



**ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE POUR LA REHABILITATION
DES VOIRIES DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU : CAS DES
AVENUES YENNENGA ET MOGHO (Burkina Faso)**

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

SPECIALITE : GENIE CIVIL BÂTIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS (GC-BTP)

Présenté et soutenu publiquement le 22 janvier 2025 par

Ornela KUATE POLA (N° 20210439)

Encadreur 2iE : Dr Marie Thérèse, Maître-Assistant(CAMES), Enseignant-chercheur, Département
Génie civil, Institut 2iE

Maître de stage : ING, Garba HAMA, Chef Service Génie Civil et Transports GTAH INGENIEURS
CONSEILS

Structure d'accueil du stage: Génie Civil-Transport Aménagement Hydraulique (GTAH
INGENIEURS CONSEILS)

Jury d'évaluation du stage :

Président :

Membres et correcteurs : Dr Babakar LEYE
M.Issa MADOUGOU
M.Sidiki KABRE

Promotion [2024-2025]

DEDICACE

A Dieu le Père Tout-Puissant, pour sa guidance, sa protection et sa grâce infinie. A mon père, ma maman et mes frères, pour leur amour inébranlable, leur soutien constant et leurs prières. Vous êtes ma force et ma source d'inspiration. Cette œuvre est le fruit de votre amour, de vos sacrifices et de vos encouragements. Vous avez toujours cru en moi et c'est grâce à vous que j'ai trouvé la force de poursuivre mes rêves. Ce mémoire est dédié à chacun de vous avec toute ma gratitude et mon amour.

REMERCIEMENT

Je voudrais profiter du présent mémoire pour adresser mes remerciements :

- A toute l'administration et à tout le corps professoral de l'Institut 2iE pour tous les efforts qu'ils ont consentis pour nous assurer une bonne formation.
- A monsieur HEMA Césaire, chef de département de génie civil option BTP de l'Institut 2iE.
- Au Dr Marie Thérèse Marame GOMIS/MBENGUE pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité.
- A M.HAMA GARBA, mon maitre de stage pour sa disponibilité et son encadrement,
- A monsieur Moubarak BATOULIME, pour sa disponibilité et son apport intellectuel, ses encouragements, ses connaissances pour la rédaction du présent mémoire.
- A monsieur KEITA ABDRAHAMANE, Directeur Général de l'entreprise GTAHA Ingénieurs conseils.
- A tout le personnel de l'entreprise GTAHA Ingénieurs conseils Développement pour leur accueil au sein de leur structure.
- A tout le personnel de l'entreprise GTAHA Ingénieurs conseils Développement pour leur accueil au sein de leur structure.
- A mes frères, sœurs, proches pour leurs conseils, leurs prières, leurs encouragements, leur solidarité, leur bienveillance dont ils ont fait preuve durant cette période de rédaction de mémoire.

RESUME

Ce mémoire présente l'étude technique détaillée des travaux de réhabilitation des avenues Yennenga et Mogho à Ouagadougou au Burkina Faso .Le projet concerne la construction de deux axes urbains (1,5km). Les deux avenues incluent des aménagements modernes pour améliorer la mobilité urbaine et la gestion des eaux pluviales. L'avenue de Yennenga comporte deux voies de circulation avec un terre –plein central de 1 m , trottoir et caniveaux(80x80 , 100x100 , 150x150) de part et d'autre. Elle vise à fluidifier le trafic tout en garantissant la sécurité des piétons et en assurant un système de drainage efficace pour l'évacuation des eaux de pluie. L'avenue Mogho sera également composée de deux voies de circulation, du trottoir de part et d'autre, des caniveaux du côté droit. L'objectif est d'améliorer la circulation et l'assainissement tout en répondant aux besoins croissants de mobilité dans cette zone .Le projet étant en phase d'exécution et repose sur des études techniques détaillées menées avec des outils : le CEBTP qui nous a permis de faire le dimensionnement des couches de chaussée de chaque avenue ; les vérification des contraintes et des déformations ont été faites avec Alizé. Puisque ce sont des voiries, les études hydrauliques et hydrologiques nous ont permis de dimensionner les ouvrages d'assainissement. Cela a conduit à la conception des caniveaux de différentes sections 100x100cm, 150x150cm, 80x80cm grâce au logiciel Robot pour assurer un bon drainage des eaux pluviales. De plus, les dalots d'accès ont été dimensionnés grâce au logiciel Cype 2017 pour permettre un écoulement optimal de l'eau sous la chaussée, réduisant ainsi le risque d'inondation et de dégradation des infrastructures. Pour ce faire, une analyse des impacts environnementaux a été réalisée pour évaluer les effets de la construction sur l'environnement et recommander des mesures d'atténuation. Ces mesures visent à limiter les nuisances et à protéger les zones sensibles pendant les travaux, Simultanément, les devis estimatifs du projet ont permis d'évaluer les coûts globaux des travaux. Pour l'avenue Yennenga , le montant s'élève à 1 091 994 000 francs CFA hors taxe ce qui correspond à un montant de 1 352 980 566 francs CFA TTC et l'avenue Mogho , 1 115 225 430 francs CFA hors taxe , qui donne un montant de 138164308 francs CFA TTC. Ces montants couvrent l'ensemble des travaux des voiries ; d'assainissement, ainsi que les études et les équipements nécessaires. Ce projet vise à améliorer significativement les infrastructures routières de la ville ; en renforçant la mobilité et l'assainissement tout en intégrant une gestion environnementale rigoureuse. Le succès de cette initiative dépendra de sa mise en œuvre correcte, en suivant les recommandations techniques et les engagements liés aux impacts environnementaux.

Mots clés : 1-Dimensionnement de la chaussée, 2-Etudes hydrauliques et hydrologiques, 3-Impacts environnementaux, 4- Réhabilitation, 5-Screaming environnemental.

ABSTRACT

This thesis presents the detailed technical study of the rehabilitation works of Yennenga and Mogho avenues in Ouagadougou, Burkina Faso. The project concerns the construction of two urban axes (1,5km). Both avenues include modern facilities to improve urban mobility and stormwater management, Yennenga Avenue has two lanes of traffic with a central land, sidewalk and gutters on either side. It aims to improve traffic flow while guaranteeing the safety of pedestrians and ensuring an efficient drainage system for the evacuation of rainwater. Mogho Avenue will also consist of two lanes of traffic, the sidewalk on either side, and gutters on the right side. The aim is to improve traffic flow and sanitation while meeting the growing mobility needs in this area. The project is in the execution phase and is based on detailed technical studies carried out with tools: the CEBTP which allowed us to size the road layers of each avenue; the stress and strain checks were done with Alizé, Since these are roads, the hydraulic and hydrological studies have enabled us to size the sanitation structures. This led to the design of the gutters of different sections 100x100cm, 150x150cm, 80x80cm thanks to the Robot software to ensure good rainwater drainage. In addition, the Access scuppers have been sized using Cype 2017 to allow optimal water flow under the roadway, thus reducing the risk of flooding and infrastructure degradation. To do this, an environmental impact analysis was carried out to assess the effects of the construction on the environment and recommend measures mitigation. These measures aim to limit nuisance and protect sensitive areas during the works. At the same time, the project estimates made it possible to assess the overall costs of the work. For Yennenga Avenue, the amount amounts to 1 091 994 000 CFA francs excluding tax, which corresponds to an amount of 1 552 980 566 CFA francs, and Mogho Avenue, 1 115 225 430 CFA francs excluding tax, which gives an amount of 138 164 308 CFA francs TTC .These amounts cover all road works; sanitation system, as well as the necessary studies and equipment. This project aims to significantly improve the city's road infrastructure; by strengthening mobility and sanitation while integrating rigorous environmental management. The success of this initiative will depend on its correct implementation, following technical recommendations and commitments related to environmental impacts.

Keywords

1-Dimensioning of the roadway, 2-Hydraulic studies and hydrological, 3-Environmental impacts, 4-Rehabilitation, 5-Environmental Screaming.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ARP : Aménagement des Routes Principales

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

BB : Béton Bitumineux

BCEOM : Bureau Central d'Etudes pour l'Outre-Mer

BV : Bassin Versant

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyen

CEBTP : Centre Expérimental de Recherche et d'Etude du Bâtiment et Travaux Publics

Cm : Centimètre

GTAH : Génie Civil-Transport Aménagement Hydraulique

HA : Haute Adhérence

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et des Chaussées

M : Mètres

MPa : Méga Pascal

PK : Point Kilométrique

SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

TPC : Terre-Plein Central

TDR : Termes De Références

TABLE DE MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENT	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	v
TABLE DE MATIERES	vi
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xi
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET	2
I.1. Présentation de la structure d'accueil	2
I.2. Présentation du projet	3
I.2.1. Localisation du projet	3
I.2.2. Milieu biophysique	4
I.2.3. Contexte justificatif du projet	5
I.2.4. Objectifs de l'étude	5
I.3. Méthodologie et matériel de l'étude	6
I.3.1. Etude géométrique de la route	6
I.3.2. Etudes hydrologique et hydraulique	6
I.3.3. Dimensionnement structural de la chaussée	6
I.3.4. Signalisation routière	6
I.3.5. Notice d'impact environnementale	7
I.3.6. Matériels utilisés	7
I.4. Etat des lieux	7
I.4.1. La voirie	7
I.4.2. L'assainissement	8
I.4.3. Les réseaux divers	9
CHAPITRE 2 : ETUDES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	11
II.1. Etude hydrologique	11

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE POUR LA REHABILITATION DES VOIRIES DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU :
CAS DES AVENUES YENNENGA ET MOGHO (Burkina Faso)

II.1.1.	Avenue Yennenga	11
II.1.1.1.	Délimitation des bassins versants	11
II.1.2.	Avenue MOGHO	14
II.1.2.1.	Délimitation des bassins versants	14
II.2.	Etude hydraulique	15
II.2.1.	Diagnostic des ouvrages hydrauliques existants.....	15
II.2.2.	Dimensionnement hydraulique des ouvrages hydrauliques.....	16
II.2.3.	Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques.....	20
CHAPITRE 3 : ETUDE STRUCTUALE DE LA CHAUSSEE		39
III.1.	Avenue YENNENGA	39
III.1.1.	Estimation du trafic	39
III.1.2.	Etude du sol support.....	40
III.1.3.	Dimensionnement selon le CEBTP	43
III.2.	Avenue MOGHO	45
III.2.1.	Estimation du trafic	45
III.2.2.	Etude du sol en place.....	46
III.2.3.	Dimensionnement selon le CEBTP	48
CHAPITRE 4 : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE ET SIGNALISATION ET SECURITE ROUTIERE.....		52
IV.1.	Géométrie de la route	52
IV.1.1.	Tracé en plan	52
IV.1.2.	Tracé du profil en travers	53
IV.1.3.	Tracé du profil en long	54
IV.1.3.1.	Coordination du tracé en plan et du profil en long.....	55
IV.2.	Signalisation routière	56
IV.2.1.	Signalisation verticale	56
IV.2.2.	Signalisation horizontale	57
IV.2.3.	Eclairage public.....	59
IV.2.4.	Autres équipements	59
CHAPITRE 5: NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE, SOCIALE ET ETUDE FINANCIERE.....		61

V.1. Notice d'impact environnementale et sociale.....	61
V.1.1. Screening environnemental et choix de la catégorie du projet.....	61
V.1.2. Elaboration du plan de gestion des risques.....	66
V.1.3. Elaboration du plan de suivi.....	69
V.2. Etude financière.....	71
V.2.1. Avant-métré.....	71
V.2.2. Devis estimatif.....	72
CONCLUSION.....	74
BIBLIOGRAPHIE.....	75
ANNEXES.....	77

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet.....	4
Figure 2 : Canal (exutoire principal bouché).....	9
Figure 3 : Réseaux divers	9
Figure 4 : Poteaux électriques et constructions existantes.....	10
Figure 5 : Délimitation des bassins versants.....	14
Figure 6 : Délimitation des bassins versants par Global Mapper	15
Figure 7 : Modèle des parois et du radier	26
Figure 8 : Parois enveloppe du moment suivant M_{xx} à l'ELU	27
Figure 9 : Parois enveloppe du moment suivant M_{yy} à l'ELU	27
Figure 10 : A L'ELS	29
Figure 11 : Radier enveloppe du moment suivant M_{xx} à l'ELU	32
Figure 12 : A l'ELS	33
Figure 13 : Radier enveloppe des moments suivant M_{yy} à l'ELU.....	33
Figure 14 : A l'ELS	34
Figure 15 : Caractéristiques géotechniques des sondages	41
Figure 16 : Dimensionnement selon le CEBTP.....	43
Figure 17 : Vérification des contraintes et déformation sur Alizé.....	45
Figure 18 : Caractéristiques géotechniques des sondages	47
Figure 19 : Caractéristiques géotechniques des sols.....	48
Figure 20 : Classes de portance des sols.....	48
Figure 21 : Dimensionnement selon le CEBTP.....	49
Figure 22 : Vérification des contraintes avec Alizé.....	51
Figure 23 : Profil en travers type de l'avenue Yennenga	54
Figure 24 : Profil en travers type de l'avenue Mogho	54
Figure 25 : Panneaux de danger de type A	56
Figure 26 : Les panneaux de type B	56
Figure 27 : Panneaux d'intersection de type AB	57
Figure 28 : Panneaux d'indication et de direction de type D et E	57
Figure 29 : Lignes de types T1 et T2.....	58
Figure 30 : Panneau STOP	58
Figure 31 : Lampadaires	59
Figure 32 : Bordure T2	60
Figure 33 : Bordure de type CS2	60

Figure 34	Le calcul des parois et du radier est effectué suivant le modèle suivant.....	117
Figure 35	ELU	117
Figure 36	ELS.....	119
Figure 37	ELU	119
Figure 38	ELS.....	120
Figure 39	:ELU	126
Figure 40	ELS.....	127
Figure 41	:ELU	128
Figure 42	ELS.....	128

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants.....	11
Tableau 2 : Tableau des formules des bassins versants en parallèle et en série	12
Tableau 3 : Assemblage des bassins versants en parallèle	12
Tableau 4 : Assemblage des bassins versants en série	13
Tableau 5 : Caractéristiques des bassins versants de Mogho	15
Tableau 6 : Détermination des sections des caniveaux retenus	19
Tableau 7 : Récapitulatif des sollicitations du radier.....	34
Tableau 8 : Sections des armatures.....	37
Tableau 9 : Classe de trafic (CEBTP, Guide pratique de dimensionnement des chaussées, 1984)[3]	40
Tableau 10 : Sondages des avenues.....	40
Tableau 11 : Caractéristiques géotechniques des sols	42
Tableau 12 : Structure de la chaussée.....	44
Tableau 13 : Valeurs admissibles des déformations et des contraintes	44
Tableau 14 : Vérification des déformations et des contraintes.....	45
Tableau 15 : Classe de trafic (CEBTP, Guide pratique de dimensionnement des chaussées, 1984)[3]	46
Tableau 16 : Sondages des avenues.....	46
Tableau 17 : Structure de chaussée.....	49
Tableau 18 : Récapitulatif des résultats obtenus.....	50
Tableau 19 : Valeurs limites du tracé en plan.....	52
Tableau 20 : Valeurs limites du profil en long	55
Tableau 21 : Panneaux de signalisation.....	58
Tableau 22 : Plan de gestion des risques	66
Tableau 23 : plan de suivi.....	69
Tableau 24 : Récapitulatif du devis estimatif de l'avenue Yennenga	72
Tableau 25 : Récapitulatif du devis estimatif de l'avenue Mogho	72
Tableau 26 : Récapitulatif des sollicitations.....	121
Tableau 27 Récapitulatif des sollicitations du radier.....	129
Tableau 28 Récapitulatif des sollicitations du radier.....	132

INTRODUCTION GENERALE

La réhabilitation des voiries représente un défi majeur pour les villes en développement, notamment dans le cadre d'une urbanisation rapide. A Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, la croissance démographique et l'extension urbaine ont conduit à une pression accrue sur les voiries entraînant leur dégradation progressive. Cette détérioration a des conséquences sur la circulation, la sécurité des usagers et la qualité de vie des habitants. Dans ce contexte, la réhabilitation des routes devient une priorité pour améliorer les conditions de transport et soutenir le développement économique et social de la ville. Ce mémoire s'intéresse à l'étude technique pour la réhabilitation des voiries en prenant pour cas d'étude : l'avenue Yennenga et l'avenue Mogho. Ces deux artères essentielles au réseau de transport urbain relient des zones densément peuplées et traversent des secteurs à forte activité économique. Toutefois, elles sont confrontées à des sérieux problèmes de dégradation tels que l'apparition de fissures, nids-de-poule et d'une usure générale. Une intervention technique s'avère donc nécessaire pour garantir leur fonctionnalité à long terme. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les conditions techniques des deux avenues et de proposer des solutions adaptées pour leur réhabilitation. Cette analyse portera sur plusieurs aspects : l'état des infrastructures actuelles, les matériaux les mieux adaptés aux spécificités géotechniques et climatiques de la région. Ainsi, ce mémoire vise à répondre à plusieurs questions fondamentales : quelles sont les causes de la dégradation de ces voiries ? Quels matériaux sont les plus appropriés pour leur réhabilitation ? Comment optimiser les coûts tout en assurant la durabilité des infrastructures rénovées, dans le respect des contraintes ? Pour répondre à ces questions, la méthodologie repose sur des investigations sur le terrain, des analyses techniques détaillées. Cette recherche s'inscrit dans une démarche de développement durable, visant à améliorer la qualité des infrastructures routières de Ouagadougou tout en tenant compte des enjeux économiques, écologiques et sociaux de la ville.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET

Dans ce cadre de ce premier chapitre, nous allons présenter la structure d'accueil ainsi que le projet qui y est mis en place, La structure d'accueil en question est un organisme dédié à mener les travaux de construction et elle a pour mission 'accompagner les personnes, offrir des services spécifiques. Quant au projet, il s'inscrit dans cette dynamique et vise plusieurs objectifs. Ce dernier a été conçu pour répondre à des besoins spécifiques identifiés au sein de la structure et se décline à travers différentes étapes. Dans ce chapitre, nous détaillerons ainsi les missions de la structure, les objectifs du projet, ainsi que les moyens mis en œuvre pour atteindre ces objectifs, tout en soulignant l'impact attendu sur le public ciblé.

I.1. Présentation de la structure d'accueil

Pour mener à bien cette étude, le stagiaire a eu l'opportunité d'intégrer l'entreprise GTAH INGENIEURS CONSEILS, qui lui a permis de mettre en pratique mes connaissances tout en travaillant sur un projet avec les données réelles provenant du terrain. Dans ce chapitre, la structure d'accueil sera présentée ensuite, une étude détaillée du travail réalisé sera déclinée en précisant sa situation, le contexte, ainsi que les objectifs visés pour son achèvement.[1]

a. Historique

Créée en 1988 à Ouagadougou au Burkina Faso, la société GTAHH a été transformée en SARL en 1995. Après plus de 25 ans d'activité, elle a pris une dimension internationale en Afrique, avec des implantations au Mali, au Niger au Tchad en cours d'établissement et au Togo. Face à une forte concentration d'activités dans cette région. GTAH Group, holding des différentes sociétés GTAH, a été fondée en 2011.

b. Coordonnées

- Adresse : Patte d'oie, Rue 15,330, Portes 51
- Téléphone : +226 25 38 83 12
- Fax : +226 25 39 77 23
- Boite postale : 01 BP 4814 Ouagadougou 01
- Email : gtah@fasonet.com

c. Domaine d'activité

GTAH INGENIEURS CONSEILS, est un bureau d'études spécialisé en ingénierie et en organisation, Il intervient dans les secteurs suivants :

- Bâtiments et génie civil ;
- Infrastructures de transport et de voirie et réseau divers ;
- Développement urbain ;
- Aménagement rural ;
- Aménagement hydroagricole et foncier ;
- Hydraulique fluvial ;
- Energies hydraulique, nouvelle et renouvelable.

d. Responsabilités

GTAH assure les responsabilités suivantes :

- Ingénierie ;
- Coordination, incluant la gestion, la direction et le contrôle des chantiers ;
- Organisation et assistance technique, avec la planification et le suivi des différentes interventions ;
- Planification aux niveaux sectoriels et régionaux ;
- Réalisation d'étude de faisabilités ;
- Animation, formation et diffusion es information ;
- Etudes spécialisées : topographie, pédologie, géotechnique, hydrologie, géologie, agro-climatologie, agronomie, économie, sociologie, études de marche ;
- Education ;
- Communication.

I.2.Présentation du projet

I.2.1. Localisation du projet

L'avenue Yennenga est l'une des principales artères du centre-ville de Ouagadougou d'où son nom .Elle a été une des premières bitumées et sa dernière réhabilitation remonte à plus de vingt ans .Ces dernières années certaines rues du centre-ville ont connu des travaux de resurfaçage et pas l'avenue yennenga: le grand marché de Ouagadougou ,la grande mosquée de Ouagadougou, de nombreuses boutiques ,le marché central de colas, des supermarchés . Pour réparer cette injustice la communauté musulmane envisage lancer des travaux de réhabilitation du tronçon carrefour Houari Boumediene et carrefour de la Nation long 700 ml. L'avenue MOGHO prend

son origine sur l'avenue Bassawarga et prend fin au croisement de la grande mosquée sur une longueur de 800ml. La figure ci-après montre la localisation de la zone d'étude :

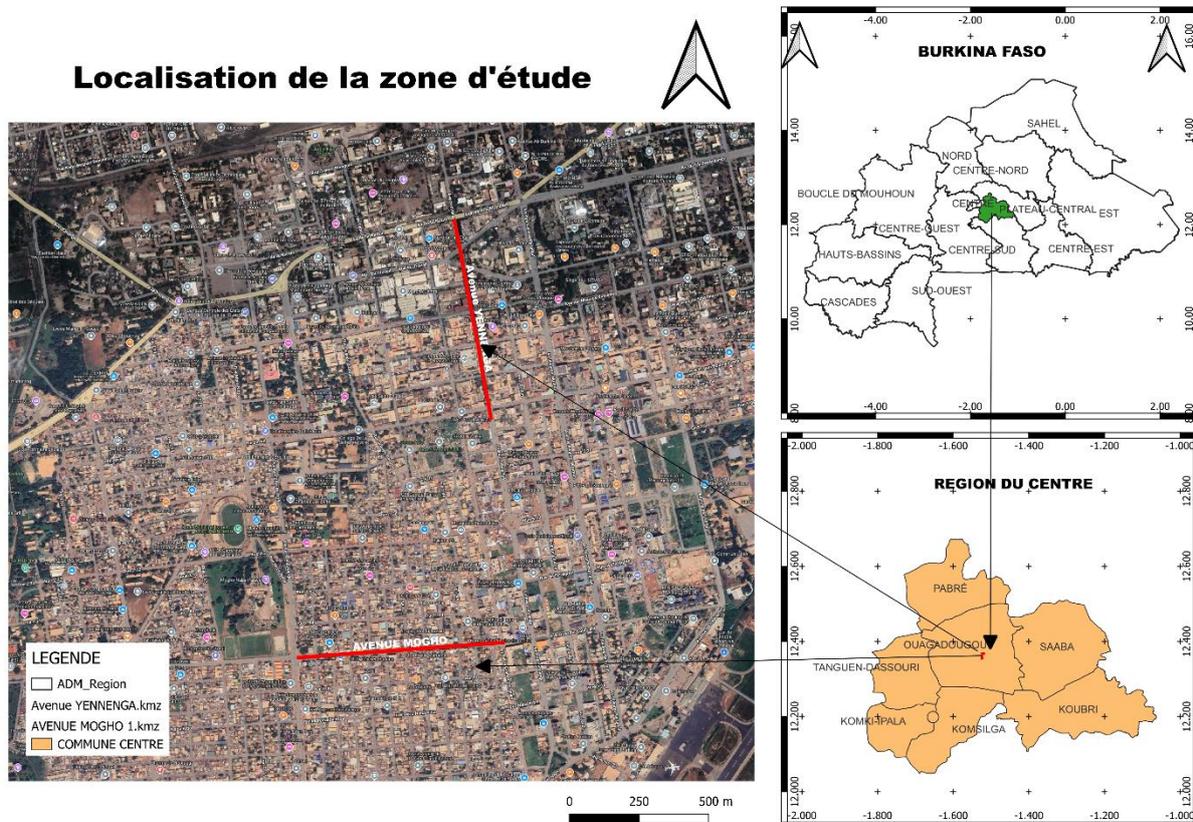


Figure 1 : Localisation du projet

I.2.2. Milieu biophysique

- Climat

La région de Ouagadougou appartient à la zone climatique de type sahélien, humide caractérisée par deux flux d'air : l'harmattan, vent chaud et sec le jour, frais la nuit, de direction nord-est à sud-ouest, provenant des hautes pressions sahariennes ; la mousson, humide, de direction sud-ouest à nord-est, provenant des basses pressions océaniques, qui amène les nuages de la saison pluvieuse.

Ces deux types de vents déterminent un régime bi-saisonnier très contrasté : une saison sèche d'une durée d'environ 8 mois (octobre à mai), une saison pluvieuse d'une durée d'environ 4 mois (juin à septembre) précédée et suivie d'orages. Le maximum mensuel des pluies est atteint en août.

- Pluviométrie

Ouagadougou est arrosée par environ 500 à 900 mm d'eau dans l'année. Ces précipitations sont concentrées sur une seule saison de pluies et sont caractérisées par de fortes intensités et de courtes durées. Ces précipitations sont mesurées par la station synoptique de Ouagadougou (Ouagadougou aérodrome) dont les caractéristiques sont :

- Longitude : 1°31'Ouest ;
- Latitude : 12°21'Nord ;
- Altitude : 304 m.

I.2.3. Contexte justificatif du projet

Afin d'améliorer le confort de l'avenue Yennenga, les travaux de surfacage ont été entrepris par la commune de Ouagadougou. Ces travaux auront pour but de résorber les dégradations et atténuer les facteurs qui participent à ces dégradations. En plus des travaux de surfacage, il est important d'aménager un assainissement approprié afin d'interrompre les dégradations causées par les inondations de la chaussée due à l'inadéquation entre le système d'assainissement existant et les débits à évacuer.

La présente étude porte sur une étude hydrologique et hydraulique de la zone d'influence de l'avenue yennenga, afin de déterminer les sections des caniveaux et des dalots d'accès à proposer sur toute la longueur de la rue.

Après une visite détaillée du site, nous avons dans cette étude, traité des questions : Examiner le dispositif de drainage existant : vérification des débits évacuables, de l'état de fonctionnement ou des dégradations des ouvrages existants ; Déterminer les débits au niveau des exutoires des bassins versants concernés et proposer par la même occasion de nouveaux ouvrages éventuels à construire.

I.2.4. Objectifs de l'étude

✓ Objectif général

L'objectif est de concevoir et de dimensionner une chaussée durable, économique et performante, capable de supporter les charges de trafic prévues et de résister aux conditions environnementales locales tout en assurant la sécurité et le confort des usagers.

✓ Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques sont présentés comme suit :

- Faire une étude hydraulique et hydrologique;

- Dimensionner la chaussée et des ouvrages hydrauliques ;
- Faire une étude géométrique de la route et signalisation routière ;
- Faire une notice d'impact environnemental, social et étude financière.

I.3. Méthodologie et matériel de l'étude

Pour atteindre ces objectifs, l'analyse des études suivantes doit être faite :

I.3.1. Etude géométrique de la route

L'étude géométrique nous permettra de concevoir les différents tracés grâce aux logiciels Covadis et Autocad:

- Tracé en plan : projection de l'axe de la voie sur le plan horizontal ;
- Tracé du profil en travers : projection de l'axe de la voie sur le plan vertical ;
- Tracé du profil en long : projection de la voie sur le plan vertical qui est perpendiculaire à l'axe de la voie.

I.3.2. Etudes hydrologique et hydraulique

Les études de synthèse et d'évaluation ont pour but de :

- Délimiter des bassins versants à partir du logiciel Global Mapper

Déterminer les débits de projet par deux méthodes qui dépendent des superficies des bassins versants

- Faire le dimensionnement hydraulique des ouvrages hydrauliques avec Excel;
- Faire le dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques avec Autocad;
- Dessiner les plans de ferrailage des ouvrages à refaire avec Autocad.

I.3.3. Dimensionnement structural de la chaussée

Pour le dimensionnement structural de la chaussée nous procéderons de la façon suivante :

- Estimation du trafic (TDR) ;
- L'identification du sol en place(LNBTP) ;
- Vérification des contraintes admissibles de déformation avec les résultats obtenus par ALIZE LCPC.

I.3.4. Signalisation routière

Pour assurer la sécurité nous nous articulerons autour des points suivants :

- Signalisation verticale : elle sert à informer, réguler et orienter les usagers de la route afin d'assurer la sécurité, la fluidité du trafic et le respect des règles de circulation,
- Signalisation horizontale : Contrairement à la signalisation verticale qui utilise des panneaux et autres dispositifs fixés en hauteur, la signalisation horizontale est visible au sol.

I.3.5. Notice d'impact environnementale

La notice d'impact environnementale sera axée autour des points suivants :

- Impacts positifs, négatifs, et mesures d'atténuation;
- Elaboration du plan de gestion des risques ;
- Elaboration du plan de suivi.

I.3.6. Matériels utilisés

- Identification des impacts du projet sur l'environnement et des mesures d'atténuation et/ou de bonification;
- Elaboration du plan de gestion des risques ;
- Elaboration d'un plan de suivi.

Comme outil de traitements de données nous avons :

- Pour la rédaction, les calculs, les tableaux récapitulatifs : Microsoft Word et Excel ;
- Tracé géométrique et plans : Covadis et AutoCAD ;
- Vérification de la chaussée: Alizée-LCPC ;
- Délimitation des bassins versants : Global Mapper ;
- Localisation et tracé des tronçons : Google Earth ;
- Références : Zotero ;
- Dimensionnement du dalot : Cype 2017 ;
- Dimensionnement des caniveaux : Robot ;
- Localisation du projet : Qgis.

I.4. Etat des lieux

Le site des avenues se trouve au centre-ville d'Ouagadougou.

I.4.1. La voirie

- L'avenue Yennenga

Il prend son origine sur l'avenue de la Nation et prend fin au croisement avec l'avenue Ouari Boumediene sur une longueur totale de 700 m avec une largeur 12m pour la chaussée. L'avenue Yennenga a une emprise de 21m de large en moyenne et croise plusieurs rues dont les principales sont l'avenue Patrice LUMUMBA et la rue de la PALESTINE .La voie est occupée de part et d'autre des boutiques de commerce et elle traverse deux zones cruciales à savoir la gare des taxis et la zone de la grande mosquée. La chaussée est fortement dégradée avec l'apparition des fissures nid de poule, affaissement, orniérage .Certaines sections de la chaussée sont dénudées et on note sur la voie une stagnation des eaux pluviales. Cependant la chaussée présentant visuellement des comportements de surface satisfaisants du PK0+400 à la fin du projet PK0+700 qui fera l'objet de mesures de déflexion. Malgré sa dégradation, le tronçon reçoit un trafic important aux heures de pointe.

- L'avenue MOGHO

Il prend son origine sur l'avenue Bassawarga et prend fin au croisement avec l'avenue de la grande mosquée sur une longueur de 800m avec une largeur de 8,00 m pour la chaussée, L'avenue Mogho a une emprise de 15 m de large en moyenne et croise plusieurs rues. La voie est occupée de part et d'autre par des boutiques de commerce. La chaussée est fortement dégradée avec l'apparition de fissures, de nid de poule, d'affaissement, déformation orniérage, .Certaines sections de la chaussée sont dénudées et on note sur la voie une stagnation des eaux pluviales, Du PK0+000 à la fin du projet PK0+200 qui fera l'objet de mesures de déflexion, Malgré sa dégradation, le tronçon reçoit un trafic important aux heures de pointe.

I.4.2. L'assainissement

- L'avenue Yennenga

Il existe des caniveaux de chaque côté sur environ 700 m, dont les 150 premiers mètres sont entièrement enterrés.

- L'avenue Mogho

Il existe un canal bouché du côté droit de l'avenue.



Figure 2 : Canal (exutoire principal bouché)

I.4.3. Les réseaux divers

L'ensemble des réseaux SONABEL, ONEA, ONATEL, MOOV, ORANGE sont présents sur le terrain,

- On y trouve des conduites en fonte de diamètre 400 et 600 se trouvant pratiquement à l'axe des avenues à une profondeur moyenne de 0,8 m.



Figure 3 : Réseaux divers

- Les poteaux du réseau SONABEL se trouvent sur l'emprise des voies projetées et ces poteaux servent aussi bien pour l'éclairage public que pour l'alimentation en électricité des riverains, il y'a aussi les traversées souterraines,

Du fait que les rues sont situées dans l'un des premiers quartiers d'Ouagadougou, des réseaux souterrains imprévus à prévoir, Les limites de l'emprise du site du projet sont clairement définies par les constructions existantes et les bornes du lotissement.



Figure 4 : Poteaux électriques et constructions existantes

La structure en tant qu'entité joue un rôle essentiel dans l'accompagnement des stagiaires, le projet quant à lui s'inscrit pleinement dans cette démarche en visant à répondre à des besoins spécifiques identifiés au sein de la communauté. Grâce à des actions ciblées et des moyens adaptés, ce projet cherche à atteindre des objectifs clairs avec l'ambition de produire un impact durable. Cette première partie a ainsi permis de poser les bases nécessaires à une compréhension approfondie des enjeux et des perspectives de ce projet qui seront développés et approfondis dans les chapitres suivants.

CHAPITRE 2 : ETUDES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

Ces études visent à évaluer les impacts des précipitations sur la voirie, en identifiant les besoins en matière d'écoulement des eaux, de gestions des risques d'inondation et de préservation de l'intégrité des infrastructures routières. Elles prennent en compte différents facteurs tels que : le climat, la topographie, le sol, et les caractéristiques de l'aménagement urbain pour proposer des solutions adaptées à la gestion des eaux de pluie tout en garantissant la sécurité et la durabilité des infrastructures.

II.1. Etude hydrologique

II.1.1. Avenue Yennenga

II.1.1.1. Délimitation des bassins versants

Global Mapper a été utilisé pour délimiter les bassins versants couvrant la zone et déterminer les caractéristiques des bassins versants. Après cette délimitation, nous avons eu 12 bassins versants présentés dans le Tableau 1 :

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants

BV	A (km ²)	C	L(m)	Zmax (m)	Zmin(m)	H (m)	Tc (h)	i (m/m)	I (mm/h)
BV1	0,03	0,8	109,84	309	301	8	1,92	0,073	52,55
BV2	0,01	0,8	109,77	307	301	6	2,14	0,055	49,74
BV3	0,01	0,8	102,02	306	301	5	2,11	0,049	50,09
BV4	0,01	0,8	104,5	305	302	3	2,64	0,029	44,78
BV5	0,01	0,8	86,198	308	303	5	1,74	0,058	55,19
BV6	0,01	0,8	51,041	305	302	3	1,16	0,059	67,61
BV7	0,04	0,8	91,181	308	302	6	1,73	0,066	55,34
BV8	0,02	0,8	112,67	306	302	4	2,58	0,036	45,32
BV9	0,01	0,8	48,777	307	302	5	0,90	0,103	76,57
BV10	0,01	0,8	80,193	307	303	4	1,75	0,050	55,11
BV11	0,01	0,8	109,12	305	301	4	2,49	0,037	46,16
BV12	0,01	0,8	99,51	307	303	4	2,24	0,040	48,68

Nous tenons à noter qu'il y'a les bassins versants en parallèle et en série :

	Aeq	Ceq	Ieq	Leq
Série	$\sum A_j$	$\frac{\sum C_j A_j}{\sum A_j}$	$\left[\frac{\sum L_j}{\sum \frac{L_j}{\sqrt{I_j}}} \right]^2$	$\frac{\sum L_j}{\sqrt{\sum A_j}}$
Parallèle	$\sum A_j$	$\frac{\sum C_j A_j}{\sum A_j}$	$\frac{\sum I_j Q_j}{\sum Q_j}$	$\frac{L(Q_j \max)}{\sqrt{\sum A_j}}$

Tableau 2 : Tableau des formules des bassins versants en parallèle et en série

De ce pas nous avons en fonction des exutoires les bassins versants en parallèle

EXUTOIRES	Aeq	Ceq	Ieq	Leq	Qr (m3/s)	Qc (m3/s)	Qret (m3/s)
EXUTOIRE1	0,03	0,8	52,55	694,13	0,29	0,801	0,80
EXUTOIRE2	0,01	0,8	49,74	944,05	0,15	0,341	0,34
EXUTOIRE3	0,03	0,8	49,91	1306	0,29	0,651	0,65
EXUTOIRE4	0,04	0,8	48,12	1592,2	0,42	0,885	0,88
EXUTOIRE5	0,05	0,8	49,92	172,49	0,56	2,586	2,59
EXUTOIRE6	0,0505	0,8	67,61	633,07	0,76	1,771	1,77
EXUTOIRE7	0,04	0,8	59,33	455,91	0,53	1,528	1,53
EXUTOIRE8	0,02	0,8	45,32	909,1	0,15	0,368	0,37
EXUTOIRE9	0,03	0,8	63,35	134,53	0,36	1,409	1,41
EXUTOIRE10	0,06	0,8	51,83	1639	0,68	1,55	1,55
EXUTOIRE11	0,05	0,8	49,05	1437,4	0,54	1,228	1,23
EXUTOIRE12	0,04	0,8	50,66	1092,6	0,41	0,971	0,97

Tableau 3 : Assemblage des bassins versants en parallèle

EN série nous avons ,

Série		
	Ieq	Qeq
EXUTOIRE5	49,52	0,55
EXUTOIRE6	67,61	0,76
EXUTOIRE7	59,33	0,53
EXUTOIRE8	50,27	0,66
EXUTOIRE9	52,37	0,29

Tableau 4 : Assemblage des bassins versants en série

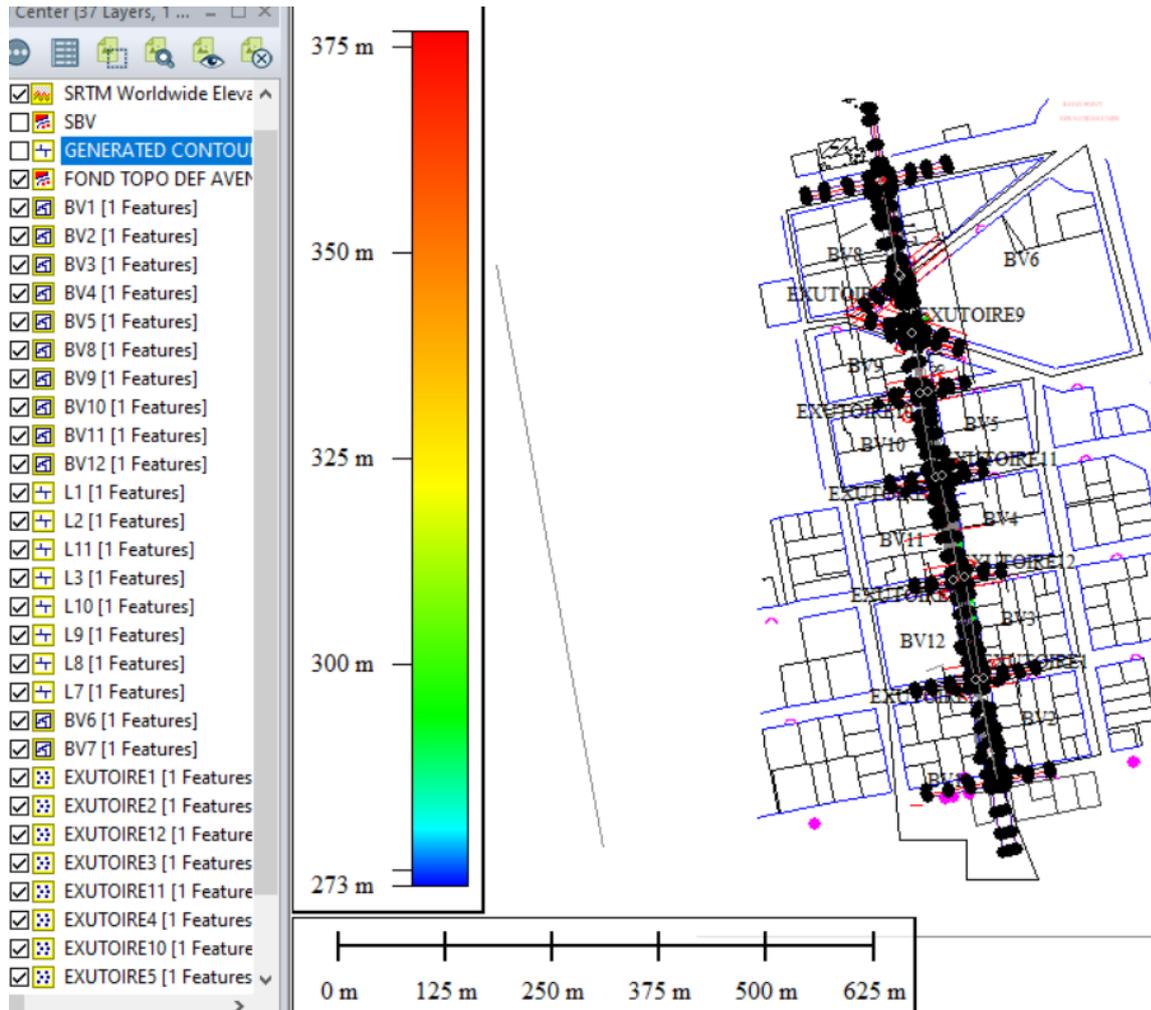


Figure 5 : Délimitation des bassins versants

II.1.2. Avenue MOGHO

II.1.2.1. Délimitation des bassins versants

A partir de la délimitation des bassins versants, il y'a eu trois bassins versants sur cette avenue.

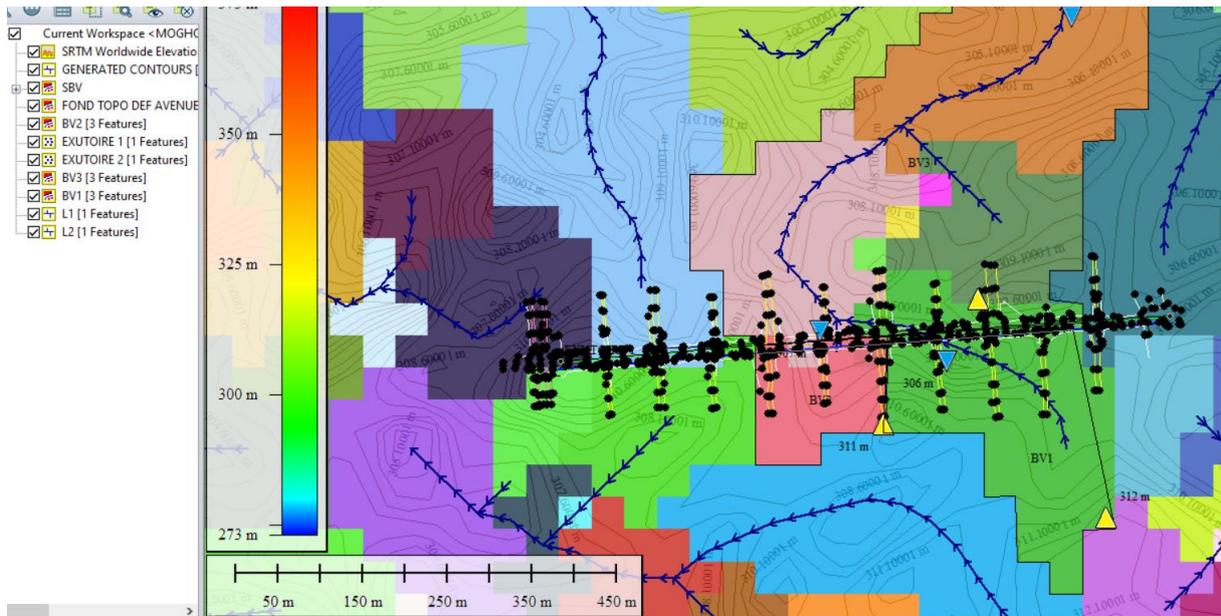


Figure 6 : Délimitation des bassins versants par Global Mapper

Le débit a été calculé par deux méthodes : méthode de Caquot et méthode rationnelle car les superficies des bassins versants sont inférieures à 4 km². Les caractéristiques de ces bassins versants sont dans le Tableau 5:

Tableau 5 : Caractéristiques des bassins versants de Mogho

BV	A(km ²)	Zmax	Zmin	L(m)	H(m)	pente	Tc (min)	I (mm/h)	a	b	C	Qr (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Qretenu
BV1	0,048	312	306	220	6	0,03	4,7607	33,371	9,4	0,5	0,8	0,3558	0,0323	0,4
BV2	0,02	311	307	156	4	0,03	3,7523	37,589	9,4	0,5	0,8	0,165	0,0116	0,2
BV3	0,155	311	304	396	7	0,02	8,8397	24,49	9,4	0,5	0,8	0,8415	0,0363	0,9

La procédure pour le dimensionnement hydraulique est la même que celle de l'avenue Yennenga sauf qu'ici les caniveaux sont de 80x80 cm seulement du côté droit.

