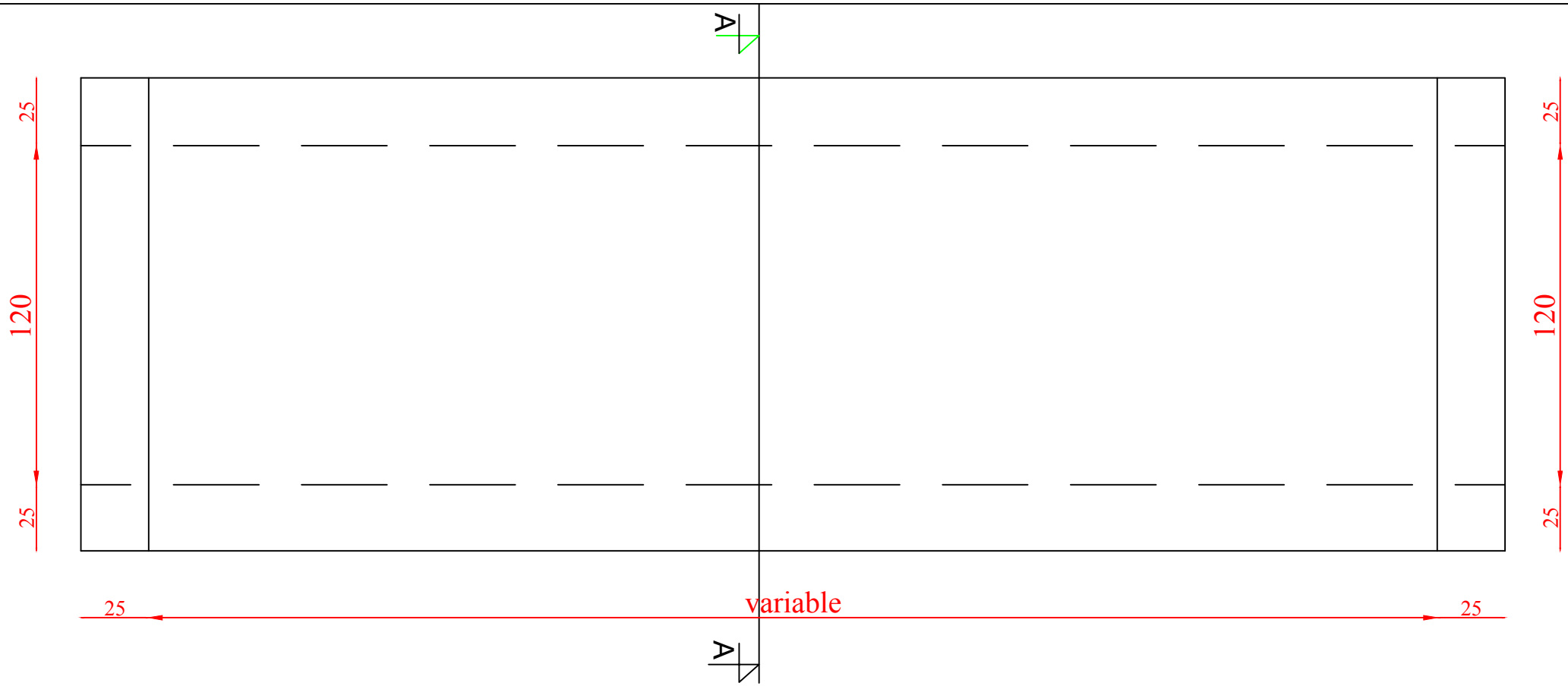
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

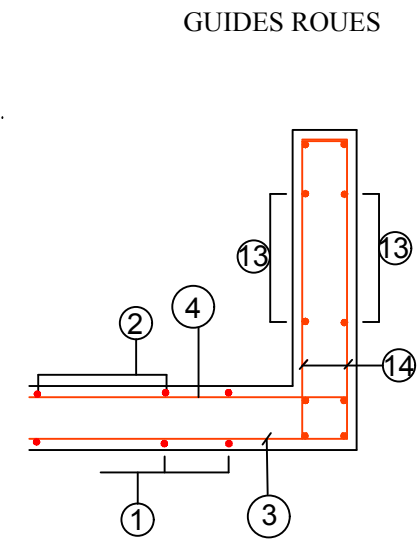
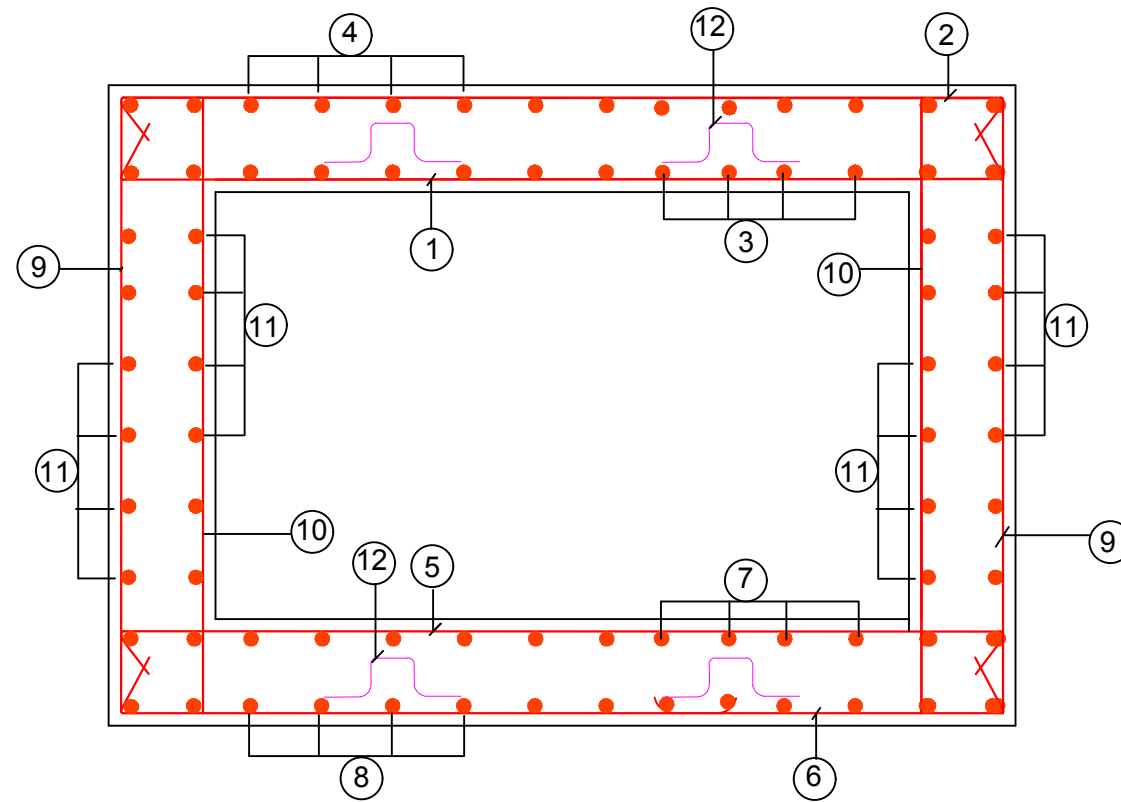
Date : Décembre 2020