II.2. Etude hydraulique

II.2.1. Diagnostic des ouvrages hydrauliques existants

Afin de faire la situation des ouvrages existants, une visite d'inspection a permis de vérifier l'état structural de l'assainissement existant. Cette situation a été faite suivant les étapes :

- Enquêtes riveraines sur le comportement des écoulements pluviaux ;
- Identification des ouvrages existants ;
- Vérification de la fonctionnalité hydraulique des ouvrages ;
- Evaluation de la qualité structurale des ouvrages existants,

Les investigations de terrain ont permis d'apprécier l'état des lieux des ouvrages. Les reconnaissances physiques attestent que la zone d'étude est constituée d'un relief faiblement accidenté dans son ensemble avec un réseau hydrographique moyennement dense. Divers ouvrages ont été relevés lors des investigations de terrain et il s'agit des caniveaux de section rectangulaire en béton armé ainsi que des dalots de traversée. La section des caniveaux gauche est de 40x50 et se trouve dans un état vétuste et obstrué. Les sections des caniveau à droite quant à elles sont variables mais aussi obstrués et vétustes en certaines parties. Ainsi : du Pk0 au Pk0+200 la section du caniveau existant est de 40x50 ; du Pk0+200 au Pk0+350 la section du caniveau est de 100x100 ; du Pk0+350 au Pk0+450 la section est de 150x150 ; du Pk0+350 au Pk0+500 la section est 40x50.

II.2.2. Dimensionnement hydraulique des ouvrages hydrauliques

En construction routière, le franchissement des obstacles naturels ou artificiels peut se faire à l'aide de différents types d'ouvrages d'art (pont, dalot, radier, caniveaux, buses ...). Le choix du type d'ouvrage à réaliser tient compte de plusieurs facteurs tels que la topographie terrain ; le débit à évacuer pour ce qui est des cours d'eau ; l'aspect sécurité ; les contraintes techniques ; économiques et esthétiques. L'étude hydraulique a relevé que pour le cas des dalots associés aux caniveaux (dalot d'accès), le dimensionnement de la section de ces ouvrages se fera en considérant qu'il s'agit d'une continuité du nouveau caniveau, donc avec la même formule mais avec un fruit de berge nul. Le choix du coefficient de rugosité tient également compte de la nature des parois de l'ouvrage (béton armé). Les calculs hydrauliques ont été réalisés avec la méthode de MANNING STRICKLER pour la détermination des sections des caniveaux, Dans une coupe perpendiculaire au sens de l'écoulement de l'eau, on définit les termes suivants :

Un caniveau est un ouvrage hydraulique utilisé pour collecter et évacuer les eaux de surface notamment les eaux pluviales, et les guider vers un système d'évacuation. Il est souvent situé en bordure de route, dans les rues, sur les trottoirs ou autour des bâtiments. Les caniveaux jouent un rôle essentiel dans la gestion des eaux pluviales pour éviter l'accumulation d'eau et prévenir les risques d'inondation, Ils aident également à protéger les infrastructures routières et les zones urbaines contre l'érosion et l'usure prématurée causée par l'eau. Nous avons plusieurs types de caniveaux selon la forme et le matériau : "Guide pratique de l'assainissement des eaux pluviales" (ADEME) ; NF P 98-365 : Norme française pour la conception et la mise en œuvre des caniveaux en béton,[3]

✚ Selon la forme nous avons :

- Caniveau droit ou rectangulaire : C'est la forme la plus courante et la plus simple, Il présente une section transversale rectangulaire ou trapézoïdale.
- Caniveau à fente ou caniveau en rainure : Ce type de caniveau a une forme étroite avec des fentes pour laisser passer l'eau, Il est souvent discret et ne nécessite pas de grille.
- Caniveau en V : Le caniveau en forme de "V" est une autre variante de caniveau avec une section qui ressemble à un "V" renversé, utilisé là où l'écoulement rapide de l'eau est nécessaire, notamment dans les zones rurales ou dans les champs.

✚ Selon le matériau :

- Caniveau en plastique
- Caniveau en acier galvanisé
- Caniveau en fonte
- Caniveau en granit ou en pierre naturelle
- Caniveau en béton

Dans notre cas, nous sommes en zone urbaine, donc nous allons dimensionner les caniveaux en béton en U en fonction des différentes dimensions trouvées après le dimensionnement hydraulique

- Surface mouillée : c'est l'aire occupée par l'eau dans une coupe perpendiculaire à la direction de l'eau,

$$S=h (b+mh)$$

- Périmètre mouillé : P c'est la longueur de la ligne de contact entre l'eau et les parois dans un plan perpendiculaire à la direction de l'eau,

$$P=b+2h\sqrt{1 + m^2}$$

- Rayon hydraulique : c'est le quotient S/P,
- Largeur en gueule : c'est la largeur de la surface libre dans la section mouillée l,
- Profondeur moyenne : c'est Ym le quotient S/l,
- Revanche : r =0.10m
- Vitesse : est le rapport du débit par la section mouillée $U=\frac{Q}{S}$ la vitesse calculée qu'on doit comparer à la vitesse maximale qui doit être inférieure à 3m/s ;
- Nombre de foudres : $Fr=\frac{U}{\sqrt{g*Ym}}$ avec $g=9,81m/s^2$; $\sqrt{g * Ym}$ représente la vitesse de perturbations des petites ondes.

Si Fr=1, on dit que l'écoulement est critique

Si $Fr < 1$, on dit que l'écoulement est fluvial

Si $Fr > 1$, on dit que l'écoulement torrentiel,

- Débit $Q = K_s * S * R^{2/3} * I^{1/2}$ en m^3/s avec $K_s = 67$ pour les canaux en béton armé ;
- Le fruit de berge qui est $m=0$ Car les caniveaux sont rectangulaires,

Tableau 6 : Détermination des sections des caniveaux retenus

DETERMINATION DES SECTIONS DES CANIVEAUX RETENUS																						
BV	Qret (m3/s)	m	Ks	i (m/m)	B (m)	H (m)	l (m)	P (m)	S (m2)	Rh (m)	Qcal	Vcal	Vérif,	Prof	Fr	l (cm)	b (cm)	h (cm)	r (cm)	B (cm)	H (cm)	Obs,
BV 1	0,80	0	67	0,002	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,267	0,80	1,26	ok	0,64	0,50	80	80	0,6	0,10	80	80	ok
BV 2	0,34	0	67	0,004	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,267	0,34	0,53	ok	0,64	0,21	80	80	0,6	0,10	80	80	ok
BV 3	0,65	0	67	0,001	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,27	0,65	1,02	ok	0,64	0,41	80	80	0,8	0,10	80	80	ok
BV 4	0,88	0	67	0,002	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,27	0,88	1,38	ok	0,64	0,55	80	80	1,3	0,10	80	80	ok
BV 5	2,59	0	67	0,000	1,5	1,5	1	4,5	2,25	0,5	2,59	1,15	ok	2,25	0,25	150	150	0,6	0,10	150	150	ok
BV 6	1,77	0	67	0,001	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,267	1,77	2,76	ok	0,64	1,10	100	100	0,6	0,10	100	100	ok
BV 7	1,53	0	67	0,003	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,267	0,98	1,53	ok	0,64	0,61	80	80	0,6	0,10	80	80	ok
BV 8	0,37	0	67	0,001	0,6	0,8	1	2,2	0,48	0,218	0,37	0,77	ok	0,48	0,35	80	80	0,6	0,10	80	80	ok
BV 9	1,41	0	67	0,006	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,267	1,40	2,19	ok	0,64	0,88	100	100	0,6	0,10	80	80	ok
BV 10	1,55	0	67	0,005	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,267	1,55	2,42	ok	0,64	0,964	100	100	0,6	0,10	100	100	ok
BV 11	1,23	0	67	0,001	1	1	1	3	1	0,333	1,23	1,23	ok	1	0,39	100	100	0,6	0,10	100	100	ok
BV 12	0,97	0	67	0,003	0,8	0,8	1	2,4	0,64	0,267	0,97	1,52	ok	0,64	0,61	80	80	0,6	0,10	80	80	ok

II.2.3. Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques

Le dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques consiste à déterminer les caractéristiques géométriques et matérielles des ouvrages afin qu'ils puissent supporter les charges et les contraintes auxquelles ils seront soumis au cours de leur utilisation, tout en garantissant sa stabilité et sa durabilité dans le temps.

Données de base :

Géométrie des caniveaux

Les caniveaux ont des sections 150x150cm,

Caractéristiques des matériaux

Béton

Le béton utilisé a les caractéristiques suivantes :

Hypothèses :

B25

Résistance à la compression $F_{C28} = 25 \text{ MPa}$

Résistance à la traction $F_{t28} = 0,6 + 0,06 F_{C28} = 2,1 \text{ MPa}$

Module de déformation instantanée $E_{i28} = 11000(F_{C28})^{1/3} = 33\,000 \text{ MPa}$

Module de déformation différée $E_{v28} = E_{i28} / 3 = 11\ 000\ \text{MPa}$

Masse volumique = $2,5\ \text{t} / \text{m}^3$

Coefficient de Poisson :

$\nu = 0,2$ pour le béton non fissuré

$\nu = 0,0$ pour la section fissurée

Coefficient de dilatation thermique : $\alpha = 1\ \text{E}^{-5} / ^\circ\text{C}$

$\gamma_b = 1,5$ pour les combinaisons fondamentales,

$\gamma_b = 1,15$ pour les combinaisons accidentelles

$0,85 < \theta < 1$ suivant la durée d'application des charges

Acier pour béton armé

Armatures à Haute Adhérence FeE400

Nuance $f_{eE} = 400\ \text{MPa}$

Module de Young $E = 200\ 000\ \text{MPa}$

Masse volumique $\gamma_a = 7,85\ \text{T} / \text{m}^3$

Coefficient de fissuration $\eta = 1,6$

Coefficient de scellement $\psi_s = 1,5$

$\gamma_a = 1,15$ pour les combinaisons fondamentales

$\gamma_a = 1,0$ pour les combinaisons accidentelles,

Fissuration du béton et enrobage des aciers

Pour tous les éléments de structure des dalots, la fissuration est jugée comme préjudiciable et l'enrobage minimum des aciers est $e = 3\ \text{cm}$,

Chargements en service

Charges permanentes (CP)

On distinguera celles provenant du poids propre de la structure du tablier et celles provenant du poids des équipements,

Poids propre du tablier

Le poids propre du tablier est déterminé sur la base des dessins de coffrage, Ce poids fait l'objet d'une majoration de +6% et une minoration de -4%,

Actions climatiques

Action du vent : (W)

On note W l'action du vent sur l'ouvrage, Sa pression vaut $W = 0,2 \text{ t/m}^2$ en service et $0,125 \text{ t/m}^2$ en construction, Cette action ne sera pas considérée pour le dimensionnement des ouvrages qui sont ici des dalots,

Actions dues aux effets thermiques : (T / GR)

Le coefficient de dilatation thermique du béton est pris égal à $10^{-5} \text{ m/}^\circ\text{C}$,

On distingue deux types d'effets thermiques dont les valeurs caractéristiques sont définies ci-après :

- Variations uniformes de température appliquée à l'ensemble du tablier (T)
- Gradient thermique sur la dalle

Charges d'exploitation

Charges routières sans caractère particulier (Q_r)

Les charges sur ouvrages sont celles définies dans le titre II du fascicule 61 du CCTG,

Les effets des charges routières sont à calculer avec la valeur instantanée du module de déformation du béton,

Les charges routières, à utiliser dans les calculs, sont les suivantes :

Système de charges A

Système de charges B

Système de charges A

Les ouvrages sont des ponts de première classe,

$A_1(L) = \max, [a_1 * [230 + 36000/(L + 12)]] ; (400 - 0,2L)]$ en Kg / m^2 avec :

L (m) = longueur chargée

a_1 est fonction du nombre de voies et de la classe du pont,

Les valeurs de a_1 , a_2 et $A_2(L)$ sont données, en fonction du nombre de voies chargées et de la longueur chargée dans les notes de calcul,

Système de charges B

Les charges B sont pondérées par un coefficient de majoration dynamique δ qui sera évalué dans chaque cas ci-après :

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

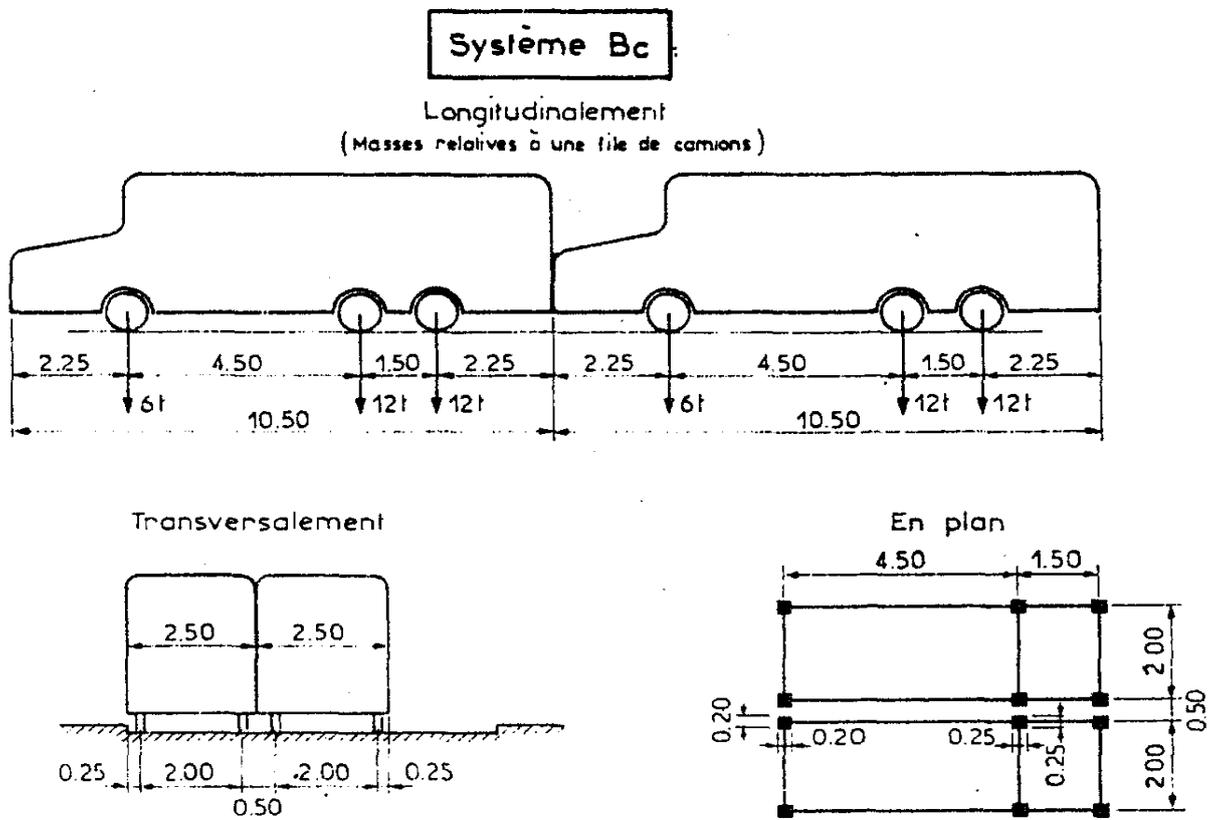
Formule dans laquelle, compte tenu des règles qui suivent, L représente la longueur de l'élément exprimée en mètres, G sa charge permanente, et S sa surcharge B maximale,

La valeur de S à introduire dans la formule est celle obtenue après multiplication par le coefficient b_c ou b_t , fonction de la classe du pont et (en ce qui concerne b_c) du nombre maximal de camions pris en compte pour le calcul du coefficient δ , suivant les règles du présent article,

Camions Bc

On peut disposer transversalement sur la chaussée autant de files de camions Bc côte à côte que la chaussée comporte de voies de circulation et longitudinalement le nombre de camions par file est limité à 2,

La masse totale d'un camion Bc = 30t



Surcharges de remblais

Surcharge verticale de chaussée derrière les parois routière = 1 t/m^2 , Le coefficient de poussée k_a sera pris égal à 0,33 pour le remblai,

Critère de justification de l'ouvrage (dalle de couverture, parois, radier)

Les calculs des sollicitations dans les différents éléments des ouvrages seront faits suivant un modèle de calculs aux éléments finis, Nous utiliserons pour tous les calculs la version 2010 du logiciel Autodesk Robot Structural Analysis,

Les sections seront justifiées aux états limites par les règles BAEL 91, la fissuration est supposée préjudiciable,

L'enrobage des aciers est fixé à 3 cm pour tous les éléments des ouvrages,

Dimensionnement de la dalle de couverture :

Calcul des Sollicitations

Sous charges permanentes :

Poids propres : $q_G = 25 * 0,25 * 0,50 = 3,13 \text{ t/m}$

$$M_G = \frac{q_G l^2}{8} = \frac{3,13 * 2,12^2}{8} = 1,76 \text{ t, m}$$

$$\text{Réaction d'appui } R = \frac{q_G l}{2} = \frac{3,13 * 2,12}{2} = 3,32 \text{ t}$$

Surcharge Routière

Une Roue Bc

$$Q_{Bc} = 6 \text{ t}$$

$$M_{QR} = \frac{Q_{Bc} * l}{4} = \frac{6 * 2,12}{4} = 3,18 \text{ t, ml}$$

$$\text{Réaction d'appui } R = \frac{Q_{Bc} * l}{2} = \frac{6 * 2,12}{2} = 6,36 \text{ t}$$

Combinaisons

$$ELU \ M_u = 1,35 * M_G + 1,60 * M_{Q_{Bc}} = 1,35 * 1,76 + 1,60 * 3,18 = 7,46 \text{ t, m}$$

$$ELS \ M_{ser} = 1,00 * M_G + 1,20 * M_{Q_{Bc}} = 1,00 * 1,76 + 1,20 * 3,18 = 5,58 \text{ t, m}$$

$$ELU \ R_u = 1,35 * R_G + 1,60 * R_{Q_{Bc}} = 1,35 * 3,32 + 1,60 * 6,36 = 14,66 \text{ t}$$

$$ELS \ R_{ser} = 1,00 * M_G + 1,20 * M_{Q_{Bc}} = 1,00 * 3,32 + 1,20 * 6,36 = 10,95 \text{ t}$$

Calcul de section armature

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: fc28 = 25,0 (MPa)

Acier: fe = 400,0 (MPa)

Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

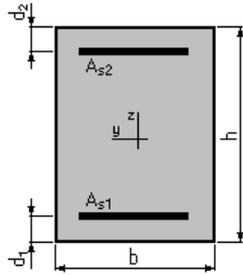
Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Fascicule 61[4]

Fascicule 74[5]

Section:



$$b = 46,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 25,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

$$M_{\max} \text{ (kN*m)} \quad M_{\min} \text{ (kN*m)}$$

$$\text{Etat Limite Ultime (fondamental)} \quad 73,16 \quad -14,91$$

$$\text{Etat Limite de Service} \quad 54,72 \quad -10,98$$

$$\text{Etat Limite Ultime (Accidentel)} \quad 0,00 \quad 0,00$$

Résultats:

Sections d'Acier:

$$\text{Section théorique} \quad A_{s1} = 14,6 \text{ (cm}^2\text{)} : \quad \text{Section théorique} \quad A_{s2} = 2,7 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Section minimum} \quad A_{s \text{ min}} = 1,3 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Théorique} \quad A = 1,70 \text{ (\%)} \quad \text{Minimum} \quad A_{s \text{ min}} = 0,13 \text{ (\%)}$$

Analyse par Cas:

$$\text{Cas ELU} \quad M_{\max} = 73,16 \quad \text{(kN*m)} \quad M_{\min} = -14,91 \quad \text{(kN*m)}$$

$$\text{Coefficient de sécurité:} \quad 1,32 \quad \text{Pivot: B}$$

$$\text{Position de l'axe neutre:} \quad y = 7,4 \quad \text{(cm)}$$

$$\text{Bras de levier:} \quad Z = 19,1 \quad \text{(cm)}$$

$$\text{Déformation du béton:} \quad \sigma_b = 3,50 \quad \text{(\%)}$$

$$\text{Déformation de l'acier:} \quad \sigma_s = 10,00 \quad \text{(\%)}$$

$$\text{Contrainte de l'acier tendue:} \quad \sigma_s = 347,8 \quad \text{(MPa)}$$

$$\text{Cas ELS} \quad M_{\max} = 54,72 \quad \text{(kN*m)} \quad M_{\min} = -10,98 \text{ (kN*m)}$$

$$\text{Coefficient de sécurité:} \quad 1,00$$

Position de l'axe neutre: $y = 10,1$ (cm)

Bras de levier: $Z = 18,6$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 3,3$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)

Contrainte de l'acier:

Tendue: $\sigma_s = 207,3$ (MPa)

Comprimée: $\sigma_s' = 15,1$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier: $\sigma_s \text{ lim} = 207,3$ (MPa)

Calcul des parois et du radier

Le calcul des parois et du radier est effectué suivant le modèle suivant :

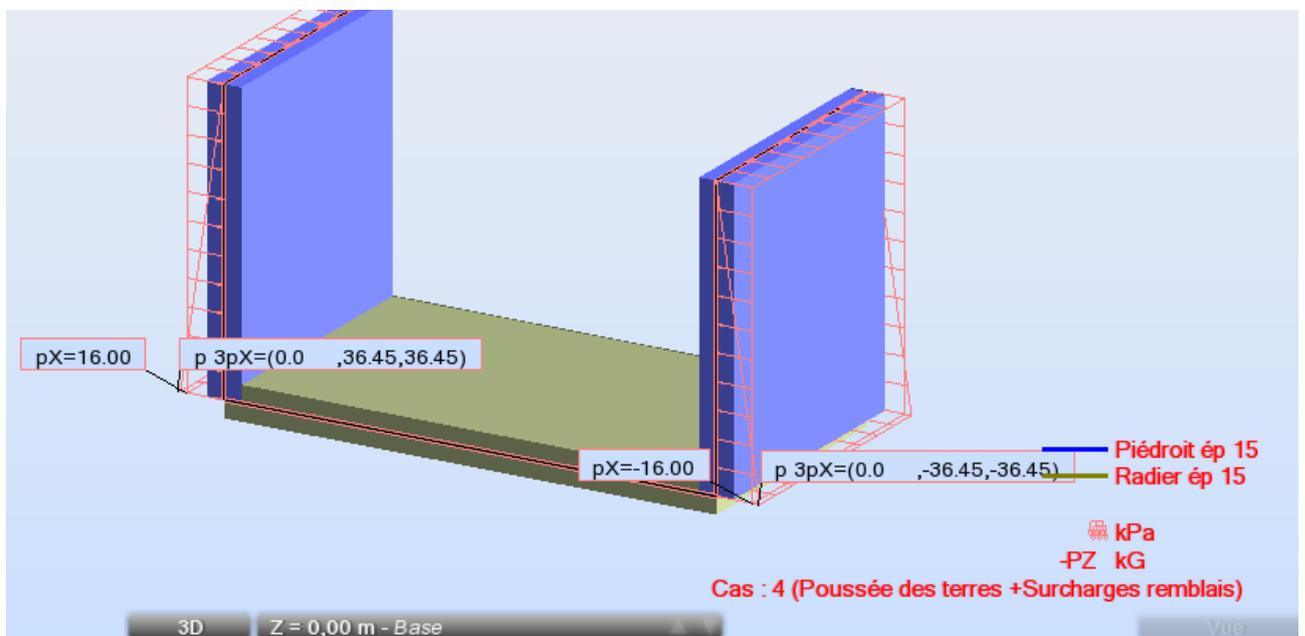


Figure 7 : Modèle des parois et du radier

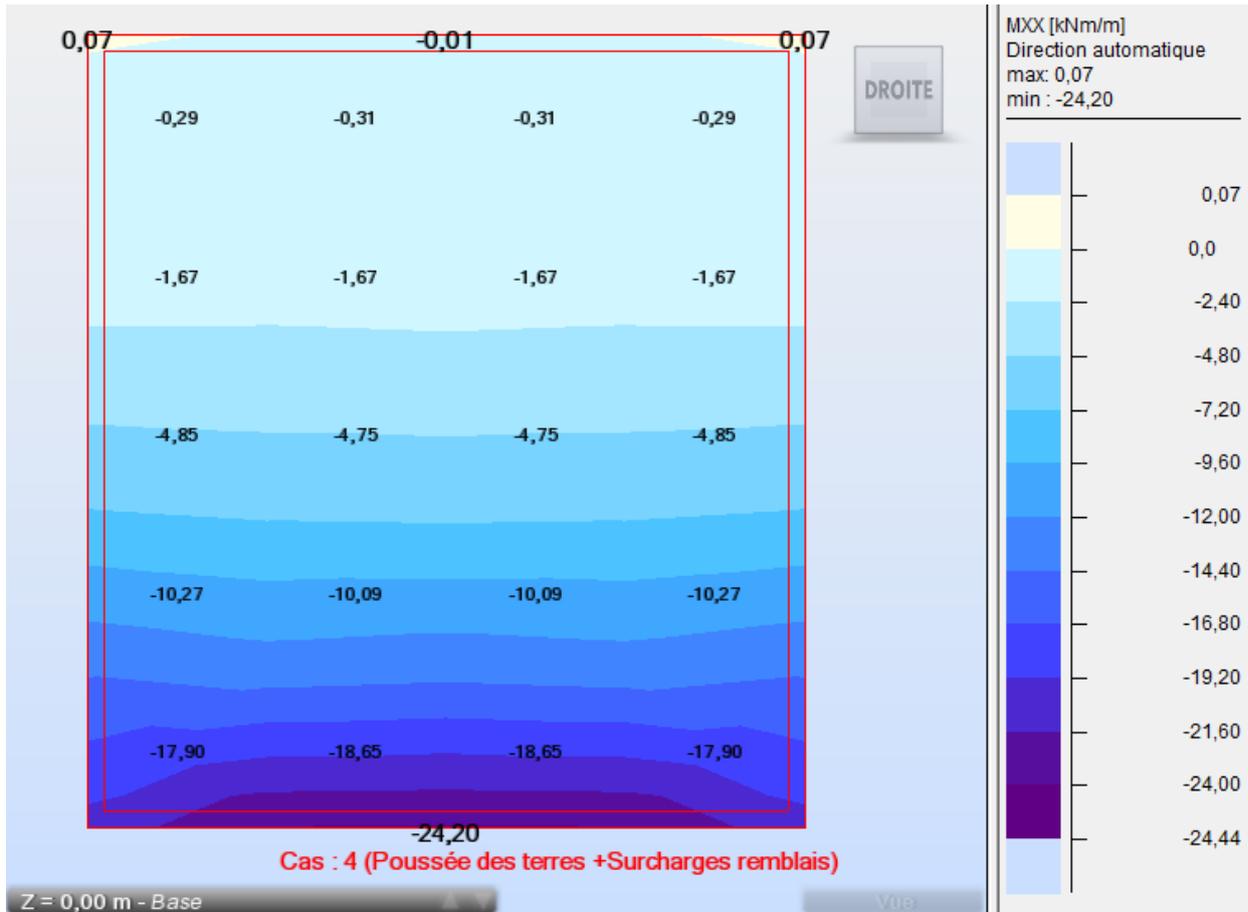


Figure 8 : Parois enveloppe du moment suivant M_{xx} à l'ELU

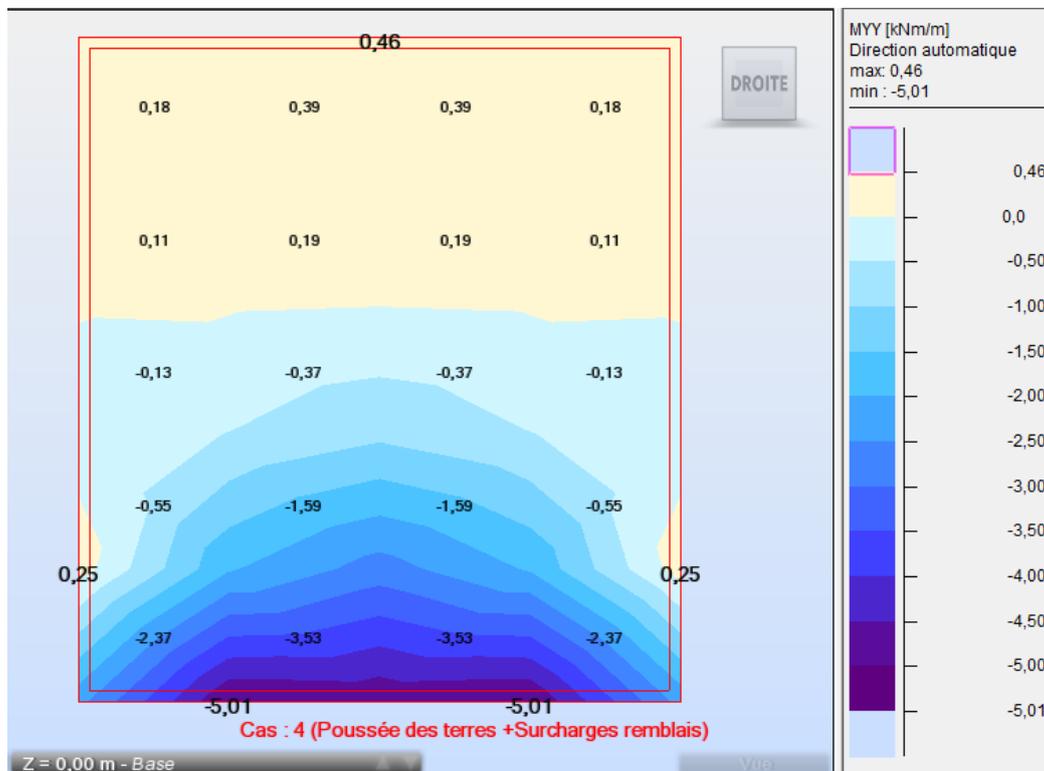


Figure 9 : Parois enveloppe du moment suivant M_{yy} à l'ELU

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE POUR LA REHABILITATION DES VOIRIES DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU : CAS DES AVENUES YENNENGA ET MOGHO (Burkina Faso)

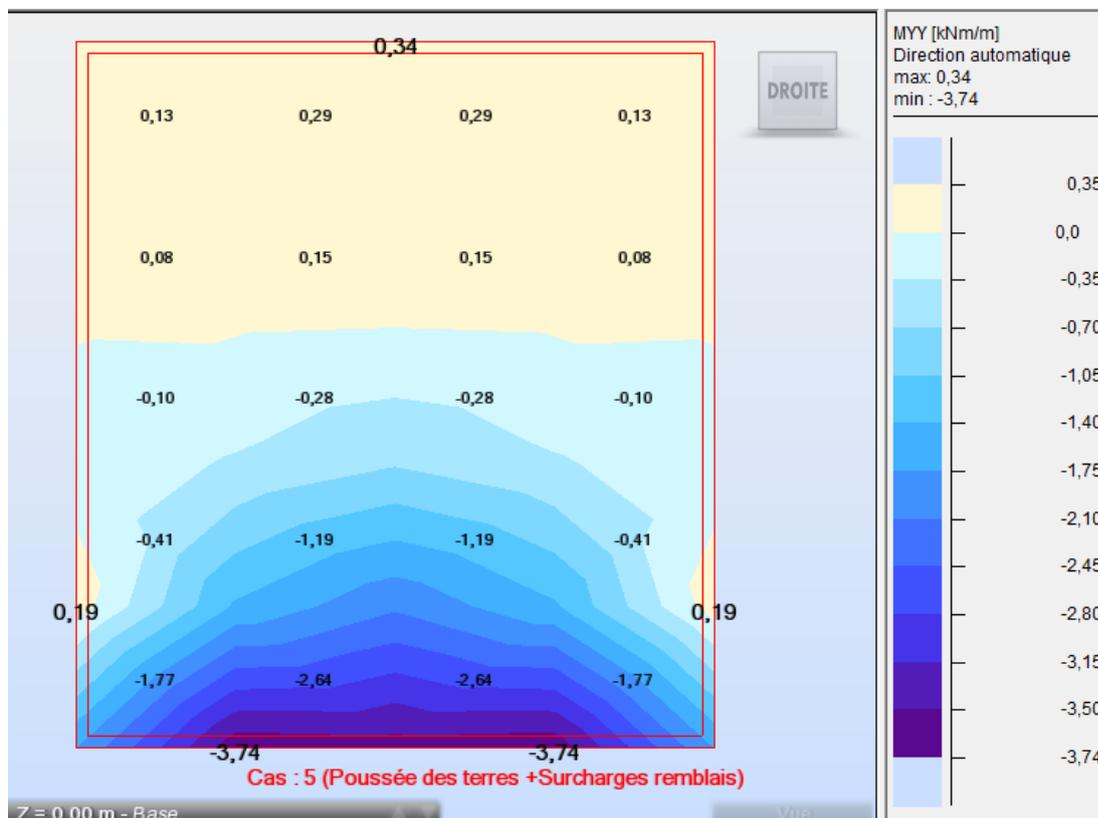
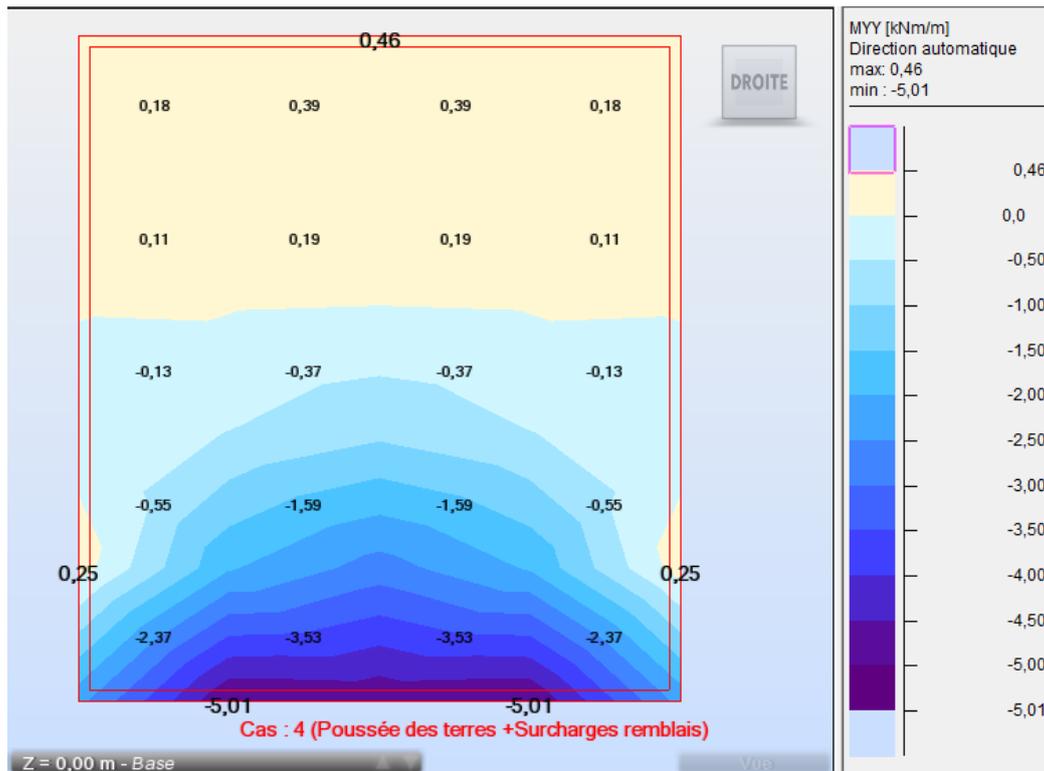


Figure 10 : A L'ELS

Tableau 7 : Récapitulatif des sollicitations

	Mxx(KN,m)	Myy(KN,m)	N(t)
ELU	-24,2	-5,01	29,32
ELS	-18,06	-3,74	21,9

Justification des sections d'armatures

Suivant Mxx

Calcul de Section en Flexion Composée

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa) **Acier:** $f_e = 400,0$ (MPa)

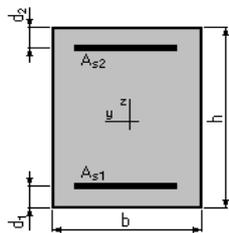
Fissuration préjudiciable

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul en poteau

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \quad (\text{cm})$$

$$h = 15,0 \quad (\text{cm})$$

$$d_1 = 3,0 \quad (\text{cm})$$

$$d_2 = 3,0 \quad (\text{cm})$$

Efforts appliqués:

Cas N°	Type	N (T)	M (kN*m)
1,	ELU	29,32	-24,20
2,	ELS	21,90	-18,06

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique	$A_{S1} = 4,6 \text{ (cm}^2\text{)}$	Section théorique	$A_{S2} = 4,6 \text{ (cm}^2\text{)}$
Section minimum	$A_{S \text{ min}} = 9,2 \text{ (cm}^2\text{)}$	Section maximum	$A_{S \text{ max}} = 75,0 \text{ (cm}^2\text{)}$
Théorique	$A = 0,61 \text{ (\%)}$		
Minimum	$A_{S \text{ min}} = 0,61 \text{ (\%)}$	maximum	$A_{S \text{ max}} = 5,00 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas N° 1: Type ELU $N = 29,32 \text{ (T)}$ $M = -24,20 \text{ (kN*m)}$

Coefficient de sécurité: 1,85 Pivot: B

Position de l'axe neutre: $y = 4,7 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 10,1 \text{ (cm)}$

Déformation de l'acier: $\sigma_s = 5,43 \text{ (\%)}_0$

Déformation du béton: $\sigma_b = 3,50 \text{ (\%)}_0$

Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 347,8 \text{ (MPa)}$; comprimée: $\sigma_s' = 253,4 \text{ (MPa)}$

Cas N° 2: Type ELS $N = 21,90 \text{ (T)}$ $M = -18,06 \text{ (kN*m)}$

Coefficient de sécurité: 1,50

Position de l'axe neutre: $y = 5,8 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 10,1 \text{ (cm)}$

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 8,6 \text{ (MPa)}$

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2 \text{ (MPa)}$

Contrainte de l'acier:

Tendue: $\sigma_s = 138,2 \text{ (MPa)}$

Comprimée: $\sigma_s' = 62,3 \text{ (MPa)}$

Contrainte limite de l'acier: $\sigma_s \text{ lim} = 207,3 \text{ (MPa)}$

Suivant Myy

Calcul de Section en Flexion Composée

1, Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0 \text{ (MPa)}$ **Acier:** $f_e = 400,0 \text{ (MPa)}$

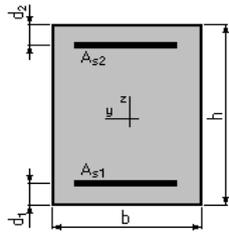
Fissuration préjudiciable

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul en poteau

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99[6]

1. Section:



$$b = 100,0 \quad (\text{cm})$$

$$h = 15,0 \quad (\text{cm})$$

$$d_1 = 3,0 \quad (\text{cm})$$

$$d_2 = 3,0 \quad (\text{cm})$$

3. Efforts appliqués:

Cas N°	Type	N (T)	M (kN*m)
1,	ELU	29,32	-5,01
2,	ELS	21,90	3,74

4. Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique	$A_{s1} = 4,6 \text{ (cm}^2\text{)}$	Section théorique	$A_{s2} = 4,6 \text{ (cm}^2\text{)}$
Section minimum	$A_{s \text{ min}} = 9,2 \text{ (cm}^2\text{)}$	Section maximum	$A_{s \text{ max}} = 75,0 \text{ (cm}^2\text{)}$
Théorique	$A = 0,61 \text{ (\%)}$		
Minimum	$A_{s \text{ min}} = 0,61 \text{ (\%)}$	maximum	$A_{s \text{ max}} = 5,00 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas N° 1: Type ELU N = 29,32 (T) M = -5,01 (kN*m)

Coefficient de sécurité: 6,93 Pivot: B

- Position de l'axe neutre: $y = 14,5 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 6,2 \text{ (cm)}$
- Déformation de l'acier: $\sigma_s = 0,00 \text{ (\%)}_0$
- Déformation du béton: $\sigma_b = 3,50 \text{ (\%)}_0$
- Contrainte de l'acier comprimée : $\sigma_s' = 347,8 \text{ (MPa)}$

Cas N° 2: Type ELS N = 21,90 (T) M = 3,74 (kN*m)

- Coefficient de sécurité: 7,30
- Position de l'axe neutre: $y = 18,3$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 6,2$ (cm)
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 2,2$ (MPa)
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)
- Contrainte de l'acier comprimée: $\sigma_s' = 27,8$ (MPa)
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_s \text{ lim} = 207,3$ (MPa)

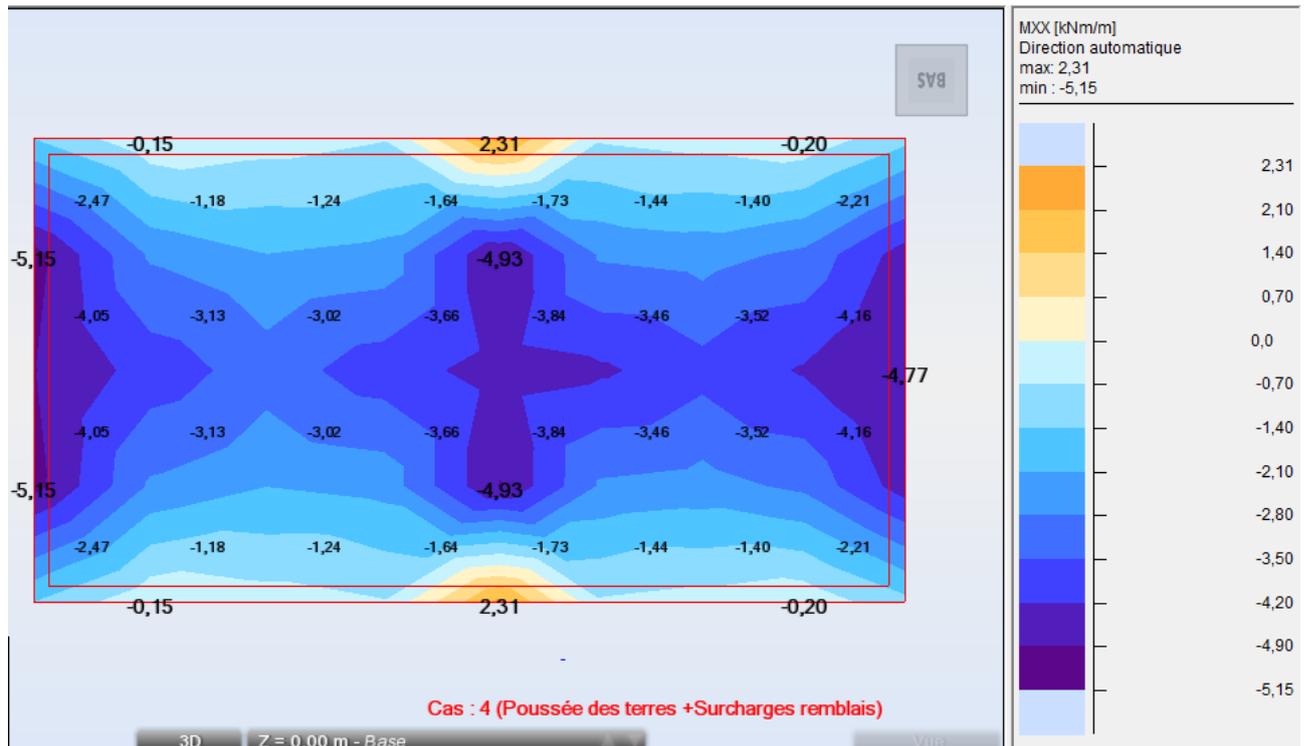


Figure 11 : Radier enveloppe du moment suivant M_{xx} à l'ELU

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE POUR LA REHABILITATION DES VOIRIES DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU : CAS DES AVENUES YENNENGA ET MOGHO (Burkina Faso)