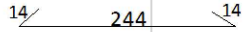
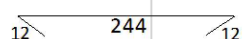
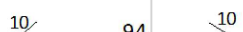
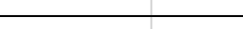
Echelle : 1/80

Plan N°

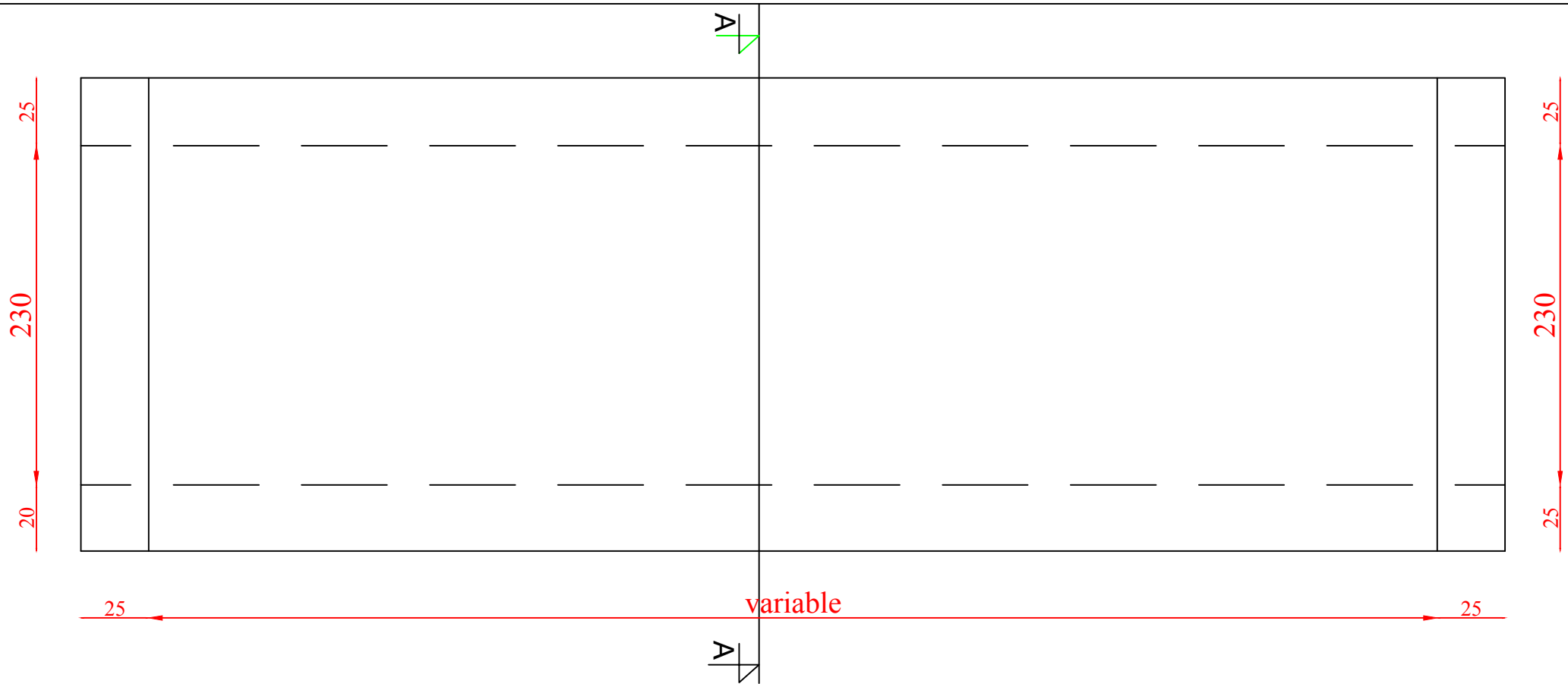
Planche : 2/2



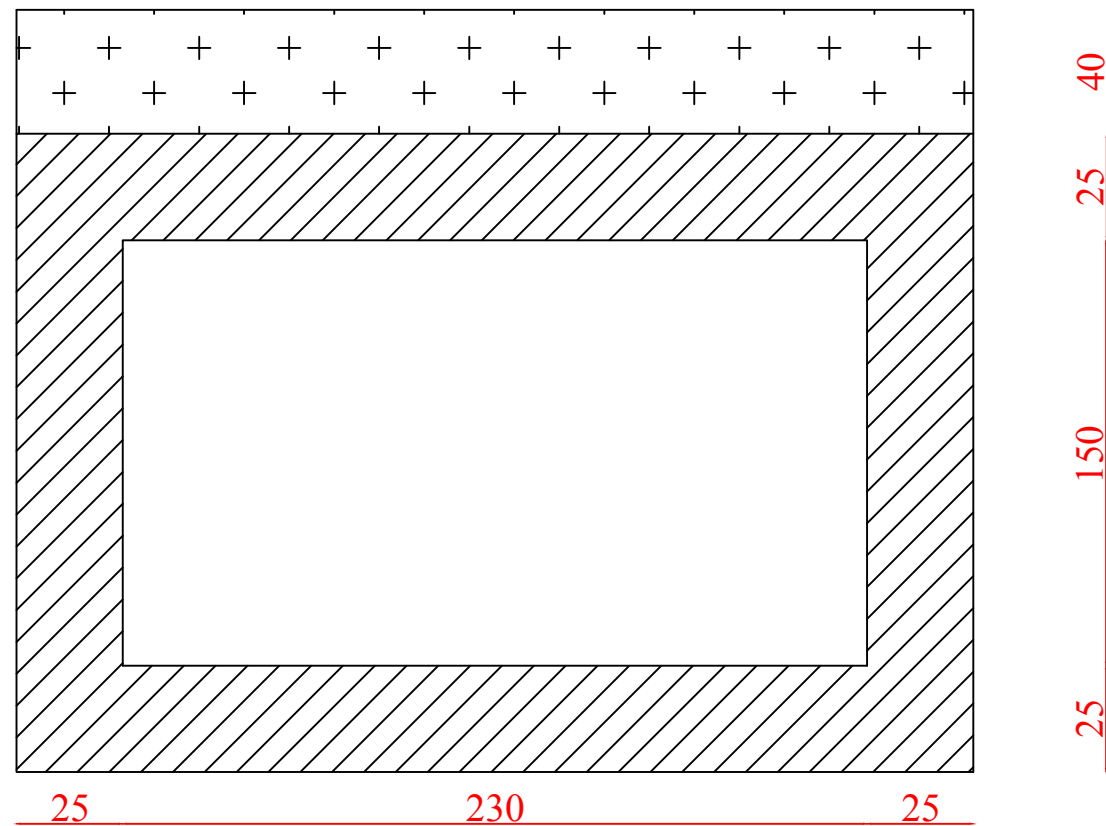


Paramètres du DALOT										
Section (N x B x H)	N	B	H							
	1	200	120							
Epaisseur Tablier =	25	cm	Hauteur Guides roues =	40	cm	BETON =	B25			
Epaisseur Piédroit =	25	cm	Epaisseur Guides roues =	25	cm	ACIER =	HA Fe400			
Epaisseur Radier =	25	cm	Longueur Guides roues =	250	cm	Enrobage	3	cm		
Longueur du Corps =	100	cm								
ARMATURES DU DALOT										
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	14	5	20		272	1 360	13,60	1,209	16,44
2	HA	12	5	20		268	1 340	13,40	0,888	11,90
3	HA	10	13	20		114	1 482	14,82	0,617	9,14
4	HA	10	13	20		114	1 482	14,82	0,617	9,14