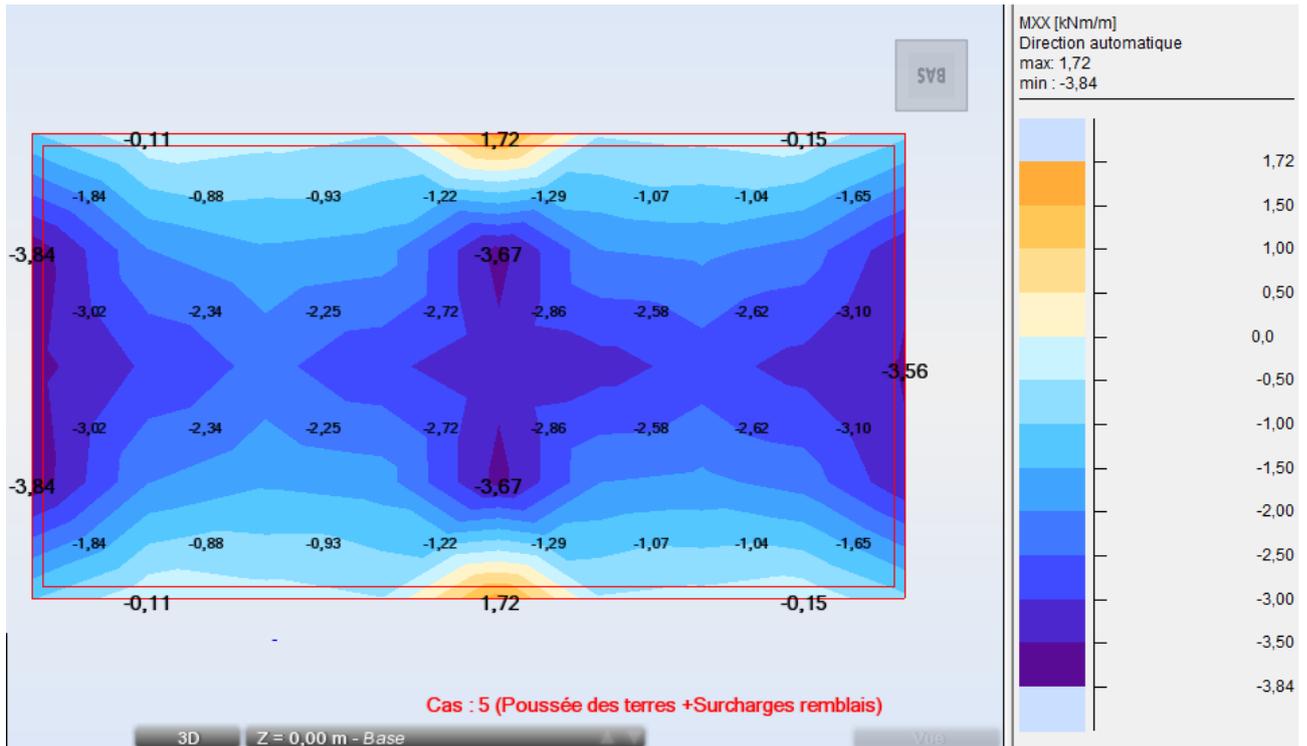


Figure 12 : A l'ELS

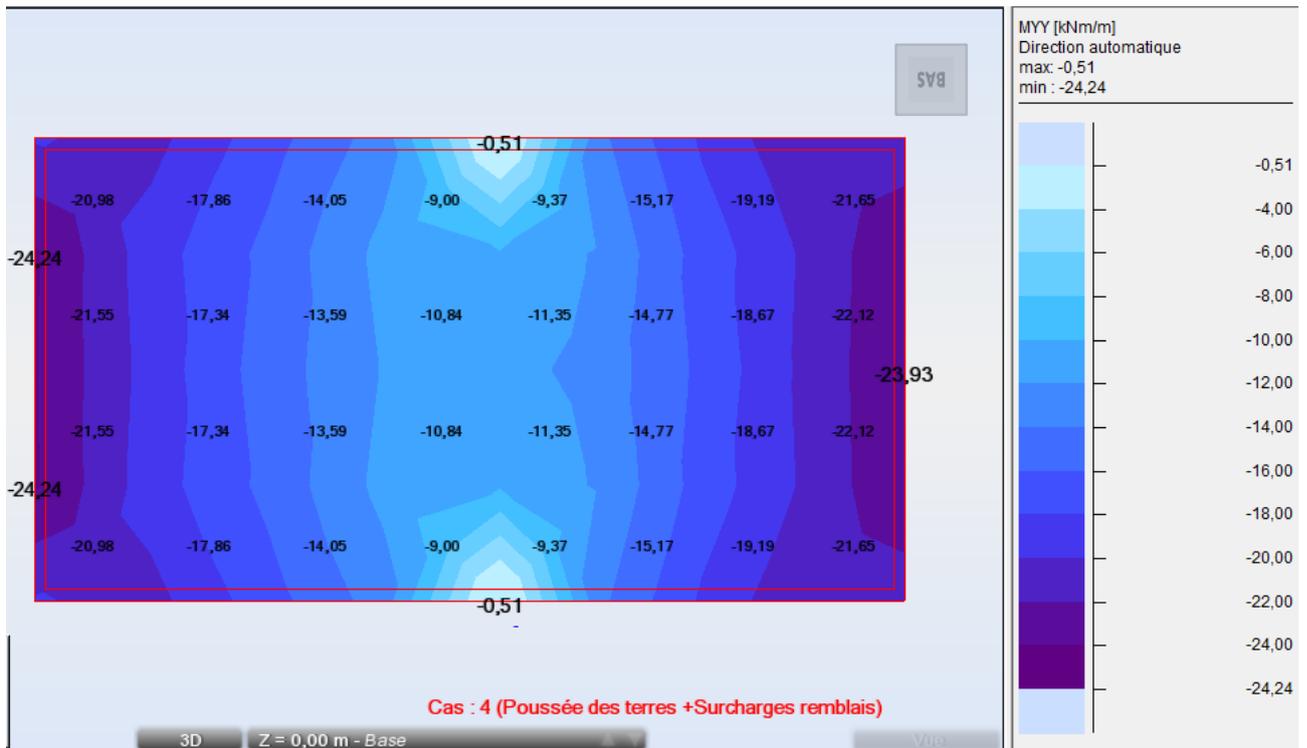


Figure 13 : Radier enveloppe des moments suivant Myy à l'ELU

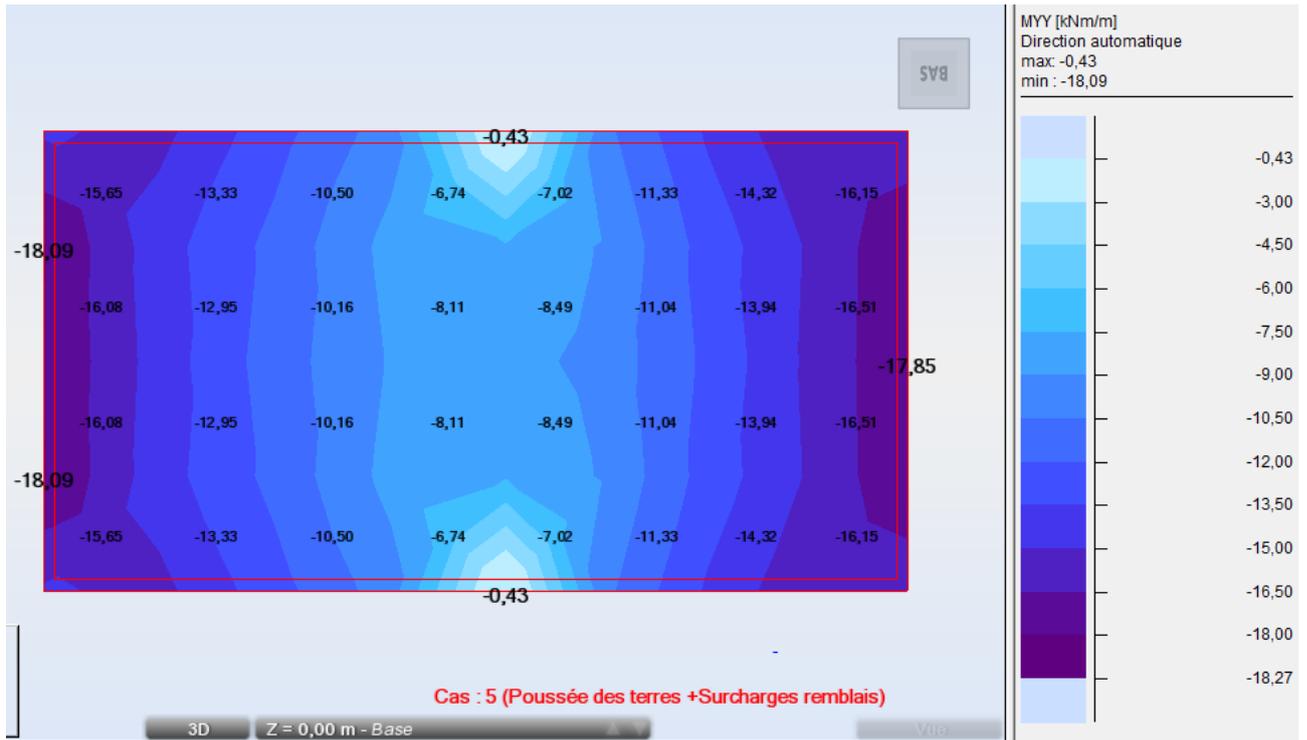


Figure 14 : A l'ELS

Tableau 7 : Récapitulatif des sollicitations du radier

	Mxx(KN,m)	Myy(KN,m)
ELU	-5,15	-24,24
ELS	-3,84	-18,08

Justification des sections d'armature du radier

Suivant Mxx

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

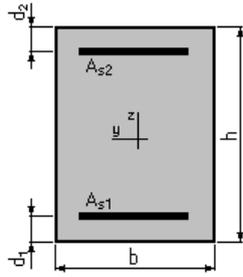
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

M_{\max} (kN*m)	M_{\min} (kN*m)	
Etat Limite Ultime (fondamental)	-5,15	1,03
Etat Limite de Service	3,84	0,77
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique $A_{s1} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$ Section théorique $A_{s2} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$:

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$

Théorique $A = 0,32 \text{ (\%)}$

Minimum $A_{s \text{ min}} = 0,16 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\max} = -5,15 \text{ (kN*m)}$ $M_{\min} = 1,03 \text{ (kN*m)}$

- Coefficient de sécurité: 1,84 Pivot: A
- Position de l'axe neutre: $y = 1,1 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 11,6 \text{ (cm)}$
- Déformation du béton: $\sigma_b = 1,00 \text{ (\%)}_0$
- Déformation de l'acier: $\sigma_s = 10,00 \text{ (\%)}_0$
- Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 347,8 \text{ (MPa)}$

Cas ELS $M_{\max} = 3,84$ (kN*m) $M_{\min} = 0,77$ (kN*m)

- Coefficient de sécurité: 1,18
- Position de l'axe neutre: $y = 2,4$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 11,2$ (cm)
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 0,2$ (MPa)
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)
- Contrainte de l'acier: tendue: $\delta_s = 1,8$ (MPa) ; comprimée: $\sigma_s' = 1,8$ (MPa)
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa)

Suivant Myy

Calcul de Section en Flexion Simple

1, Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

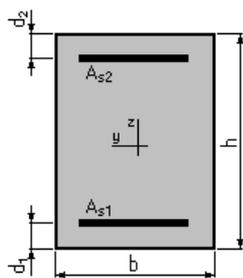
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	-24,24	4,85
Etat Limite de Service	-18,08	3,62
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique $A_{s1} = 1,9$ (cm²) Section théorique $A_{s2} = 8,3$ (cm²)

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 1,9$ (cm²)

Théorique $A = 0,85$ (%)

Minimum $A_{s \text{ min}} = 0,16$ (%)

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\text{max}} = -24,24$ (kN*m) $M_{\text{min}} = 4,85$ (kN*m)

Coefficient de sécurité: 1,33 Pivot: A

Position de l'axe neutre: $y = 2,5$ (cm)

Bras de levier: $Z = 11,0$ (cm)

Déformation du béton: $\sigma_b = 2,66$ (‰)

Déformation de l'acier: $\sigma_s = 10,00$ (‰)

Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

Cas ELS $M_{\text{max}} = -18,08$ (kN*m) $M_{\text{min}} = 3,62$ (kN*m)

Coefficient de sécurité: 1,00

Position de l'axe neutre: $y = 4,3$ (cm)

Bras de levier: $Z = 10,6$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 0,8$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)

Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 8,3$ (MPa) ; comprimée: $\sigma_s' = 7,4$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier : $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa).

Tableau 8 : Sections des armatures

Désignation	Sections	Choix des aciers	Espacement (cm)
Dalette	Principaux	HA12	10
	Répartition	HA12	10
Piédroit	Horizontale	HA8	15
	Verticale	HA8	15
Radier	Principaux	HA8	20
	Répartition	HA8	20

Nous avons des dalots d'accès, qui sont des ouvrages transversaux permettant le passage de l'eau sous une chaussée, Ils sont construits à chaque entrée (6 mètres) de la chaussée pour assurer le bon drainage et éviter l'accumulation d'eau ce qui pourrait endommager la chaussée ou perturber le trafic. Nous n'avons pas fait de dimensionnement hydraulique car il est une continuité du caniveau mais son dimensionnement structural se trouve à l'Annexe 5.

CHAPITRE 3 : ETUDE STRUCTUALE DE LA CHAUSSEE

La réhabilitation des voiries urbaines représente un défi essentiel pour garantir la durabilité et l'efficacité des infrastructures de transport. Les chaussées, soumises à des sollicitations variées dues au trafic intense, aux conditions climatiques, et à la qualité des matériaux nécessitent une attention particulière pour préserver leur fonctionnalité et leur sécurité. Les calculs ont été faits à partir des prescriptions du SETRA-LCPC (conception et dimensionnement des structures de chaussée), Guide technique, 1994 [7] . Dès lors que les paramètres sont choisis, passons alors au calcul des contraintes et des déformations suivant ALIZE.

- ✚ Estimation du trafic,
- ✚ Etude du sol support,
- ✚ Description des matériaux disponibles,
- ✚ Dimensionnement selon le CEBTP,
- ✚ Vérification avec ALIZE LCPC,

III.1. Avenue YENNENGA

III.1.1. Estimation du trafic

- Trafic cumulé en poids lourds

$$T_n = T_0 * 365 * \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Avec la durée de vie $n=15$ ans, le taux de croissance géométrique $i=5\%$ proposé par l'étude économique, $T_0 = TMJA = 350PL/Jr/sens(trafic\ moyen\ journalier)$,

donc le trafic accumulé pendant la durée de vie n $T_n = 350 * 365 * \frac{(1+0,05)^{15}-1}{0,05} = 2,75 * 10^6 Pl(\text{poids lourds})$.

- Nombre d'essieux NE

$NE=T_n * CAM$ avec le coefficient d'agressivité moyen(CAM) =1,3 donc $NE=2,75*10^6 *1,3=3575000$ essieux équivalent à 13 tonnes.

Déterminons alors la classe du trafic : le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux donne les classes de trafic. Le Tableau 9 montre la classe du trafic :

Tableau 9 : Classe de trafic (CEBTP, Guide pratique de dimensionnement des chaussées, 1984)[3]

Classes du trafic	Trafics cumulés
T1	Trafic < 5×10^5
T2	$5 \times 10^5 \leq \text{Trafic} < 1,5 \times 10^6$
T3	$1,5 \times 10^6 \leq \text{Trafic} < 4 \times 10^6$
T4	$4 \times 10^6 \leq \text{Trafic} < 1 \times 10^7$
T5	$1 \times 10^7 \leq \text{Trafic} < 2 \times 10^7$

III.1.2. Etude du sol support

Au total sept sondages ont été effectués dont trois sur l’avenue de Mogho et quatre sur l’avenue Yennenga faits par le laboratoire national (LNBTP)[8]. L’épaisseur de la couche de roulement restante est d’environ cinq centimètres. Compte tenu du trafic et pour des raisons de sécurité, les sondages ont été effectués du même côté pratiquement pour chacune des avenues. Les sondages révèlent que sur l’avenue du Yennenga, il y’a une couche argileuse à partir de quarante centimètres en descendant. Les commerçants riverains ont mentionné des remontées d’eau. Il y’a moins d’argile sur les cinquante premiers centimètres des sondages au niveau de l’avenue Mogho. Les essais montrent que les portances CBR à quatre vingt quinze pourcents de l’OPM Proctor modifié sur l’avenue Yennenga varient entre 2 et 7. Les sols sont donc de portance S1 et S2 .Au niveau de l’avenue de Mogho. L’essai CBR effectué ressort un sol de portance S3. Le tableau suivant ressort le nombre de sondages de chaque avenue :

Tableau 10 : Sondages des avenues

	Avenue MOGHO	Avenue YENNENGA
Nombre de sondage	3	4

La figure ci-après représente les caractéristiques géotechniques des sondages en fonction des différentes positions , des points kilométriques, les différentes couches ainsi que les épaisseurs :

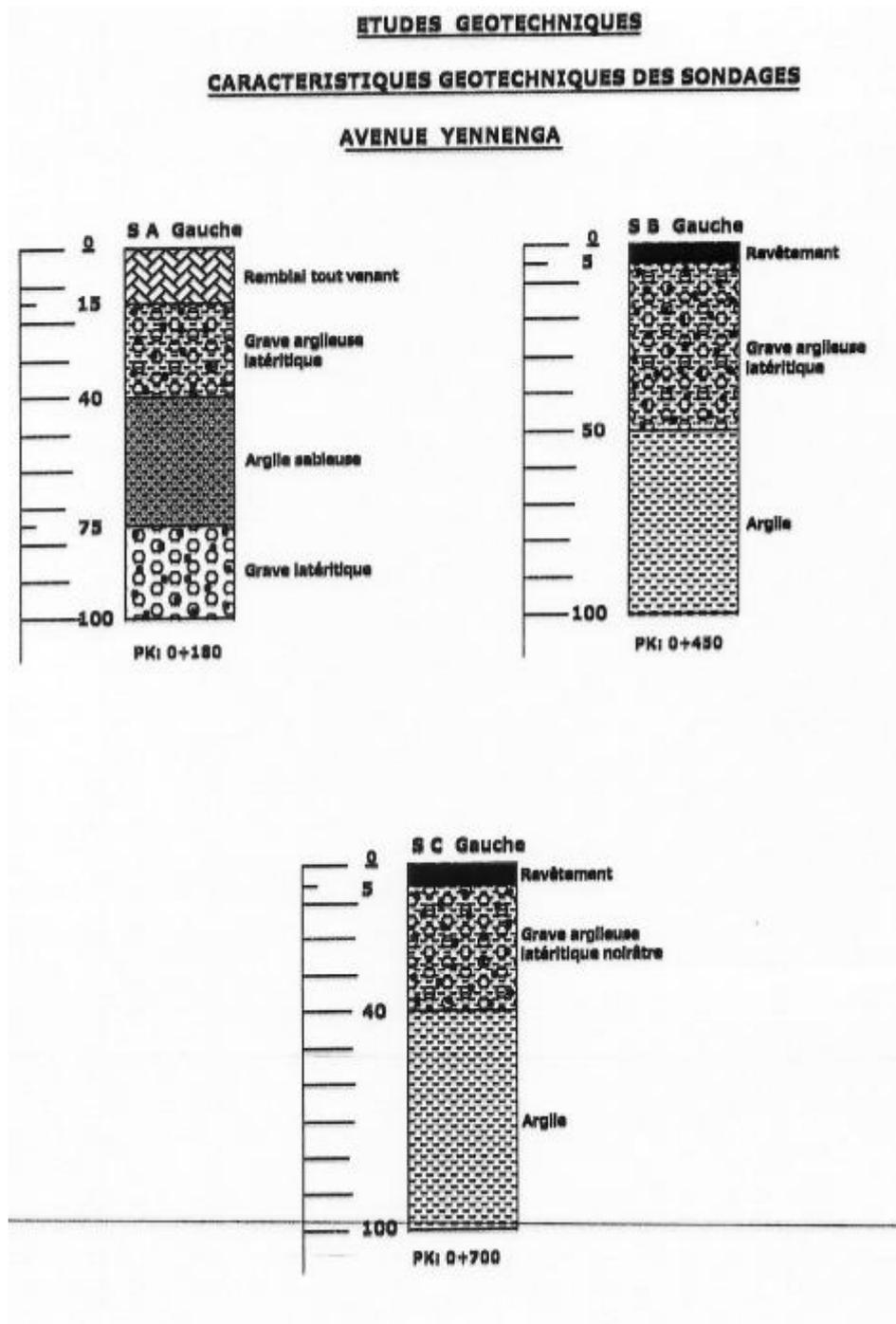


Figure 15 : Caractéristiques géotechniques des sondages

Afin d'éviter les remblais en ville sur le linéaire à ouvrir, si le terrain naturel est considéré comme le niveau de la ligne rouge, il sera effectué un décapage sur une profondeur d'environ 35 cm avant de mettre en place le corps de la chaussée. Les sols de mauvaise portance (S1 et S2) où les dépôts d'ordures qu'on rencontrerait après le décapage seront purgés et substitués par au moins 35 cm de matériaux de couche de forme (CBR \geq 15 à 95% OPM) de sorte à disposer d'une nouvelle plate-forme de classe portance S3, Prenons un CBR = 15.

Tableau 11 : Caractéristiques géotechniques des sols

avenue Yennenga			Analyse granulométrique						limites d'atterberg		Proctor modifié			Portance CBR		CBR
PK	Couche	0,063	0.08	0.4	2	5	10	D(mm)	Wl	Wp	Ip	WOPM%	Yd OPM	95%	98%	
0+180	40/75	50,0	55,5	71,0	88,0	93,0	97,5	31,5	38	19	19	9,3	2,000	19	19	10
0+450	50/100	63,5	83,5	73,0	88,0	98,0	99,0	20,0	47	24	23	7,3	1,965	24	23	3
0+700	40/100	69,0	70,0	80,5	94,5	97,5	100,0	8,0	43	22	21	9,8	1,935	22	21	5

III.1.3. Dimensionnement selon le CEBTP

Le dimensionnement selon le CEBTP se fait à partir de la classe du trafic et de la classe de portance du sol. La Figure 16 permet de choisir les différentes couches de structure de chaussée : R qui veut dire revêtement : Base, F : fondation. D'après le récapitulatif des résultats précédents, l'avenue a un trafic de classe T3 et le sol a une classe de portance S3.

TRAFICS T ₃ - T ₄		S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S ₅	
		T ₃	T ₄								
R	Béton bitumineux	5		5		5		5		5	
B	Graveleux latéritique naturel	20		20		20		20		25	
F	Graveleux latéritique naturel	40		30		20		15		0	
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	45	50	25	30	20	25	15	20	0	
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
B	Concassé o/d	20	25	20	25	20	25	20	25	20	25
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D ou tout-venant de concassage	40	45	30	30	25	25	20	20	0	0

GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT

Figure 16 : Tableau du choix des épaisseurs selon le CEBTP

Les déformations admissibles qui sont recherchées pour les sols granulaires ainsi que les contraintes verticales pour les sols améliorés au ciment. Le béton bitumineux c'est la déformation de traction à la base. Le Tableau 12 présente les différentes couches de chaussée ainsi que leurs épaisseurs et les matériaux :

Tableau 12 : Structure de la chaussée

Revêtement	5cm béton bitumineux
Couche de base	20cm grave naturelle améliorés au ciment
Couche de fondation	20cm graveleux latéritique naturel

- Calcul du module de Young

$E=5 \cdot \text{CBR}$, ce qui donne donc $E=5 \cdot 15=75$,

Pour le revêtement $E=1300$,

Pour la couche de base $E=4200$,

Pour la couche de fondation $E=200$.

Ces différents CBR avec lesquels sont calculés les modules de Young des différentes couches sont donnés lors des essais par le laboratoire national LNBTP.

Nous allons calculer la contrainte verticale du sol, ensuite la déformation admissible au sommet de la plateforme, enfin vérifier les déformations :

La contrainte admissible au niveau de la plateforme est donnée par la formule de KERKOVEN et DORMON donnée par le CEBTP 1984. Elle fait intervenir NE et le CBR, Pour cette plateforme, nous avons un CBR de 15 et le NE précédemment calculé =3575000 essieux.

- Contrainte admissible : $\sigma_z = \frac{0,3 \cdot \text{CBR}}{1+0,7 \log(\text{NE})}$

$$\sigma_z = \frac{0,3 \cdot 15}{1+0,7 \log(3575000)} = 0,81 \text{MPa}$$

- Déformation verticale admissible $\varepsilon_z = A \cdot (\text{NE})^{-0,222}$ avec $A = 12000$

$$\varepsilon_z = 12000 \cdot (3575000)^{-0,222} = 421,52 \mu\text{déf.}$$

Les résultats sont donnés dans le Tableau 13 :

Tableau 13 : Valeurs admissibles des déformations et des contraintes

Durée de vie	15 ans
Trafic cumulé PL	$2,75 \cdot 10^6$
ε_z du sol	421,52 $\mu\text{déf}$
σ_z verticale du sol	0,81MPa

- **Vérification des contraintes admissibles de déformation avec ALIZE LCPC**

La Figure 17 ci-après présente les contraintes et les déformations des différentes couches de la chaussée en fonction du module de Young et du coefficient de poisson :

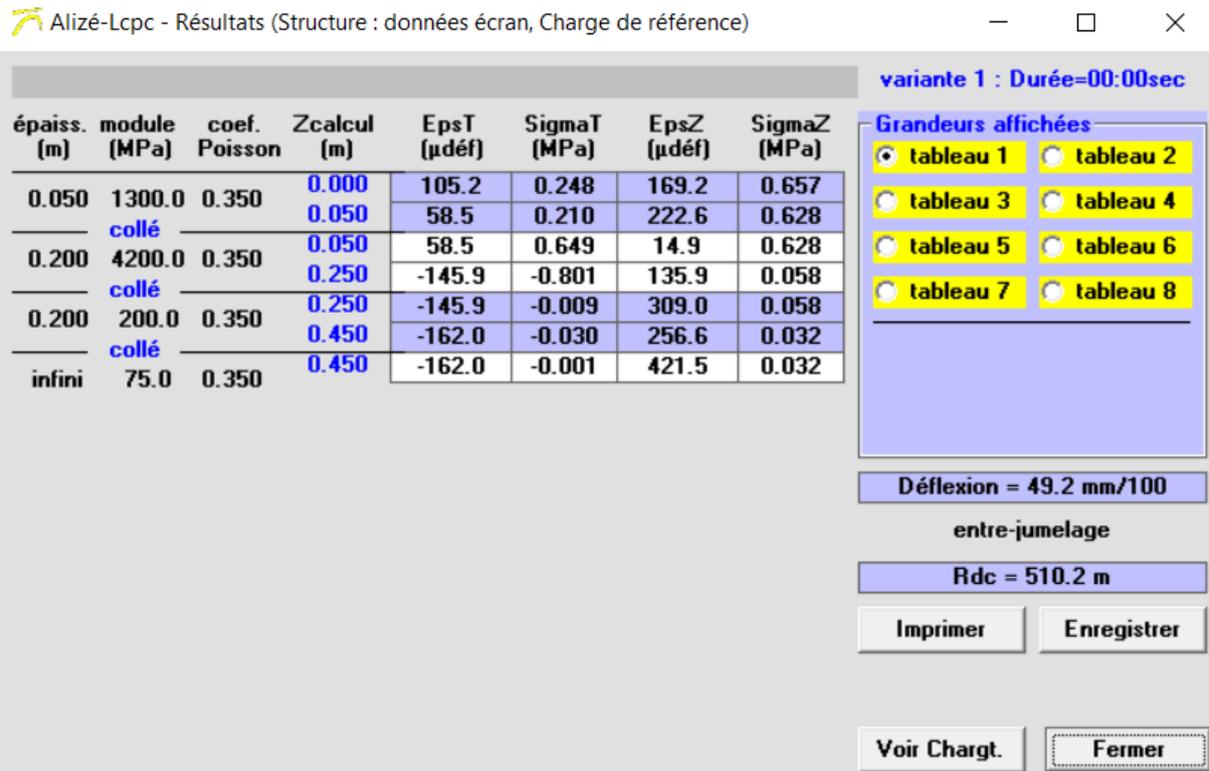


Figure 17 : Vérification des contraintes et déformation sur Alizé

Les déformations admissibles qui sont recherchées pour les sols granulaires ainsi que les contraintes verticales pour les sols améliorés au ciment. Le béton bitumineux c'est la déformation de traction à la base .La structure de la chaussée est donc viable.

- **Vérification des déformations**

Les déformations et les contraintes calculées par Alizé et manuellement sont indiquées dans le Tableau 14:

Tableau 14 : Vérification des déformations et des contraintes

	Valeurs calculées manuellement	Valeurs calculées par Alizé
σ_z verticale du sol	0,81MPa	0,657MPa
ϵ_z admisible du sol	421,52 μ déf	421,5 μ déf

III.2. Avenue MOGHO

III.2.1. Estimation du trafic

- Trafic cumulé en poids lourds

$$T_n = T_0 * 365 * \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Avec la durée de vie $n=15$ ans, le taux de croissance géométrique $i=5\%$, proposé par l'étude économique, $T_0 = TMJA = 130PL/Jr/sens(trafic\ moyen\ journalier)$, Donc $T_n = 130 * 365 * \frac{(1+0,05)^{15}-1}{0,05} = 1,03 * 10^6 Pl$ (Trafic cumulé pendant la durée de vie n).

- Nombre d'essieux NE

$NE=T_n * CAM$ avec le coefficient d'agressivité moyen (CAM) =1,3 donc le nombre d'essieux $NE=1,03*10^6 *1,3=64988606$ essieux équivalent à 13 tonnes.

Déterminons alors la classe du trafic : le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux donne les classes de trafic. La classe du trafic se trouve dans le Tableau 15:

Tableau 15 : Classe de trafic (CEBTP, Guide pratique de dimensionnement des chaussées, 1984)[3]

Classes du trafic	Trafics cumulés
T1	Trafic < 5×10^5
T2	$5 \times 10^5 \leq \text{Trafic} < 1,5 \times 10^6$
T3	$1,5 \times 10^6 \leq \text{Trafic} < 4 \times 10^6$
T4	$4 \times 10^6 \leq \text{Trafic} < 1 \times 10^7$
T5	$1 \times 10^7 \leq \text{Trafic} < 2 \times 10^7$

III.2.2. Etude du sol en place

Au total sept sondages ont été effectués dont trois sur l'avenue de Mogho et quatre sur l'avenue Yennenga. L'épaisseur de la couche de roulement restante est d'environ cinq centimètres. Compte tenu du trafic et pour des raisons de sécurité, les sondages ont été effectués du même côté pratiquement pour chacune des avenues. Les sondages révèlent que sur l'avenue du Yennenga, il y'a une couche argileuse à partir de quarante centimètres en descendant. Les commerçants riverains ont mentionné des remontées d'eau. Nous avons rencontré moins d'argile sur les cinquante premiers centimètres des sondages au niveau de l'avenue Mogho. Les essais montrent que les portances CBR à quatre-vingt-quinze pourcents, au niveau de l'avenue de Mogho, l'essai CBR effectué ressort un sol de portance S4. Le Tableau 16 montre le nombre de sondage.

Tableau 16 : Sondages des avenues

	Avenue MOGHO	Avenue YENNENGA
Nombre de sondage	3	4

ETUDES GEOTECHNIQUES

CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DES SONDAGES

AVENUE DU MOGHO

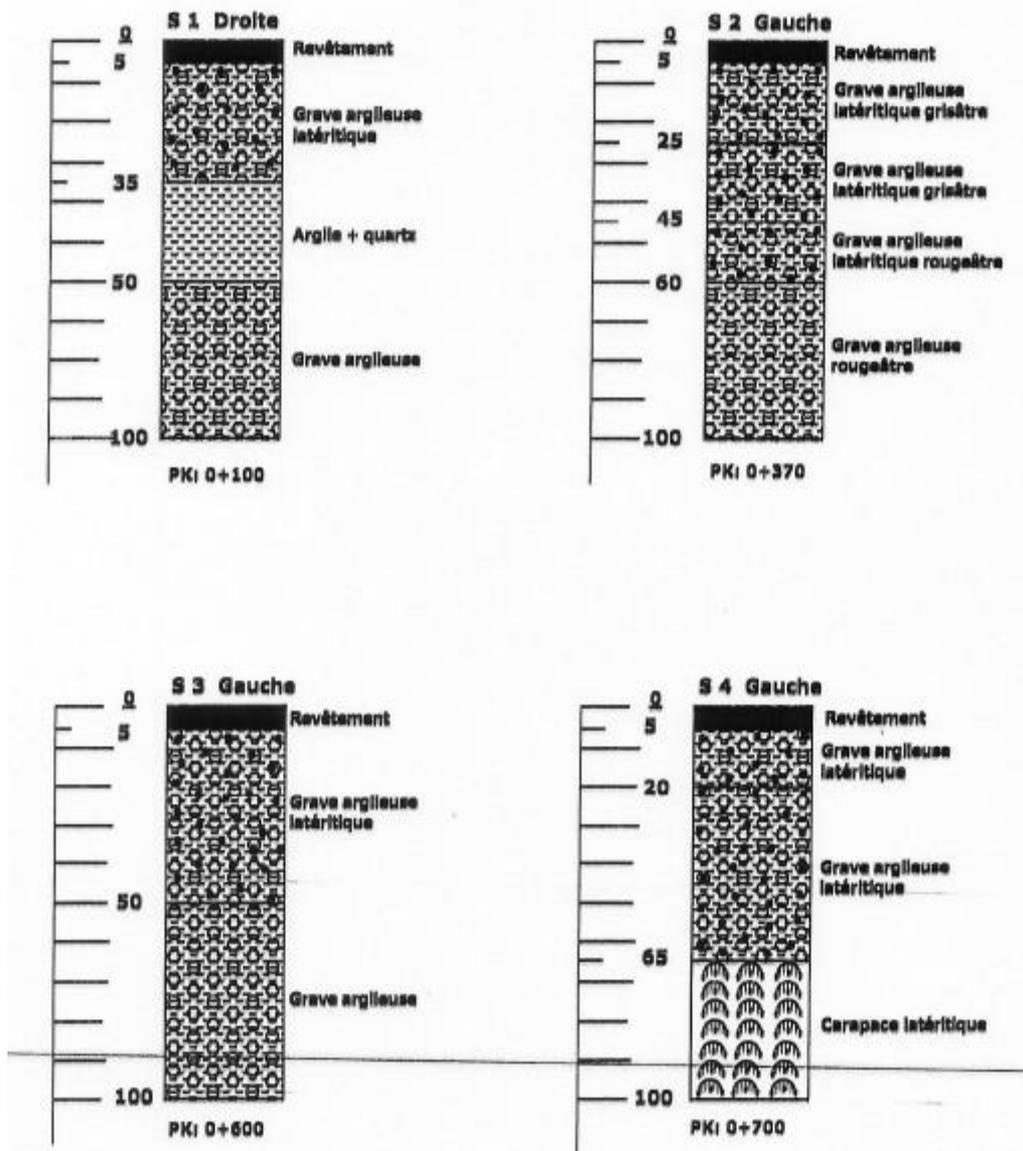


Figure 18 : Caractéristiques géotechniques des sondages

SONDAGES				ANALYSE GRANULOMETRIQUE							LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR (%OPM)	
1°/Position	Avenue	PK	Couche	< 0,063mm	< 0,08 mm	< 0,40 mm	< 2 mm	< 5 mm	< 10 mm	D (mm)	WL	WP	Ip	W _p PM (%)	γ _{dOPM}	95	98
1 / Droite	Mogho	0+100	5/35	29,5	30,5	41,0	57,5	78,5	95,5	16,0	39	20	19	9,2	2,065	28	45
2 /Gauche		0+370	45/60	27,0	27,0	29,5	34,5	46,0	69,5	20,0	64	32	32	-	-	-	-
3 /Gauche		0+800	50/100	39,0	39,0	44,5	60,0	77,0	93,0	25,0	41	22	19	-	-	-	-
4 /Gauche		0+700	20/85	27,0	28,0	38,0	51,0	79,0	92,5	40,0	35	18	17	-	-	-	-

Figure 19 : Caractéristiques géotechniques des sols

Sur ces figures, il est noté le CBR à 95% de chaque point kilométrique de cette avenue, les différents essais également. Le CBR considéré est 28 donc le sol est de classe de portance S4.

CLASSES DE PORTANCE DES SOLS

Cinq classes ont été retenues, qui correspondent à une repartition assez constante des divers types de sols rencontrés en pays tropicaux

Types de sols	CBR
S1	CBR < 5
S2	5 < CBR < 10
S3	10 < CBR < 15
S4	15 < CBR < 30
S5	CBR > 30

Figure 20 : Classes de portance des sols

III.2.3. Dimensionnement selon le CEBTP

Le dimensionnement selon le CEBTP se fait à partir de la classe du trafic et de la classe de portance du sol. La Figure 21 permet de choisir les différentes couches de structure de chaussée : R qui veut dire revêtement : Base, F : fondation. D'après le récapitulatif des résultats précédents, l'avenue a un trafic de classe T2 et le sol a une classe de portance S4.

TRAFICS $T_1 - T_2$		S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S ₅	
		T ₁	T ₂								
REVÊTEMENT		Bc ou 3E	4E ou Tc								
B	Graveleux latéritique naturel	15	15	15	15	15	15	15	15	25	25
F	Graveleux latéritique naturel	45	45	35	35	25	30	15	20	0	0
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	40	45	30	35	25	25	15	20	0	0

Figure 21 :Tableau de choix des épaisseurs selon le CEBTP

Le Tableau 17 présente les différentes couches de chaussée ainsi que leurs épaisseurs et les matériaux :

Tableau 17 : Structure de chaussée

Revêtement	4 cm béton bitumineux
Couche de base	15 cm Grave naturelle améliorés au ciment
Couche de fondation	20 cm Grave naturelle concassé O/31,5

- Calcul du module de Young

$E=5 \cdot \text{CBR}$, ce qui donne donc $E=5 \cdot 15=75$. [9]

La couche de base $E=8600$

La couche de fondation $E=200$

Le revêtement $E=1300$

Les CBR des différentes couches de la structure de la chaussée ont été fournis par le laboratoire national LNBTP.

Calcul de la contrainte verticale du sol, ensuite la déformation au sommet de la plateforme, enfin vérifier les déformations :

La contrainte admissible au niveau de la plateforme est donnée par la formule de KERKOVEN et DORMON donnée par le CEBTP 1984. Elle fait intervenir NE et le CBR. Pour cette plateforme, nous avons un CBR de 15 et le NE précédemment calculé =3575000 essieux.

- Contrainte admissible : $\sigma_z = \frac{0,3*CBR}{1+0,7\log(NE)}$

$$\sigma_z = \frac{0,3*28}{1+0,7\log(64988606)} = 1,3\text{MPa}$$

- Déformation verticale admissible $\epsilon_z = A *(NE)^{-0,222}$ avec A = 12000

$$\epsilon_z = 12000 *(64988606)^{-0,222} = 221,17\mu\text{déf},$$

Les résultats sont donnés dans le Tableau 18:

Tableau 18 : Récapitulatif des résultats obtenus

Durée de vie	15 ans
Trafic cumulé PL	$1,03 * 10^6$ Pl
ϵ_z du sol	221,17 μ déf
σ_z verticale du sol	1,3MPa

Vérification des contraintes admissibles de déformation avec ALIZE LCPC

La Figure 22 ci-après présente les contraintes et les déformations des différentes couches de la chaussée en fonction du module de Young et du coefficient de poisson :

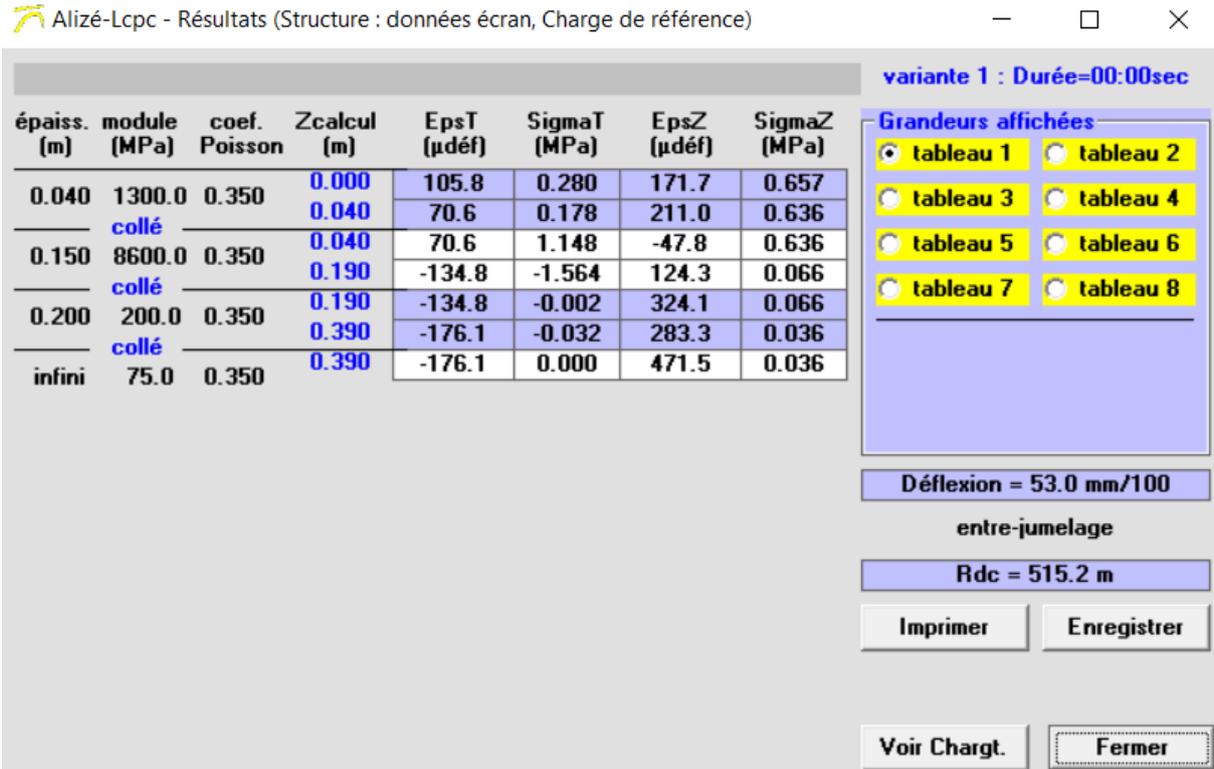


Figure 22 : Vérification des contraintes avec Alizé

- Vérification des déformations

Les déformations et les contraintes calculées par Alizé et manuellement sont indiquées dans le Tableau 17.

Tableau 17 : Valeurs calculées des déformations et contraintes

	Valeurs calculées par ALIZEE	Valeurs calculées manuellement
σ_z verticale du sol	0,657MPa	1,3MPa
ϵ_z admissible du sol	221,4 μ déf	221,5 μ déf

Les déformations admissibles qui sont cherchées pour les sols granulaires ainsi que les contraintes verticales pour les sols améliorés au ciment. Le béton bitumineux c'est la déformation de traction à la base .La structure de la chaussée est viable.

L'étude structurale de la chaussée permet d'analyser et de comprendre les comportements mécaniques et les déformations des différentes couches de la chaussée sous l'effet des charges et des conditions environnementales. Elle est essentielle pour garantir la durabilité, la sécurité et l'efficacité des infrastructures routières. Une conception basée sur des analyses structurales rigoureuses assure la longévité de la chaussée réduisant ainsi les coûts de maintenance.

CHAPITRE 4 : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE ET SIGNALISATION ET SECURITE ROUTIERE

L'étude géométrique et la signalisation routière sont des composantes essentielles dans la conception des infrastructures routières. Elles ont pour objectif d'assurer la sécurité, la fluidité du trafic et le confort des usagers en réduisant les risques d'accident. L'étude géométrique concerne la conception des éléments physiques. La signalisation routière quant à elle regroupe les dispositifs visuels et sonores destinés à informer, protéger, orienter les conducteurs et les piétons. Elle est indispensable pour réguler la circulation et améliorer la sécurité sur les routes.

IV.1. Géométrie de la route

IV.1.1. Tracé en plan

Le tracé en plan est la projection verticale une route sur un plan horizontal, Il est constitué d'alignements et de courbes, éventuellement introduites par es raccords progressifs. Il se conforme aux normes de conception de l'Aménagement des Routes Principales [10]. Les normes géométriques sont données par le Tableau 19:

Tableau 19 : Valeurs limites du tracé en plan

Rayons	V=40 km/h	V=60 km/h
Minimal absolu (RHm) dévers associé 7%	40	120
Minimal normal (RHm) dévers associé 5%	120	240
Au dévers minimum (RHm) dévers associé 2,5%	250	450
Non dressé RH' dévers associé -2,5%	400	600

Les informations concernant le tracé en plan se trouvent dans l'Annexe 1.

IV.1.2. Tracé du profil en travers

Le profil en travers représente une vue transversale du projet, il comporte plusieurs éléments et leurs dimensions : chaussée, terre-plein central, trottoir et caniveaux. En effet, il est comparé au profil en travers du terrain naturel pour faciliter les calculs des déblais et remblais. Le profil en travers de notre projet est de 2 voies conformément aux TDR. Nous avons 2 avenues dont l'une son emprise est 15 m et l'autre est de 21 m. D'une part, nous avons une chaussée de 15m soient une largeur de 8m soit 4+4 avec une pente en toit de 2,5% ,trottoir variant entre 2 et 3m entre la chaussée et le caniveau du côté droit, file de bordures de type CS2 continues sur le côté gauche de la chaussée servant à drainer les eaux de la chaussée, file de caniveau de section variable du côté droit. Les épaisseurs des couches de la chaussée sont : 5cm pour la couche de revêtement, 15 cm de couche de base et 20 cm de couche de fondation. De l'autre part nous avons une chaussée de 21 m d'emprise soient une chaussée de 12 m de large donc 6m de part et d'autre du TPC avec une pente en toit de 2,5%,un terre-plein central longé de bordures de type T4, file de caniveau de section variable de part et d'autre de la chaussée couvert ,trottoir et enfin un parking longitudinal (stationnement créneau) . Les épaisseurs des couches sont : 5cm de revêtement, 20cm de couche de base et 20 cm de couche de fondation.