5	HA	12	6	20		268	1 608	16,08	0,888	14,28
6	HA	10	6	20		264	1 584	15,84	0,617	9,77
7	HA	10	10	25		114	1 140	11,40	0,617	7,03

N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
8	HA	10	10	25		114	1 140	11,40	0,617	7,03
9	HA	12	10	25		264	2 640	26,40	0,888	23,44
10	HA	10	10	25		202	2 020	20,20	0,617	12,46
11	HA	10	20	25		114	2 280	22,80	0,617	14,07
12	HA	10	20	1/m2		103	2 060	20,60	0,617	12,71
13	HA	10	8	25		264	2 112	21,12	0,617	13,03
14	HA	10	20	25		72	1 440	14,40	0,617	8,88
Armature totale pour de dalot (Kg)										169,35



COUPE A-A



MINISTERE DES INFRASTRUCTURES
MINISTERE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGENIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

PLAN DE COFFRAGE
DALOT 1*230*150

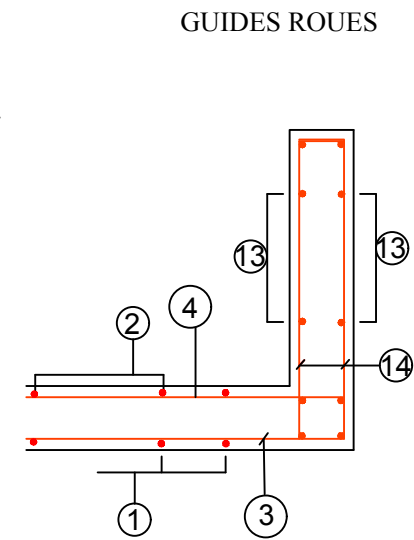
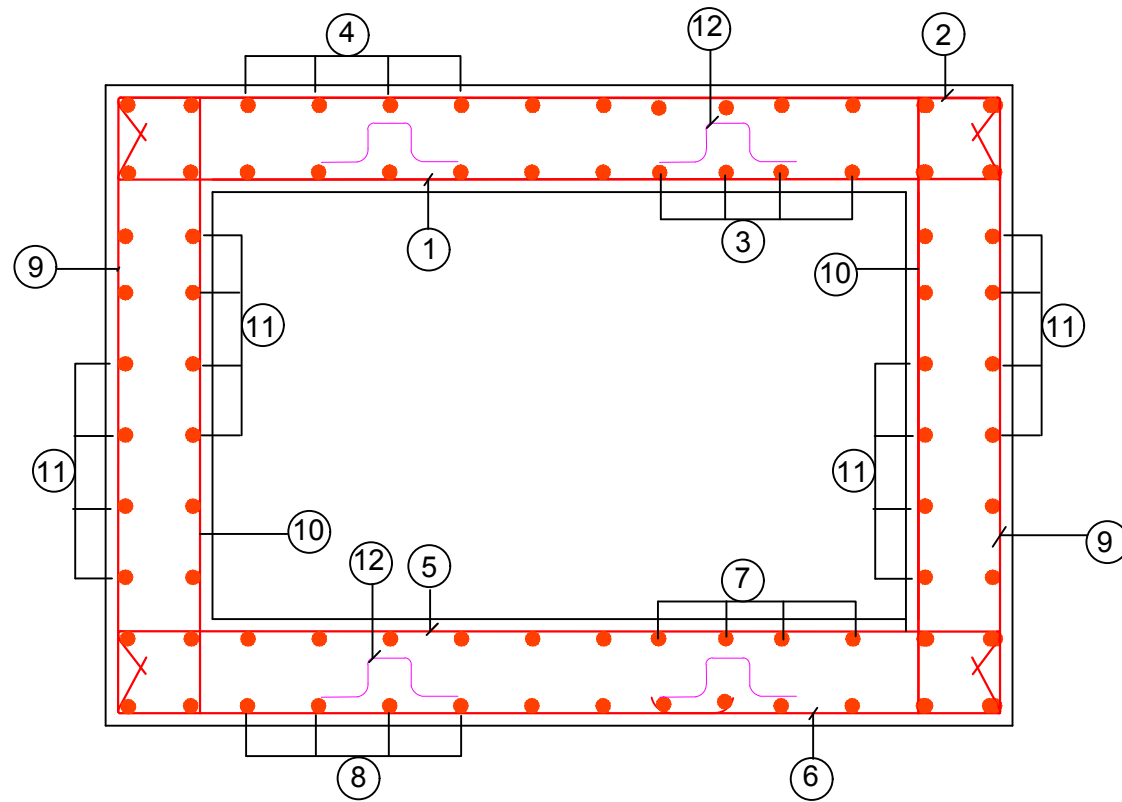
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