Il comprend les éléments suivants :

- Trottoir : chemin réservé aux piétons, souvent en pavé. Il peut également être aménagé pour le parking ;
- Chaussée : Surface aménagée pour la circulation des véhicules ;
- Caniveau : Rigole destinée à l'évacuation des eaux aux bords d'une chaussée. Il peut être de forme rectangulaire ou trapézoïdale avec une pente ;
- L'emprise : la surface du terrain occupée par la route ainsi que l'ensemble des espaces nécessaires à son entretien, soit la voie de circulation, l'accotement et généralement le fossé, Dans notre projet, elle s'étend sur 15 m et 21 m, de manière générale, c'est 30m pour les routes et 100m pour les autoroutes ;
- Plateforme : Désigne la surface de la route qui comprend la chaussée, l'accotement, terre-plein ;
- L'assiette : partie de l'emprise réellement utilisée par la route incluant les talus, les fossés ainsi que la plateforme,

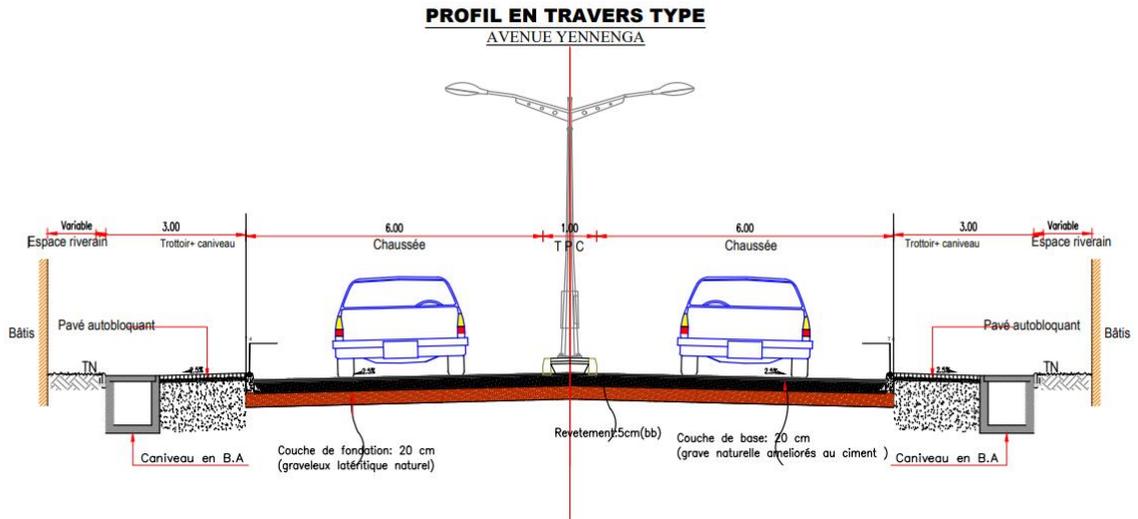


Figure 23 : Profil en travers type de l'avenue Yennenga

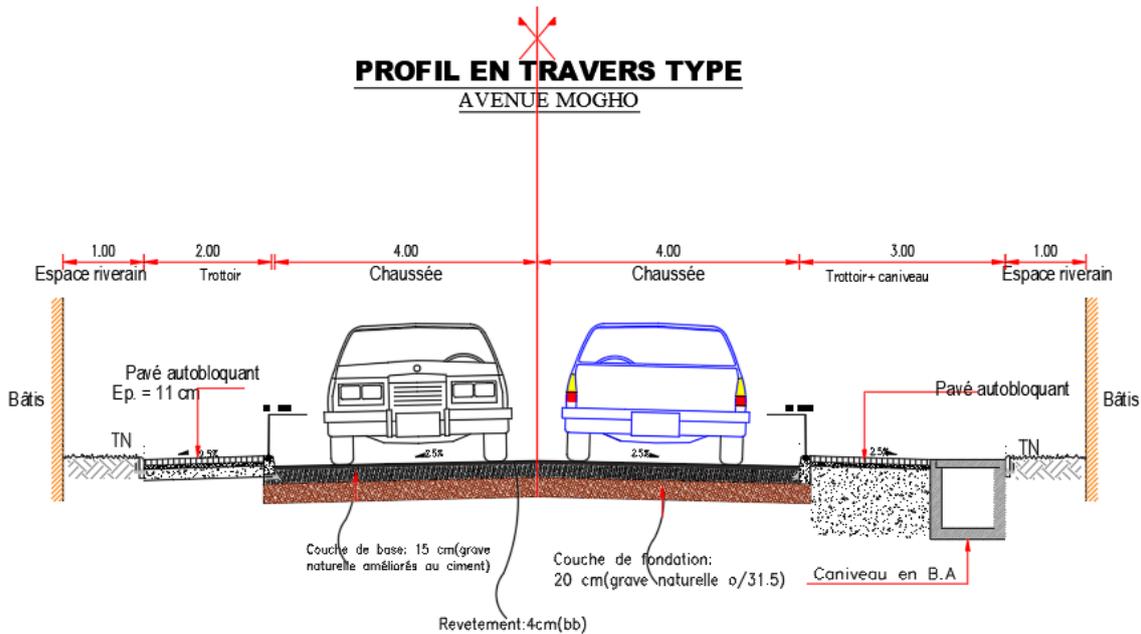


Figure 24 : Profil en travers type de l'avenue Mogho

IV.1.3. Tracé du profil en long

Le profil en long est composé de rampes, de pentes et de raccordements paraboliques, Deux déclivités distinctes doivent être reliées par un raccordement parabolique. A l'inverse deux raccordements paraboliques ne nécessitent pas d'intercaler une déclivité, on s'attachera

néanmoins à vérifier la valeur de la pente instantanée au point de tangence, il est généralement lié au profil en long du terrain naturel.

Le calage de la ligne rouge sera effectué suivant les paramètres fondamentaux ci – après :

Tableau 20 : Valeurs limites du profil en long

Vitesse en km/h	40	60
Déclivité normale	1 à 4%	1 à 4%
Déclivité maximale	10%	10%
Angle saillant minimal absolu	500	500
Angle saillant minimal normal	700	1500
Angle rentrant minimal absolu	300	300
Angle rentrant minimal normal	500	1500

Le calage de la ligne rouge a été conditionné par :

- Les profils en travers type retenu de chaque tronçon ;
- Les seuils d'accès aux riverains ;
- Le raccordement aux chaussées existantes ;
- L'assainissement longitudinal ;
- Les résultats du dimensionnement de la chaussée résultant de la géotechnique ;
- Et les normes géométriques usuelles ci-dessus évoquées ;

La déclivité fait référence à la pente ou à la rampe exprimée en pourcentage le long d'une section de route ;

Un angle saillant est un angle dont la courbure est orientée vers le bas, tandis qu'un angle rentrant présente une courbure orientée vers le haut ;

IV.1.3.1. Coordination du tracé en plan et du profil en long

Pour favoriser le respect des règles de visibilité ainsi qu'un certain confort visuel de perception du tracé il faut veiller à :

- Faire coïncider les courbes du tracé en plan et les paraboles du profil en long ;
- Prévoir des rayons de profil en long suffisamment importants relativement à ceux du tracé en plan, en respectant le rapport $R_v > 6R_h$ lorsque le rayon en plan est inférieur à 1500m ;
- Eviter de positionner le début d'une courbe au niveau 'un point haut du profil en long, ceci étant susceptible de dégrader fortement la perception du virage.

Pour notre projet, cette coordination est observée au niveau de la superposition du tracé en plan et du profil en long qui est représenté en Annexe 3.

IV.2. Signalisation routière

IV.2.1. Signalisation verticale

Elle sera définie en fonction des intersections et des singularités avec des panneaux nécessaires pour assurer un trafic sans conflits ; il s'agit essentiellement des panneaux de signalisation et d'indication. Le principe de signalisation tient compte de quatre catégories générales de signaux, à savoir :[11]

- Les panneaux de danger (type A) : ils sont faits pour avertir les dangers et doivent être implantés à 150m en traversé d'agglomération.



Figure 25 : Panneaux de danger de type A

- Les panneaux prescription (type B) : ils sont faits pour signaler une obligation, Ils doivent être implantés à 30m en traversé d'agglomération.



Figure 26 : Les panneaux de type B

- Les panneaux d'intersection (type AB) : ils servent à céder le passage, à l'arrêt obligatoire, à prioriser le passage pour les piétons.



Figure 27 : Panneaux d'intersection de type AB

- Les panneaux d'indication et de direction (type D et E) : ils servent à signaler des équipements comme des hôpitaux, des aires de repos, des stations de service, des directions générales. Leur objectif principal est d'informer les usagers de la route sur des éléments qui ne nécessitent pas d'obligations de changement de direction immédiates mais qui peuvent être utiles dans la planification.

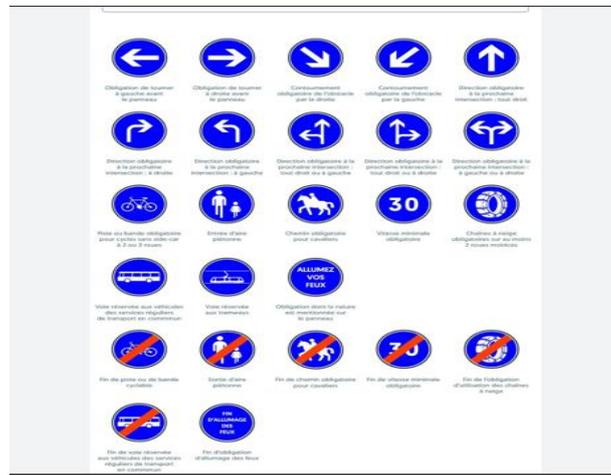


Figure 28 : Panneaux d'indication et de direction de type D et E

IV.2.2. Signalisation horizontale

Cette signalisation permet ainsi une meilleure lisibilité des voies et améliore la sécurité, Celle étudiée dans le projet comprend :

- La ligne axiale ou de type T1 : ligne blanche discontinue sur l'axe de la chaussée de 12 cm de largeur, avec des traits de 3 m et intervalles de 10 m entre deux traits.
- La ligne de type T2 ou discontinues dérivées : composée de segments de 3 mètres, est tracée à des intervalles de 3,5 mètres pour séparer la chaussée de l'accotement.

- La ligne de rive : ligne blanche discontinue de 18 cm de largeur avec les traits de 20 m et des intervalles de 6 m entre deux traits. Cette ligne se trouve sur les deux rives de la chaussée.

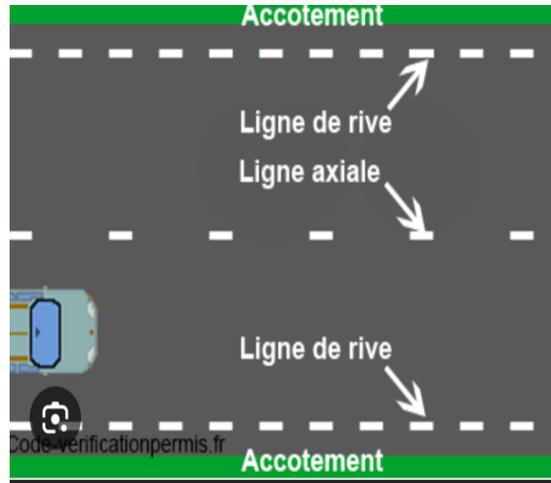


Figure 29 : Lignes de types T1 et T2

En plus du marquage longitudinal, les intersections seront dotées d'un marquage adéquat pour assurer la sécurité et la direction. Les lignes de STOP seront indiquées à l'endroit où le véhicule devra s'arrêter avant de s'engager dans le carrefour. La ligne de STOP consiste en une ligne blanche continue de 0,6 m de largeur.



Figure 30 : Panneau STOP

De même, une ligne discontinue constituée de traits d'intervalles égaux de 0,5 m de longueur sera adaptée pour indiquer le prolongement de la ligne de rive à travers l'intersection et pour délimiter les bandes de stationnement là où elles existent.

Les marquages divers à savoir les flèches les passages piétons sont positionnées si nécessaire pour compléter et améliorer les exigences du marquage longitudinal.

Ainsi la signalisation routière comprend : des lignes continues axiales, des lignes discontinues axiales, des lignes de rive, des lignes d'arrêt (STOP), des passages piétons. La modulation du marquage horizontal de la chaussée selon la norme NF EN 1436.

Tableau 21 : Panneaux de signalisation

Panneaux de signalisations	Nombre
	20
	8
	11
	4

IV.2.3. Eclairage public

L'éclairage public doit garantir aux usagers de la route une circulation sécurisée et confortable durant la nuit, en assurant une bonne visibilité des obstacles et en éliminant toute zone d'ombre. Pour nos tronçons, nous avons opté pour des lampadaires solaires. L'implantation de cet éclairage prendra en compte la hauteur du lampadaire de la largeur de la chaussée. Nous avons donc une hauteur de 10 mètres et un espacement de 30 mètres.



Figure 31 : Lampadaires

IV.2.4. Autres équipements

Les bordures offrent une protection importante aux piétons en séparant les voies de circulation, Elles empêchent aux véhicules de pénétrer sur les trottoirs réduisant ainsi le risque d'accidents.

Dans notre projet, nous avons la bordure de type CS2+T2 utilisée pour délimiter la chaussée des trottoirs ; la bordure GSS2 est plus robuste, elle est utilisée dans des situations où il est nécessaire de créer une séparation plus marquée, comme pour protéger les espaces verts et empêcher les véhicules de sortir de la chaussée. Les bordures et le terre-plein central sont des éléments essentiels pour l'organisation et la sécurité routière.

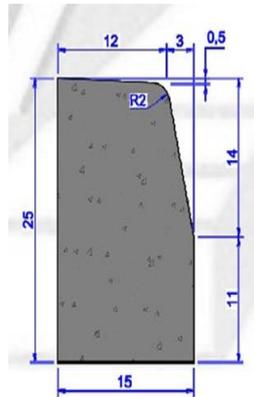


Figure 32 : Bordure T2

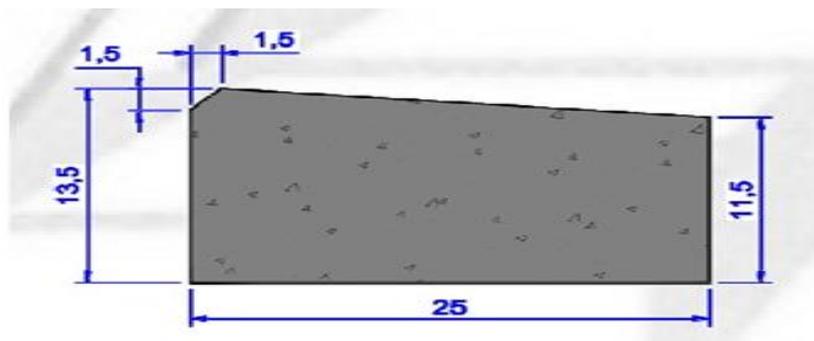


Figure 33 : Bordure de type CS2

L'étude géométrique de la route et la signalisation sont importantes pour garantir la sécurité, la fluidité et le confort des usagers. Une conception soignée de la géométrie routière, incluant les tracés, les dimensions des chaussées, les pentes est primordiale pour répondre aux exigences du trafic et aux caractéristiques techniques du terrain. Parallèlement, une signalisation claire et adéquate, incluant les bordures, les bordures les marquages au sol jouent un rôle crucial dans la gestion du trafic et la sécurité des usagers. Ces éléments combinés assurent non seulement une circulation optimale mais contribuent aussi à la réduction des risques d'accidents.

CHAPITRE 5: NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE, SOCIALE ET ETUDE FINANCIERE

Le projet de réhabilitation des voiries des avenues Mogho et Yennenga à Ouagadougou fait partie d'une initiative visant à moderniser les infrastructures urbaines, améliorer la circulation et répondre aux besoins croissants en mobilité dans la capitale du Burkina Faso. Ce projet a pour objectif de faciliter les déplacements, de dynamiser l'activité économique et d'améliorer la qualité de vie des habitants. Toutefois, il entraîne également des défis en termes d'impacts environnementaux, sociaux et techniques, qui nécessitent une gestion attentive et appropriée.

V.1. Notice d'impact environnementale et sociale

V.1.1. Screaming environnemental et choix de la catégorie du projet

Le Screaming environnemental est un processus de détection précoce des impacts environnementaux potentiels du projet, permettant ainsi de mieux orienter les décisions et les mesures d'atténuation. La réhabilitation des voiries aura plusieurs effets positifs qui se manifesteront sur les plans économiques, sociaux, environnementaux :

Impacts économiques :

- Amélioration de la circulation : cette réhabilitation nous permet de désengorger le trafic, ce qui réduit le temps de trajet et améliore la productivité des travailleurs et des entreprises locales ;
- Réduction des coûts d'entretien des véhicules : des routes bien entretenues diminuent l'usure prématurée des véhicules et les coûts de maintenance pour les conducteurs et les sociétés de transport ;
- Attraction d'investissement : une meilleure infrastructure de transport rend la ville plus accessible, ce qui attire les investisseurs et soutient la croissance économique ;
- Création d'emplois : les travaux de réhabilitation créent des opportunités d'emploi pour les ouvriers et donnent des emplois dans le commerce et les services après les travaux ;
- Valorisation des biens immobiliers : la réhabilitation peut entraîner une hausse de la valeur des propriétés situées près des routes réhabilitées, en facilitant l'accès aux services et en rendant les quartiers plus attractifs,

Impacts sociaux

- Amélioration du confort de vie : une route bien entretenue réduit les dégradations ainsi que la poussière et améliore le quotidien des usagers et des riverains ;

- Meilleur accès au service : une voirie réhabilitée permet à la population des zones périphériques d'accéder plus facilement aux services publics comme la santé, la sécurité, et l'éducation ;
- Sécurité accrue : l'amélioration des infrastructures routières avec l'ajout des trottoirs, signalisation routières contribue à la sécurité des piétons, des cyclistes et des automobilistes ;
- Renforcement de la cohésion sociale : elle implique la consultation des communautés locales, ce qui favorise la solidarité et renforce les liens sociaux.

Impacts environnementaux

- Réduction des nuisances : les routes réhabilitées réduisent les poussières et les déchets générés par les routes dégradées contribuant à un environnement plus sain ;
- Gestion améliorée des eaux pluviales : elle permet d'intégrer de nouveaux systèmes de drainage limitant les risques d'inondation et de dégradation des infrastructures ;
- Protection contre l'érosion : les revêtements de la route préviennent l'érosion des sols et protègent les environs ;
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre : la fluidité du trafic permet de diminuer les émissions de dioxyde de carbone générées par les embouteillages, contribuant ainsi à la lutte contre le changement climatique.

Impacts urbains

- Amélioration de l'image de ville : les routes réhabilitées contribuent à une image plus moderne et dynamique attirant des touristes ;
- Optimisation de l'urbanisme : elle s'accompagne d'une réflexion sur l'organisation de la ville comme l'intégration des transports publics, la promotion des transports durables.

Impacts sur la santé publique

- Réduction des maladies liées à l'environnement ;
- Prévention des accidents de circulation ;

Bien que la réhabilitation des voiries puisse avoir de nombreux impacts positifs elle peut également entraîner des effets négatifs possibles :

Impacts environnementaux négatifs :

- Coûts financiers élevés : elle nécessite des investissements importants, la main d'œuvre les équipements, si le financement du projet est insuffisant cela peut entraîner des dépassements de coûts ;
- Perturbations économiques temporaires : pendant la phase des travaux les commerçants et les entreprises situées le long des routes réhabilitées peuvent être affectés par la fermeture partielle des routes, la baisse de l'accessibilité ou la diminution de la fréquentation, cela entraîne donc une baisse du chiffre d'affaire à court terme ;
- Augmentation des coûts de transports : si le projet prend plus de temps que prévu, cela peut entraîner des coûts supplémentaires pour les usagers à cause de la déviation, de la congestion et des perturbations liées aux travaux.

Impacts sociaux négatifs

- Perturbation de la vie quotidienne : les travaux peuvent entraîner les nuisances pour les habitants notamment les bruits, la poussière la pollution de l'air et les perturbations dans les déplacements ;
- Déplacement de commerce : si les travaux nécessitent les modifications importantes du tracé des voiries, certaines petites entreprises pourraient être déplacées et cela peut engendrer des tensions sociales ou des pertes de revenus,

Impacts environnementaux négatifs

- Destruction d'espaces verts ;
- Pollution de l'environnement : les travaux de construction génèrent inévitablement des gaz à effet de serre des déchets et peuvent polluer les sols et les eaux environnantes ;
- Perturbation des écosystèmes locaux : si les infrastructures sont mal conçues elles peuvent perturber les écosystèmes locaux notamment les habitats de faune et de flore sensibles.

Impacts urbains négatifs

- Modification du paysage urbain : le réaménagement des routes peut entraîner des changements importants dans le paysage urbain ;
- Etendue des travaux et délais prolongés : si le projet prend trop de temps, cela peut entraîner une extension des nuisances dans le temps et une gestion inefficace du trafic, augmentant la frustration des usagers et réduisant l'efficacité du système de transport en ville.

✚ Impacts sur la santé publique

- Accidents liés au chantier ;
- Exposition à des risques environnementaux : la poussière, les bruits et la pollution de l'air générés par les travaux peuvent nuire à la santé des riverains en particulier ceux qui souffrent déjà des problèmes respiratoires.

✚ Impacts institutionnels et administratifs

- Manque de coordination et de gestion : si le projet n'est pas bien coordonné entre les différentes autorités locales les entreprises de construction et les populations cela peut entraîner des retards, des conflits d'intérêt, une mauvaise gestion des ressources,
 - Corruption et mauvaise gestion des fonds : il existe un risque de mauvaise gestion des fonds alloués à la réhabilitation ou d'abus dans l'attribution des marchés de travaux cela peut entraîner une inefficacité du projet et une perte de confiance de la population,
- Les mesures d'atténuation sont des actions spécifiques mises en place pour réduire ou compenser les impacts négatifs du projet.

✚ Mesures d'atténuation des impacts environnementaux

- Gestion es poussières et de la pollution de l'air : arrosage fréquent des voies pendant les travaux pour réduire la poussière ; utilisation des matériaux moins polluants ;
- Gestion des eaux pluviales : amélioration du drainage pour éviter l'accumulation d'eau stagnante qui pourrait nuire à la voirie et provoquer des inondations ;
- Protection de la biodiversité : prévoir la réhabilitation des espaces verts affectés aux travaux.

✚ Mesures d'atténuation des impacts sociaux

- Minimisation des nuisances pour les populations locales : planification des horaires de travail pour réduire les nuisances sonores en dehors des heures de pointe, Sensibilisation des habitants aux risques liés au chantier ;
- Réduction des impacts sur la circulation et les transports : mise en place des déviations pour éviter la congestion du trafic ; amélioration de la signalisation routière pendant la période des travaux pour garantir la sécurité des usagers.

✚ Mesure d'atténuation des impacts économiques

- Soutien aux commerçants et aux riverains : compensation financière pour les commerçants ; prévoir des périodes de moindre activité pour les zones commerciales afin de minimiser l'impact économique.

+ Mesure d'atténuation des impacts sur la santé

- Amélioration des conditions sanitaires pendant les travaux : mise à disposition d'eau potable et de structures sanitaires pour les travailleurs ; surveillance des conditions sanitaires dans les zones à proximité du chantier.

+ Mesure d'atténuation des impacts de sécurité

- Mise en place de barrières et de panneau de signalisation pour délimiter les zones de travaux ; surveillance de la sécurité des travailleurs et des usagers par des agents spécialisés, formation continue pour le personnel travaillant sur le chantier afin de minimiser les risques d'accidents.

+ Mesure d'atténuation liée à la gestion des déchets

- Gestion des déchets de construction : mise en place des zones de stockage et de recyclage pour les matériaux de construction ; sensibilisation à la réduction des déchets et à l'importance de leur recyclage.

Ainsi nous avons la catégorie du projet :[12]

La réhabilitation des deux voiries est généralement classée comme un projet de catégorie B selon les standards environnementaux tels que ceux établis par les organismes de financement international et les réglementations nationales. Cette classification est basée sur la nature des impacts environnementaux et sociaux prévisibles.

V.1.2. Elaboration du plan de gestion des risques

Le tableau suivant présente les risques identifiés, les descriptions de ces derniers, les probabilités, les impacts, les mesures de prévention, responsable et enfin le suivi.

Tableau 22 : Plan de gestion des risques

N°	Risque Identifié	Description du Risque	Probabilité	Impact	Mesures de Prévention / Atténuation	Responsable	Suivi / Monitoring
1	Risques environnementaux	Pollution de l'air et du sol due aux poussières générées pendant les travaux,	Moyenne	Élevé	1. Utilisation de dispositifs de réduction de poussière (brumisation, protections), 2, Suivi de la qualité de l'air,	Chef de chantier	Contrôles réguliers de la qualité de l'air et des émissions de poussières,
2	Risques liés à la circulation	Perturbations de la circulation (embouteillages, déviations) et accidents de la route pendant les travaux,	Élevée	Moyen	1. Mise en place de déviations routières et signalisation adéquate, 2. Coordination avec les autorités pour fluidifier la circulation,	Responsable sécurité	Suivi de la signalisation et de la fluidité du trafic, gestion des incidents,
3	Risques liés à la sécurité du personnel	Accidents sur le chantier (chutes, blessures dues à des équipements, etc.),	Moyenne	Très élevé	1. Formation continue du personnel à la sécurité, 2. Fourniture d'équipements de protection	Chef de chantier	Contrôles réguliers des conditions de sécurité sur site,

					individuelle (EPI),		
4	Risques d'approvisionnement	Retards ou pénuries dans la livraison des matériaux nécessaires (bitume, gravier, ciment),	Moyenne	Élevé	1. Anticipation des besoins en matériaux et sélection de fournisseurs fiables, 2. Suivi rigoureux des délais de livraison,	Responsable des achats	Suivi des livraisons, réunions de coordination avec les fournisseurs,
5	Risques financiers	Dépassement de budget dû à des coûts imprévus (hausse des prix des matériaux, changements dans le projet),	Moyenne	Très élevé	1. Estimation précise des coûts dès le départ, 2. Suivi strict du budget et identification de marges pour imprévus.	Responsable financier	Suivi mensuel du budget, vérification des dépenses,
6	Risques sociaux	Mécontentement des riverains et des usagers des voiries, entraînant des protestations ou des désaccords,	Moyenne	Modéré	1. Sensibilisation et communication régulière avec les populations locales. 2. Mise en place de réunions d'information.	Responsable communication	Suivi des retours de la communauté et gestion des plaintes,

7	Risques climatiques	Inondations ou conditions météorologiques extrêmes affectant le chantier (pluie abondante, conditions difficiles),	Faible	Modéré	1. Planification des travaux en fonction des saisons de pluie.	Chef de chantier	Suivi des prévisions météorologiques, ajustement des calendriers,
					2. Prévisions météorologiques et ajustement du planning de chantier.		
8	Risques techniques	Défauts dans la qualité des travaux (problèmes de conception ou de réalisation affectant la durabilité des infrastructures),	Faible	Très élevé	1. Contrôles qualité à chaque étape du projet.	Ingénieur travaux	Vérifications techniques régulières et audits de qualité,
					2. Inspections régulières par des experts externes pour assurer la conformité.		
9	Risques administratifs	Délais dans l'obtention des permis nécessaires (permis de construire, autorisations spécifiques, etc.),	Moyenne	Modéré	1. Démarches administratives anticipées.	Responsable administratif	Vérification régulière des documents administratifs, relance des démarches,
					2. Suivi rapproché des autorisations en cours de validité.		
10	Risques politiques	Instabilité politique ou changements	Faible	Très élevé	1, Suivi de l'environnement politique,	Coordinateur du projet	Suivi des évolutions politiques,

		dans les politiques publiques pouvant affecter le financement ou l'exécution du projet,			2. Mise en place d'un plan de continuité pour le projet en cas de changement politique.	communication avec les parties prenantes,
--	--	---	--	--	---	---

V.1.3. Elaboration du plan de suivi

Le tableau suivant présente l'activité, l'objectif/ résultat attendu, l'indicateur et la méthode de suivi, fréquence et enfin le responsable.

Tableau 23 : plan de suivi

N°	Activité	Objectif / Résultat attendu	Indicateur de Suivi	Méthode de Suivi	Fréquence	Responsable
1	Évaluation initiale du site	Identifier les conditions existantes avant les travaux	Rapport d'évaluation préliminaire	Visite de terrain, rapport d'étude préalable	Une fois avant début des travaux	Ingénieur Géotechnicien
2	Contrôle de la qualité des matériaux	Assurer la conformité des matériaux (bitume, gravier, etc.)	Certificats de qualité des matériaux	Prélèvement d'échantillons, tests en laboratoire	Avant chaque livraison de matériaux	Responsable des achats
3	Gestion de la circulation pendant les travaux	Minimiser les perturbations de la circulation	Niveaux d'embouteillage, signalisation respectée	Observation sur site, rapport de la police municipale	Quotidien, suivi en temps réel	Responsable sécurité
4	Suivi de la sécurité sur le chantier	Assurer la sécurité des travailleurs et des riverains	Nombre d'accidents, conformité des EPI	Inspection de sécurité, audits de conformité des EPI	Hebdomadaire	Chef de chantier, Responsable sécurité

5	Suivi de l'avancement des travaux	Vérifier l'avancement des travaux selon le calendrier	% d'avancement par rapport au planning	Inspection régulière, rapports d'avancement hebdomadaires	Hebdomadaire	Chef de chantier
6	Suivi des coûts du projet	Contrôler les dépenses et éviter les dépassements budgétaires	Rapport financier, pourcentage de dépassement du budget	Analyse des rapports financiers, révisions budgétaires	Mensuel	Responsable financier
7	Contrôle de la qualité des travaux réalisés	Assurer la conformité des travaux réalisés (asphalte, drainage, etc.)	Résultats des inspections techniques	Inspections sur site, audits externes	Mensuel	Ingénieur travaux
8	Suivi environnemental	Limiter l'impact environnemental des travaux (poussière, bruit, etc.)	Niveau de pollution (poussière, bruit, déchets)	Mesures environnementales, rapports d'inspection	Quotidien	Responsable environnement
9	Suivi des relations sociales	Maintenir une communication efficace avec la population locale	Niveaux de satisfaction, nombre de plaintes	Enquêtes, réunions publiques, médiation	Mensuel	Responsable communication
10	Suivi des conditions météorologiques	Anticiper l'impact des conditions climatiques sur le chantier	Rapports météorologiques, ajustements du planning	Suivi des prévisions météorologiques, ajustement des plannings	Quotidien en période de pluie	Chef de chantier

11	Audit final des travaux	Vérifier la conformité du projet aux normes et exigences initiales	Rapport d'audit final, taux de conformité	Inspection finale, évaluation des critères de réception	À la fin des travaux	Ingénieur en chef, Audit externe
12	Suivi de la maintenance post-réhabilitation	Assurer que les infrastructures restent fonctionnelles après la réhabilitation	État des voiries après 6 mois, défauts apparents	Inspections post-réhabilitation, rapports de maintenance	6 mois après la fin du projet	Responsable maintenance

Le projet de réhabilitation des voiries des avenues Mogho et Yennenga à Ouagadougou, bien qu'essentiel pour améliorer la circulation urbaine et la qualité de vie des citoyens, engendre plusieurs impacts environnementaux, sociaux et techniques, Afin de garantir la réussite de ce projet, il est indispensable de mettre en place des stratégies adaptées, des mesures de gestion des risques, ainsi qu'un suivi rigoureux pour minimiser les effets négatifs et optimiser les retombées positives.

V.2. Etude financière

V.2.1. Avant-métré

L'avant-métré est une estimation préliminaire des quantités de matériaux nécessaires pour un projet de construction. Il s'agit d'une évaluation initiale réalisée avant la préparation 'un devis détaillé, basée sur les plans et les esquisses disponibles. Cette estimation permet d'avoir une première idée des coûts et des ressources requises pour le projet, sans entrer dans les détails spécifiques. Elle sert ainsi de base pour la planification et la prise de décision en amont des travaux.

Le devis quantitatif se fera suivant les postes ci-dessous :

- Installation de chantier et repli de matériel
- Terrassement généraux
- Chaussée, accotement, trottoir et revêtement
- Assainissement-drainage
- Signalisation et sécurité

V.2.2. Devis estimatif

Le devis estimatif est un document qui présente une estimation des coûts d'un projet de construction ou d'infrastructure avant qu'il ne commence. Cette estimation est généralement basée sur les quantités prévues de matériaux, de main d'œuvre, d'équipements et des coûts associés aux travaux nécessaires. Pour ce faire, nous avons utilisé la mercuriale des prix de construction de la ville de Ouagadougou 2022[13] afin de déterminer les prix unitaires, Nous avons appliqué les prix moyens pour l'estimation des coûts des travaux. Le récapitulatif du devis estimatif de l'avenue Yennenga se présente dans le tableau suivant :

Tableau 24 : Récapitulatif du devis estimatif de l'avenue Yennenga

Installation	10000000 FCFA
Aménagement et repli	30000000 FCFA
Terrassement	24350000 FCFA
Chaussée	117092500 FCFA
Revêtement	396345000 FFCFA
Aménagement parking	360420000 FCFA
Electricité	34000000 FCFA
Signalisation routière	4486500 FCFA
Aménagement le long de l'assainissement collectif	55300000 FCFA
Total	1091994000 FCFA
TVA (18%)	196558920 FCFA
Total TTC	1288552920 FCFA
IMPREVU (5%)	64427646 FCFA
Total général	1552980566 FCFA

Le récapitulatif du devis estimatif de l'avenue Mogho se présente ans le tableau suivant :

Tableau 25 : Récapitulatif du devis estimatif de l'avenue Mogho

Installation de chantier et repli du matériel	27000000 FCFA
Terrassements généraux	902187735 FCFA
Chaussée, accotement, trottoir et revêtement	91885195 FCFA
Assainissement-drainage	85050000 FCFA
Signalisation et sécurité	9102500 FCFA

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE POUR LA REHABILITATION DES VOIRIES DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU : CAS DES AVENUES YENNENGA ET MOGHO (Burkina Faso)

Total	1115225430 FCFA
TVA (18%)	200740577 FCFA
TOTAL TTC	1315966007 FCFA
IMPREVU (5%)	65798301 FCFA
TOTAL GENERAL	1381764308 FCFA

La notice d'impact environnemental et l'étude financière sont des éléments très importants pour notre projet car la notice environnementale de déterminer les différents impacts du projet les mesures d'atténuations parallèlement à l'étude financière qui permet d'évaluer les coûts des travaux de chaque avenue.

CONCLUSION

L'analyse technique des voiries des avenues Yennenga et Mogho à Ouagadougou révèle des différences en terme de trafic, des structures des chaussées, des caractéristiques du sol et des ouvrages nécessaires. L'avenue Yennenga, qui accueille un trafic T3, nécessite une chaussée de 6 m de large et des aménagements complets, incluant des trottoirs et des caniveaux de section variable de chaque côté de la route, afin de supporter un flux de circulation plus important. La portance du sol S3 impose également des solutions techniques pour assurer la stabilité de la voirie. Une structure de chaussée de 5 cm de béton bitumineux en couche de revêtement, une couche de base de 20 cm de grave naturelle améliorée au ciment et une couche de fondation de 20 cm de graveleux latéritiques naturel. Le coût estimatif des travaux de cette avenue est de 1552980566FCFA (un milliard cinq cent cinquante-deux millions neuf cent quatre-vingt mille cinq cent soixante-six francs CFA TTC).

En revanche, l'avenue Mogho, avec un trafic de type T2 présente une conception simple avec une chaussée de 4 m par voie, un trottoir et un caniveau sur le côté droit, ainsi qu'un autre trottoir sur le côté gauche. La portance du sol S4 permet les travaux moins contraignants techniquement. Une structure de chaussée de 4 cm de béton bitumineux, une couche de base de 15 cm de grave améliorée au ciment et 20 cm de grave naturelle O/31.5. Le devis estimatif pour cette avenue s'élève à 1381764308 FCFA (un milliard trois cent quatre-vingt un million sept cent soixante-quatre mille trois cent huit francs CFA).

Ainsi, bien que les voiries visent à améliorer la circulation et la sécurité dans la ville, les différences de trafic et les caractéristiques géotechniques entre les deux avenues justifient des choix techniques distincts. Cette étude souligne l'importance de concevoir les infrastructures adaptées aux besoins spécifiques de chaque axe routier, en tenant compte des contraintes géotechniques, des matériaux utilisés et des volumes de circulation, pour garantir des routes durables et fonctionnelles. Notre stage au sein de l'entreprise GTAH s'est passé dans de bonnes conditions car elle m'a permis d'acquérir des expériences et de mettre en pratique mes compétences en travail d'équipe sur le terrain, Cette expérience a vraiment été utile pour les stagiaires.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « KANG_CEDRIC_S10_GC-BTP_Juin 2024 » CONCEPTION GEOMETRIQUE ET ETUDE COMPARATIVE DE GIRATOIRE DE STRUCTURE EN BETON BITUMINEUX, EN BETON ARME GOUJONNE ET EN STRUCTURE COMPOSITE, CAS DE GIRATOIRE SITUE A L'INTERSECTION DE LA RN1 ET DE LA VOIE DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU.
- [2] « BCEOM_HYDRAULIQUE-ROUTIERE.pdf ».
- [3] « GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES POUR LES PAYS TROPICAUX (CEBTP) - version 2014 », toaz.info. Consulté le: 18 décembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://toaz.info/doc-view-3>
- [4] « Fascicule 61, titre II CONCEPTION, CALCUL ET EPREUVES DES OUVRAGES D'ART ».
- [5] « fascicule_74_2021_ecom2026642a_-_fascicule_74_reservoirs-beton_v4_01_202105_v5 ».
- [6] « Règles BAEL 91 modifiées 99 ».
- [7] LCPC et SETRA, « CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES DE CHAUSSEE ». décembre 1994.
- [8] « LABORATOIRE NATIONAL DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS » Société de l'Etat, Juillet 2024.
- [9] « Dimensionnement structurel des chaussées routières Entrée en application de la norme homologuée NF P 98-086 ».
- [10] Cerema, « Aménagement des routes principales ». août 2022.
- [11] Aïssatou Leïla Dano-Viel BALIMA, « ETUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET DE BITUMAGE D'UN TRONCON DU BOULEVARD TANSOBA ENTRE L'INTERSECTION AVEC LA RN03 ET L'ECHANGEUR DE NORD (ROCADE NORD) AU BURKINA FASO », juill. 2024.
- [12] « Décret n°2015-1187/PRES/TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARA/MICA/MHU/MIDT/MCT portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social », 53, déc. 2015.
- [13] « ABNORM - CATALOGUE DES NORMES BURKINABE-2022_ ».

ANNEXES

Annexe 1: Axe en plan	78
Annexe 2 : profil en long des 2 avenues	80
Annexe 3 : Tracé combiné	82
Annexe 4 : Note de calcul et plan d'exécution du caniveau 100*100 et 150*150	89
Annexe 5: note de calcul du dalot d'accès 1*100*100	140
Annexe 6 : Devis estimatif	1

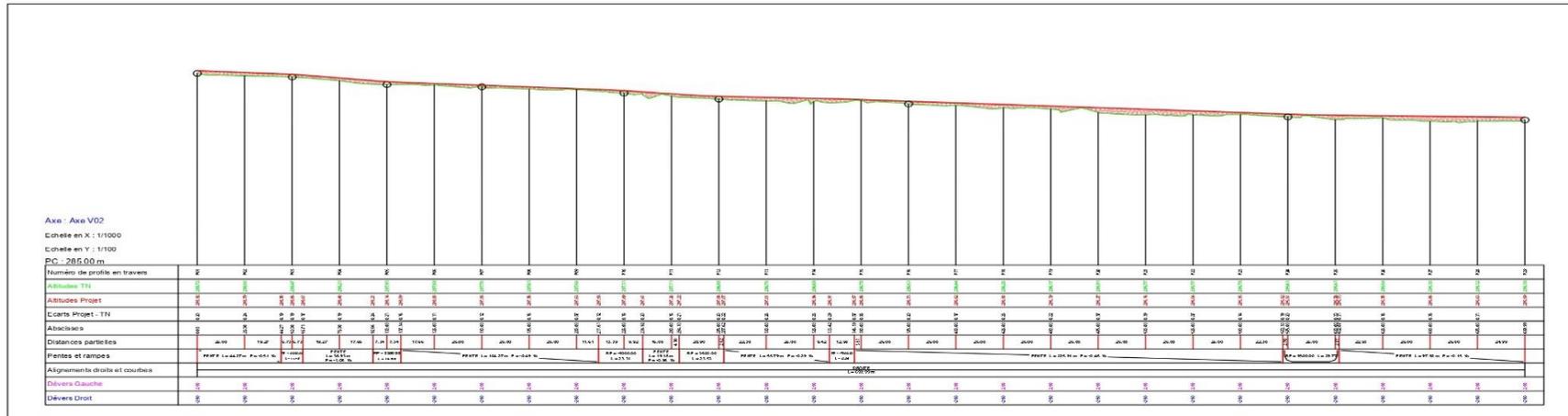
Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 1.16 %	29.630	0.000	306.305
Parabole 1	Rayon -2500.000 m	26.139	29.630	306.650
	Sommet Absc. 58.722 m			
	Sommet Alt. 306.819 m			
Pente 2	Pente 0.12 %	64.663	55.770	306.818
Parabole 2	Rayon -17000.000 m	68.875	120.432	306.894
	Sommet Absc. 140.505 m			
	Sommet Alt. 306.906 m			
Pente 3	Pente -0.29 %	28.191	189.308	306.836
Parabole 3	Rayon 18000.000 m	80.532	217.499	306.755
	Sommet Absc. 269.173 m			
	Sommet Alt. 306.681 m			
Pente 4	Pente 0.16 %	30.416	298.031	306.704
Parabole 4	Rayon -15000.000 m	36.248	328.447	306.753
	Sommet Absc. 352.495 m			
	Sommet Alt. 306.772 m			
Pente 5	Pente -0.08 %	49.448	364.695	306.767
Parabole 5	Rayon 27300.000 m	43.825	414.143	306.727
	Sommet Absc. 436.346 m			
	Sommet Alt. 306.718 m			
Pente 6	Pente 0.08 %	139.431	457.968	306.726
Parabole 6	Rayon -15000.000 m	34.609	597.399	306.837
	Sommet Absc. 609.279 m			
	Sommet Alt. 306.841 m			
Pente 7	Pente -0.15 %	37.889	632.007	306.824
Parabole 7	Rayon -7000.000 m	21.977	669.896	306.767
	Sommet Absc. 659.290 m			
	Sommet Alt. 306.775 m			
Pente 8	Pente -0.47 %	109.276	691.873	306.699
			801.149	306.190
Longueur totale de l'axe 801.149 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 801.153 mètre(s)				

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 95.35gr	801.149	0.000	660091.585	1366385.043
			801.149	660890.596	1366443.535
Longueur totale de l'axe 801.149 mètre(s)					

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -0.51 %	44.268	0.000	298.921
Parabole 1	Rayon -2000.000 m	11.463	44.268	298.696
	Sommet Absc. 34.113 m			
	Sommet Alt. 298.722 m			
Pente 2	Pente -1.08 %	36.931	55.732	298.605
Parabole 2	Rayon 2500.000 m	14.675	92.662	298.206
	Sommet Absc. 119.686 m			
	Sommet Alt. 298.060 m			
Pente 3	Pente -0.49 %	104.273	107.338	298.090
Parabole 3	Rayon -5000.000 m	23.309	211.610	297.575
	Sommet Absc. 186.913 m			
	Sommet Alt. 297.636 m			
Pente 4	Pente -0.96 %	19.178	234.919	297.406
Parabole 4	Rayon 3500.000 m	23.525	254.097	297.222
	Sommet Absc. 287.701 m			
	Sommet Alt. 297.060 m			
Pente 5	Pente -0.29 %	55.793	277.622	297.075
Parabole 5	Rayon -7500.000 m	12.976	333.415	296.914
	Sommet Absc. 311.818 m			
	Sommet Alt. 296.945 m			
Pente 6	Pente -0.46 %	225.908	346.391	296.866
Parabole 6	Rayon 9500.000 m	29.773	572.298	295.824
	Sommet Absc. 616.091 m			
	Sommet Alt. 295.723 m			
Pente 7	Pente -0.15 %	97.924	602.071	295.734
			699.995	295.589
Longueur totale de l'axe 699.995 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 700.005 mètre(s)				

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 388.85gr	699.995	0.000	660848.000	1367233.000
			699.995	660726.049	1367922.290
Longueur totale de l'axe 699.995 mètre(s)					

Annexe 2 : profil en long des 2 avenues



<h3>PROFILS EN LONG</h3>	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>ES</td> <td>APS</td> <td>APD</td> <td>DCE</td> <td>PEO</td> </tr> <tr> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: black;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	ES	APS	APD	DCE	PEO						<p>ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE POUR LA REHABILITATION DES VOIRIES DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU : CAS DES AVENUES YENNENGA ET MOGHIO (BURKINA FASO)</p> <p>MAITRE DE STAGE : GARBA HAMA ENCADRANT 2iE : Mme MARIE THERESE MARAME GOMIS ETUDIANTE : Ornella KUATE POLA</p>	
	ES	APS	APD	DCE	PEO								
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>MODIFICATIONS</th> <th>Dates</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	MODIFICATIONS	Dates							<p>Echelle: 1/15 Numéro Projet : Date : 15/12/2024</p>				
MODIFICATIONS	Dates												

AVENUE YENNENGA
LINEAIRE : 801.15 ml

-  Arbre
-  Concession
-  Ouvrage à construire
-  Assiette
-  TN
-  Profil en long / Projet
-  Marre / Bas fond

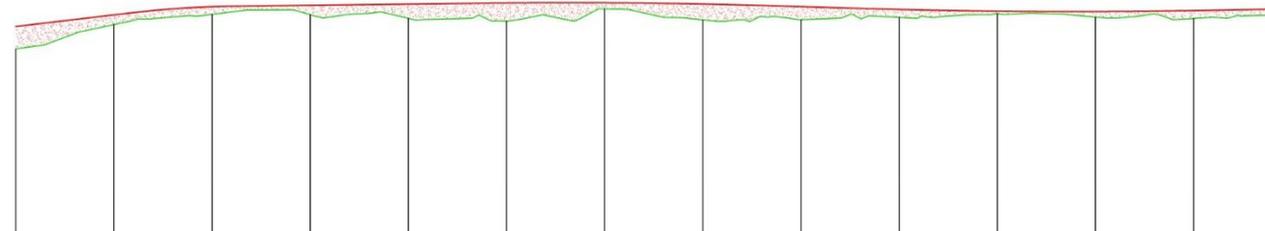


Axe : Axe V01

Echelle en X : 1/1000

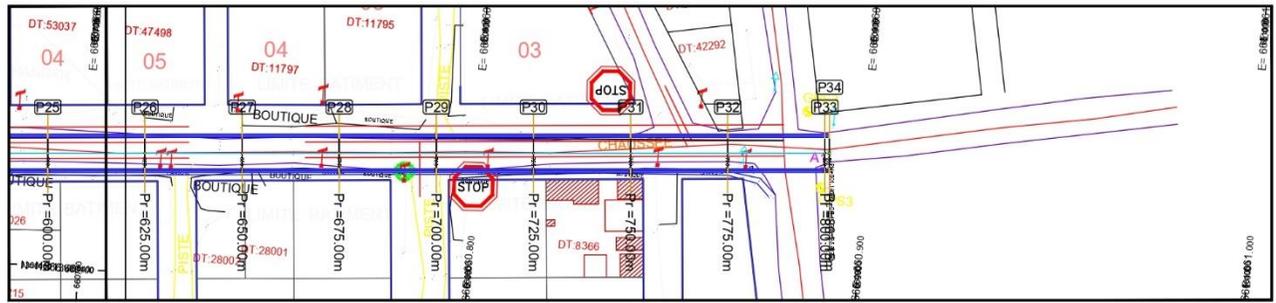
Echelle en Y : 1/100

PC : 301.00 m



Numéro de profils en travers	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
Altitudes TN	306.73	306.35	306.01	306.60	306.51	306.44	306.75	306.47	306.47	306.53	306.63	306.54	306.51
Altitudes Projet	306.31	306.60	306.80	306.84	306.87	306.89	306.90	306.87	306.81	306.75	306.69	306.68	306.71
Ecart Proj - TN		0.25	0.19	0.24	0.36	0.42	0.15	0.40	0.29	0.18	0.06	0.14	0.20
Abscisses	0.00	25.00	50.00	75.00	100.00	120.43	150.00	175.00	189.31	200.00	250.00	275.00	300.00
Distances partielles		25.00	20.37	19.23	25.00	20.43	25.00	14.31	10.69	17.50	25.00	23.03	25.00
Pentes et rampes		RAMPE L = 29.63 m P = 1.16 %	RP = -2500.00 L = 28.14	RAMPE L = 64.66 m P = 0.12 %			RP = -17000.00 L = 68.88		PENTE L = 28.19 m P = -0.29 %		RP = 18000.00 L = 80.53		RAMPE L = 30.42 m P = 0.16 %
Alignements droits et courbes													
Dévers Gauche	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
Dévers Droit	-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