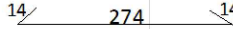
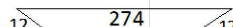
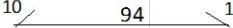
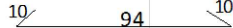
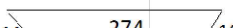
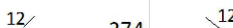
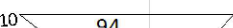
Date : Décembre 2020

Echelle : 1/80

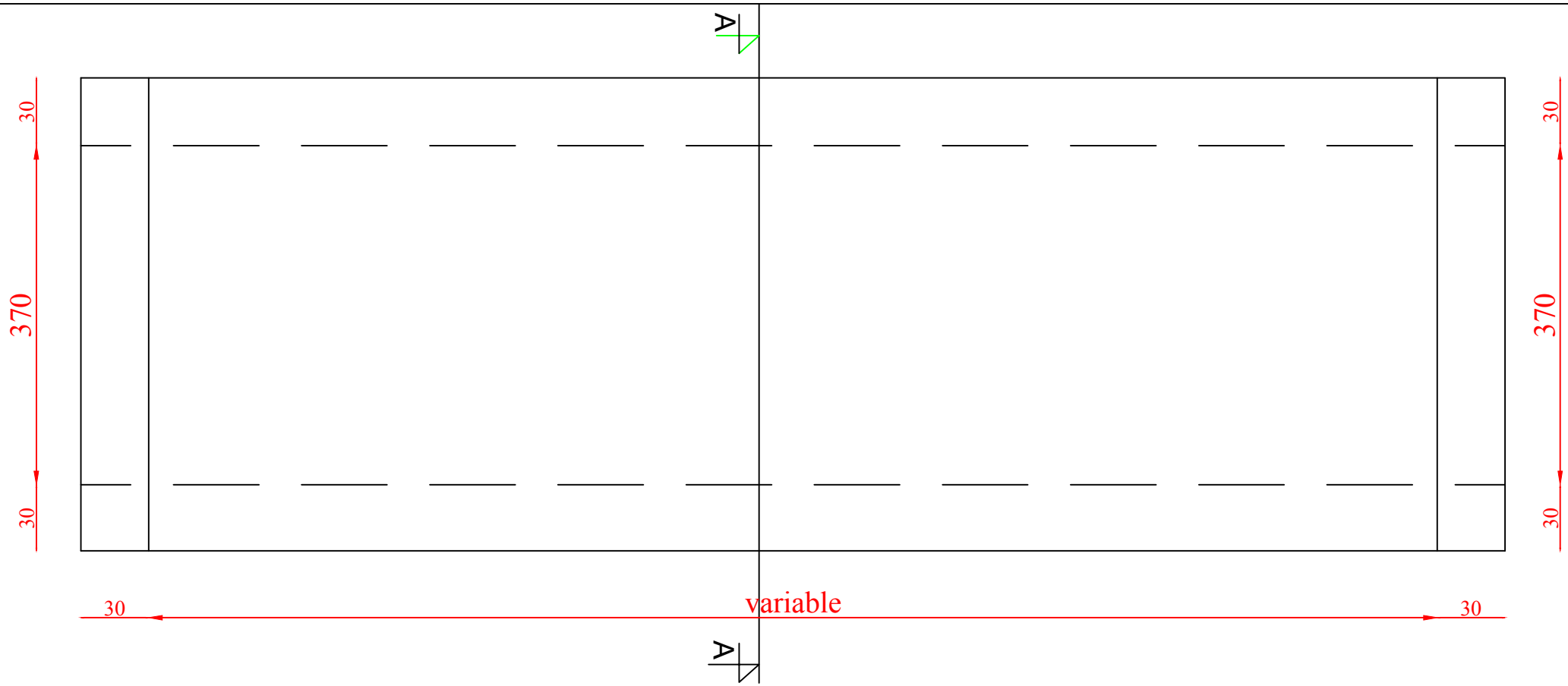
Plan N°

Planche : 1/2

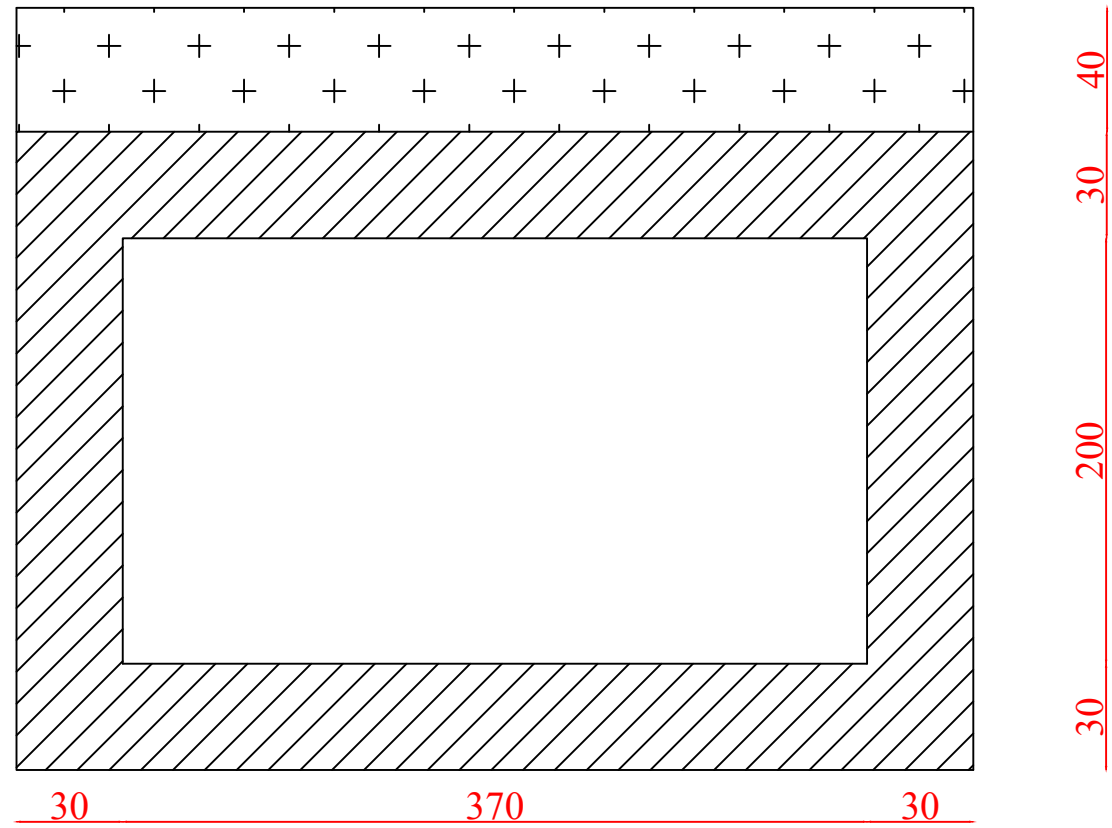


Paramètres du DALOT												
Section (N x B x H)	N	B	H									
	<u>1</u>	<u>230</u>	<u>150</u>									
Epaisseur Tablier =	25	cm	Hauteur Guides roues =	40	cm	BETON =	B25					
Epaisseur Piédroit =	25	cm	Epaisseur Guides roues =	25	cm	ACIER =	HA Fe400					
Epaisseur Radier =	25	cm	Longueur Guides roues =	280	cm	Enrobage	3	cm				
Longueur du Corps	100	cm										
ARMATURES DU DALOT												
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)		
1	HA	14	7	15		302	2 114	21,14	1,209	25,56		