-  Arbre
-  Concession
-  Ouvrage à construire
-  Assiette
-  TN
-  Profil en long / Projet
-  Marre / Bas fond



Axe : Axe V01

Echelle en X : 1/1000

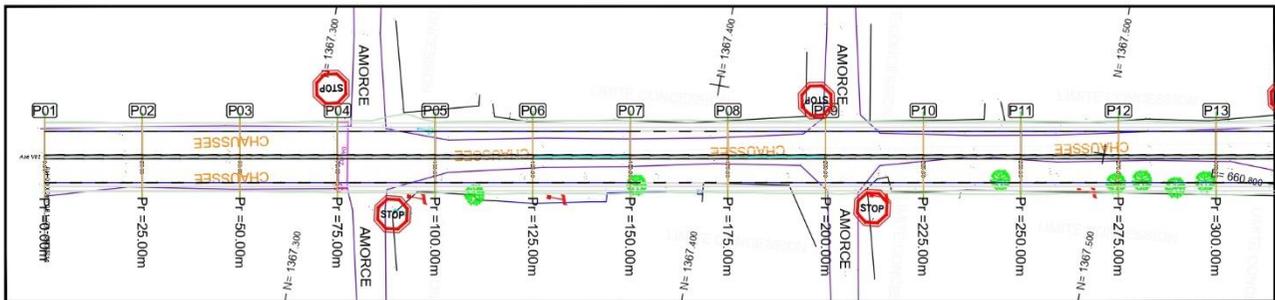
Echelle en Y : 1/100

PC : 301.00 m



Numéro de profils en travers	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P34
Altitudes TN	306.59	306.35	306.50	306.61	306.34	306.21	306.27	306.24	306.03
Altitudes Projet	306.84	306.83	306.80	306.77	306.66	306.54	306.43	306.31	306.19
Ecart Project - TN	0.21	0.48	0.30	0.14	0.32	0.33	0.16	0.07	0.15
Abcisses	597.40 600.00	625.00 632.01	650.00	669.90 675.00	691.87 700.00	725.00	750.00	775.00	801.15
Distances partielles	2.60	25.00	7.01	17.99	19.90	5.10	16.87	8.13	25.00
Pentes et rampes	RP = -15000.00 L = 34.61		PENTE L = 37.89 m P = -0.15 %			RP = -7000.00 L = 21.98			
Alignements droits et courbes	PENTE L = 109.28 m P = -0.47 %								
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Dévers Droit	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

-  Arbre
-  Concession
-  Ouvrage à construire
-  Assiette
-  TN
-  Profil en long / Projet
-  Marre / Bas fond



Axe : Axe V02

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100

PC : 293.00 m

Numéro de profils en travers	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
Altitudes TN	298.72	298.55	298.47	298.21	297.93	297.89	297.76	297.61	297.56	297.31	297.11	296.88	296.75
Altitudes Projet	298.92	298.79	298.70	298.40	298.21	298.14	297.88	297.76	297.63	297.58	297.41	297.26	297.01
Ecart Proj - TN	0.20	0.24	0.19	0.19	0.24	0.21	0.15	0.07	0.12	0.18	0.21	0.23	0.26
Abscisses	0.00	25.00	44.27	50.00	55.73	75.00	92.66	100.00	107.34	125.00	150.00	175.00	200.00
Distances partielles		25.00	19.27	5.73	5.73	19.27	17.66	7.34	7.34	17.66	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes		PENTE L = 44.27 m P = -0.51 %		RP = 2000.00 L = 11.48		PENTE L = 36.93 m P = -1.08 %		RP = 2500.00 L = 14.68		PENTE L = 104.27 m P = -0.49 %		RP = 5000.00 L = 23.31	
Alignements droits et courbes													
Dévers Gauche	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
Dévers Droit	-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

-  Arbre
-  Concession
-  Ouvrage à construire
-  Assiette
-  TN
-  Profil en long / Projet
-  Marre / Bas fond



Axe : Axe V02

Echelle en X : 1/1000

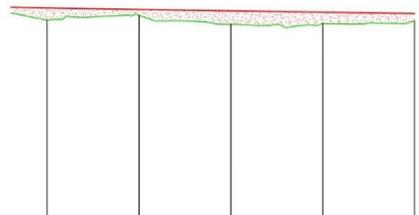
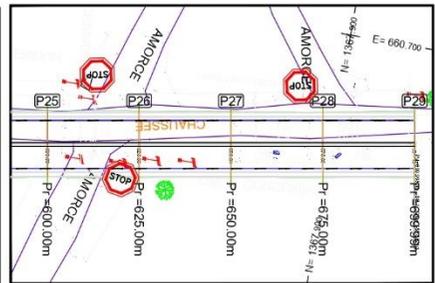
Echelle en Y : 1/100

PC : 291.00 m



Numéro de profils en travers	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	
Altitudes TN	296.75	296.68	296.78	296.53	296.44	296.25	296.17	296.91	296.77	296.77	296.78	296.61	296.41	
Altitudes Projet	297.01	296.94	296.81	296.87	296.62	296.50	296.39	296.27	296.16	296.04	295.93	295.81	295.73	
Ecart Proj - TN	0.26	0.25	0.29	0.07	0.20	0.25	0.22	0.37	0.39	0.27	0.14	0.19	0.31	
Abscisses	300.00	325.00	333.42	346.39	350.00	375.00	400.00	425.00	450.00	475.00	500.00	525.00	550.00	
Distances partielles	8	25.00	8.42	12.98	3.81	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.30	25.00	
Pentes et rampes	NTE L = 55.79 m P = -0.29 %		RP = 7900.00 L = 12.98		PENTE L = 225.91 m P = -0.46 %								RP = 9500.00 L = 29.77	
Alignements droits et courbes	DROITE L = 699.99 m													
Dévers Gauche	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	
Dévers Droit	-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	

-  Arbre
-  Concession
-  Ouvrage à construire
-  Assiette
-  TN
-  Profil en long / Projet
-  Marre / Bas fond



Axe : Axe V02

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100

PC : 290.00 m

Numéro de profils en travers	P25	P26	P27	P28	P29
Altitudes TN	295.41	295.54	295.39	295.32	295.39
Altitudes Projet	295.73	295.70	295.66	295.63	295.59
Ecart Proj - TN	0.31	0.16	0.36	0.31	
Abscisses	600.00	625.00	650.00	675.00	699.99
Distances partielles	2.07	22.93	25.00	25.00	24.99
Pentes et rampes	L = 29.77	PENTE L = 97.92 m P = -0.15 %			
Alignements droits et courbes					
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Dévers Droit	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

Données de base

Géométrie des caniveaux

Les caniveaux ont des sections 150x150

Caractéristiques des matériaux

Béton

Le béton utilisé a les caractéristiques suivantes :

B25

Résistance à la compression $F_{C28} = 25 \text{ MPa}$

Résistance à la traction $F_{t28} = 0,6 + 0,06 F_{C28} = 2,1 \text{ MPa}$

Module de déformation instantanée $E_{i28} = 11000(F_{C28})^{1/3} = 33 \text{ 000 MPa}$

Module de déformation différée $E_{v28} = E_{i28} / 3 = 11 \text{ 000 MPa}$

Masse volumique = 2,5 t/ m³

Coefficient de Poisson :

$\nu = 0,2$ pour le béton non fissuré

$\nu = 0,0$ pour la section fissurée

Coefficient de dilatation thermique : $\alpha = 1 \text{ E}^{-5} / ^\circ\text{C}$

$\gamma_b = 1,5$ pour les combinaisons fondamentales,

$\gamma_b = 1,15$ pour les combinaisons accidentelles

$0,85 < \theta < 1$ suivant la durée d'application des charges

Acier pour béton armé

Armatures à Haute Adhérence FeE400

Nuance $f_e = 400 \text{ MPa}$

Module de Young $E = 200 \text{ 000 MPa}$

Masse volumique $\gamma_a = 7,85 \text{ T / m}^3$

Coefficient de fissuration $\eta = 1,6$

Coefficient de scellement $\psi_s = 1,5$

$\gamma_a = 1,15$ pour les combinaisons fondamentales

$\gamma_a = 1,0$ pour les combinaisons accidentelles,

Fissuration du béton et enrobage des aciers

Pour tous les éléments de structure des dalots, la fissuration est jugée comme préjudiciable et l'enrobage minimum des aciers est $e = 3 \text{ cm}$,

Chargements en service

Charges permanentes (CP)

On distinguera celles provenant du poids propre de la structure du tablier et celles provenant du poids des équipements,

Poids propre du tablier

Le poids propre du tablier est déterminé sur la base des dessins de coffrage, Ce poids fait l'objet d'une majoration de +6% et une minoration de -4%,

Actions climatiques

Action du vent : (W)

On note W l'action du vent sur l'ouvrage, Sa pression vaut $W = 0,2 \text{ t/m}^2$ en service et $0,125 \text{ t/m}^2$ en construction, Cette action ne sera pas considérée pour le dimensionnement des ouvrages qui sont ici des dalots,

Actions dues aux effets thermiques : ($\Delta T / GR$)

Le coefficient de dilatation thermique du béton est pris égal à $10^{-5} \text{ m/}^\circ\text{C}$,

On distingue deux types d'effets thermiques dont les valeurs caractéristiques sont définies ci-après :

- Variations uniformes de température appliquée à l'ensemble du tablier (ΔT)
- Gradient thermique sur la dalle

Charges d'exploitation

Charges routières sans caractère particulier (Q_r)

Les charges sur ouvrages sont celles définies dans le titre II du fascicule 61 du CCTG,

Les effets des charges routières sont à calculer avec la valeur instantanée du module de déformation du béton,

Les charges routières, à utiliser dans les calculs, sont les suivantes :

Systeme de charges A

Systeme de charges B

Systeme de charges A

Les ouvrages sont des ponts de première classe,

$A_1(L) = \max, [a_1 * [230 + 36000 / (L + 12)] ; (400 - 0,2L)]$ en Kg / m² avec :

L (m) = longueur chargée

a₁ est fonction du nombre de voies et de la classe du pont,

Les valeurs de a₁, a₂ et A₂(L) sont données, en fonction du nombre de voies chargées et de la longueur chargée dans les notes de calcul,

Systeme de charges B

Les charges B sont pondérées par un coefficient de majoration dynamique δ qui sera évalué dans chaque cas ci-après :

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

Formule dans laquelle, compte tenu des règles qui suivent, L représente la longueur de l'élément exprimée en mètres, G sa charge permanente, et S sa surcharge B maximale,

La valeur de S à introduire dans la formule est celle obtenue après multiplication par le coefficient bc ou bt, fonction de la classe du pont et (en ce qui concerne bc) du nombre maximal de camions pris en compte pour le calcul du coefficient δ , suivant les règles du présent article,

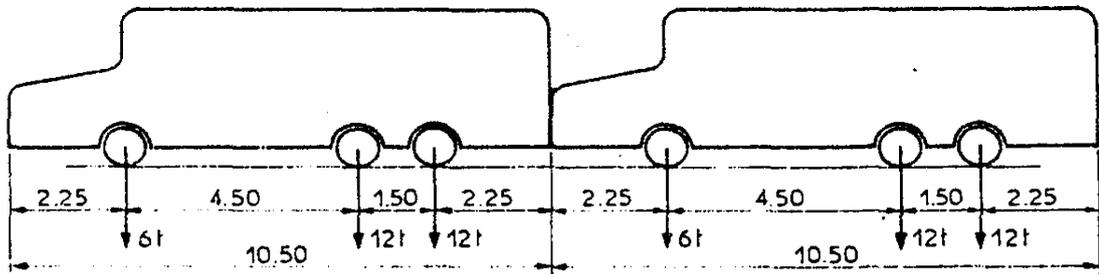
- **Camions Bc**

On peut disposer transversalement sur la chaussée autant de files de camions Bc côte à côte que la chaussée comporte de voies de circulation et longitudinalement le nombre de camions par file est limité à 2,

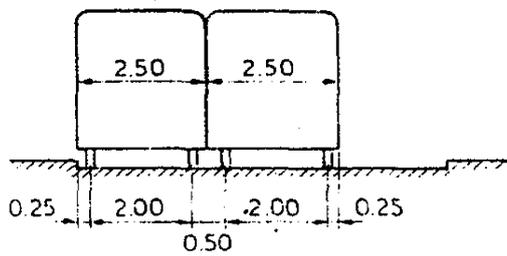
La masse totale d'un camion Bc = 30t

Systeme Bc

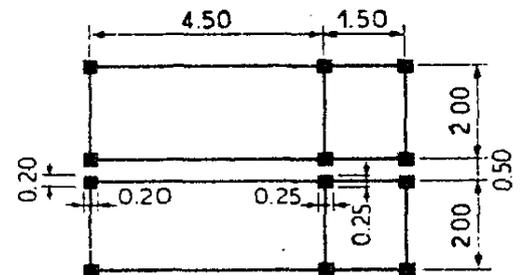
Longitudinalement
(Masses relatives à une file de camions)



Transversalement



En plan



Surcharges de remblais

Surcharge verticale de chaussée derrière les parois routière = 1 t/m^2 , Le coefficient de poussée k_a sera pris égal à 0,33 pour le remblai,

Critère de justification de l'ouvrage (dalle de couverture, parois, radier)

Les calculs des sollicitations dans les différents éléments des ouvrages seront faits suivant un modèle de calculs aux éléments finis, Nous utiliserons pour tous les calculs la version 2010 du logiciel Autodesk Robot Structural Analysis,

Les sections seront justifiées aux états limites par les règles BAEL 91, la fissuration est supposée préjudiciable,

L'enrobage des aciers est fixé à 3 cm pour tous les éléments des ouvrages,

Dimensionnement de la dalle de couverture :

Calcul des Sollicitations

Sous charges permanentes :

Poids propres : $q_G = 25 * 0,25 * 0,50 = 3,13 \text{ t/m}$

$$M_G = \frac{q_G l^2}{8} = \frac{3,13 * 2,12^2}{8} = 1,76 \text{ t, m}$$

$$\text{Réaction d'appui } R = \frac{q_G l}{2} = \frac{3,13 * 2,12}{2} = 3,32 \text{ t}$$

Surcharge Routière

Une Roue Bc

$$Q_{Bc} = 6 \text{ t}$$

$$M_{QR} = \frac{Q_{Bc} * l}{4} = \frac{6 * 2,12}{4} = 3,18 \text{ t, ml}$$

$$\text{Réaction d'appui } R = \frac{Q_{Bc} * l}{2} = \frac{6 * 2,12}{2} = 6,36 \text{ t}$$

Combinaisons

$$ELU \ M_u = 1,35 * M_G + 1,60 * M_{Q_{Bc}} = 1,35 * 1,76 + 1,60 * 3,18 = 7,46 \text{ t, m}$$

$$ELS \ M_{ser} = 1,00 * M_G + 1,20 * M_{Q_{Bc}} = 1,00 * 1,76 + 1,20 * 3,18 = 5,58 \text{ t, m}$$

$$ELU \ R_u = 1,35 * R_G + 1,60 * R_{Q_{Bc}} = 1,35 * 3,32 + 1,60 * 6,36 = 14,66 \text{ t}$$

$$ELS R_{ser} = 1,00 * M_G + 1,20 * M_{Q_{Bc}} = 1,00 * 3,32 + 1,20 * 6,36 = 10,95 t$$

Calcul de section armature

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

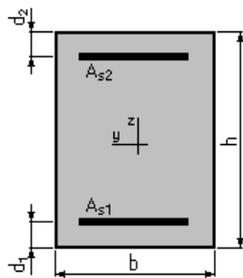
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant **BAEL 91 mod 99**

Section:



$$b = 46,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 25,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	73,16	-14,91
Etat Limite de Service	54,72	-10,98
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique $A_{s1} = 14,6$ (cm²) Section théorique $A_{s2} = 2,7$ (cm²)

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 1,3$ (cm²)

théorique $A = 1,70$ (%)

Minimum $A_{s \text{ min}} = 0,13$ (%)

Analyse par Cas:

Cas ELU **M_{max} = 73,16** **(kN*m)** **M_{min} = -14,91** **(kN*m)**

Coefficient de sécurité: 1,32 Pivot: B

Position de l'axe neutre: $y = 7,4$ (cm)

Bras de levier: $Z = 19,1$ (cm)

Déformation du béton: $\sigma_b = 3,50$ (%)

Déformation de l'acier: $\sigma_s = 10,00$ (%)

Contrainte de l'acier tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

Cas ELS **M_{max} = 54,72** **(kN*m)** **M_{min} = -10,98** **(kN*m)**

Coefficient de sécurité: 1,00

Position de l'axe neutre: $y = 10,1$ (cm)

Bras de levier: $Z = 18,6$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 3,3$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)

Contrainte de l'acier:

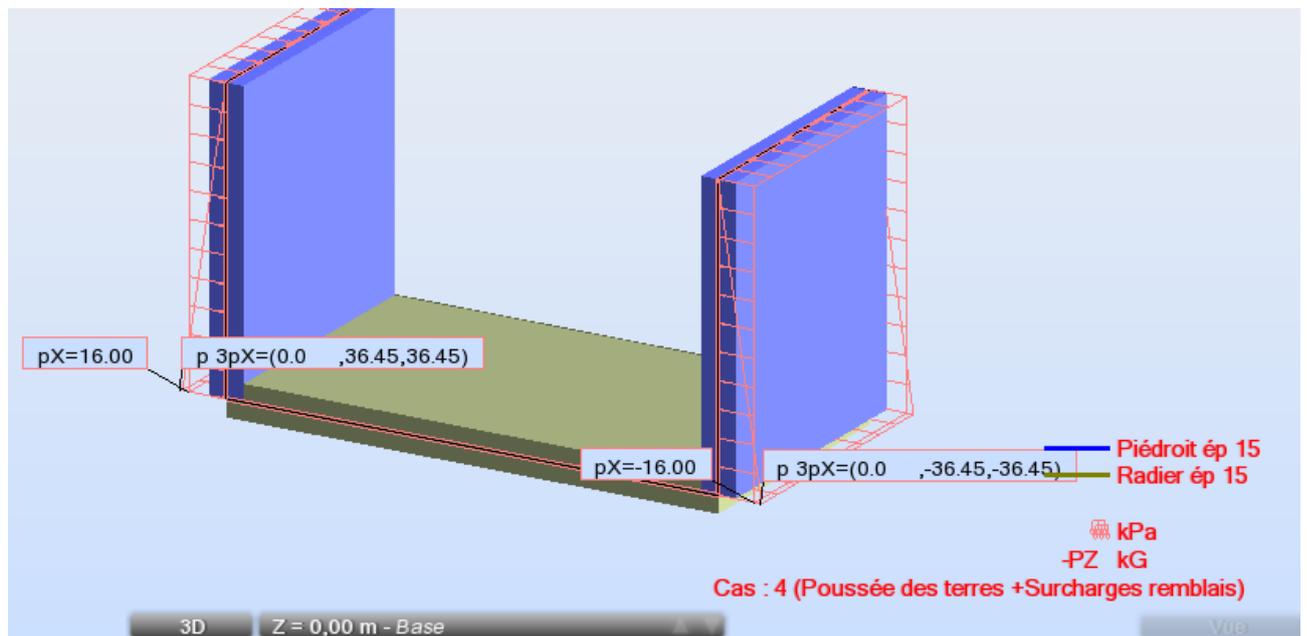
tendue: $\sigma_s = 207,3$ (MPa)

comprimée: $\sigma_s' = 15,1$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier: $\sigma_s \text{ lim} = 207,3$ (MPa)

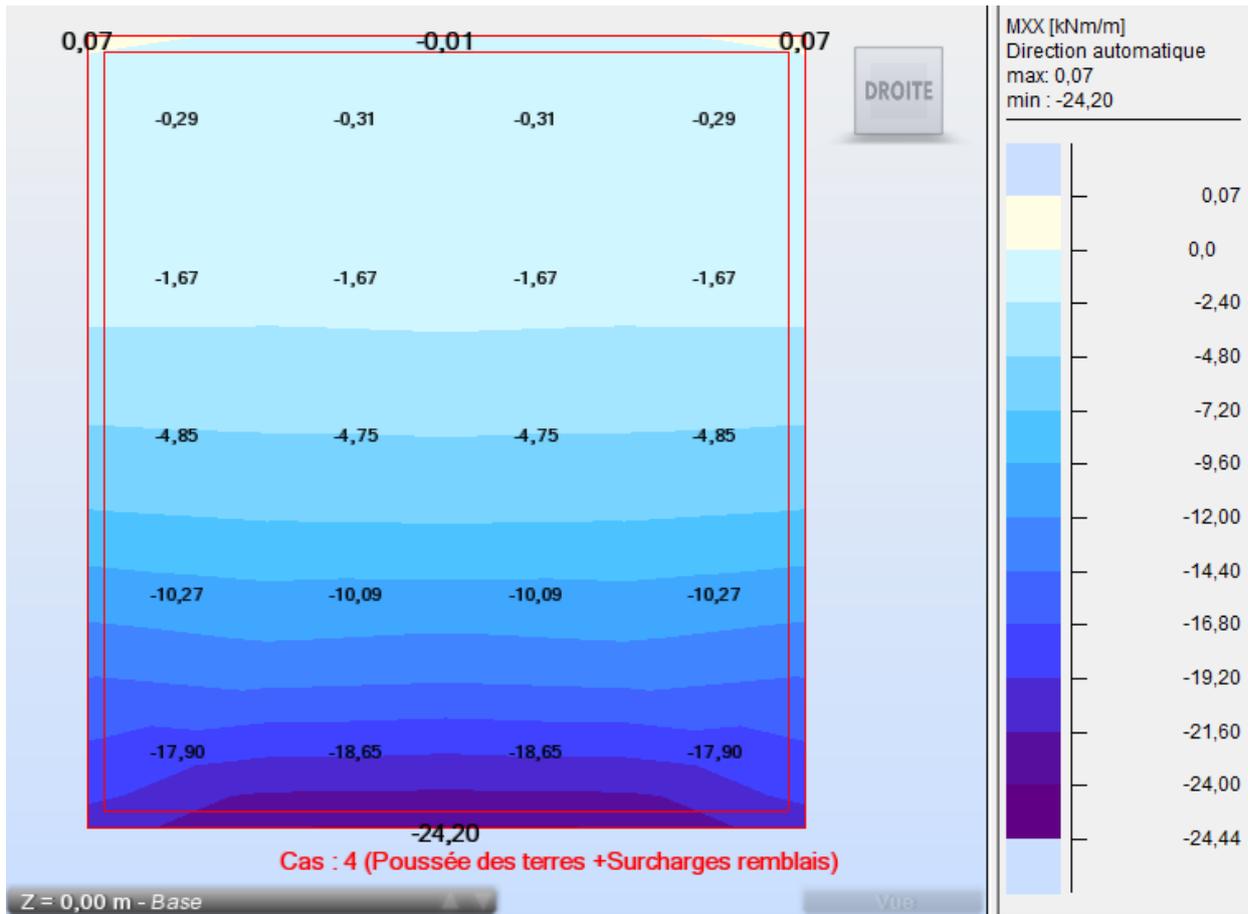
Calcul des parois et du radier

Le calcul des parois et du radier est effectué suivant le modèle suivant :

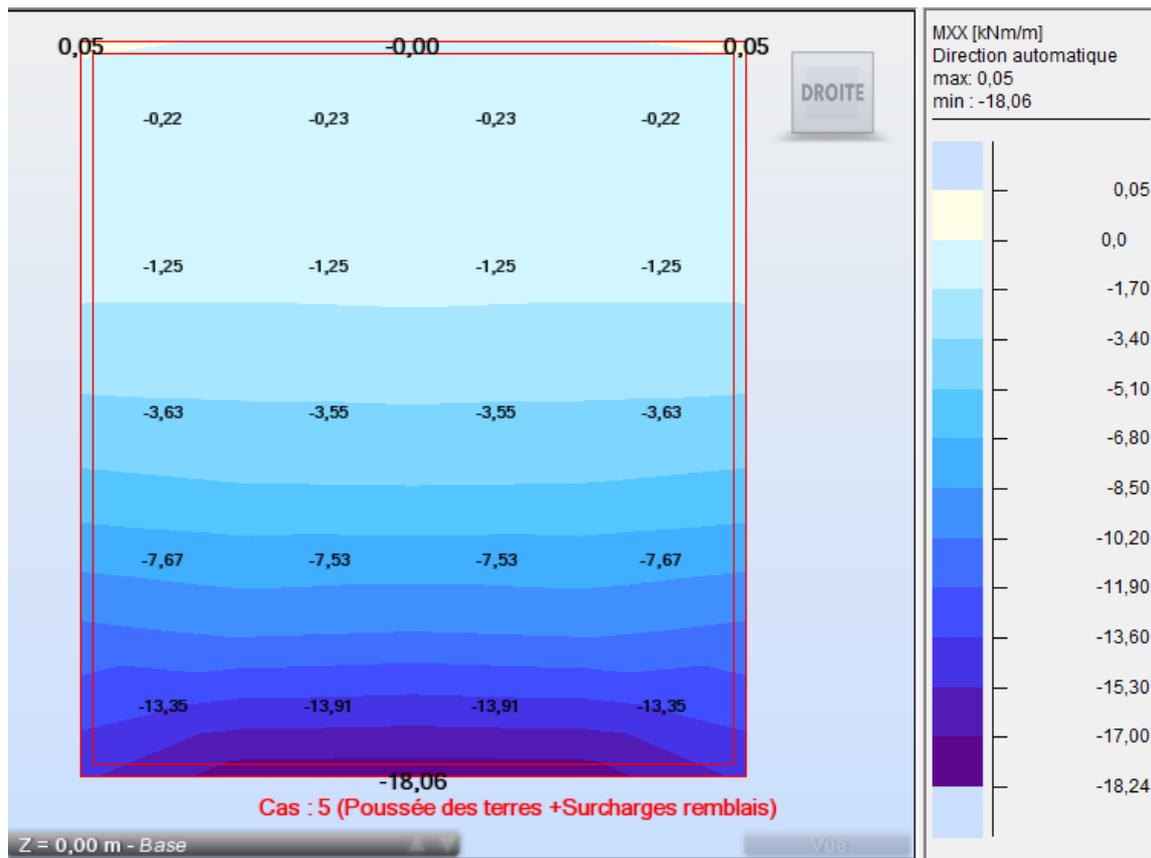


Parois enveloppe du Moment suivant M_{xx} :

ELU

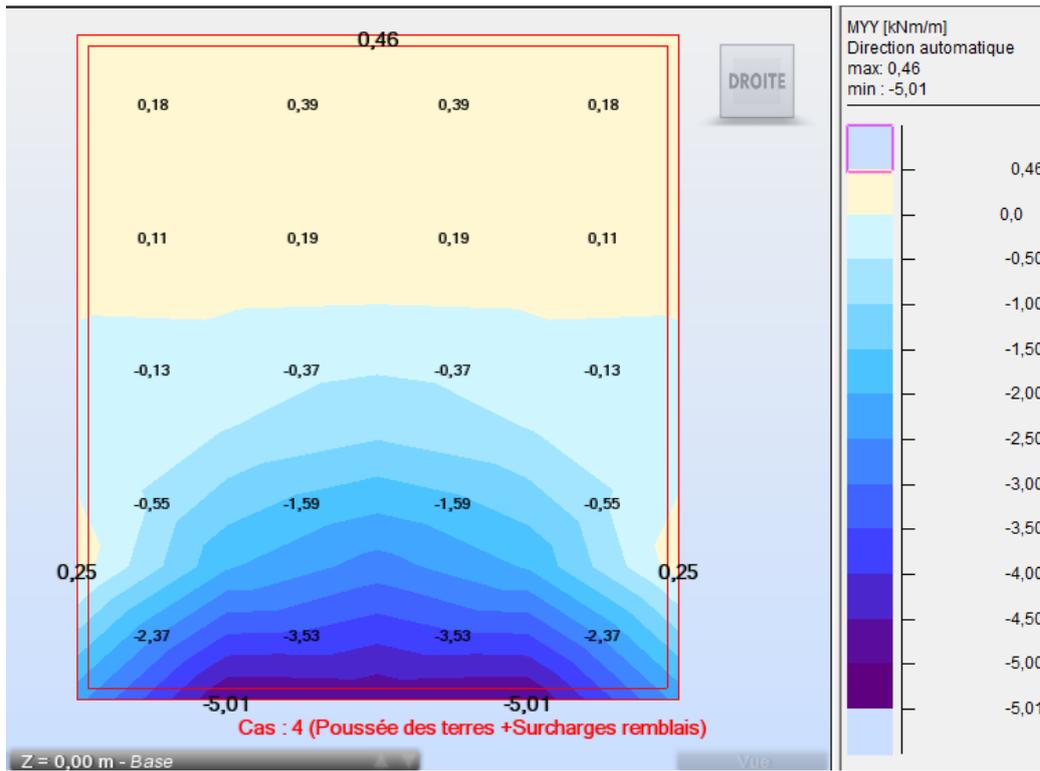


ELS :

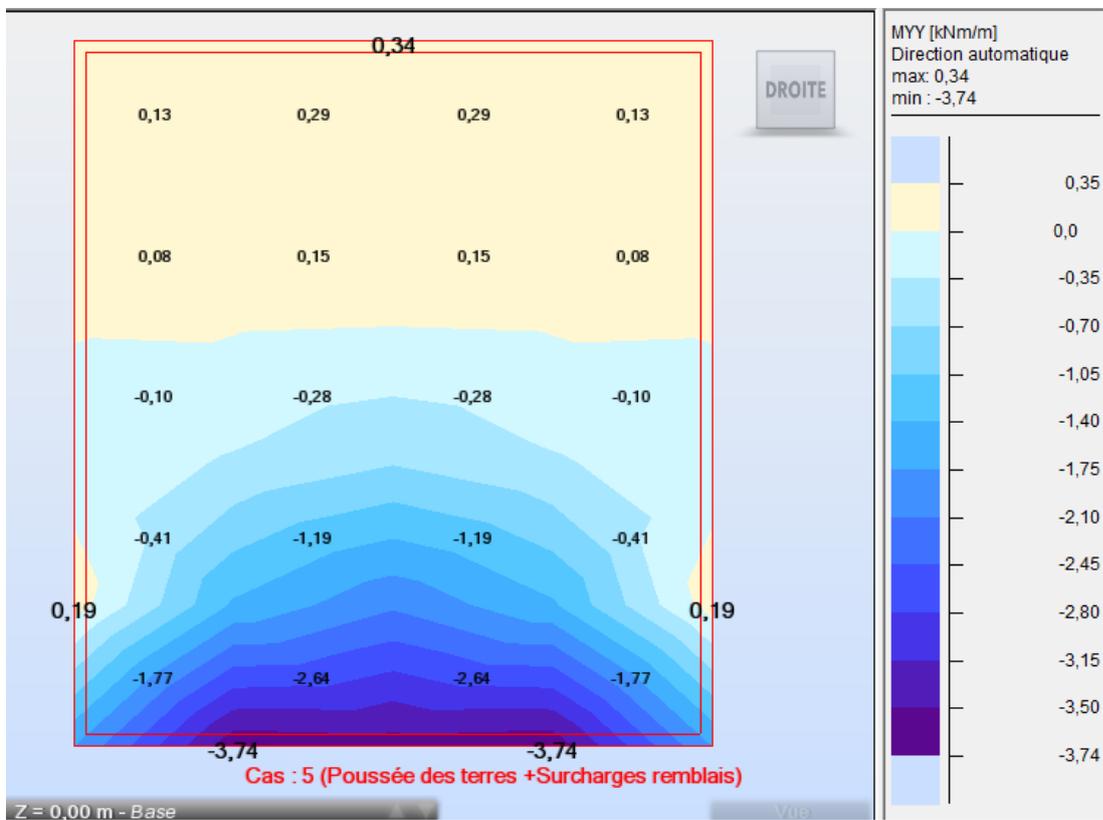


Parois enveloppe du Moment suivant Myy

ELU



ELS



Récapitulatif des sollicitations

	Mxx (KN.m)	Myy (KN.m)	N (t)
ELU	-24,2	-5,01	29,32
ELS	-18,06	-3,74	21,9

Justification des sections d'armatures

Suivant Mxx

Calcul de Section en Flexion Composée

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

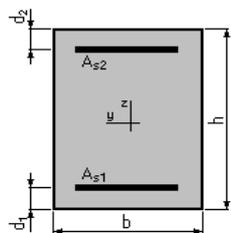
Fissuration préjudiciable

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul en poteau

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \quad (\text{cm})$$

$$h = 15,0 \quad (\text{cm})$$

$$d_1 = 3,0 \quad (\text{cm})$$

$$d_2 = 3,0 \quad (\text{cm})$$

Efforts appliqués:

Cas N ^O	Type	N (T)	M (kN*m)
1,	ELU	29,32	-24,20
2,	ELS	21,90	-18,06

Résultats:

Sections d'Acier:

$$\text{Section théorique } A_{s1} = 4,6 \text{ (cm}^2\text{)} \quad \text{Section théorique } A_{s2} = 4,6 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Section minimum } A_{s \text{ min}} = 9,2 \text{ (cm}^2\text{)} \quad \text{Section maximum } A_{s \text{ max}} = 75,0 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{théorique } A = 0,61 \text{ (\%)} \quad \text{minimum } A_{s \text{ min}} = 0,61 \text{ (\%)} \quad \text{maximum } A_{s \text{ max}} = 5,00 \text{ (\%)}$$

Analyse par Cas:

$$\text{Cas N}^{\text{O}} \text{ 1: Type ELU } N = 29,32 \text{ (T)} \quad M = -24,20 \text{ (kN*m)}$$

$$\text{Coefficient de sécurité: } 1,85 \quad \text{Pivot: B}$$

$$\text{Position de l'axe neutre: } y = 4,7 \text{ (cm)}$$

$$\text{Bras de levier: } Z = 10,1 \text{ (cm)}$$

$$\text{Déformation de l'acier: } \sigma_s = 5,43 \text{ (\%)}$$

$$\text{Déformation du béton: } \sigma_b = 3,50 \text{ (\%)}$$

$$\text{Contrainte de l'acier: tendue: } \sigma_s = 347,8 \text{ (MPa)} ; \text{ comprimée: } \sigma_s' = 253,4 \text{ (MPa)}$$

$$\text{Cas N}^{\text{O}} \text{ 2: Type ELS } N = 21,90 \text{ (T)} \quad M = -18,06 \text{ (kN*m)}$$

$$\text{Coefficient de sécurité: } 1,50$$

$$\text{Position de l'axe neutre: } y = 5,8 \text{ (cm)}$$

Bras de levier: $Z = 10,1$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 8,6$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)

Contrainte de l'acier:

Tendue: $\sigma_s = 138,2$ (MPa)

Comprimée: $\sigma_s' = 62,3$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa)

Suivant Myy

Calcul de Section en Flexion Composée

1, Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

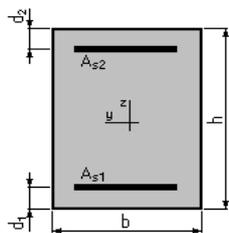
Fissuration préjudiciable

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul en poteau

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

2, Section:



$b = 100,0$ (cm)

$h = 15,0$ (cm)

$d_1 = 3,0$ (cm)

$d_2 = 3,0$ (cm)

3, Efforts appliqués:

Cas N°	Type	N (T)	M (kN*m)
1,	ELU	29,32	-5,01
2,	ELS	21,90	3,74

4, Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique	$A_{s1} = 4,6 \text{ (cm}^2\text{)}$	Section théorique	$A_{s2} = 4,6 \text{ (cm}^2\text{)}$
Section minimum	$A_{s \text{ min}} = 9,2 \text{ (cm}^2\text{)}$	Section maximum	$A_{s \text{ max}} = 75,0 \text{ (cm}^2\text{)}$
théorique	$A = 0,61 \text{ (\%)}$		
minimum	$A_{s \text{ min}} = 0,61 \text{ (\%)}$	maximum	$A_{s \text{ max}} = 5,00 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas N° 1: Type ELU N = 29,32 (T) M = -5,01 (kN*m)

Coefficient de sécurité: 6,93 Pivot: B

- Position de l'axe neutre: $y = 14,5 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 6,2 \text{ (cm)}$
- Déformation de l'acier: $\sigma_s = 0,00 \text{ (\%)}_0$
- Déformation du béton: $\sigma_b = 3,50 \text{ (\%)}_0$
- Contrainte de l'acier comprimée : $\sigma_s' = 347,8 \text{ (MPa)}$

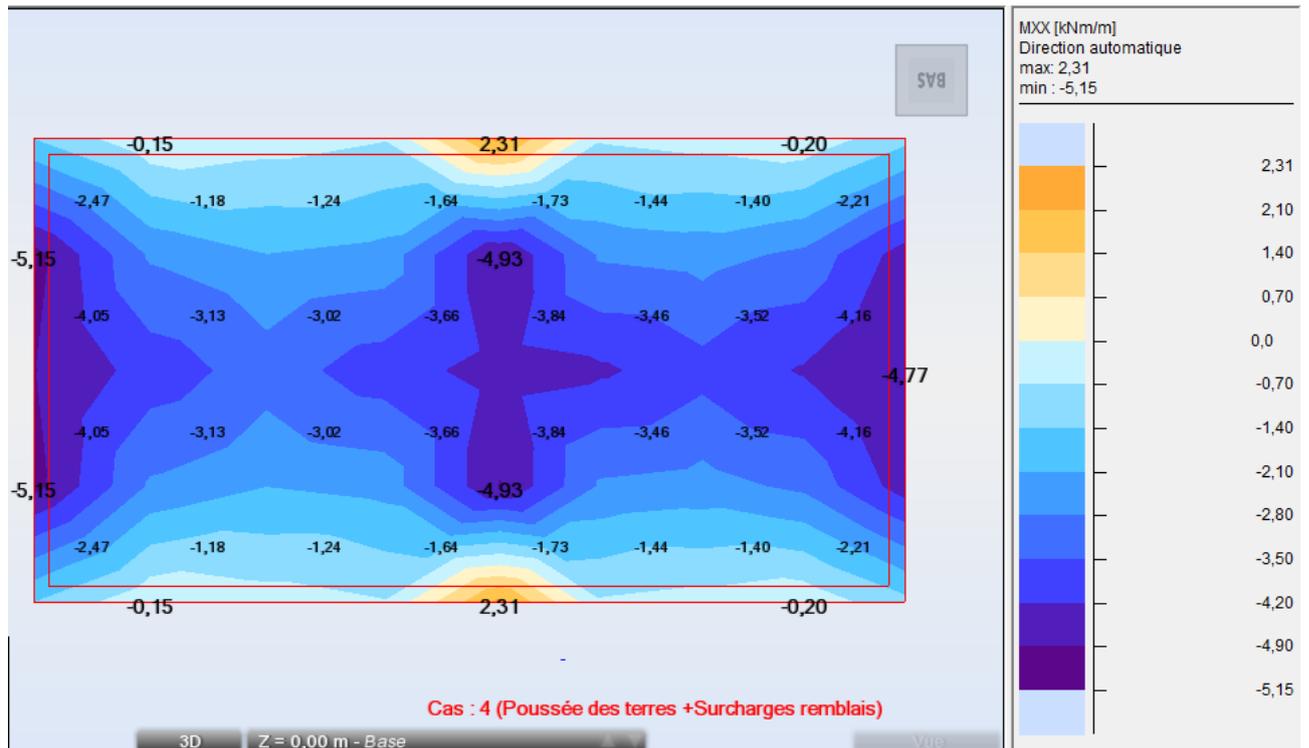
Cas N° 2: Type ELS N = 21,90 (T) M = 3,74 (kN*m)

- Coefficient de sécurité: 7,30
- Position de l'axe neutre: $y = 18,3 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 6,2 \text{ (cm)}$
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 2,2 \text{ (MPa)}$

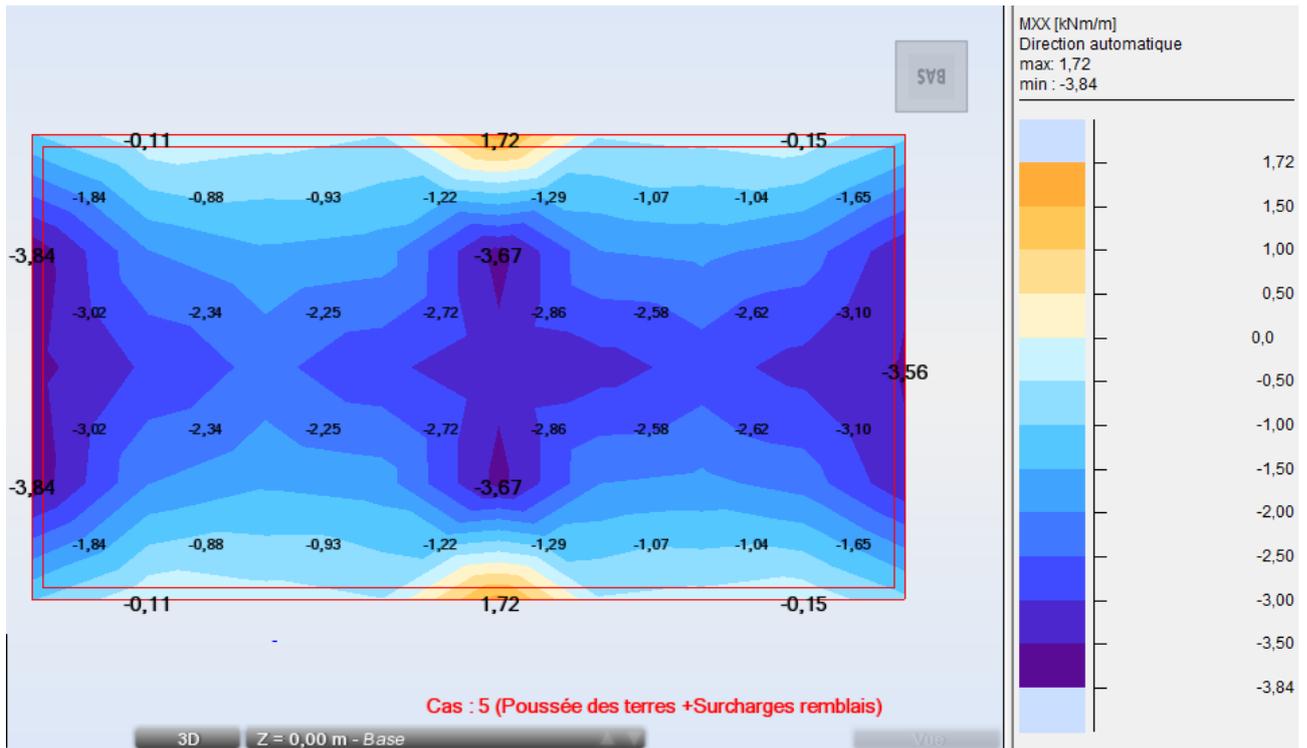
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 15$ (MPa)
- Contrainte de l'acier comprimée: $\sigma_s' = 27,8$ (MPa)
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_s \text{ lim} = 207,3$ (MPa)