2	HA	12	7	15		298	2 086	20,86	0,888	18,52		
3	HA	10	14	20		114	1 596	15,96	0,617	9,85		
4	HA	10	14	20		114	1 596	15,96	0,617	9,85		
5	HA	14	5	20		302	1 510	15,10	1,209	18,26		
6	HA	12	5	20		298	1 490	14,90	0,888	13,23		
7	HA	10	14	20		114	1 596	15,96	0,617	9,85		

N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
8	HA	10	14	20	10 \ 94 / 10	114	1 596	15,96	0,617	9,85
9	HA	12	10	25	194 \ 50 / 50	294	2 940	29,40	0,888	26,11
10	HA	10	10	25	194 \ 19 / 19	232	2 320	23,20	0,617	14,31
11	HA	10	28	25	10 \ 94 / 10	114	3 192	31,92	0,617	19,69
12	HA	10	20	1/m2	25 \ 20 \ 19 \ 20	103	2 060	20,60	0,617	12,71
13	HA	10	8	25	10 \ 274 / 10	294	2 352	23,52	0,617	14,51
14	HA	10	24	25	19 \ 34	72	1 728	17,28	0,617	10,66
Armature totale pour de dalot (Kg)										212,96



COUPE A-A



MINISTERE DES INFRASTRUCTURES
MINISTERE DE L'HABITAT ET
DE L'URBANISME



INSTITUT INTERNATIONAL
D'INGENIERIE DE L'EAU ET
DE L'ENVIRONNEMENT
Rue de la science 01 BP 594
Ouagadougou - Burkina Faso



TECHNI-CONSULT
05 BP 6161 Ouagadougou
Burkina Faso

ETUDES POUR LES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE
4 KM DE VOIRIE DANS LA VILLE DE
BOBO - DIOULASSO

PLAN DE COFFRAGE
DALOT 1*370*200

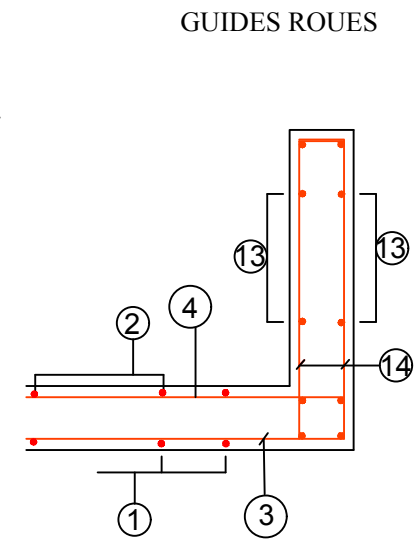
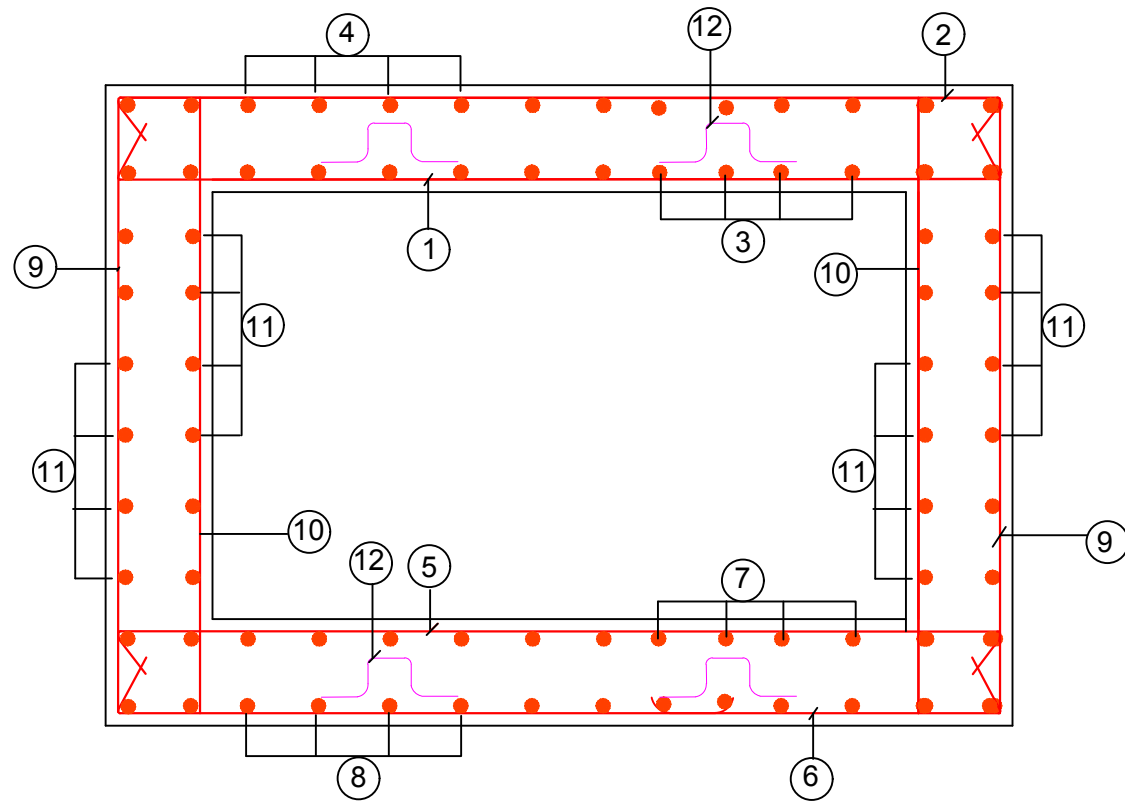
Nelie Alida MANEGUEU
Elève Ingénieure Master 2
Génie Civil /Route et Ouvrage d'Art

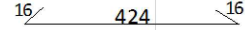
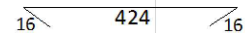
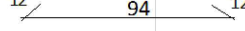
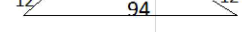
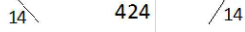
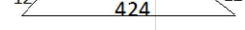
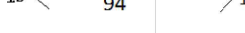
Date : Décembre 2020

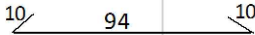
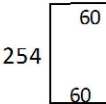
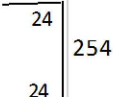
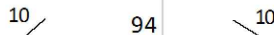
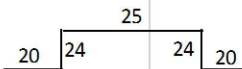
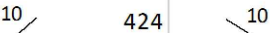
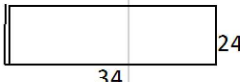
Echelle : 1/80