Radier enveloppe du Moment suivant Mxx

ELU

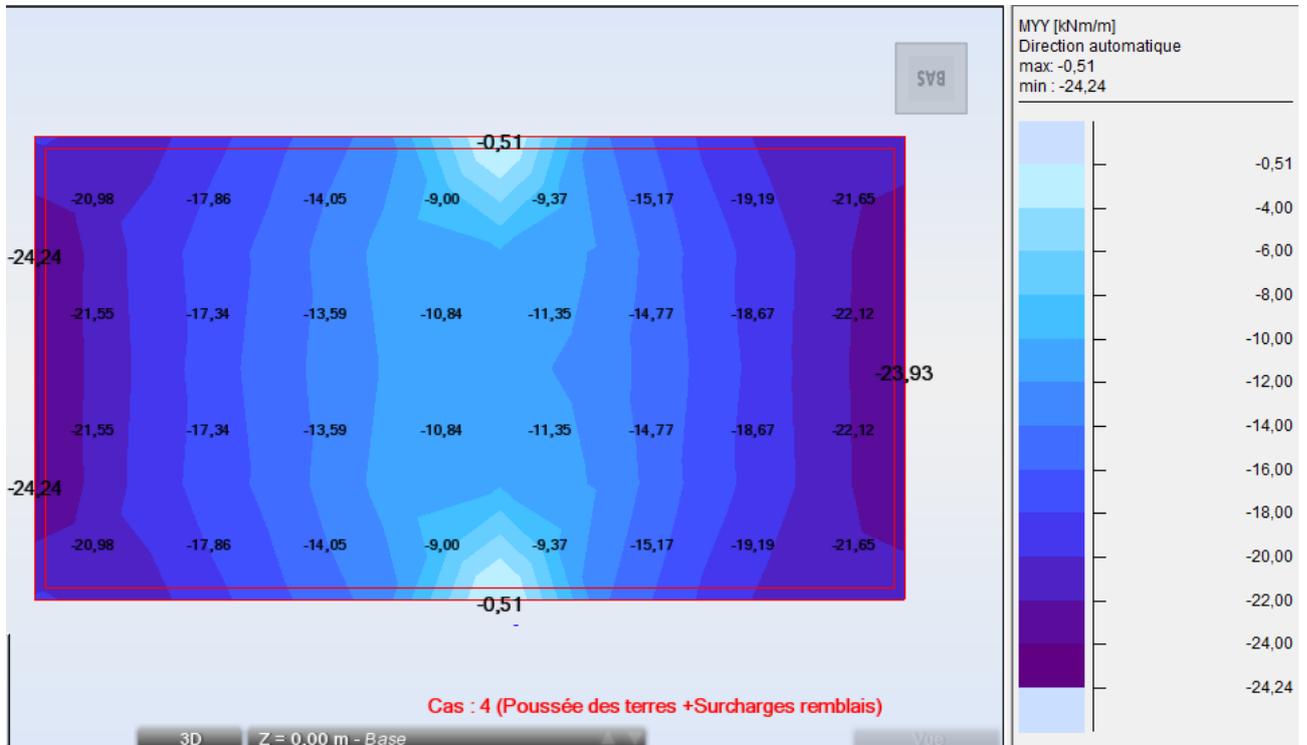


ELS

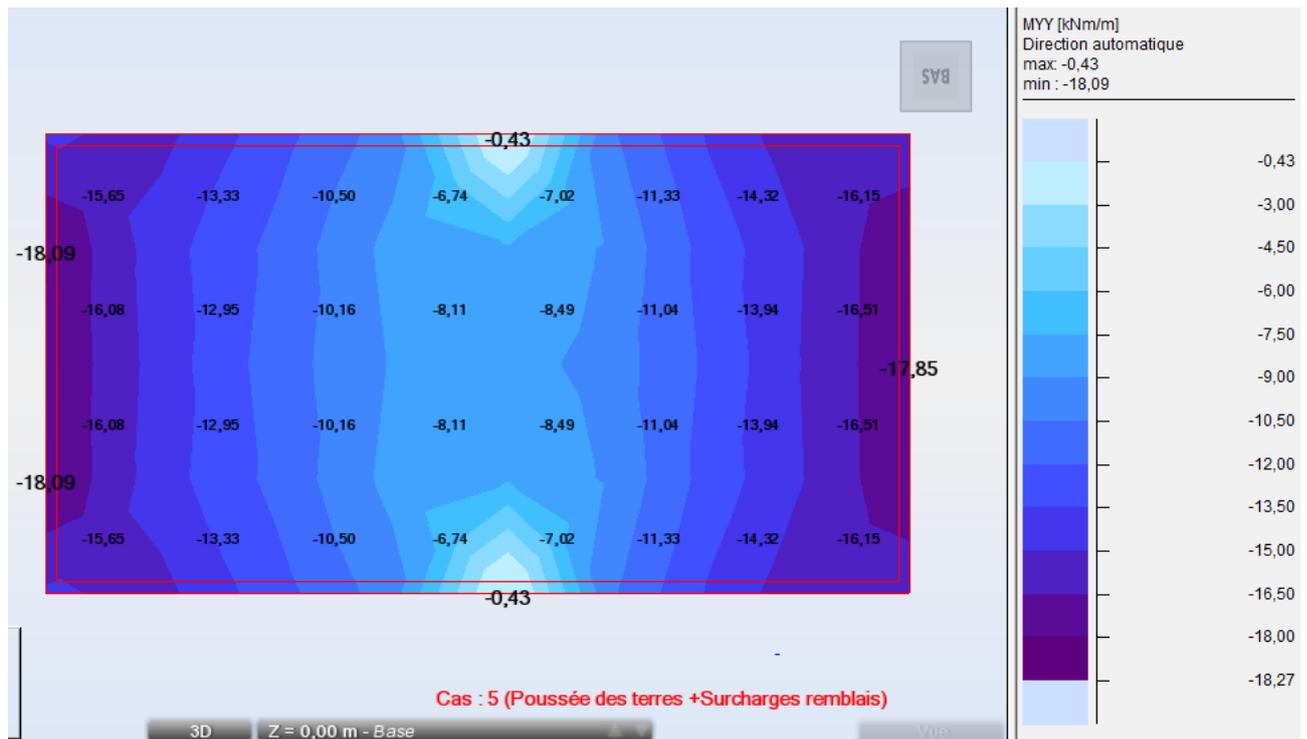


Radier enveloppe des moments suivant Myy

ELU



ELS



Récapitulatif des sollicitations du radier

	Mxx (KN.m)	Myy (KN.m)
ELU	-5,15	-24,24
ELS	-3,84	-18,08

Justification des sections d'armature du radier

Suivant Mxx

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa) Acier: $f_{eE} = 400,0$ (MPa)

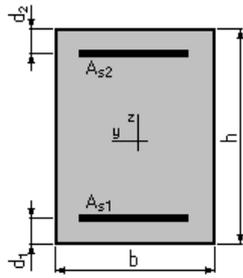
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

M_{\max} (kN*m)	M_{\min} (kN*m)	
Etat Limite Ultime (fondamental)	-5,15	1,03
Etat Limite de Service	3,84	0,77
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique $A_{s1} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$ Section théorique $A_{s2} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$

théorique $A = 0,32 \text{ (\%)}$

minimum $A_{s \text{ min}} = 0,16 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\max} = -5,15 \text{ (kN*m)}$ $M_{\min} = 1,03 \text{ (kN*m)}$

- Coefficient de sécurité: 1,84 Pivot: A
- Position de l'axe neutre: $y = 1,1 \text{ (cm)}$

- Bras de levier: $Z = 11,6$ (cm)
- Déformation du béton: $\epsilon_b = 1,00$ (‰)
- Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 10,00$ (‰)
- Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

Cas ELS $M_{\max} = 3,84$ (kN*m) $M_{\min} = 0,77$ (kN*m)

- Coefficient de sécurité: 1,18
- Position de l'axe neutre: $y = 2,4$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 11,2$ (cm)
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 0,2$ (MPa)
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)
- Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 1,8$ (MPa) ; comprimée: $\sigma_s' = 1,8$ (MPa)
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa)

Suivant Myy

Calcul de Section en Flexion Simple

1, Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa) Acier: $f_{eE} = 400,0$ (MPa)

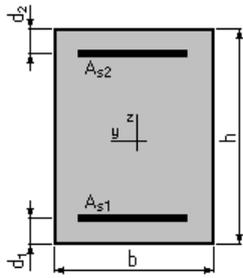
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	-24,24	4,85
Etat Limite de Service	-18,08	3,62
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique $A_{s1} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$ Section théorique $A_{s2} = 8,3 \text{ (cm}^2\text{)}$

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$

théorique $A = 0,85 \text{ (\%)}$

minimum $A_{s \text{ min}} = 0,16 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\text{max}} = -24,24 \text{ (kN*m)}$ $M_{\text{min}} = 4,85 \text{ (kN*m)}$

Coefficient de sécurité: 1,33 Pivot: A

Position de l'axe neutre: $y = 2,5 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 11,0$ (cm)

Déformation du béton: $\epsilon_b = 2,66$ (‰)

Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 10,00$ (‰)

Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

Cas ELS $M_{\max} = -18,08$ (kN*m) $M_{\min} = 3,62$ (kN*m)

Coefficient de sécurité: 1,00

Position de l'axe neutre: $y = 4,3$ (cm)

Bras de levier: $Z = 10,6$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 0,8$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)

Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 8,3$ (MPa) ; comprimée: $\sigma_s' = 7,4$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa)

Nous avons également les caniveaux **100x100**

Géométrie des caniveaux

La section des caniveaux est de 100x100 ,

Caractéristiques des matériaux

Béton

Le béton utilisé a les caractéristiques suivantes :

B27

Résistance à la compression $F_{c28} = 25$ MPa

Résistance à la traction $F_{t28} = 0,6 + 0,06 F_{c28} = 2,1$ MPa

Module de déformation instantanée $E_{i28} = 11000(F_{c28})^{1/3} = 33\ 000$ MPa

Module de déformation différée $E_{v28} = E_{i28} / 3 = 11\ 000$ MPa

Masse volumique = $2,5$ t/ m³

Coefficient de Poisson :

$\nu = 0,2$ pour le béton non fissuré

$\nu = 0,0$ pour la section fissurée

Coefficient de dilatation thermique : $\alpha = 1 \text{ E } -5 / ^\circ\text{C}$

$\gamma_b = 1,5$ pour les combinaisons fondamentales,

$\gamma_b = 1,15$ pour les combinaisons accidentelles

$0,85 < \theta < 1$ suivant la durée d'application des charges

Acier pour béton armé

Armatures à Haute Adhérence FeE400

Nuance $f_e = 400 \text{ MPa}$

Module de Young $E = 200\,000 \text{ MPa}$

Masse volumique $\gamma_a = 7,85 \text{ T / m}^3$

Coefficient de fissuration $\eta = 1,6$

Coefficient de scellement $\psi_s = 1,5$

$\gamma_a = 1,15$ pour les combinaisons fondamentales

$\gamma_a = 1,0$ pour les combinaisons accidentelles,

Fissuration du béton et enrobage des aciers

Pour tous les éléments de structure des dalots, la fissuration est jugée comme préjudiciable et l'enrobage minimum des aciers est $e = 3 \text{ cm},,$

Chargements en service

Charges permanentes (CP)

On distinguera celles provenant du poids propre de la structure du tablier et celles provenant du poids des équipements,

Poids propre du tablier

Le poids propre du tablier est déterminé sur la base des dessins de coffrage, Ce poids fait l'objet d'une majoration de +6% et une minoration de -4%,

Actions climatiques

Action du vent : (W) On note W l'action du vent sur l'ouvrage, Sa pression vaut $W = 0,2 \text{ t/m}^2$ en service et $0,125 \text{ t/m}^2$ en construction, Cette action ne sera pas considérée pour le dimensionnement des ouvrages qui sont ici des caniveaux,

Actions dues aux effets thermiques : (T / GR)

Le coefficient de dilatation thermique du béton est pris égal à $10^{-5} \text{ m/}^\circ\text{C}$,

On distingue deux types d'effets thermiques dont les valeurs caractéristiques sont définies ci-après :

Variations uniformes de température appliquée à l'ensemble du tablier (T)

Gradient thermique sur la dalle

Charges d'exploitation

Charges routières sans caractère particulier (Qr)

Les charges sur ouvrages sont celles définies dans le titre II du fascicule 61 du CCTG,

Les effets des charges routières sont à calculer avec la valeur instantanée du module de déformation du béton,

Les charges routières, à utiliser dans les calculs, sont les suivantes :

Système de charges A

Système de charges B

Système de charges A

Les ouvrages sont des ponts de première classe,

$A_1(L) = \max, [a_1 * [230 + 36000/(L + 12)] ; (400 - 0,2L)]$ en Kg / m^2 avec :

L (m) = longueur chargée

a_1 est fonction du nombre de voies et de la classe du pont,

Les valeurs de a_1 , a_2 et $A_2(L)$ sont données, en fonction du nombre de voies chargées et de la longueur chargée dans les notes de calcul,

Système de charges B

Les charges B sont pondérées par un coefficient de majoration dynamique δ qui sera évalué dans chaque cas ci-après :

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

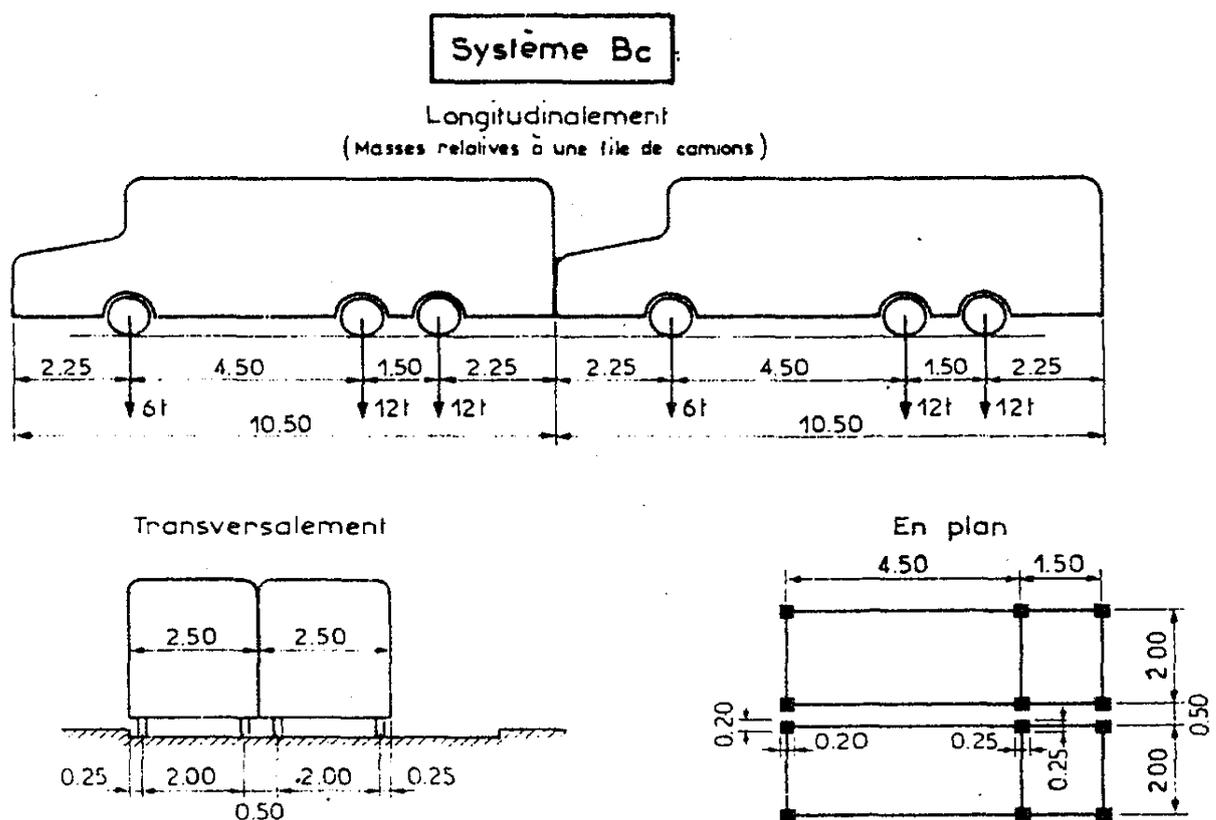
Formule dans laquelle, compte tenu des règles qui suivent, L représente la longueur de l'élément exprimée en mètres, G sa charge permanente, et S sa surcharge B maximale,

La valeur de S à introduire dans la formule est celle obtenue après multiplication par le coefficient bc ou bt, fonction de la classe du pont et (en ce qui concerne bc) du nombre maximal de camions pris en compte pour le calcul du coefficient δ , suivant les règles du présent article,

Camions Bc

On peut disposer transversalement sur la chaussée autant de files de camions Bc côte à côte que la chaussée comporte de voies de circulation et longitudinalement le nombre de camions par file est limité à 2,

La masse totale d'un camion Bc = 30t



Surcharges de remblais

La surcharge verticale de chaussée derrière les parois routière = 1 t/m², Le coefficient de poussée ka sera pris égal à 0,33 pour le remblai,

Critère de justification de l'ouvrage (dalle de couverture, parois, radier)

Les calculs des sollicitations dans les différents éléments des ouvrages seront faits suivant un modèle de calculs aux éléments finis, Nous utiliserons pour tous les calculs la version 2010 du logiciel Autodesk Robot Structural Analysis,

Les sections seront justifiées aux états limites par les règles BAEL 91, la fissuration est supposée préjudiciable,

L'enrobage des aciers est fixé à 3 cm pour tous les éléments des ouvrages,

Dimensionnement de la dalle de couverture :

Calcul des Sollicitations

Sous charge permanentes :

Poids propres : $q_G = 25 * 0,20 * 0,50 = 2,5t/m$

$$M_G = \frac{q_G l^2}{8} = \frac{2,5 * 1,12^2}{8} = 0,39 t, m$$

$$\text{Réaction d'appui } R = \frac{q_G l}{2} = \frac{2,5 * 1,12}{2} = 1,40 t$$

Surcharge Routière

Une Roue Bc

$$Q_{Bc} = 6 t$$

$$M_{QR} = \frac{Q_{Bc} * l}{4} = \frac{6 * 1,12}{4} = 1,68 t, ml$$

$$\text{Réaction d'appui } R = \frac{Q_{Bc} * l}{2} = \frac{6 * 1,12}{2} = 3,36 t$$

Combinaisons

$$ELU M_u = 1,35 * M_G + 1,60 * M_{Q_{Bc}} = 1,35 * 0,39 + 1,60 * 1,68 = 3,21 t, m$$

$$ELS M_{ser} = 1,00 * M_G + 1,20 * M_{Q_{Bc}} = 1,00 * 0,39 + 1,20 * 1,68 = 2,41 t, m$$

$$ELU R_u = 1,35 * R_G + 1,60 * R_{Q_{Bc}} = 1,35 * 1,40 + 1,60 * 3,36 = 7,27 t$$

$$ELS R_{ser} = 1,00 * M_G + 1,20 * M_{Q_{BC}} = 1,00 * 1,40 + 1,20 * 3,36 = 5,43 t$$

Calcul de section armature

Calcul de Section en Flexion Simple

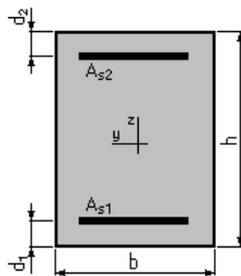
Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

- Fissuration préjudiciable
- Prise en compte des armatures comprimées
- Pas de prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 50,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 20,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{max} (T*m)	M_{min} (T*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	3,21	0,00
Etat Limite de Service	2,41	0,00
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique= $A_{s1} = 7,7$ (cm²) Section théorique $A_{s2} = 0,0$ (cm²)

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 1,2$ (cm²)

Théorique $A = 0,91$ (%)

Minimum $A_{\text{min}} = 0,14$ (%)

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\text{max}} = 3,21$ (T*m) $M_{\text{min}} = 0,00$ (T*m)

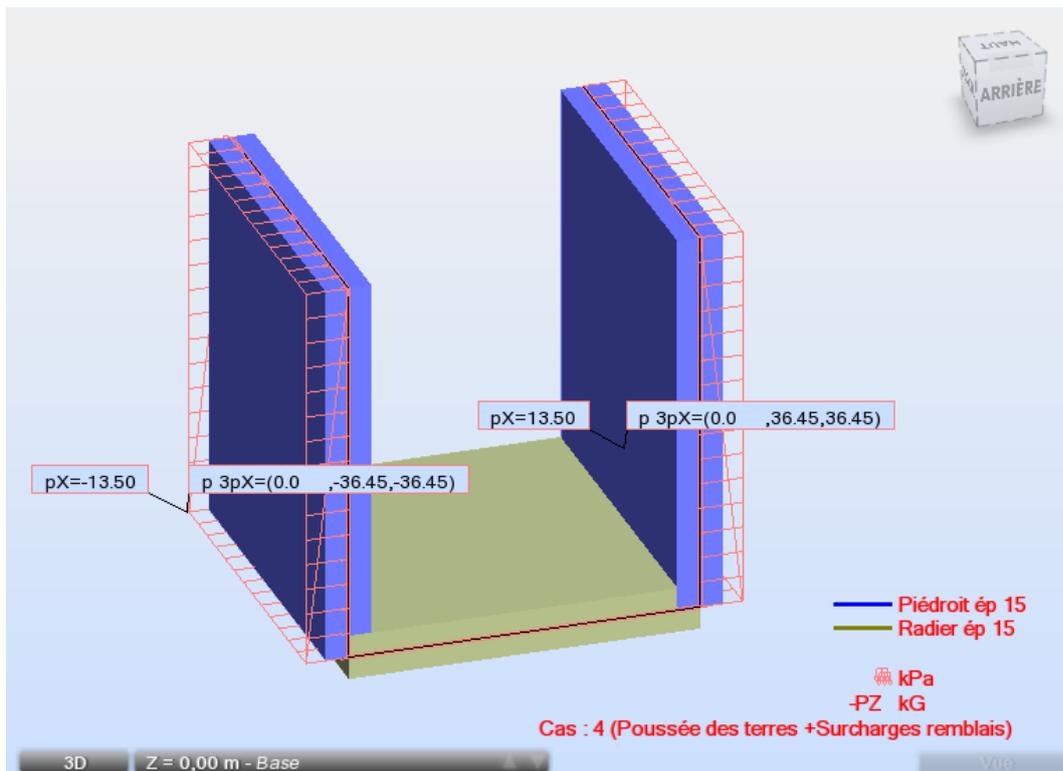
- Coefficient de sécurité: 1,30 Pivot: A
- Position de l'axe neutre: $y = 4,4$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 15,2$ (cm)
- Déformation du béton: $\epsilon_b = 3,50$ (‰)
- Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 10,00$ (‰)
- Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

Cas ELS $M_{\text{max}} = 2,41$ (T*m) $M_{\text{min}} = 0,00$ (T*m)

- Coefficient de sécurité: 1,00
- Position de l'axe neutre: $y = 6,9$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 14,7$ (cm)
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 9,4$ (MPa)
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 15$ (MPa)
- Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 207,3$ (MPa)
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa)

Calcul des parois et du radier

Figure 34 Le calcul des parois et du radier est effectué suivant le modèle suivant



Parois enveloppe du Moment suivant M_{xx} :

Figure 35 Etat Limite Ultime

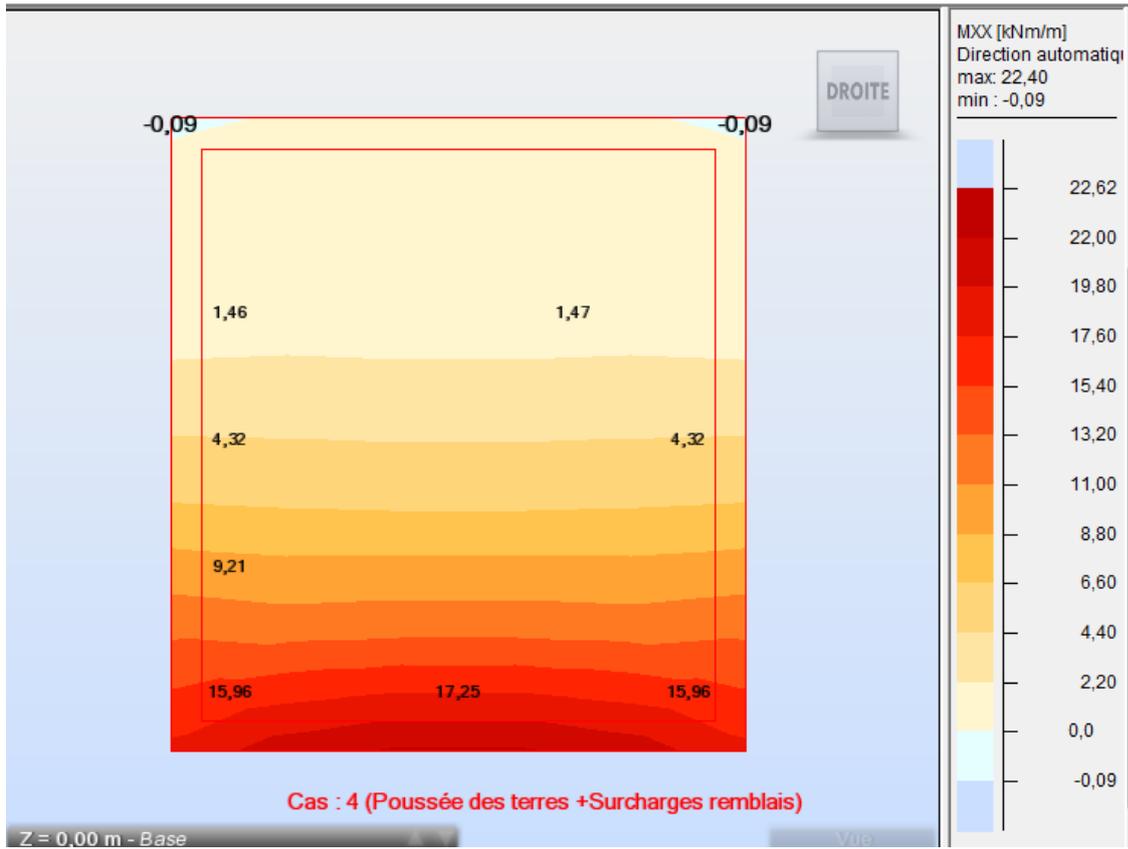
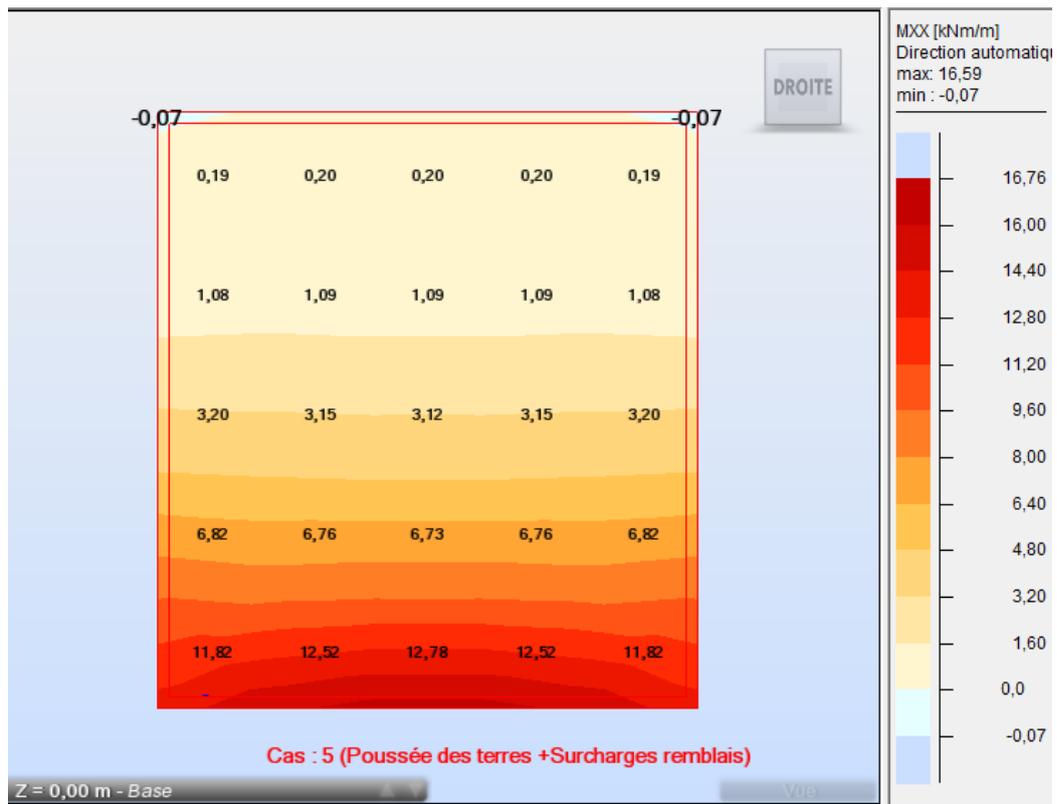


Figure 36ELS



Parois enveloppe du Moment suivant Myy

Figure 37Etat Limite Ultime

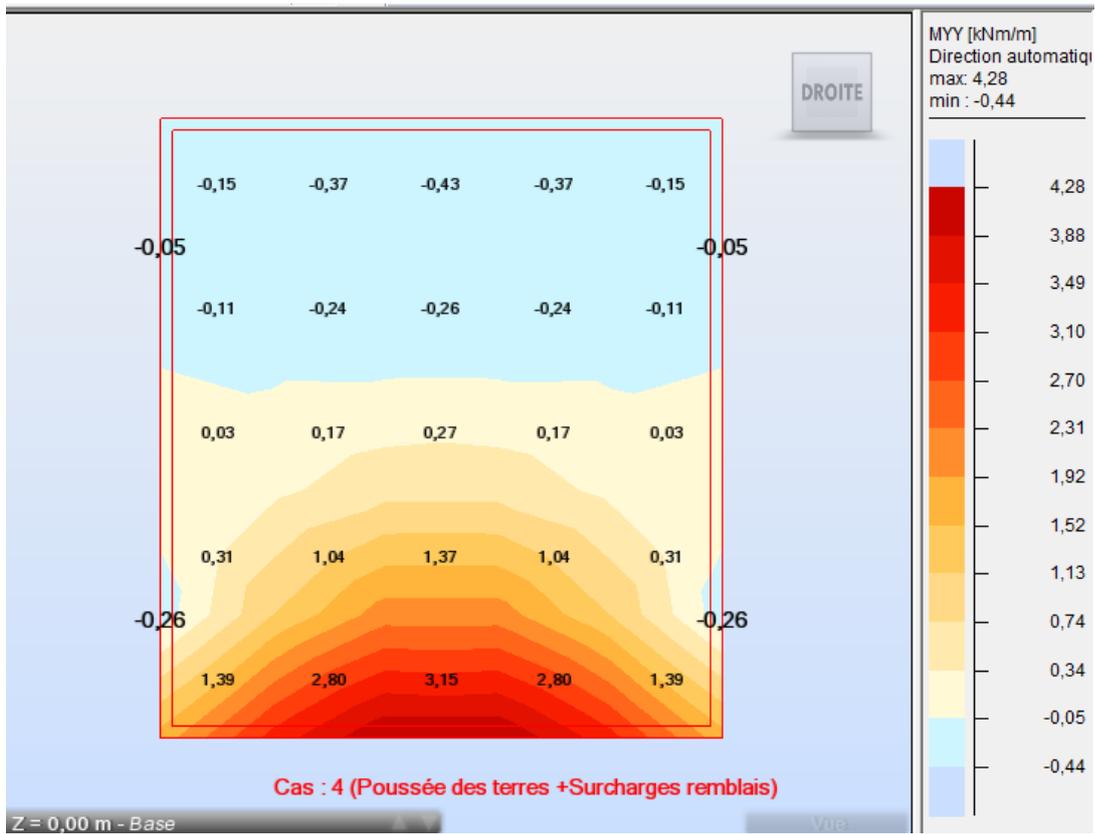


Figure 38 Etat Limite de Service

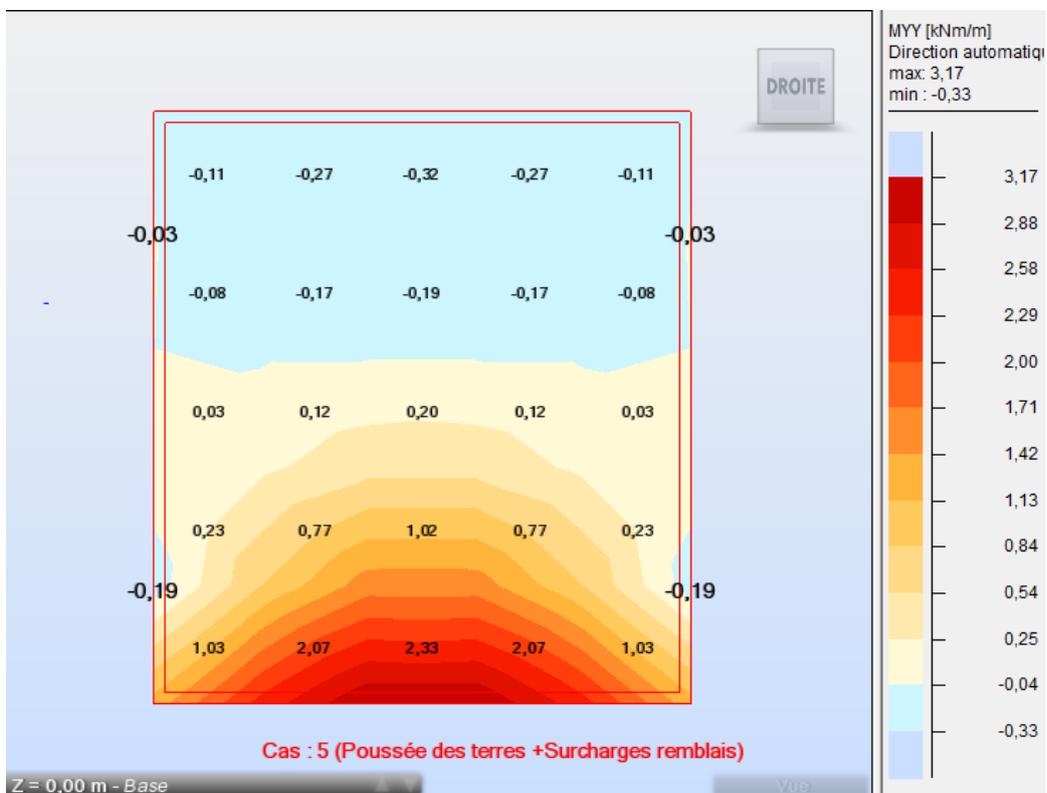


Tableau 26 : Récapitulatif des sollicitations

	Mxx (KN.m)	Myy (KN.m)	N (t)
ELU	22,62	4,28	14,54
ELS	16,59	3,17	10,86

Justification des sections d'armatures

Suivant Mxx

Calcul de Section en Flexion Composée

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

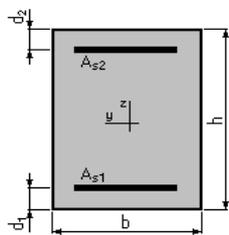
Fissuration préjudiciable

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul en poutre

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \quad (\text{cm})$$

$$h = 20,0 \quad (\text{cm})$$

$$d_1 = 3,0 \quad (\text{cm})$$

$$d_2 = 3,0 \quad (\text{cm})$$

Efforts appliqués:

Cas N ^O	Type	N (T)	M (kN*m)
1,	ELU	14,54	22,62

2, ELS 10,86 16,59

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique $A_{S1} = 2,5 \text{ (cm}^2\text{)}$ Section théorique $A_{S2} = 0,0 \text{ (cm}^2\text{)}$

Section minimum $A_{S \text{ min}} = 2,4 \text{ (cm}^2\text{)}$

théorique $A = 0,14 \text{ (\%)}$

minimum $A_{\text{min}} = 0,14 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas N^O 1: Type ELU $N = 14,54 \text{ (T)}$ $M = 22,62 \text{ (kN*m)}$

Coefficient de sécurité: 1,42 Pivot: A

Position de l'axe neutre: $y = 2,3 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 16,1 \text{ (cm)}$

Déformation de l'acier: $\sigma_s = 10,00 \text{ (\%)}_o$

Déformation du béton: $\sigma_b = 1,60 \text{ (\%)}_o$

Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 347,8 \text{ (MPa)}$

Cas N^O 2: Type ELS $N = 10,86 \text{ (T)}$ $M = 16,59 \text{ (kN*m)}$

- Coefficient de sécurité: 1,00
- Position de l'axe neutre: $y = 5,2 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 15,3 \text{ (cm)}$
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 3,0 \text{ (MPa)}$
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2 \text{ (MPa)}$
- Contrainte de l'acier tendue: $\sigma_s = 16,9 \text{ (MPa)}$

- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_s \text{ lim} = 207,3 \text{ (MPa)}$

Suivant Myy

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0 \text{ (MPa)}$

Acier: $f_e = 400,0 \text{ (MPa)}$

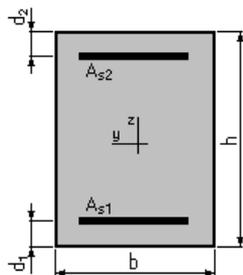
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	4,28	0,00
Etat Limite de Service	3,17	0,00
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique= $A_{s1} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$ Section théorique $A_{s2} = 0,0 \text{ (cm}^2\text{)}$

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$

théorique $\square = 0,16 \text{ (\%)}$

minimum $\square_{\text{min}} = 0,16 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\text{max}} = 4,28 \text{ (kN*m)}$ $M_{\text{min}} = 0,00 \text{ (kN*m)}$

- Coefficient de sécurité: 1,85 Pivot: A
- Position de l'axe neutre: $y = 0,5 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 11,8 \text{ (cm)}$
- Déformation du béton: $\epsilon_b = 0,48 \text{ (\%)}_0$
- Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 10,00 \text{ (\%)}_0$
- Contrainte de l'acier tendue: $\sigma_s = 347,8 \text{ (MPa)}$

Cas ELS $M_{\text{max}} = 3,17 \text{ (kN*m)}$ $M_{\text{min}} = 0,00 \text{ (kN*m)}$

- Coefficient de sécurité: 1,41
- Position de l'axe neutre: $y = 2,4 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 11,2 \text{ (cm)}$
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 0,8 \text{ (MPa)}$
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2 \text{ (MPa)}$
- Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 7,3 \text{ (MPa)}$
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3 \text{ (MPa)}$

Suivant Myy

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

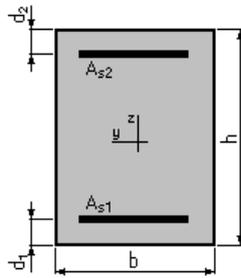
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	4,28	0,00
Etat Limite de Service	3,17	0,00
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique $A_{s1} = 1,9$ (cm²)

Section théorique $A_{s2} = 0,0$ (cm²)

Section minimum $A_s \text{ min} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$

théorique $A = 0,16 \text{ (\%)}$

minimum $A_{s\text{min}} = 0,16 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\text{max}} = 4,28 \text{ (kN*m)}$ $M_{\text{min}} = 0,00 \text{ (kN*m)}$

- Coefficient de sécurité: 1,85 Pivot: A
- Position de l'axe neutre: $y = 0,5 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 11,8 \text{ (cm)}$
- Déformation du béton: $\sigma_b = 0,48 \text{ (\%)}_0$
- Déformation de l'acier: $\sigma_s = 10,00 \text{ (\%)}_0$
- Contrainte de l'acier tendue: $\sigma_s = 347,8 \text{ (MPa)}$

Cas ELS $M_{\text{max}} = 3,17 \text{ (kN*m)}$ $M_{\text{min}} = 0,00 \text{ (kN*m)}$

- Coefficient de sécurité: 1,41
- Position de l'axe neutre: $y = 2,4 \text{ (cm)}$
- Bras de levier: $Z = 11,2 \text{ (cm)}$
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 0,8 \text{ (MPa)}$
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2 \text{ (MPa)}$
- Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 7,3 \text{ (MPa)}$
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3 \text{ (MPa)}$

Radier enveloppe du Moment suivant M_{xx}

Figure 39 :ELU

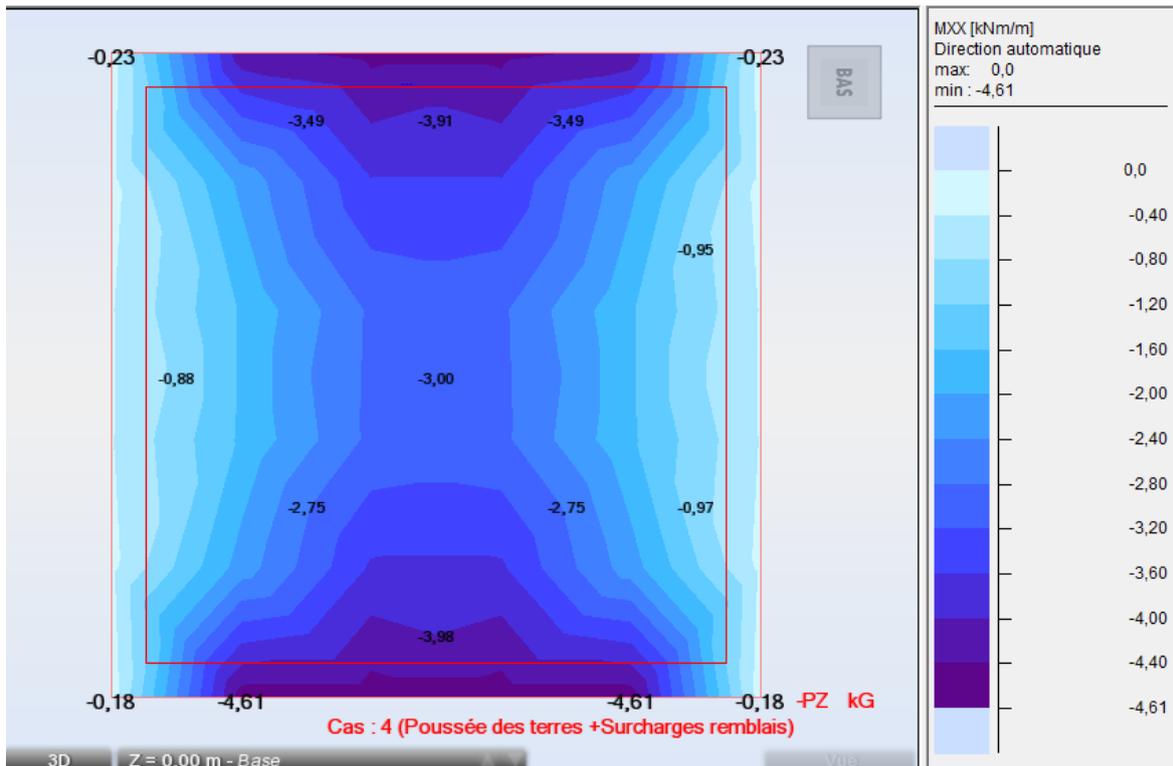
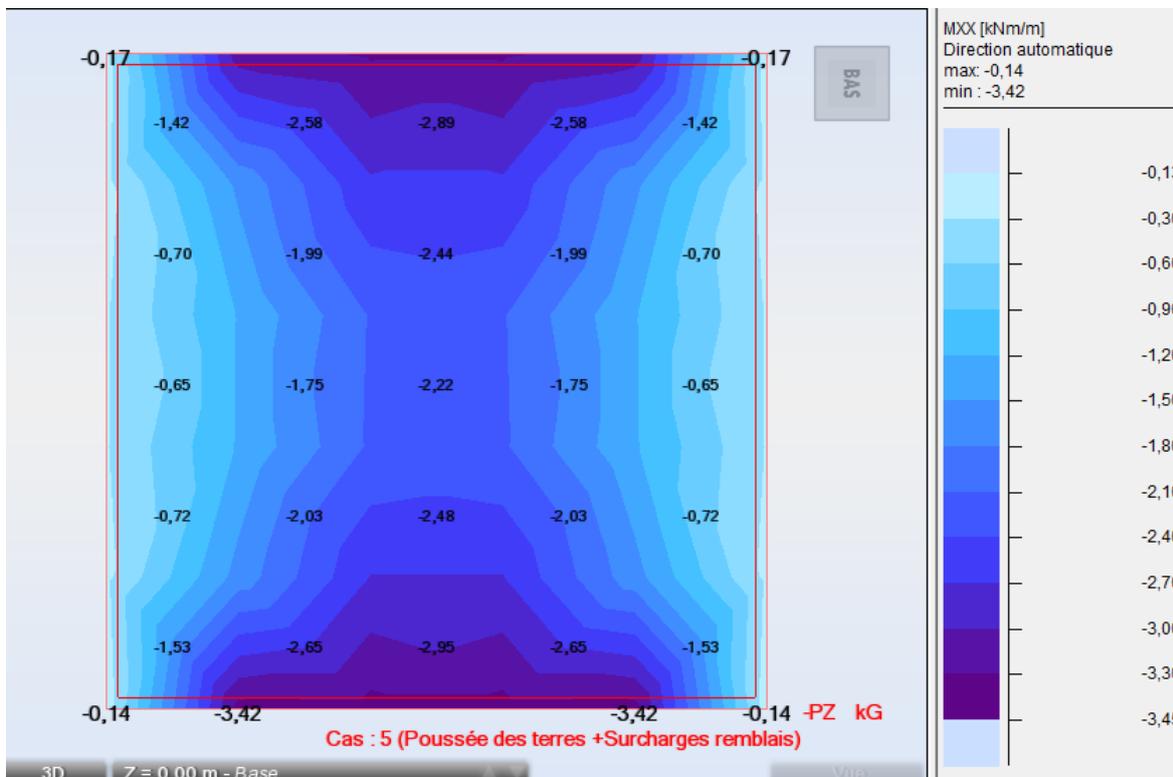


Figure 40 Etat Limite de Service



Radier enveloppe des moment suivant Myy

Tableau 27 Récapitulatif des sollicitations du radier

	M _{xx} (KN.m)	M _{yy} (KN.m)
ELU	-4,61	-22,54
ELS	-3,42	-16,7

Justification des sections d'armature du radier

Suivant M_{xx}

Calcul de Section en Flexion Simple

1, Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

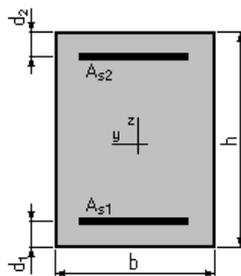
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

M_{max} (kN*m)

M_{min} (kN*m)

Etat Limite Ultime (fondamental)	0,00	-4,61
Etat Limite de Service	0,00	-3,42
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique= $A_{s1} = 0,0$ (cm²) Section théorique $A_{s2} = 1,9$ (cm²)

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 0,0$ (cm²)

Théorique $A = 0,16$ (%)

Minimum $A_{\text{min}} = 0,16$ (%)

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\text{max}} = 0,00$ (kN*m) $M_{\text{min}} = -4,61$ (kN*m)