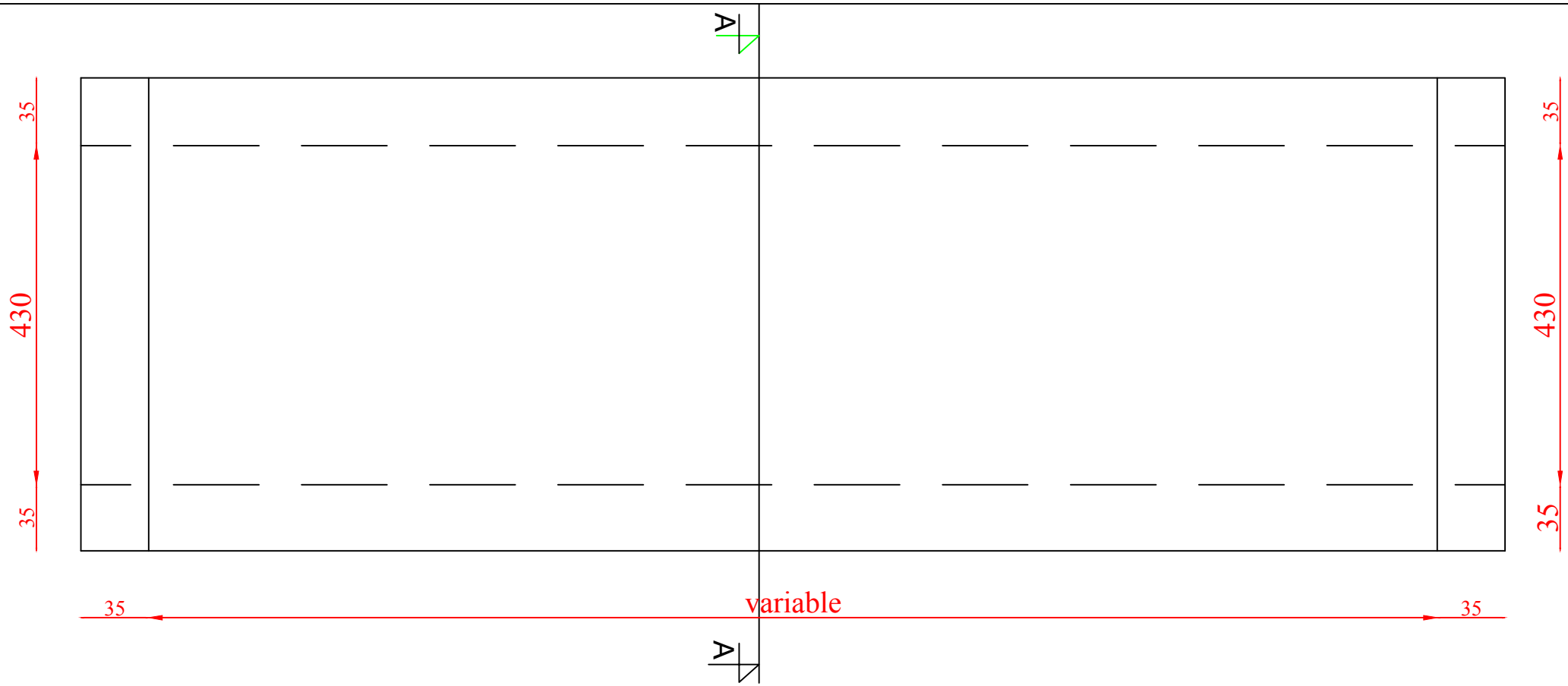
Plan N°

Planche : 1/2

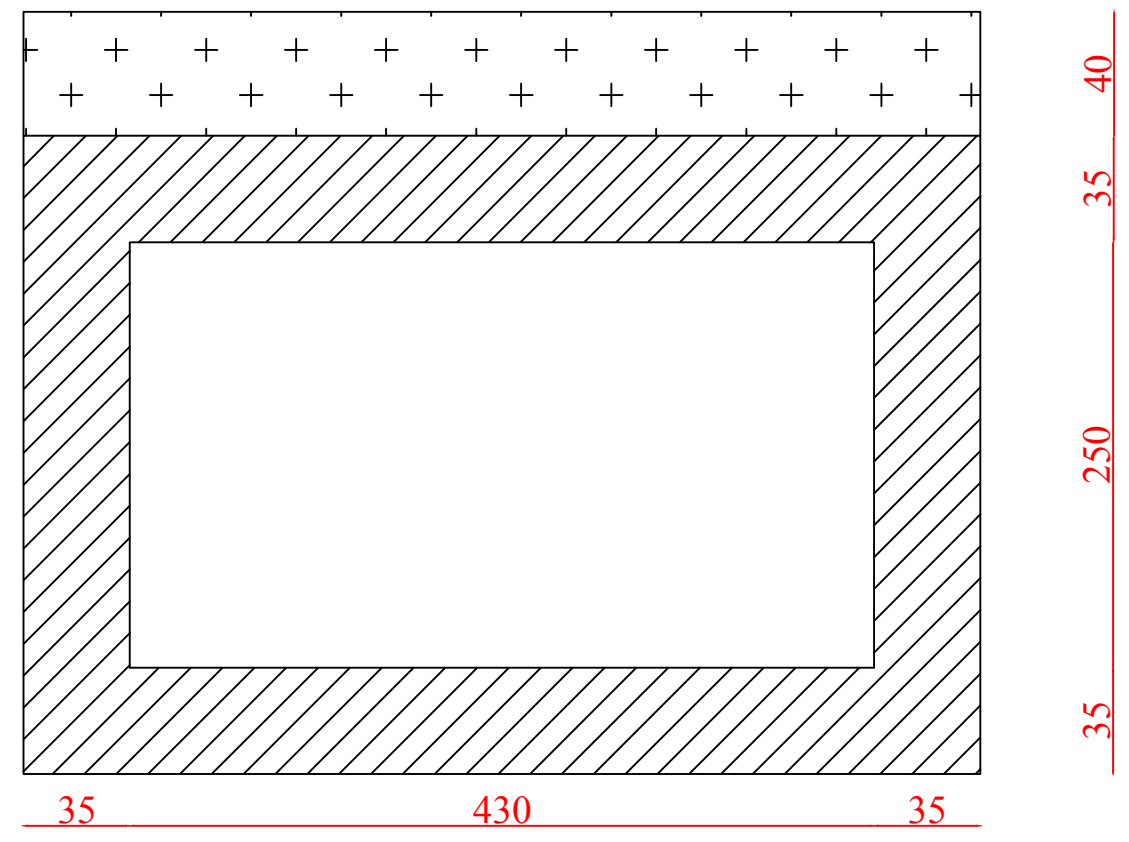


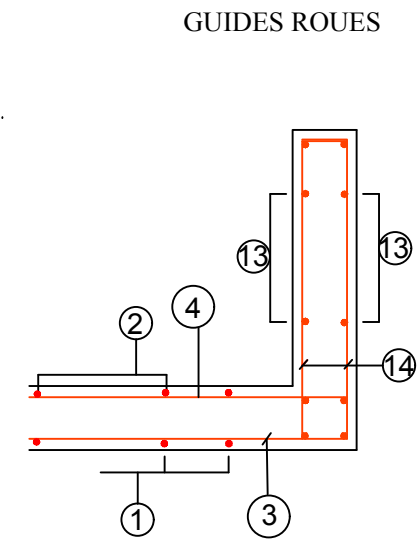
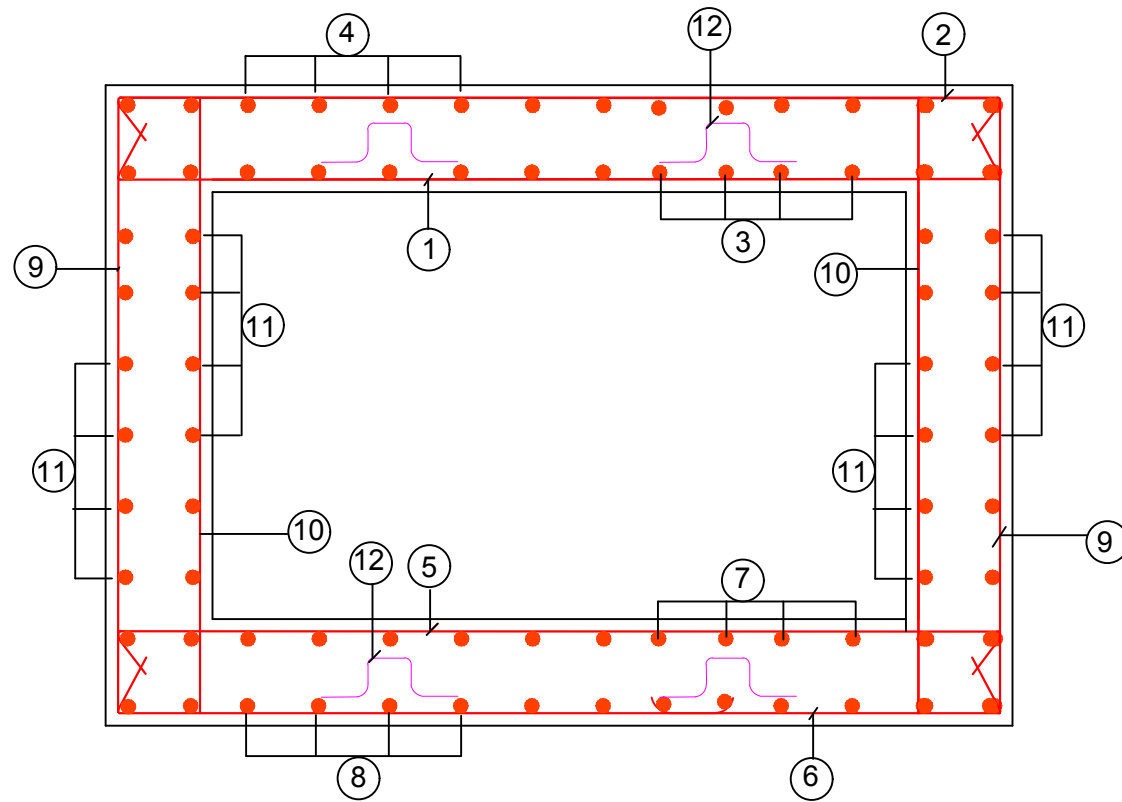
Paramètres du DALOT										
Section (N x B x H)	N	B	H							
	<u>1</u>	<u>370</u>	<u>200</u>							
Epaisseur Tablier =	30	cm	Hauteur Guides roues =	40	cm	BETON =	B25			
Epaisseur Piédroit =	30	cm	Epaisseur Guides roues =	30	cm	ACIER =	HA Fe400			
Epaisseur Radier =	30	cm	Longueur Guides roues =	430	cm	Enrobage	3	cm		
Longueur du Corps	100	cm								
ARMATURES DU DALOT										
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	16	8	12		456	3 648	36,48	1,580	57,64
2	HA	16	8	12		456	3 648	36,48	1,580	57,64
3	HA	12	21	20		118	2 478	24,78	0,888	22,00
4	HA	12	21	20		118	2 478	24,78	0,888	22,00
5	HA	14	7	15		452	3 164	31,64	1,209	38,25
6	HA	12	7	15		448	3 136	31,36	0,888	27,85
7	HA	10	21	20		114	2 394	23,94	0,617	14,77

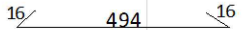
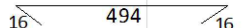
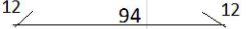
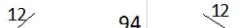
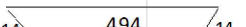
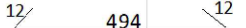
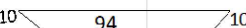
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
8	HA	10	21	20		114	2 394	23,94	0,617	14,77
9	HA	14	10	20		374	3 740	37,40	1,209	45,22
10	HA	12	10	20		302	3 020	30,20	0,888	26,82
11	HA	10	40	20		114	4 560	45,60	0,617	28,14