- Coefficient de sécurité: 1,71 Pivot: A
- Position de l'axe neutre: $y = 0,5$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 11,8$ (cm)
- Déformation du béton: $\epsilon_b = 0,48$ (‰)
- Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 10,00$ (‰)
- Contrainte de l'acier tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

Cas ELS $M_{\text{max}} = 0,00$ (kN*m) $M_{\text{min}} = -3,42$ (kN*m)

- Coefficient de sécurité: 1,31
- Position de l'axe neutre: $y = 2,4$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 11,2$ (cm)
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 0,9$ (MPa)
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)

- Contrainte de l'acier comprimée: $\sigma_s' = 7,9$ (MPa)
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa)

Suivant Myy

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

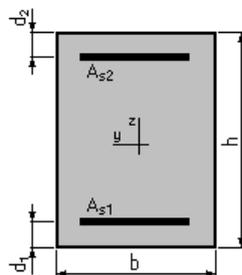
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	0,00	-22,54
Etat Limite de Service	0,00	-16,70

Etat Limite Ultime (Accidentel) 0,00 0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique : $A_{s1} = 0,0$ (cm²) Section théorique $A_{s2} = 7,6$ (cm²)

Section minimum $A_{s \text{ min}} = 0,0$ (cm²)

Théorique $A = 0,63$ (%)

Minimum $A_{\text{min}} = 0,16$ (%)

Tableau 28 Récapitulatif des sollicitations du radier

	Mxx (KN.m)	Myy (KN.m)
ELU	-4,61	-22,54
ELS	-3,42	-16,7

Justification des sections d'armature du radier

Suivant Mxx

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa) Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)

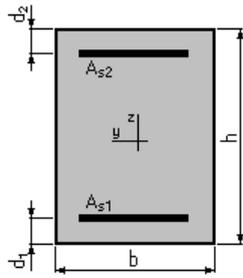
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{\max} (kN*m)	M_{\min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	0,00	-4,61
Etat Limite de Service	0,00	-3,42
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique= $A_{s1} = 0,0 \text{ (cm}^2\text{)}$ Section théorique $A_{s2} = 1,9 \text{ (cm}^2\text{)}$

Section minimum $A_{s \min} = 0,0 \text{ (cm}^2\text{)}$

Théorique $A = 0,16 \text{ (\%)}$

Minimum $A_{s \min} = 0,16 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\max} = 0,00 \text{ (kN*m)}$ $M_{\min} = -4,61 \text{ (kN*m)}$

- Coefficient de sécurité: 1,71 Pivot: A
- Position de l'axe neutre: $y = 0,5 \text{ (cm)}$

- Bras de levier: $Z = 11,8$ (cm)
- Déformation du béton: $\epsilon_b = 0,48$ (‰)
- Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 10,00$ (‰)
- Contrainte de l'acier tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

Cas ELS $M_{\max} = 0,00$ (kN*m) $M_{\min} = -3,42$ (kN*m)

- Coefficient de sécurité: 1,31
- Position de l'axe neutre: $y = 2,4$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 11,2$ (cm)
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 0,9$ (MPa)
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)
- Contrainte de l'acier comprimée: $\sigma_s' = 7,9$ (MPa)
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa)

Suivant Myy

Calcul de Section en Flexion Simple

Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 27,0$ (MPa) **Acier:** $f_e = 400,0$ (MPa)

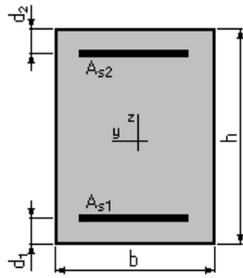
Fissuration préjudiciable

Prise en compte des armatures comprimées

Pas de prise en compte des dispositions sismiques

Calcul suivant BAEL 91 mod, 99

Section:



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 15,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ (cm)}$$

Moments appliqués:

	M_{\max} (kN*m)	M_{\min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	0,00	-22,54
Etat Limite de Service	0,00	-16,70
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique : $A_{s1} = 0,0 \text{ (cm}^2\text{)}$ Section théorique $A_{s2} = 7,6 \text{ (cm}^2\text{)}$

Section minimum $A_{s \min} = 0,0 \text{ (cm}^2\text{)}$

Théorique $A = 0,63 \text{ (\%)}$

Minimum $A_{s \min} = 0,16 \text{ (\%)}$

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{\max} = 0,00 \text{ (kN*m)}$ $M_{\min} = -22,54 \text{ (kN*m)}$

Coefficient de sécurité: 1,31 Pivot: A

Position de l'axe neutre: $y = 2,2 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 11,1 \text{ (cm)}$

Déformation du béton: $\epsilon_b = 2,20$ (‰)

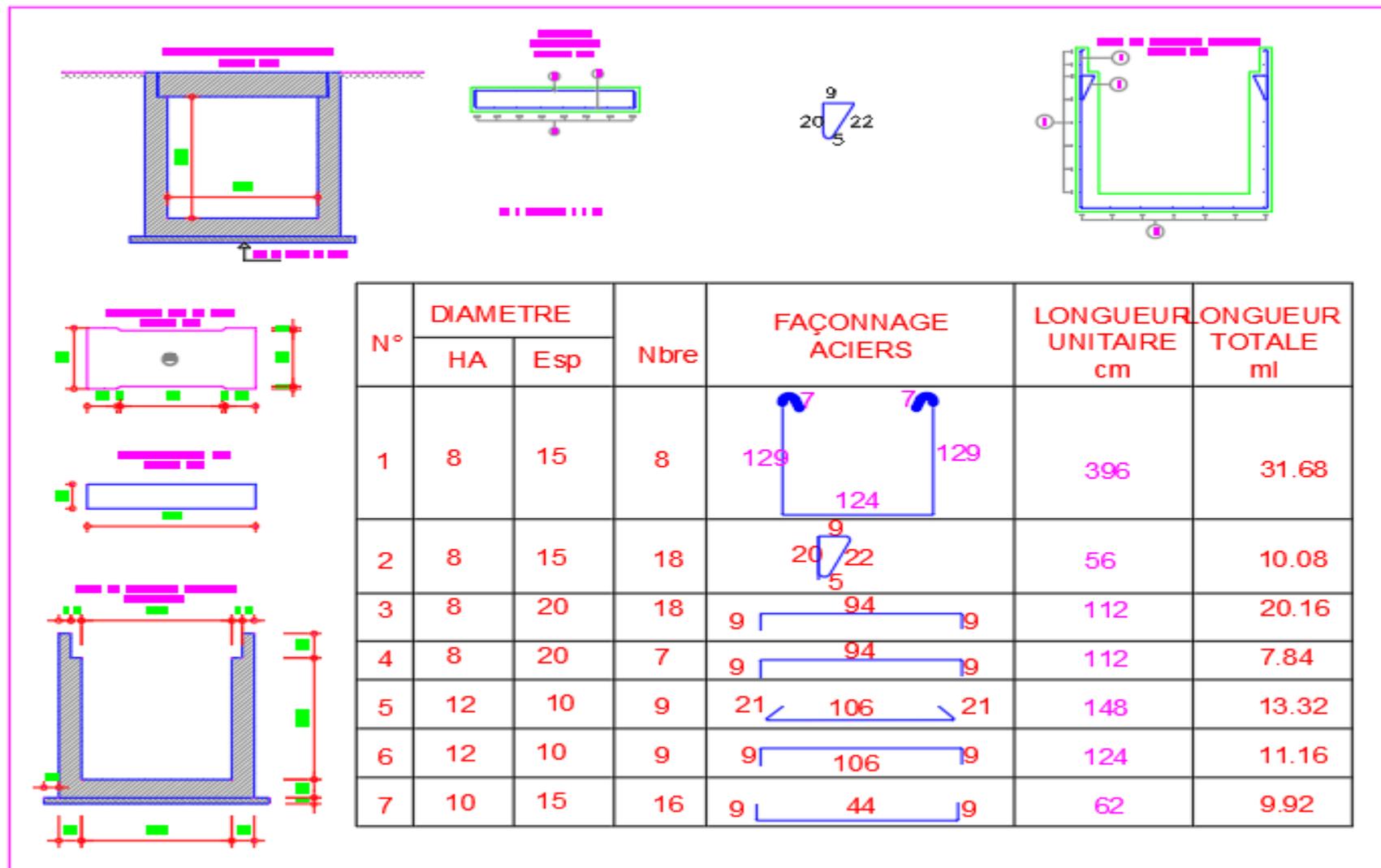
Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 10,00$ (‰)

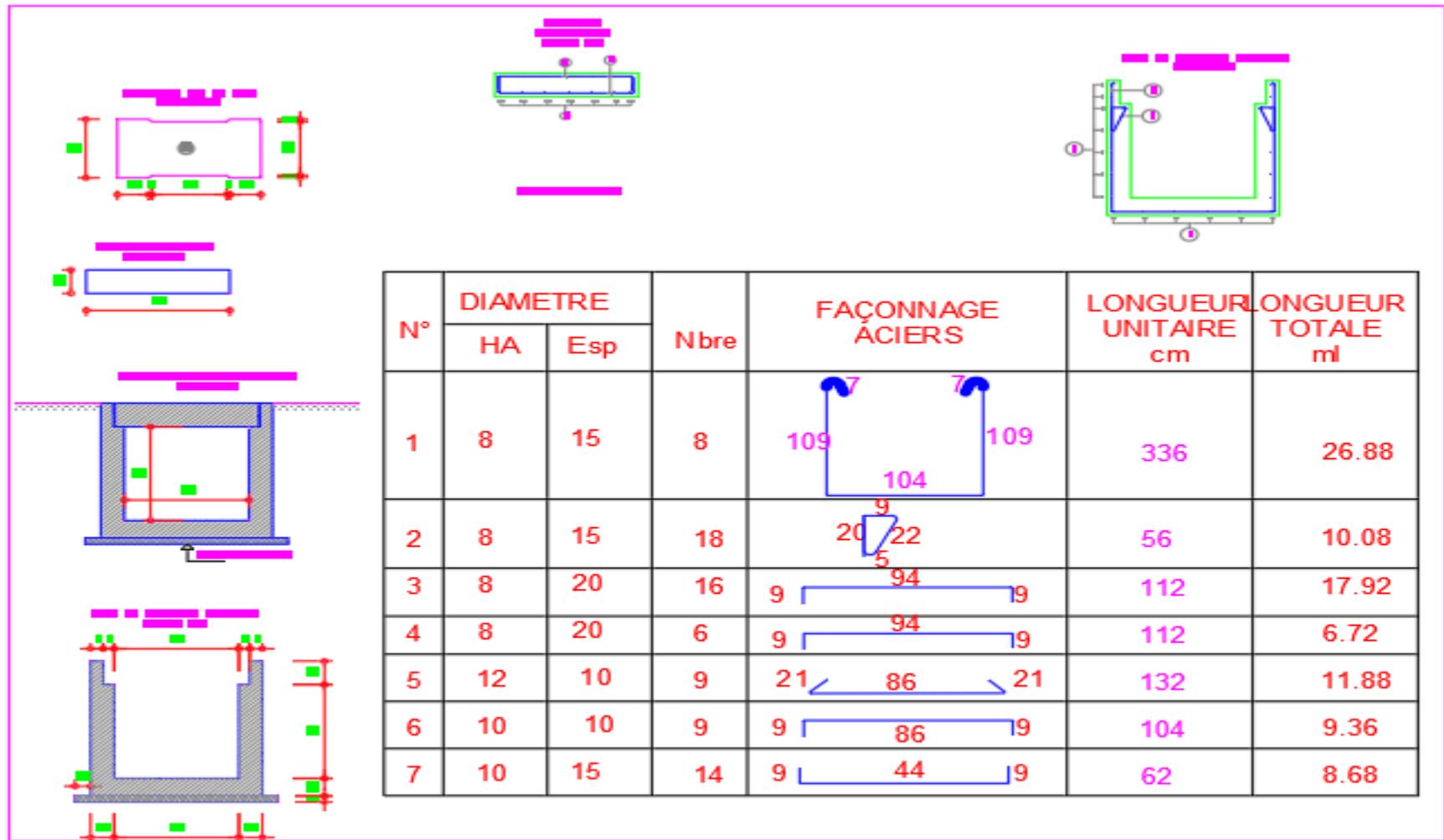
Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

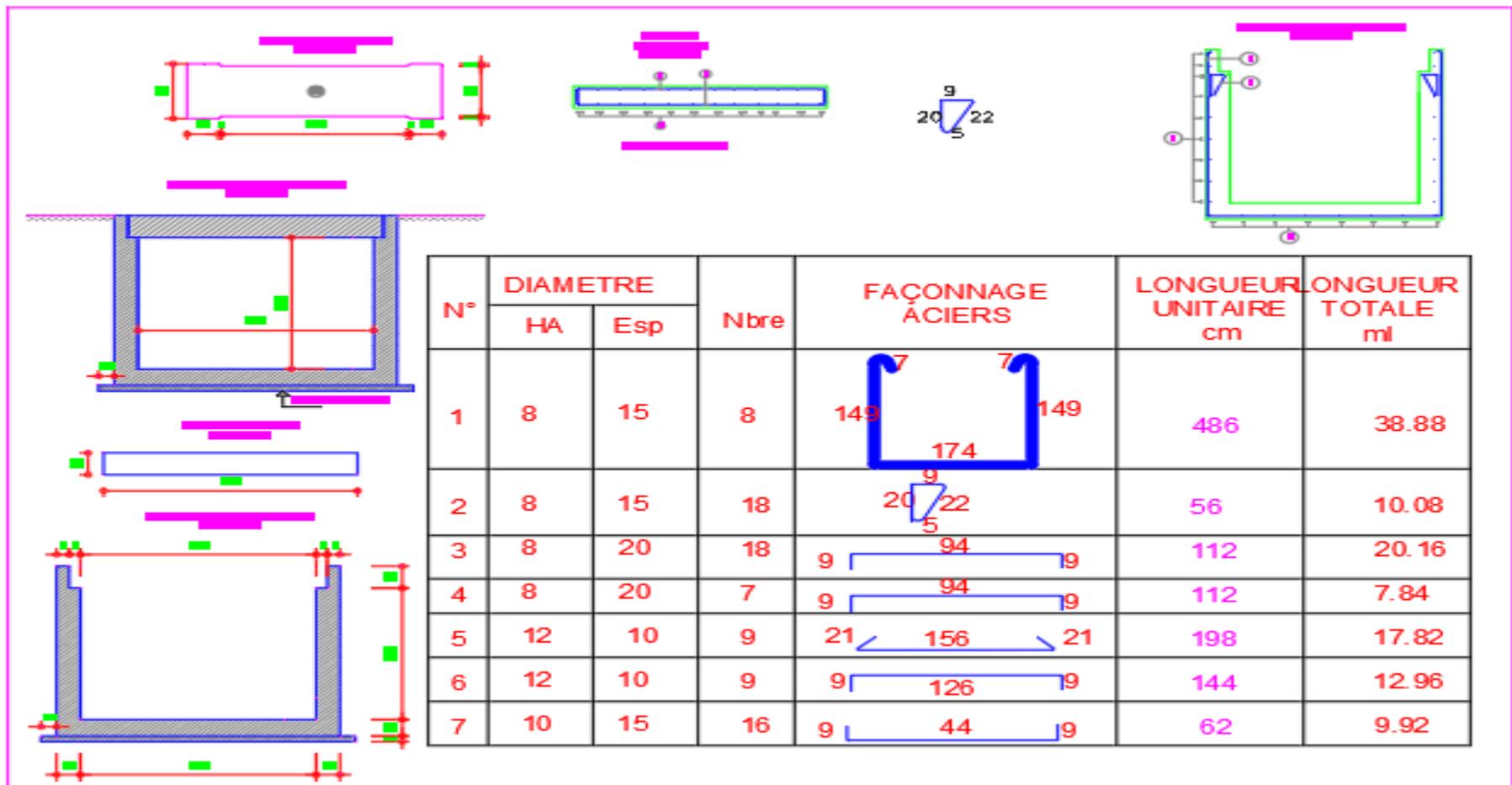
Cas ELS $M_{\max} = 0,00$ (kN*m) $M_{\min} = -16,70$ (kN*m)

- Coefficient de sécurité: 1,00
- Position de l'axe neutre: $y = 4,2$ (cm)
- Bras de levier: $Z = 10,6$ (cm)
- Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 7,5$ (MPa)
- Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 16,2$ (MPa)
- Contrainte de l'acier: tendue: $\sigma_s = 207,3$ (MPa)
- Contrainte limite de l'acier: $\sigma_{s \text{ lim}} = 207,3$ (MPa)

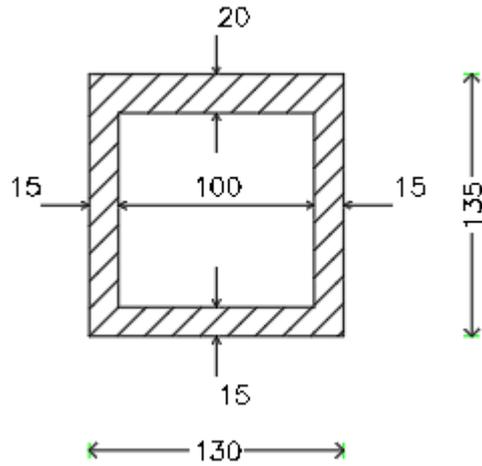
Plans d'exécution des caniveaux 100x100, 150x150 , 80x80







Module 1



1,- NORME ET MATÉRIAUX

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

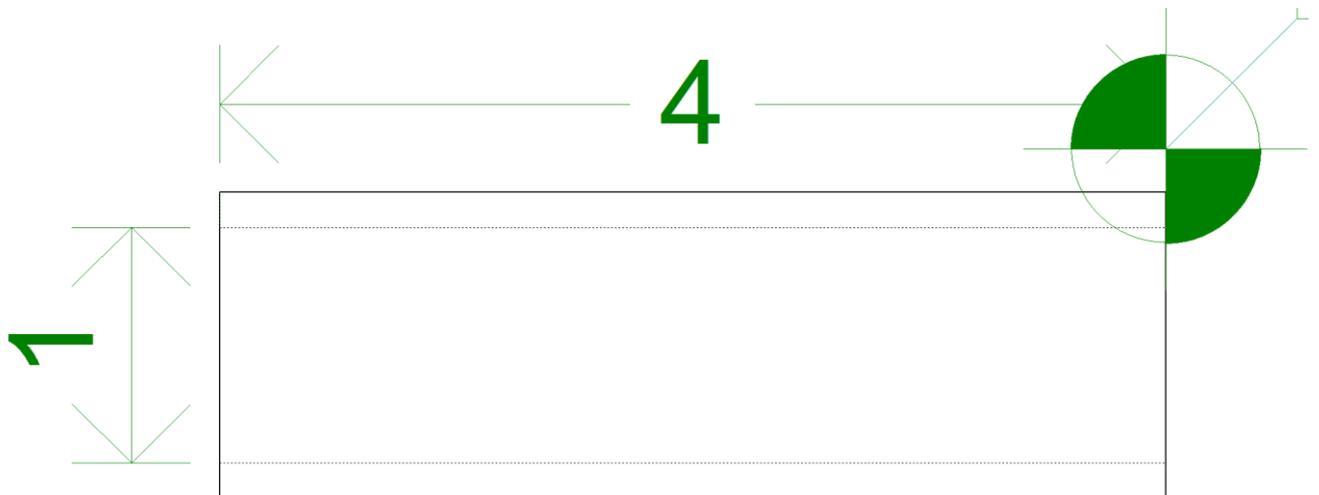
Béton: B25

Acier des barres: Fe E400

Enrobage extérieur: 3,5 cm

Enrobage intérieur: 3,5 cm

2,- GÉOMÉTRIE



Plan supérieur module: Par gabarit (1,00 m)

MODULE

Épaisseurs	Piédroits: 15 cm
	Tablier: 20 cm
	Radier: 15 cm

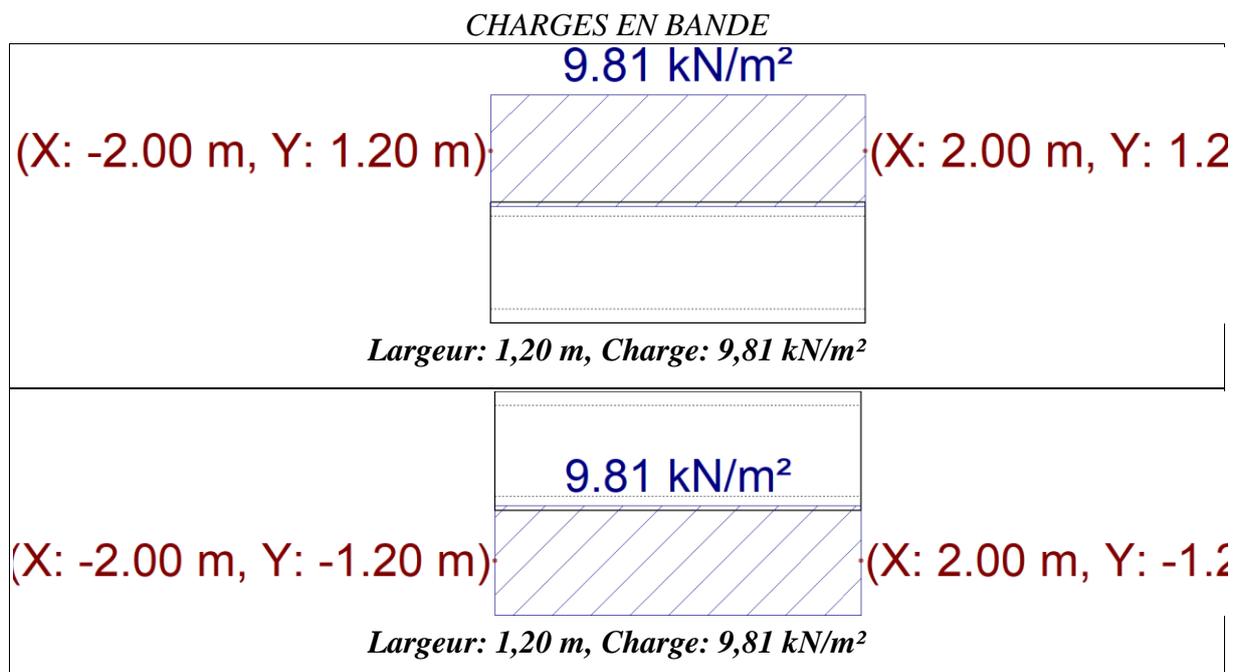
3,- TERRAINS

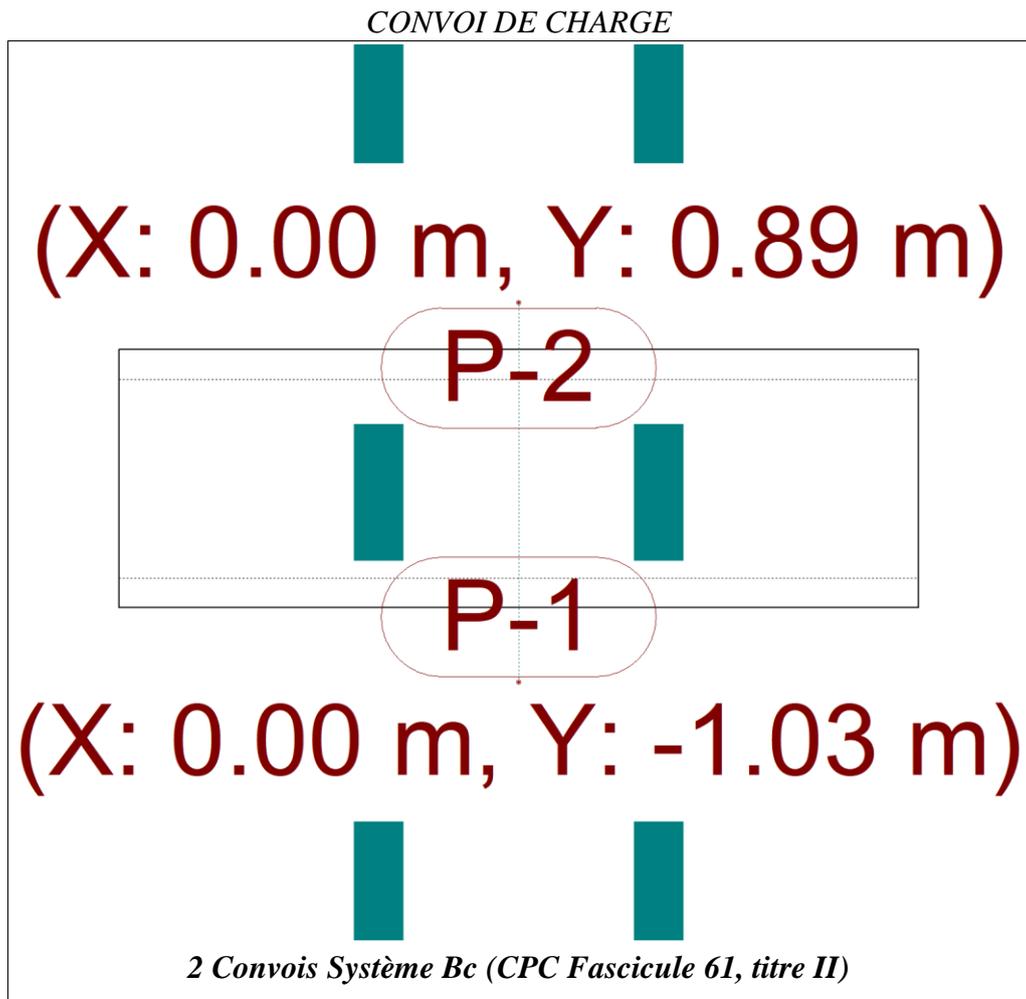
Module de réaction: 90000,0 kN/m³

Contrainte admissible sol d'assise: 150,00 kN/m²

Poids volumique: 20,0 kN/m³
Angle de frottement interne: 37 degrés
Cohésion: 0,00 kN/m²
Pourcentage de frottement terrain-mur: 0 %
Angle de transmission des charges: 45 degrés
4,- ACTIONS

Surcharge uniforme supérieure: 1,00 kN/m²
Sans surcharge inférieure
Avec charge hydraulique:
- Plan de la surface libre de l'eau: Par tirant d'eau (0,50 m)





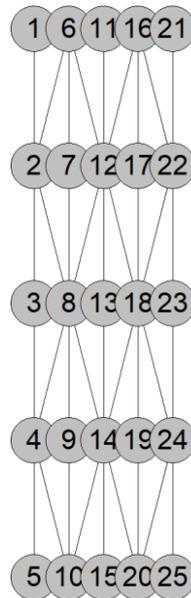
5,- MÉTHODE DE CALCUL

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

6.- RÉSULTATS

Module

Piédroit gauche,



Abréviation	Signification	Unités
Nx	Effort normal X	kN/m
Ny	Effort normal Y	kN/m
Nxy	Effort normal XY	kN/m
Mx	Moment fléchissant X	kN·m/m
My	Moment fléchissant Y	kN·m/m
Mxy	Moment fléchissant XY	kN·m/m
Qx	Effort tranchant X	kN/m
Qy	Effort tranchant Y	kN/m
Dx	Déplacement X	mm
Dy	Déplacement Y	mm
Dz	Déplacement Z	mm
Gx	Rotation X	mRad
Gy	Rotation Y	mRad
Gz	Rotation Z	mRad

POIDS PROPRE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-7,53	-6,60	3,44	-0,86	-0,11	0,11	1,49	-1,73	0,00	0,00	-0,17	-0,03	0,01	-0,00
3	-7,08	-0,60	0,00	-0,82	-0,15	-0,00	1,30	-0,00	0,00	0,00	-0,17	-0,04	-0,00	-0,00
5	-7,53	-6,60	-3,44	-0,86	-0,11	-0,11	1,49	1,73	-0,00	0,00	-0,17	-0,03	-0,01	0,00
11	-4,97	-0,51	0,32	-0,44	-0,02	-0,10	0,79	-0,18	-0,00	0,01	-0,17	0,00	0,00	-0,00
13	-5,57	-0,98	-0,00	-0,45	-0,07	-0,00	0,99	0,00	0,00	0,01	-0,17	0,00	0,00	-0,00

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
15	-4,97	-0,51	-0,32	-0,44	-0,02	0,10	0,79	0,18	0,00	0,01	-0,17	0,00	0,00	0,00
21	-3,23	-3,50	-1,54	-0,06	0,06	-0,07	0,43	-1,29	0,00	0,00	-0,17	0,02	-0,00	-0,00
23	-3,02	-0,28	-0,00	-0,08	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	-0,17	0,02	0,00	-0,00
25	-3,23	-3,50	1,54	-0,06	0,06	0,07	0,43	1,29	-0,00	0,00	-0,17	0,02	0,00	0,00

POUSSÉE DES TERRES

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-2,81	2,31	-0,27	-0,41	-0,28	0,04	4,26	0,26	-0,00	-0,00	-0,03	0,02	-0,00	0,01
3	-2,69	0,09	0,00	-0,40	-0,18	-0,00	4,93	0,00	0,00	-0,00	-0,03	0,02	-0,00	-0,00
5	-2,81	2,31	0,27	-0,41	-0,28	-0,04	4,26	-0,26	0,00	-0,00	-0,03	0,02	0,00	-0,01
11	-2,66	-0,26	0,13	0,80	0,43	0,03	-0,46	-1,00	-0,00	-0,01	-0,03	-0,00	0,00	-0,01
13	-2,55	-0,05	0,00	0,82	0,15	0,00	-0,87	-0,00	0,00	-0,01	-0,03	-0,00	0,00	0,00
15	-2,66	-0,26	-0,13	0,80	0,43	-0,03	-0,46	1,00	0,00	-0,01	-0,03	-0,00	0,00	0,01
21	-2,54	1,54	0,18	-0,58	-0,25	-0,00	-3,30	0,46	-0,00	-0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,00
23	-2,57	-0,13	0,00	-0,54	-0,18	-0,00	-3,61	0,00	0,00	-0,00	-0,03	-0,01	-0,00	0,00
25	-2,54	1,54	-0,18	-0,58	-0,25	0,00	-3,30	-0,46	0,00	-0,00	-0,03	-0,01	-0,00	-0,00

SURCHARGE SUPÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0,74	-0,43	0,26	-0,09	-0,02	0,01	0,30	-0,13	-0,00	0,00	-0,01	-0,00	0,00	0,00
3	-0,70	-0,04	0,00	-0,09	-0,02	-0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
5	-0,74	-0,43	-0,26	-0,09	-0,02	-0,01	0,30	0,13	0,00	0,00	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
11	-0,68	-0,07	0,02	0,00	0,02	-0,00	0,03	-0,08	-0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,00
13	-0,74	-0,11	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,00
15	-0,68	-0,07	-0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,08	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
21	-0,71	-0,37	-0,21	-0,06	-0,01	-0,01	-0,25	-0,15	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,00	-0,00
23	-0,68	-0,06	0,00	-0,06	-0,02	-0,00	-0,28	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,00	-0,00
25	-0,71	-0,37	0,21	-0,06	-0,01	0,01	-0,25	0,15	-0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00

CHARGE HYDRAULIQUE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0,09	-0,35	0,07	0,11	0,07	-0,02	-1,22	0,01	0,00	0,00	-0,04	-0,00	-0,00	-0,00
3	0,11	-0,10	-0,00	0,10	0,04	0,00	-1,39	-0,00	-0,00	0,00	-0,04	-0,00	0,00	0,00
5	0,09	-0,35	-0,07	0,11	0,07	0,02	-1,22	-0,01	-0,00	0,00	-0,04	-0,00	0,00	0,00
11	0,09	0,03	-0,03	-0,12	-0,06	0,00	0,14	0,15	0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
13	0,05	-0,05	-0,00	-0,12	-0,02	-0,00	0,37	0,00	-0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,00
15	0,09	0,03	0,03	-0,12	-0,06	-0,00	0,14	-0,15	-0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,00
21	0,05	-0,32	-0,10	0,06	0,03	-0,01	0,27	-0,11	0,00	0,00	-0,04	0,00	-0,00	-0,00
23	0,06	-0,01	0,00	0,05	0,02	0,00	0,27	-0,00	-0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,00
25	0,05	-0,32	0,10	0,06	0,03	0,01	0,27	0,11	-0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00

CHARGE EN BANDE 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-3,20	2,33	0,21	-1,15	-0,41	-0,03	5,37	-0,58	-0,01	-0,05	0,01	0,07	-0,00	0,02
3	-1,44	0,41	0,84	-0,68	-0,19	-0,09	3,00	-0,94	-0,01	-0,03	0,01	0,06	-0,00	0,01
5	-0,75	0,04	0,06	-0,40	-0,13	-0,03	0,93	-0,50	-0,01	-0,00	0,01	0,05	-0,00	0,01
11	-2,10	-0,20	0,72	0,82	0,37	-0,30	1,76	-0,77	-0,01	-0,10	0,01	0,08	0,00	0,00
13	-1,36	0,06	0,77	0,39	0,06	-0,02	1,36	0,39	-0,01	-0,07	0,01	0,07	0,00	0,02
15	-1,28	-0,09	-0,01	0,04	0,04	0,11	0,58	0,13	-0,01	-0,03	0,01	0,06	0,00	0,02
21	-1,10	1,71	1,02	0,39	-0,02	-0,02	-1,61	0,77	-0,01	-0,13	0,01	0,04	0,00	0,02
23	-1,38	-0,26	0,58	0,33	0,04	0,07	-0,90	0,37	-0,01	-0,10	0,01	0,05	-0,00	0,02
25	-1,45	0,19	0,28	0,31	0,07	0,02	0,43	0,04	-0,01	-0,06	0,01	0,05	-0,00	0,02

CHARGE EN BANDE 2

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-1,17	-1,01	0,74	0,17	0,07	0,01	-0,35	-0,56	-0,01	0,00	-0,05	-0,06	-0,00	0,01
3	-0,63	-0,43	0,59	0,38	0,09	-0,01	-0,86	-0,55	-0,01	0,03	-0,04	-0,06	-0,00	0,01
5	0,69	-0,74	0,40	0,73	0,18	-0,02	-1,88	-0,46	-0,01	0,05	-0,04	-0,06	-0,00	0,01
11	-0,65	-0,06	0,03	-0,07	-0,00	0,08	-0,36	-0,02	-0,01	0,03	-0,05	-0,06	0,00	0,01
13	-0,71	-0,17	0,79	-0,06	-0,01	-0,01	-1,20	-0,01	-0,01	0,06	-0,04	-0,07	0,00	0,01
15	-0,25	0,01	0,65	-0,04	-0,00	-0,29	-1,75	-0,03	-0,01	0,09	-0,04	-0,08	0,00	0,01
21	-0,43	-0,15	0,06	-0,32	-0,09	-0,01	-0,45	0,20	-0,01	0,06	-0,05	-0,05	-0,00	0,02
23	-0,70	0,14	0,82	-0,51	-0,12	-0,01	-0,92	0,68	-0,01	0,10	-0,04	-0,05	-0,00	0,02
25	-1,28	0,62	0,43	-0,80	-0,19	-0,03	-1,75	0,25	-0,01	0,13	-0,04	-0,05	-0,00	0,01

CONVOI 1 POSITION 1

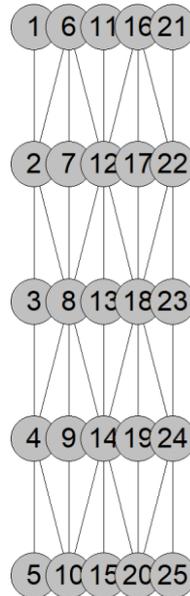
Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-20,08	-19,49	13,50	-0,06	0,44	0,28	-1,32	-7,92	-0,00	0,13	-0,56	-0,51	0,03	-0,01
3	-21,71	10,30	0,00	-0,01	0,08	-0,00	-2,63	-0,00	-0,00	0,13	-0,57	-0,53	-0,00	-0,00
5	-20,08	-19,49	-13,50	-0,06	0,44	-0,28	-1,32	7,92	0,00	0,13	-0,56	-0,51	-0,03	0,01
11	-7,27	-1,69	2,91	-1,46	-0,08	0,59	-2,02	-0,20	-0,00	0,38	-0,56	-0,47	0,00	0,01
13	-28,96	-0,96	-0,00	-2,27	-0,53	-0,00	-6,30	-0,00	-0,00	0,40	-0,58	-0,49	0,00	0,00
15	-7,27	-1,69	-2,91	-1,46	-0,08	-0,59	-2,02	0,20	0,00	0,38	-0,56	-0,47	0,00	-0,01
21	-5,72	-15,26	-1,33	-2,45	-0,35	0,14	-2,60	-2,28	0,00	0,59	-0,56	-0,36	-0,00	-0,00
23	-30,45	-8,97	0,00	-4,81	-0,98	-0,00	-8,97	0,00	0,00	0,60	-0,58	-0,27	-0,00	-0,00
25	-5,72	-15,26	1,33	-2,45	-0,35	-0,14	-2,60	2,28	-0,00	0,59	-0,56	-0,36	0,00	0,00

CONVOI 1 POSITION 2

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-14,58	-3,38	8,18	-4,93	-1,33	0,16	16,27	-5,28	-0,00	-0,16	0,05	0,59	0,02	0,01
3	-13,19	7,93	0,00	-4,40	-1,10	-0,00	16,37	0,00	0,00	-0,16	0,04	0,59	-0,00	-0,00
5	-14,58	-3,38	-8,18	-4,93	-1,33	-0,16	16,27	5,28	0,00	-0,16	0,05	0,59	-0,02	-0,01

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
11	-3,14	-1,23	4,79	0,94	0,82	-1,18	7,68	-2,12	-0,00	-0,50	0,05	0,71	0,00	-0,02
13	-18,04	-0,97	-0,00	1,00	0,08	0,00	5,04	0,00	0,00	-0,50	0,04	0,70	0,00	-0,00
15	-3,14	-1,23	-4,79	0,94	0,82	1,18	7,68	2,12	0,00	-0,50	0,05	0,71	0,00	0,02
21	1,53	-9,94	0,93	1,96	0,37	-0,08	0,31	-0,08	0,00	-0,84	0,05	0,60	0,00	-0,00
23	-19,43	-7,35	0,00	-0,78	-0,21	-0,00	-10,83	0,00	0,00	-0,84	0,04	0,67	-0,00	-0,00
25	1,53	-9,94	-0,93	1,96	0,37	0,08	0,31	0,08	-0,00	-0,84	0,05	0,60	-0,00	0,00

Piédroit droit,



Abréviation	Signification	Unités
Nx	Effort normal X	kN/m
Ny	Effort normal Y	kN/m
Nxy	Effort normal XY	kN/m
Mx	Moment fléchissant X	kN·m/m
My	Moment fléchissant Y	kN·m/m
Mxy	Moment fléchissant XY	kN·m/m
Qx	Effort tranchant X	kN/m
Qy	Effort tranchant Y	kN/m
Dx	Déplacement X	mm
Dy	Déplacement Y	mm
Dz	Déplacement Z	mm
Gx	Rotation X	mRad
Gy	Rotation Y	mRad
Gz	Rotation Z	mRad

POIDS PROPRE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-7,53	-6,60	3,44	-0,86	-0,11	0,11	1,49	-1,73	-0,00	-0,00	-0,17	0,03	-0,01	-0,00

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
3	-7,08	-0,60	0,00	-0,82	-0,15	-0,00	1,30	-0,00	-0,00	-0,00	-0,17	0,04	-0,00	-0,00
5	-7,53	-6,60	-3,44	-0,86	-0,11	-0,11	1,49	1,73	0,00	-0,00	-0,17	0,03	0,01	0,00
11	-4,97	-0,51	0,32	-0,44	-0,02	-0,10	0,79	-0,18	0,00	-0,01	-0,17	-0,00	0,00	-0,00
13	-5,57	-0,98	-0,00	-0,45	-0,07	-0,00	0,99	0,00	-0,00	-0,01	-0,17	-0,00	0,00	-0,00
15	-4,97	-0,51	-0,32	-0,44	-0,02	0,10	0,79	0,18	-0,00	-0,01	-0,17	-0,00	0,00	0,00
21	-3,23	-3,50	-1,54	-0,06	0,06	-0,07	0,43	-1,29	-0,00	-0,00	-0,17	-0,02	0,00	-0,00
23	-3,02	-0,28	-0,00	-0,08	0,00	0,00	0,33	0,00	-0,00	-0,00	-0,17	-0,02	0,00	-0,00
25	-3,23	-3,50	1,54	-0,06	0,06	0,07	0,43	1,29	0,00	-0,00	-0,17	-0,02	-0,00	0,00

POUSSÉE DES TERRES

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-2,81	2,31	-0,27	-0,41	-0,28	0,04	4,26	0,26	0,00	0,00	-0,03	-0,02	0,00	0,01
3	-2,69	0,09	-0,00	-0,40	-0,18	-0,00	4,93	0,00	-0,00	0,00	-0,03	-0,02	-0,00	-0,00
5	-2,81	2,31	0,27	-0,41	-0,28	-0,04	4,26	-0,26	-0,00	0,00	-0,03	-0,02	-0,00	-0,01
11	-2,66	-0,26	0,13	0,80	0,43	0,03	-0,46	-1,00	0,00	0,01	-0,03	0,00	0,00	-0,01
13	-2,55	-0,05	-0,00	0,82	0,15	0,00	-0,87	-0,00	-0,00	0,01	-0,03	0,00	0,00	0,00
15	-2,66	-0,26	-0,13	0,80	0,43	-0,03	-0,46	1,00	-0,00	0,01	-0,03	0,00	0,00	0,01
21	-2,54	1,54	0,18	-0,58	-0,25	-0,00	-3,30	0,46	0,00	0,00	-0,03	0,01	-0,00	0,00
23	-2,57	-0,13	-0,00	-0,54	-0,18	-0,00	-3,61	0,00	-0,00	0,00	-0,03	0,01	0,00	0,00
25	-2,54	1,54	-0,18	-0,58	-0,25	0,00	-3,30	-0,46	-0,00	0,00	-0,03	0,01	0,00	-0,00

SURCHARGE SUPÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0,74	-0,43	0,26	-0,09	-0,02	0,01	0,30	-0,13	0,00	-0,00	-0,01	0,00	-0,00	0,00
3	-0,70	-0,04	0,00	-0,09	-0,02	-0,00	0,33	0,00	-0,00	-0,00	-0,01	0,00	-0,00	-0,00
5	-0,74	-0,43	-0,26	-0,09	-0,02	-0,01	0,30	0,13	-0,00	-0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,00
11	-0,68	-0,07	0,02	0,00	0,02	-0,00	0,03	-0,08	0,00	-0,00	-0,01	-0,00	0,00	-0,00
13	-0,74	-0,11	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,00	0,00	-0,00
15	-0,68	-0,07	-0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,08	-0,00	-0,00	-0,01	-0,00	0,00	0,00
21	-0,71	-0,37	-0,21	-0,06	-0,01	-0,01	-0,25	-0,15	-0,00	-0,00	-0,01	-0,00	0,00	-0,00
23	-0,68	-0,06	-0,00	-0,06	-0,02	-0,00	-0,28	0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,00	0,00	0,00
25	-0,71	-0,37	0,21	-0,06	-0,01	0,01	-0,25	0,15	0,00	-0,00	-0,01	-0,00	-0,00	0,00

CHARGE HYDRAULIQUE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0,09	-0,35	0,07	0,11	0,07	-0,02	-1,22	0,01	-0,00	-0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,00
3	0,11	-0,10	0,00	0,10	0,04	0,00	-1,39	-0,00	0,00	-0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
5	0,09	-0,35	-0,07	0,11	0,07	0,02	-1,22	-0,01	0,00	-0,00	-0,04	0,00	-0,00	0,00
11	0,09	0,03	-0,03	-0,12	-0,06	0,00	0,14	0,15	-0,00	-0,00	-0,04	-0,00	0,00	0,00
13	0,05	-0,05	0,00	-0,12	-0,02	-0,00	0,37	0,00	0,00	-0,00	-0,04	-0,00	0,00	-0,00

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
15	0,09	0,03	0,03	-0,12	-0,06	-0,00	0,14	-0,15	0,00	-0,00	-0,04	-0,00	0,00	-0,00
21	0,05	-0,32	-0,10	0,06	0,03	-0,01	0,27	-0,11	-0,00	-0,00	-0,04	-0,00	0,00	-0,00
23	0,06	-0,01	0,00	0,05	0,02	0,00	0,27	-0,00	0,00	-0,00	-0,04	-0,00	-0,00	-0,00
25	0,05	-0,32	0,10	0,06	0,03	0,01	0,27	0,11	0,00	-0,00	-0,04	-0,00	-0,00	0,00

CHARGE EN BANDE 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-1,17	-1,01	0,74	0,17	0,07	0,01	-0,35	-0,56	0,01	-0,00	-0,05	0,06	0,00	0,01
3	-0,63	-0,43	0,59	0,38	0,09	-0,01	-0,86	-0,55	0,01	-0,03	-0,04	0,06	0,00	0,01
5	0,69	-0,74	0,40	0,73	0,18	-0,02	-1,88	-0,46	0,01	-0,05	-0,04	0,06	0,00	0,01
11	-0,65	-0,06	0,03	-0,07	-0,00	0,08	-0,36	-0,02	0,01	-0,03	-0,05	0,06	0,00	0,01
13	-0,71	-0,17	0,79	-0,06	-0,01	-0,01	-1,20	-0,01	0,01	-0,06	-0,04	0,07	0,00	0,01
15	-0,25	0,01	0,65	-0,04	-0,00	-0,29	-1,75	-0,03	0,01	-0,09	-0,04	0,08	0,00	0,01
21	-0,43	-0,15	0,06	-0,32	-0,09	-0,01	-0,45	0,20	0,01	-0,06	-0,05	0,05	0,00	0,02
23	-0,70	0,14	0,82	-0,51	-0,12	-0,01	-0,92	0,68	0,01	-0,10	-0,04	0,05	0,00	0,02
25	-1,28	0,62	0,43	-0,80	-0,19	-0,03	-1,75	0,25	0,01	-0,13	-0,04	0,05	0,00	0,01