12	HA	12	24	1/m2		113	2 712	27,12	0,617	16,73
13	HA	10	8	25		444	3 552	35,52	0,617	21,92
14	HA	10	34	25		82	2 788	27,88	0,617	17,20
Armature totale pour de dalot (Kg)										410,95



COUPE A-A





Paramètres du DALOT										
Section (N x B x H)	N	B	H							
	1	430	250							
Epaisseur Tablier =	35	cm	Hauteur Guides roues =	40	cm	BETON =	B25			
Epaisseur Piédroit =	35	cm	Epaisseur Guides roues =	35	cm	ACIER =	HA Fe400			
Epaisseur Radier =	35	cm	Longueur Guides roues =	500	cm	Enrobage	3	cm		
Longueur du Corps =	100	cm								
ARMATURES DU DALOT										
N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
1	HA	16	9	10		526	4 734	47,34	1,580	74,80
2	HA	16	9	10		526	4 734	47,34	1,580	74,80
3	HA	12	24	20		118	2 832	28,32	0,888	25,15
4	HA	12	24	20		118	2 832	28,32	0,888	25,15
5	HA	14	7	15		522	3 654	36,54	1,209	44,18
6	HA	12	7	15		518	3 626	36,26	0,888	32,20
7	HA	10	25	20		114	2 850	28,50	0,617	17,58

N°	Diam. (mm)		Nombre	Esp. (cm)	Forme	Long/Unité (cm)	Long. Total (cm)	Long. Total (m)	Poids/Unité (Kg/m)	Poids Total (Kg)
8	HA	10	25	20		114	2 850	28,50	0,617	17,58
9	HA	14	14	15		434	6 076	60,76	1,209	73,46
10	HA	12	14	15		372	5 208	52,08	0,888	46,25
11	HA	10	52	20		114	5 928	59,28	0,617	36,58
12	HA	12	24	1/m2		123	2 952	29,52	0,888	26,21
13	HA	10	8	25		514	4 112	41,12	0,617	25,37
14	HA	10	40	25		92	3 680	36,80	0,617	22,71
Armature totale pour dalot (Kg)										542,01