CHARGE EN BANDE 2

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-3,20	2,33	0,21	-1,15	-0,41	-0,03	5,37	-0,58	0,01	0,05	0,01	-0,07	0,00	0,02
3	-1,44	0,41	0,84	-0,68	-0,19	-0,09	3,00	-0,94	0,01	0,03	0,01	-0,06	0,00	0,01
5	-0,75	0,04	0,06	-0,40	-0,13	-0,03	0,93	-0,50	0,01	0,00	0,01	-0,05	0,00	0,01
11	-2,10	-0,20	0,72	0,82	0,37	-0,30	1,76	-0,77	0,01	0,10	0,01	-0,08	0,00	0,00
13	-1,36	0,06	0,77	0,39	0,06	-0,02	1,36	0,39	0,01	0,07	0,01	-0,07	0,00	0,02
15	-1,28	-0,09	-0,01	0,04	0,04	0,11	0,58	0,13	0,01	0,03	0,01	-0,06	0,00	0,02
21	-1,10	1,71	1,02	0,39	-0,02	-0,02	-1,61	0,77	0,01	0,13	0,01	-0,04	-0,00	0,02
23	-1,38	-0,26	0,58	0,33	0,04	0,07	-0,90	0,37	0,01	0,10	0,01	-0,05	0,00	0,02
25	-1,45	0,19	0,28	0,31	0,07	0,02	0,43	0,04	0,01	0,06	0,01	-0,05	0,00	0,02

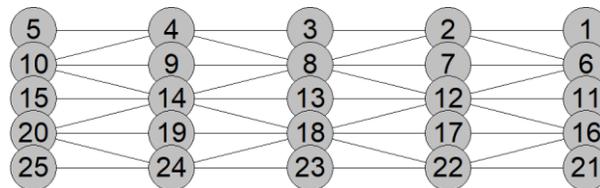
CONVOI 1 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-20,25	-9,15	12,19	-4,87	-1,15	0,22	14,82	-7,48	0,00	0,12	-0,13	-0,36	-0,03	0,01
3	-19,53	11,93	0,00	-4,40	-1,06	-0,00	14,29	0,00	-0,00	0,12	-0,15	-0,34	-0,00	-0,00
5	-20,25	-9,15	-12,19	-4,87	-1,15	-0,22	14,82	7,48	-0,00	0,12	-0,13	-0,36	0,03	-0,01
11	-4,88	-1,75	5,62	0,33	0,65	-1,06	7,18	-1,88	0,00	0,35	-0,13	-0,49	0,00	-0,01
13	-26,45	-1,64	-0,00	0,05	-0,11	0,00	4,12	0,00	-0,00	0,34	-0,15	-0,47	0,00	-0,00
15	-4,88	-1,75	-5,62	0,33	0,65	1,06	7,18	1,88	-0,00	0,35	-0,13	-0,49	0,00	0,01
21	-0,62	-13,43	0,59	1,57	0,41	-0,03	0,82	-1,03	-0,00	0,58	-0,13	-0,41	-0,00	-0,00
23	-27,64	-12,41	-0,00	-1,48	-0,32	-0,00	-10,29	0,00	-0,00	0,58	-0,15	-0,50	0,00	0,00
25	-0,62	-13,43	-0,59	1,57	0,41	0,03	0,82	1,03	0,00	0,58	-0,13	-0,41	0,00	0,00

CONVOI 1 POSITION 2

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-18,30	-17,07	11,73	0,84	0,59	0,26	-3,29	-6,46	0,00	-0,16	-0,61	0,70	-0,02	-0,01
3	-20,57	9,86	0,00	0,69	0,22	-0,00	-3,76	-0,00	-0,00	-0,17	-0,62	0,72	-0,00	-0,00
5	-18,30	-17,07	-11,73	0,84	0,59	-0,26	-3,29	6,46	-0,00	-0,16	-0,61	0,70	0,02	0,01
11	-7,04	-1,55	2,22	-1,27	-0,07	0,84	-3,67	-0,13	0,00	-0,52	-0,61	0,70	0,00	0,01
13	-27,14	-0,77	0,00	-1,99	-0,46	-0,00	-7,38	-0,00	0,00	-0,54	-0,62	0,71	0,00	0,00
15	-7,04	-1,55	-2,22	-1,27	-0,07	-0,84	-3,67	0,13	-0,00	-0,52	-0,61	0,70	0,00	-0,01
21	-6,29	-12,27	-1,06	-3,00	-0,53	0,16	-4,19	-1,81	-0,00	-0,84	-0,61	0,58	-0,00	-0,00
23	-28,44	-8,84	-0,00	-4,91	-1,02	-0,00	-9,11	0,00	-0,00	-0,85	-0,62	0,49	0,00	0,00
25	-6,29	-12,27	1,06	-3,00	-0,53	-0,16	-4,19	1,81	0,00	-0,84	-0,61	0,58	0,00	0,00

Tablier,



Abréviation	Signification	Unités
Nx	Effort normal X	kN/m
Ny	Effort normal Y	kN/m
Nxy	Effort normal XY	kN/m
Mx	Moment fléchissant X	kN·m/m
My	Moment fléchissant Y	kN·m/m
Mxy	Moment fléchissant XY	kN·m/m
Qx	Effort tranchant X	kN/m
Qy	Effort tranchant Y	kN/m
Dx	Déplacement X	mm
Dy	Déplacement Y	mm
Dz	Déplacement Z	mm
Gx	Rotation X	mRad
Gy	Rotation Y	mRad
Gz	Rotation Z	mRad

POIDS PROPRE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	3,49	0,22	1,24	0,16	-0,17	-0,09	-0,88	2,29	0,00	-0,00	-0,17	0,02	0,00	0,00
3	0,29	0,10	-0,00	0,05	-0,16	-0,00	-0,00	2,67	0,00	-0,00	-0,17	0,02	0,00	-0,00
5	3,49	0,22	-1,24	0,16	-0,17	0,09	0,88	2,29	-0,00	-0,00	-0,17	0,02	-0,00	-0,00
11	0,03	-0,05	0,00	-0,33	-1,08	0,00	0,31	0,00	0,00	-0,00	-0,18	0,00	-0,00	0,00
13	0,50	0,33	0,00	-0,18	-1,10	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,18	0,00	0,00	0,00
15	0,03	-0,05	-0,00	-0,33	-1,08	-0,00	-0,31	0,00	-0,00	0,00	-0,18	0,00	0,00	0,00

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
21	3,49	0,22	-1,24	0,16	-0,17	0,09	-0,88	-2,29	0,00	0,00	-0,17	-0,02	0,00	-0,00
23	0,29	0,10	-0,00	0,05	-0,16	0,00	-0,00	-2,67	-0,00	0,00	-0,17	-0,02	0,00	-0,00
25	3,49	0,22	1,24	0,16	-0,17	-0,09	0,88	-2,29	-0,00	0,00	-0,17	-0,02	-0,00	0,00

POUSSÉE DES TERRES

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-2,63	-3,26	-1,46	0,16	0,74	0,12	0,42	2,01	-0,00	-0,00	-0,03	-0,01	-0,00	-0,00
3	-0,03	-3,01	0,00	0,16	0,70	-0,00	-0,00	2,19	0,00	-0,00	-0,03	-0,01	-0,00	0,00
5	-2,63	-3,26	1,46	0,16	0,74	-0,12	-0,42	2,01	0,00	-0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,00
11	-0,41	-3,08	-0,00	-0,15	0,14	0,00	0,57	0,00	0,00	-0,00	-0,03	0,00	-0,00	0,00
13	-0,43	-3,25	-0,00	0,02	0,15	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,03	-0,00	0,00	0,00
15	-0,41	-3,08	-0,00	-0,15	0,14	-0,00	-0,57	-0,00	-0,00	0,00	-0,03	-0,00	0,00	0,00
21	-2,63	-3,26	1,46	0,16	0,74	-0,12	0,42	-2,01	-0,00	0,00	-0,03	0,01	-0,00	0,00
23	-0,03	-3,01	0,00	0,16	0,70	-0,00	-0,00	-2,19	-0,00	0,00	-0,03	0,01	0,00	0,00
25	-2,63	-3,26	-1,46	0,16	0,74	0,12	-0,42	-2,01	0,00	0,00	-0,03	0,01	0,00	-0,00

SURCHARGE SUPÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0,27	-0,28	0,05	0,04	0,04	-0,00	-0,10	0,52	0,00	-0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
3	0,04	-0,26	0,00	0,02	0,04	-0,00	-0,00	0,60	0,00	-0,00	-0,01	0,00	-0,00	-0,00
5	0,27	-0,28	-0,05	0,04	0,04	0,00	0,10	0,52	-0,00	-0,00	-0,01	0,00	-0,00	-0,00
11	-0,03	-0,31	0,00	-0,06	-0,15	0,00	0,10	0,00	0,00	-0,00	-0,01	0,00	-0,00	0,00
13	0,03	-0,25	0,00	-0,02	-0,15	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
15	-0,03	-0,31	-0,00	-0,06	-0,15	-0,00	-0,10	0,00	-0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
21	0,27	-0,28	-0,05	0,04	0,04	0,00	-0,10	-0,52	0,00	0,00	-0,01	-0,00	0,00	-0,00
23	0,04	-0,26	-0,00	0,02	0,04	0,00	-0,00	-0,60	-0,00	0,00	-0,01	-0,00	0,00	0,00
25	0,27	-0,28	0,05	0,04	0,04	-0,00	0,10	-0,52	-0,00	0,00	-0,01	-0,00	-0,00	0,00

CHARGE HYDRAULIQUE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0,40	0,25	0,18	-0,00	-0,08	-0,02	-0,09	-0,06	0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,21	-0,00	-0,01	-0,07	0,00	-0,00	-0,05	-0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,00
5	0,40	0,25	-0,18	-0,00	-0,08	0,02	0,09	-0,06	-0,00	0,00	-0,04	0,00	-0,00	-0,00
11	0,04	0,23	0,00	-0,00	-0,07	0,00	-0,04	-0,00	-0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
13	0,04	0,24	0,00	-0,01	-0,07	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,04	0,00	-0,00	0,00
15	0,04	0,23	0,00	-0,00	-0,07	-0,00	0,04	0,00	0,00	-0,00	-0,04	0,00	-0,00	0,00
21	0,40	0,25	-0,18	-0,00	-0,08	0,02	-0,09	0,06	0,00	-0,00	-0,04	-0,00	0,00	-0,00
23	0,00	0,21	-0,00	-0,01	-0,07	0,00	0,00	0,05	0,00	-0,00	-0,04	-0,00	-0,00	-0,00
25	0,40	0,25	0,18	-0,00	-0,08	-0,02	0,09	0,06	-0,00	-0,00	-0,04	-0,00	-0,00	0,00

CHARGE EN BANDE 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0,02	0,38	0,35	-0,09	-0,28	-0,05	-0,40	0,09	-0,01	-0,07	0,01	0,05	-0,00	0,02
3	-0,21	-0,69	0,50	-0,04	-0,17	-0,06	-0,15	-0,03	-0,01	-0,10	0,01	0,05	-0,00	0,02
5	-2,99	-1,50	1,30	-0,10	-0,11	-0,13	-0,01	-0,24	-0,01	-0,13	0,01	0,04	0,00	0,02
11	-0,00	-0,01	0,09	-0,01	-0,03	0,06	0,03	-0,30	0,00	-0,07	-0,02	0,05	0,00	0,00
13	-0,12	-0,79	1,18	0,00	0,11	-0,03	-0,11	-0,98	0,00	-0,10	-0,01	0,04	0,00	0,00
15	-0,19	-1,59	-0,50	0,00	0,27	-0,23	-0,19	-1,25	0,00	-0,13	-0,01	0,04	0,00	0,00
21	-0,19	-0,41	0,33	0,08	0,25	-0,02	0,11	-0,39	0,01	-0,07	-0,04	0,05	0,00	0,02
23	0,24	-0,80	1,01	0,10	0,46	-0,02	0,57	-0,75	0,01	-0,10	-0,04	0,05	0,00	0,02
25	-0,18	-1,79	-0,33	0,17	0,78	0,01	-0,03	-1,38	0,01	-0,13	-0,03	0,05	0,00	0,01

CHARGE EN BANDE 2

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0,18	-1,79	-0,33	0,17	0,78	0,01	0,03	1,38	-0,01	0,13	-0,03	-0,05	-0,00	0,01
3	0,24	-0,80	1,01	0,10	0,46	-0,02	-0,57	0,75	-0,01	0,10	-0,04	-0,05	-0,00	0,02
5	-0,19	-0,41	0,33	0,08	0,25	-0,02	-0,11	0,39	-0,01	0,07	-0,04	-0,05	-0,00	0,02
11	-0,19	-1,59	-0,50	0,00	0,27	-0,23	0,19	1,25	-0,00	0,13	-0,01	-0,04	-0,00	0,00
13	-0,12	-0,79	1,18	0,00	0,11	-0,03	0,11	0,98	-0,00	0,10	-0,01	-0,04	-0,00	0,00
15	-0,00	-0,01	0,09	-0,01	-0,03	0,06	-0,03	0,30	-0,00	0,07	-0,02	-0,05	-0,00	0,00
21	-2,99	-1,50	1,30	-0,10	-0,11	-0,13	0,01	0,24	0,01	0,13	0,01	-0,04	-0,00	0,02
23	-0,21	-0,69	0,50	-0,04	-0,17	-0,06	0,15	0,03	0,01	0,10	0,01	-0,05	0,00	0,02
25	0,02	0,38	0,35	-0,09	-0,28	-0,05	0,40	-0,09	0,01	0,07	0,01	-0,05	0,00	0,02

CONVOI 1 POSITION 1

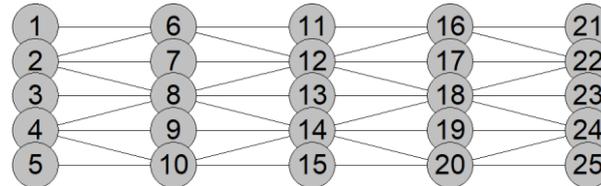
Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	11,22	-3,42	-2,04	1,36	1,13	1,19	-5,73	7,70	-0,00	0,63	-0,54	-0,36	0,00	0,00
3	-14,03	-10,04	-0,00	0,79	2,49	-0,00	-0,00	35,14	-0,00	0,63	-0,56	-0,27	-0,00	-0,00
5	11,22	-3,42	2,04	1,36	1,13	-1,19	5,73	7,70	0,00	0,63	-0,54	-0,36	-0,00	-0,00
11	-0,11	6,63	-1,46	-0,23	-1,36	-0,49	-2,15	2,63	-0,00	0,63	-0,36	-0,37	-0,02	0,00
13	-15,49	-11,90	0,00	-0,44	-9,91	0,00	-0,00	2,40	-0,00	0,63	-0,42	-0,37	-0,00	0,00
15	-0,11	6,63	1,46	-0,23	-1,36	0,49	2,15	2,63	0,00	0,63	-0,36	-0,37	0,02	0,00
21	6,20	0,09	1,65	0,61	-1,46	-1,24	-5,44	-2,36	-0,00	0,63	-0,16	-0,41	-0,00	-0,00
23	-19,41	-10,84	-0,00	0,32	0,68	0,00	-0,00	-31,85	-0,00	0,63	-0,19	-0,50	0,00	0,00
25	6,20	0,09	-1,65	0,61	-1,46	1,24	5,44	-2,36	0,00	0,63	-0,16	-0,41	0,00	0,00

CONVOI 1 POSITION 2

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	2,72	-0,12	-1,99	0,49	-1,18	1,05	-4,74	-0,08	-0,00	-0,90	0,01	0,60	-0,00	0,00
3	-15,17	-10,90	0,00	0,29	1,27	-0,00	-0,00	22,05	0,00	-0,90	-0,01	0,67	-0,00	-0,00
5	2,72	-0,12	1,99	0,49	-1,18	-1,05	4,74	-0,08	0,00	-0,90	0,01	0,60	0,00	-0,00

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
11	-0,26	4,56	1,77	-0,21	-0,86	0,53	-1,61	-3,08	-0,00	-0,90	-0,28	0,57	-0,02	0,00
13	-12,70	-11,97	0,00	-0,08	-8,28	0,00	-0,00	1,90	0,00	-0,90	-0,34	0,58	-0,00	0,00
15	-0,26	4,56	-1,77	-0,21	-0,86	-0,53	1,61	-3,08	0,00	-0,90	-0,28	0,57	0,02	0,00
21	8,69	-4,91	2,53	1,28	1,51	-1,12	-4,60	-8,12	-0,00	-0,90	-0,57	0,58	-0,00	-0,00
23	-12,43	-9,84	-0,00	0,78	2,41	0,00	-0,00	-32,89	-0,00	-0,90	-0,59	0,49	0,00	0,00
25	8,69	-4,91	-2,53	1,28	1,51	1,12	4,60	-8,12	0,00	-0,90	-0,57	0,58	0,00	0,00

Radier,



Abréviation	Signification	Unités
Nx	Effort normal X	kN/m
Ny	Effort normal Y	kN/m
Nxy	Effort normal XY	kN/m
Mx	Moment fléchissant X	kN·m/m
My	Moment fléchissant Y	kN·m/m
Mxy	Moment fléchissant XY	kN·m/m
Qx	Effort tranchant X	kN/m
Qy	Effort tranchant Y	kN/m
Dx	Déplacement X	mm
Dy	Déplacement Y	mm
Dz	Déplacement Z	mm
Gx	Rotation X	mRad
Gy	Rotation Y	mRad
Gz	Rotation Z	mRad

POIDS PROPRE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	5,54	-1,84	-1,57	-0,40	-0,46	-0,01	-0,94	-5,49	-0,00	-0,00	-0,17	-0,03	0,01	-0,00
3	-0,21	-2,27	0,00	0,64	1,43	0,00	1,33	-0,00	-0,00	0,00	-0,15	-0,00	-0,02	0,00
5	5,54	-1,84	1,57	-0,40	-0,46	0,01	-0,94	5,49	-0,00	0,00	-0,17	0,03	0,01	0,00
11	0,34	-1,46	-0,00	-0,22	-0,43	-0,00	-0,00	-6,22	-0,00	-0,00	-0,17	-0,04	-0,00	-0,00
13	0,52	-1,19	0,00	0,27	1,50	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,00	-0,00	0,00
15	0,34	-1,46	-0,00	-0,22	-0,43	0,00	-0,00	6,22	0,00	0,00	-0,17	0,04	-0,00	-0,00
21	5,54	-1,84	1,57	-0,40	-0,46	0,01	0,94	-5,49	0,00	-0,00	-0,17	-0,03	-0,01	0,00
23	-0,21	-2,27	0,00	0,64	1,43	-0,00	-1,33	-0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,00	0,02	0,00
25	5,54	-1,84	-1,57	-0,40	-0,46	-0,01	0,94	5,49	0,00	0,00	-0,17	0,03	-0,01	-0,00

POUSSÉE DES TERRES

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-3,30	-4,31	1,78	-0,14	-0,63	0,09	0,84	-2,12	0,00	-0,00	-0,03	0,02	-0,00	0,01
3	-0,48	-4,04	0,00	0,17	-0,03	-0,00	0,60	-0,00	-0,00	-0,00	-0,03	-0,00	-0,01	0,00
5	-3,30	-4,31	-1,78	-0,14	-0,63	-0,09	0,84	2,12	0,00	0,00	-0,03	-0,02	-0,00	-0,01
11	-0,16	-4,24	0,00	-0,15	-0,61	-0,00	-0,00	-2,33	-0,00	-0,00	-0,03	0,02	-0,00	-0,00
13	-0,65	-4,54	0,00	0,00	-0,02	-0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,03	-0,00	-0,00	0,00
15	-0,16	-4,24	0,00	-0,15	-0,61	0,00	-0,00	2,33	0,00	0,00	-0,03	-0,02	-0,00	-0,00
21	-3,30	-4,31	-1,78	-0,14	-0,63	-0,09	-0,84	-2,12	-0,00	-0,00	-0,03	0,02	0,00	-0,01
23	-0,48	-4,04	0,00	0,17	-0,03	-0,00	-0,60	-0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,00	0,01	0,00
25	-3,30	-4,31	1,78	-0,14	-0,63	0,09	-0,84	2,12	-0,00	0,00	-0,03	-0,02	0,00	0,01

SURCHARGE SUPÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0,30	-0,33	-0,05	-0,04	-0,07	0,00	-0,06	-0,54	-0,00	-0,00	-0,01	-0,00	0,00	0,00
3	-0,04	-0,36	0,00	0,06	0,12	0,00	0,14	-0,00	-0,00	0,00	-0,01	-0,00	-0,00	0,00
5	0,30	-0,33	0,05	-0,04	-0,07	-0,00	-0,06	0,54	-0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,00
11	0,03	-0,31	-0,00	-0,02	-0,06	-0,00	-0,00	-0,61	-0,00	-0,00	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
13	0,02	-0,30	0,00	0,02	0,12	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,00	-0,00	0,00
15	0,03	-0,31	-0,00	-0,02	-0,06	0,00	-0,00	0,61	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,00	-0,00
21	0,30	-0,33	0,05	-0,04	-0,07	-0,00	0,06	-0,54	0,00	-0,00	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
23	-0,04	-0,36	0,00	0,06	0,12	-0,00	-0,14	-0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,00	0,00	0,00
25	0,30	-0,33	-0,05	-0,04	-0,07	0,00	0,06	0,54	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,00	0,00

CHARGE HYDRAULIQUE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0,69	1,26	-0,43	0,05	0,17	-0,02	-0,24	0,73	-0,00	0,00	-0,04	-0,00	-0,00	-0,00
3	0,13	1,14	-0,00	-0,07	-0,05	0,00	-0,19	0,00	0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
5	0,69	1,26	0,43	0,05	0,17	0,02	-0,24	-0,73	-0,00	-0,00	-0,04	0,00	-0,00	0,00
11	0,13	1,27	-0,00	0,04	0,16	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	-0,04	-0,00	0,00	0,00
13	0,24	1,34	-0,00	-0,01	-0,06	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
15	0,13	1,27	-0,00	0,04	0,16	-0,00	0,00	-0,81	-0,00	-0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
21	0,69	1,26	0,43	0,05	0,17	0,02	0,24	0,73	0,00	0,00	-0,04	-0,00	0,00	0,00
23	0,13	1,14	-0,00	-0,07	-0,05	0,00	0,19	0,00	-0,00	-0,00	-0,04	0,00	-0,00	0,00
25	0,69	1,26	-0,43	0,05	0,17	-0,02	0,24	-0,73	0,00	-0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,00

CHARGE EN BANDE 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-2,59	-5,46	1,65	-0,29	-1,31	0,04	0,84	-3,31	-0,01	-0,05	0,01	0,07	-0,00	0,02
3	-0,21	-1,71	0,79	0,08	-0,00	-0,34	0,27	-2,36	-0,00	-0,05	-0,02	0,03	-0,00	0,00
5	0,27	1,93	0,24	0,15	0,75	-0,06	-0,29	-1,36	0,01	-0,05	-0,03	0,06	0,00	0,01

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
11	0,12	-2,57	-1,24	-0,16	-0,73	0,00	-0,71	-1,77	-0,01	-0,02	0,01	0,06	-0,00	0,01
13	-0,14	-0,91	-0,61	0,02	0,09	0,00	0,05	-1,83	0,00	-0,02	-0,01	0,04	-0,00	0,00
15	-0,14	0,74	-0,79	0,07	0,41	-0,02	0,36	0,02	0,01	-0,02	-0,04	0,06	0,00	0,01
21	-0,37	-0,84	-0,69	-0,11	-0,36	-0,00	-0,37	-0,87	-0,01	0,00	0,01	0,05	-0,00	0,01
23	-0,04	-0,29	-0,15	0,08	0,16	0,08	-0,17	-0,57	0,00	0,00	-0,01	0,05	0,00	0,00
25	0,97	0,20	-0,82	0,02	0,21	-0,01	0,36	0,50	0,01	0,00	-0,04	0,06	0,00	0,01

CHARGE EN BANDE 2

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0,97	0,20	-0,82	0,02	0,21	-0,01	-0,36	-0,50	-0,01	-0,00	-0,04	-0,06	-0,00	0,01
3	-0,04	-0,29	-0,15	0,08	0,16	0,08	0,17	0,57	-0,00	-0,00	-0,01	-0,05	-0,00	0,00
5	-0,37	-0,84	-0,69	-0,11	-0,36	-0,00	0,37	0,87	0,01	-0,00	0,01	-0,05	0,00	0,01
11	-0,14	0,74	-0,79	0,07	0,41	-0,02	-0,36	-0,02	-0,01	0,02	-0,04	-0,06	-0,00	0,01
13	-0,14	-0,91	-0,61	0,02	0,09	0,00	-0,05	1,83	-0,00	0,02	-0,01	-0,04	0,00	0,00
15	0,12	-2,57	-1,24	-0,16	-0,73	0,00	0,71	1,77	0,01	0,02	0,01	-0,06	0,00	0,01
21	0,27	1,93	0,24	0,15	0,75	-0,06	0,29	1,36	-0,01	0,05	-0,03	-0,06	-0,00	0,01
23	-0,21	-1,71	0,79	0,08	-0,00	-0,34	-0,27	2,36	0,00	0,05	-0,02	-0,03	0,00	0,00
25	-2,59	-5,46	1,65	-0,29	-1,31	0,04	-0,84	3,31	0,01	0,05	0,01	-0,07	0,00	0,02

CONVOI 1 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	20,82	-0,86	-9,76	-0,62	0,94	0,10	-7,84	-12,18	-0,01	0,09	-0,52	-0,51	0,03	-0,01
3	-1,38	-14,43	-1,55	1,78	3,67	0,83	3,87	6,26	-0,00	0,09	-0,31	-0,34	-0,04	0,00
5	10,42	-16,68	3,12	-1,63	-4,17	0,01	-4,04	19,13	-0,01	0,09	-0,16	-0,36	0,03	-0,01
11	13,59	2,09	-0,00	-0,18	1,08	-0,00	-0,00	-15,12	-0,00	0,09	-0,53	-0,53	-0,00	-0,00
13	14,29	-3,42	0,00	0,68	4,14	-0,00	0,00	9,04	-0,00	0,09	-0,31	-0,33	-0,00	0,00
15	12,25	-12,39	-0,00	-1,12	-3,70	0,00	-0,00	19,59	0,00	0,09	-0,17	-0,34	-0,00	-0,00
21	20,82	-0,86	9,76	-0,62	0,94	-0,10	7,84	-12,18	0,01	0,09	-0,52	-0,51	-0,03	0,01
23	-1,38	-14,43	1,55	1,78	3,67	-0,83	-3,87	6,26	0,00	0,09	-0,31	-0,34	0,04	0,00
25	10,42	-16,68	-3,12	-1,63	-4,17	-0,01	4,04	19,13	0,01	0,09	-0,16	-0,36	-0,03	0,01

CONVOI 1 POSITION 2

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	3,65	-17,53	-0,08	-1,47	-4,51	-0,04	-1,51	-16,07	-0,00	-0,11	0,01	0,59	0,02	0,01
3	-1,24	-12,43	1,65	1,43	2,82	-1,00	3,18	-7,99	-0,00	-0,11	-0,25	0,53	-0,03	0,00
5	18,51	1,40	8,91	-0,35	1,61	-0,15	-7,23	9,43	-0,00	-0,11	-0,56	0,70	0,02	0,01
11	7,24	-14,09	-0,00	-1,07	-4,03	-0,00	-0,00	-15,61	-0,00	-0,11	-0,00	0,59	-0,00	-0,00
13	11,24	-4,33	0,00	0,51	3,17	0,00	0,00	-11,62	-0,00	-0,11	-0,25	0,52	-0,00	0,00
15	13,30	3,13	-0,00	-0,04	1,56	0,00	-0,00	12,84	0,00	-0,11	-0,56	0,72	-0,00	-0,00
21	3,65	-17,53	0,08	-1,47	-4,51	0,04	1,51	-16,07	0,00	-0,11	0,01	0,59	-0,02	-0,01

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
23	-1,24	-12,43	-1,65	1,43	2,82	1,00	-3,18	-7,99	0,00	-0,11	-0,25	0,53	0,03	0,00
25	18,51	1,40	-8,91	-0,35	1,61	0,15	7,23	9,43	0,00	-0,11	-0,56	0,70	-0,02	-0,01

7,- COMBINAISONS

HYPOTHÈSES

1 - Poids propre
2 - Poussée des terres
3 - Surcharge supérieure
4 - Charge hydraulique
5 - Charge en bande 1
6 - Charge en bande 2
7 - Convoi 1 position 1
8 - Convoi 1 position 2

COMBINAISONS POUR LES ÉTATS LIMITES ULTIMES

Combinaison	Hypothèses							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,00	1,00						
2	1,35	1,00						
3	1,00	1,35						
4	1,35	1,35						
5	1,00	1,00			1,60	1,60		
6	1,35	1,00			1,60	1,60		
7	1,00	1,35			1,60	1,60		
8	1,35	1,35			1,60	1,60		
9	1,00	1,00					1,60	
10	1,35	1,00					1,60	
11	1,00	1,35					1,60	
12	1,35	1,35					1,60	
13	1,00	1,00			1,60	1,60	1,60	
14	1,35	1,00			1,60	1,60	1,60	
15	1,00	1,35			1,60	1,60	1,60	
16	1,35	1,35			1,60	1,60	1,60	
17	1,00	1,00						1,60
18	1,35	1,00						1,60
19	1,00	1,35						1,60
20	1,35	1,35						1,60
21	1,00	1,00			1,60	1,60		1,60
22	1,35	1,00			1,60	1,60		1,60
23	1,00	1,35			1,60	1,60		1,60

Combinaison	Hypothèses							
	1	2	3	4	5	6	7	8
24	1,35	1,35			1,60	1,60		1,60
25	1,00	1,00	1,60					
26	1,35	1,00	1,60					
27	1,00	1,35	1,60					
28	1,35	1,35	1,60					
29	1,00	1,00	1,60				1,60	
30	1,35	1,00	1,60				1,60	
31	1,00	1,35	1,60				1,60	
32	1,35	1,35	1,60				1,60	
33	1,00	1,00	1,60					1,60
34	1,35	1,00	1,60					1,60
35	1,00	1,35	1,60					1,60
36	1,35	1,35	1,60					1,60
37	1,00	1,00		1,60				
38	1,35	1,00		1,60				
39	1,00	1,35		1,60				
40	1,35	1,35		1,60				
41	1,00	1,00		1,60	1,60	1,60		
42	1,35	1,00		1,60	1,60	1,60		
43	1,00	1,35		1,60	1,60	1,60		
44	1,35	1,35		1,60	1,60	1,60		
45	1,00	1,00		1,60			1,60	
46	1,35	1,00		1,60			1,60	
47	1,00	1,35		1,60			1,60	
48	1,35	1,35		1,60			1,60	
49	1,00	1,00		1,60	1,60	1,60	1,60	
50	1,35	1,00		1,60	1,60	1,60	1,60	
51	1,00	1,35		1,60	1,60	1,60	1,60	
52	1,35	1,35		1,60	1,60	1,60	1,60	
53	1,00	1,00		1,60				1,60
54	1,35	1,00		1,60				1,60
		1,35		55	1,00			1,60
56	1,35	1,35		1,60				1,60
57	1,00	1,00		1,60	1,60	1,60		1,60
58	1,35	1,00		1,60	1,60	1,60		1,60
59	1,00	1,35		1,60	1,60	1,60		1,60
60	1,35	1,35		1,60	1,60	1,60		1,60
61	1,00	1,00	1,60	1,60				

Combinaison	Hypothèses							
	1	2	3	4	5	6	7	8
62	1,35	1,00	1,60	1,60				
63	1,00	1,35	1,60	1,60				
64	1,35	1,35	1,60	1,60				
65	1,00	1,00	1,60	1,60			1,60	
66	1,35	1,00	1,60	1,60			1,60	
67	1,00	1,35	1,60	1,60			1,60	
68	1,35	1,35	1,60	1,60			1,60	
69	1,00	1,00	1,60	1,60				1,60
70	1,35	1,00	1,60	1,60				1,60
71	1,00	1,35	1,60	1,60				1,60
72	1,35	1,35	1,60	1,60				1,60

COMBINAISONS POUR LES ÉTATS LIMITES DE SERVICE

Combinaison	Hypothèses							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,00	1,00						
2	1,00	1,00			1,20	1,20		
3	1,00	1,00					1,20	
4	1,00	1,00			1,20	1,20	1,20	
5	1,00	1,00						1,20
6	1,00	1,00			1,20	1,20		1,20
7	1,00	1,00	1,20					
8	1,00	1,00	1,20				1,20	
9	1,00	1,00	1,20					1,20
10	1,00	1,00		1,20				
11	1,00	1,00		1,20	1,20	1,20		
12	1,00	1,00		1,20			1,20	
13	1,00	1,00		1,20	1,20	1,20	1,20	
14	1,00	1,00		1,20				1,20
15	1,00	1,00		1,20	1,20	1,20		1,20
16	1,00	1,00	1,20	1,20				
17	1,00	1,00	1,20	1,20			1,20	
18	1,00	1,00	1,20	1,20				1,20

8.- DESCRIPTION DE L'ARMATURE

MODULE

Panneau	Position	Direction	Armature de base
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=35cm

Panneau	Position	Direction	Armature de base
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA10e=20, crosse=35cm

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
Tablier:		
- Armature (Longitudinal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Transversal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.99 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1038	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 4028	Vérifiée
- Transversal:	Calculé: 1007	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 22	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Calculé: 35 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 28 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 14 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 35 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Radier:		
- Armature (Longitudinal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Transversal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.96 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 992	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 1039	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Transversal:	Calculé: 4158	Vérifiée
- Élançement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 30	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Calculé: 35 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 28 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 14 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 35 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 4 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Piédroit gauche:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.08 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 940	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 3683	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 920	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 31	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 23 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 28 cm Calculé: 28 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 14 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 35 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 35 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 21 cm	
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 4 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Piédroit droit:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.08 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 898	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 3675	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Horizontal:	Calculé: 918	Vérifiée
- Élançement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 31	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 23 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 28 cm Calculé: 28 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 14 cm Calculé: 28 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 35 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 35 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 21 cm	
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 4 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Terrain:		
- Soulèvement:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Contrainte admissible:	Maximum: 150 kN/m ² Calculé: 86.5716 kN/m ²	Vérifiée
Quelques conditions ont été vérifiées		

10-QUANTITATIF

Référence: Module		Fe E400	Total
Nom de l'armature		HA10	
Armature tablier - Intérieur - Transversal	Longueur (m)	20x1,88	37,60
	Poids (kg)	20x1,16	23,18
Armature tablier - Extérieur - Transversal	Longueur (m)	20x1,88	37,60
	Poids (kg)	20x1,16	23,18
Armature tablier - Intérieur - Longitudinal	Longueur (m)	5x4,62	23,10
	Poids (kg)	5x2,85	14,24
Armature tablier - Extérieur - Longitudinal	Longueur (m)	6x4,62	27,72
	Poids (kg)	6x2,85	17,09
Armature radier - Extérieur - Transversal	Longueur (m)	20x1,88	37,60
	Poids (kg)	20x1,16	23,18
Armature radier - Intérieur - Transversal	Longueur (m)	20x1,88	37,60
	Poids (kg)	20x1,16	23,18
Armature radier - Extérieur - Longitudinal	Longueur (m)	5x4,62	23,10
	Poids (kg)	5x2,85	14,24
Armature radier - Intérieur - Longitudinal	Longueur (m)	6x4,62	27,72
	Poids (kg)	6x2,85	17,09
Armature piédroit gauche - Extérieur - Horizontal	Longueur (m)	6x4,62	27,72
	Poids (kg)	6x2,85	17,09

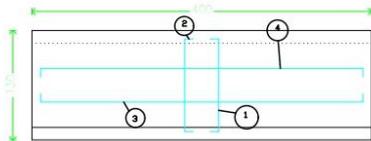
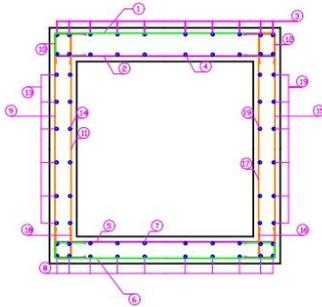
Référence: Module		Fe E400	Total
Nom de l'armature		HA10	
Armature piédroit gauche - Intérieur - Horizontal	Longueur (m)	5x4,62	23,10
	Poids (kg)	5x2,85	14,24
Armature piédroit droit - Extérieur - Horizontal	Longueur (m)	6x4,62	27,72
	Poids (kg)	6x2,85	17,09
Armature piédroit droit - Intérieur - Horizontal	Longueur (m)	5x4,62	23,10
	Poids (kg)	5x2,85	14,24
Armature piédroit gauche - Extérieur - Vertical	Longueur (m)	20x1,5	30,00
	Poids (kg)	0 20x0,9 2	18,50
Armature piédroit gauche - Extérieur - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	20x0,5 7	11,40 7,03
	Poids (kg)	20x0,3 5	
Armature piédroit gauche - Intérieur - Vertical	Longueur (m)	20x1,5 0	30,00 18,50
	Poids (kg)	20x0,9 2	
Armature piédroit gauche - Intérieur - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	20x0,6 4	12,80 7,89
	Poids (kg)	20x0,3 9	
Armature piédroit droit - Extérieur - Vertical	Longueur (m)	20x1,5 0	30,00 18,50
	Poids (kg)	20x0,9 2	
Armature piédroit droit - Extérieur - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	20x0,5 7	11,40 7,03
	Poids (kg)	20x0,3 5	
Armature piédroit droit - Intérieur - Vertical	Longueur (m)	20x1,5 0	30,00 18,50
	Poids (kg)	20x0,9 2	
Armature piédroit droit - Intérieur - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	20x0,5 7	11,40 7,03
	Poids (kg)	20x0,3 5	
Total	Longueur (m)	520,68 321,02	321,0
	Poids (kg)		2

Référence: Module		Fe E400	Total
Nom de l'armature		HA10	
Total avec pertes (10,00%)	Longueur (m)	572,75	353,12
	Poids (kg)	353,12	

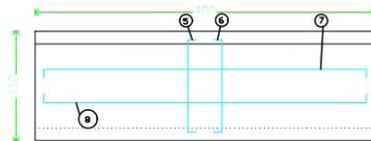
Résumé des quantitatifs (pertes d'acier incluses)

Élément	Fe E400 (kg) Béton (m³)	
	HA10	B25
Référence: Module	353,12	3,02
Total	353,12	3,02

FERRAILLAGE DU DALOT



Module Tablier



Module Radier

Module										
POSITION	d, mm	NBRE. PIÈCES	LONGUEUR m	FAÇONNAGE L=cm	LONGUEUR TOTAL m	POIDS kg/m	POIDS kgf			
1	10	20	1,88	10-25 11R 25	37,60	0,62	23,18			
2	10	20	1,88	25-35 11R 25	37,60	0,62	23,18			
3	10	5	4,62	6-27 392 27	23,10	0,62	14,24			
4	10	6	4,62	6-26 392 26	27,72	0,62	17,09			
5	10	20	1,88	5-30 11R 30	37,60	0,62	23,18			
6	10	20	1,88	25-35 11R 35	37,60	0,62	23,18			
7	10	5	4,62	5-32 392 32	23,10	0,62	14,24			
8	10	6	4,62	4-31 392 31	27,72	0,62	17,09			
9	10	20	1,50	25-35 115	29,90	0,62	18,43			
10	10	20	0,57	25-35 29	11,40	0,62	7,03			
11	10	20	1,50	5-30 115	29,90	0,62	18,43			
12	10	20	0,64	25-35 35	12,80	0,62	7,89			
13	10	6	4,62	4-31 392 31	27,72	0,62	17,09			
14	10	5	4,62	5-32 392 32	23,10	0,62	14,24			
15	10	20	1,50	25-35 115	29,90	0,62	18,43			
16	10	20	0,57	25-35 29	11,40	0,62	7,03			
17	10	20	1,50	5-30 115	29,90	0,62	18,43			
18	10	20	0,57	25-35 29	11,40	0,62	7,03			
19	10	6	4,62	4-31 392 31	27,72	0,62	17,09			
20	10	5	4,62	5-32 392 32	23,10	0,62	14,24			
					HA 10	520,28	0,62	320,74		
Fe E400						Poids total		320,74		
						Poids total avec chutes (10,00%)		352,81		

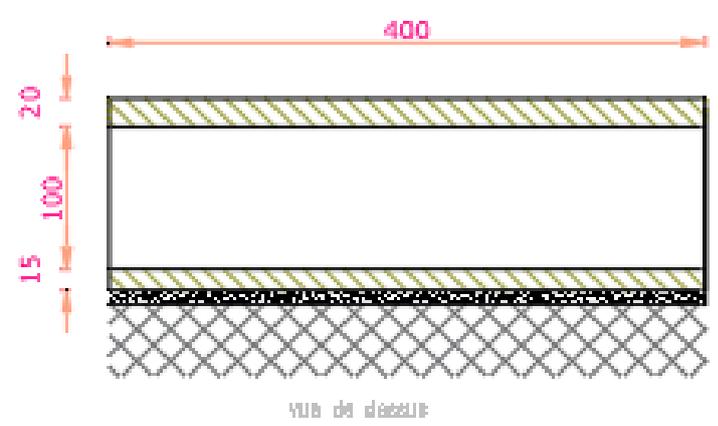
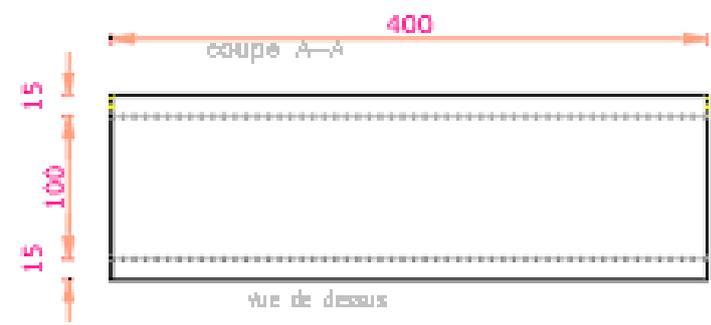
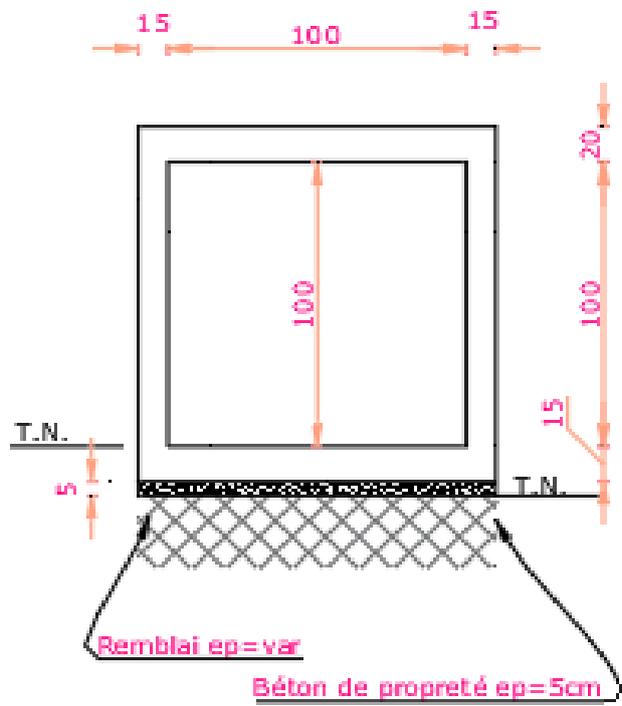
PLAN DE FERRAILLAGE DALOT

MODIFICATIONS	Dates

ES	APS	APD	DCE	PEO
Echelle: 1/100				
Numéro Projet :				
Date :				



MAITRE DE STAGE : GARBA HAMA
 ENCADRANT 2iE : Mme MARIE THERESE MARAME GOMIS
 ETUDIANTE : Omela KUATE POLA



Annexe 6 : Devis estimatif



Désignation	unité	quantité	prix unitaire	montant
I-INSTALLATION	ff	1	100000000	100000000
Sous total I				100000000
II--AMENAGEMENT ET REPLI	ff	1	30000000	30000000
Sous total II				30000000
III-TERRASSEMENTS				
Dépose des pavés	ff	1	5000000	5000000
Décapage ancien accotement (65cm)	m3	2275	3000	6825000
Couche de forme ancien accotement (20cm)	m3	700	7000	4900000
Décapage des zones dégradées (65cm)	m3	1480	3000	4440000
Couche de forme des zones dégradées (20cm)	m3	455	7000	3185000
Sous total III				24350000
IV-CHAUSSEE				
Tout venant pour TPC	m2	532	5000	24500000
Couche de base en Grave latéritique naturel	m3	1680	35000	58800000
Couche de fondation grave latéritique améliorée au ciment	m3	1680	60000	100800000
Sous total IV				238450000
V-REVETEMENT				
Bordure arasée	ml	1400	20000	28000000
Imprégnation	m2	9520	1500	14280000
Béton	m2	9520	2000	19040000
Revêtements en BB (5cm)	m3	420	200000	84000000
Sous total V				106120000
VI-REVETEMENT				
Curage y compris la dépose des dalettes	ml	1000	5000	5000000
Démolition caniveau et dalot en toute section	ml	1350	20000	27000000
Construction des caniveaux				
80x80	ml	1535	85000	130475000
100x100	ml	100	130000	13000000
150x100	ml	80	250000	20000000
Dalette				
80x80	ml	1535	30000	46050000
100x100	ml	100	45000	4500000
150x100	ml	80	65000	5200000
Dalot				
100x100	ml	353	200000	70600000
Sous total VI				290225000

VII- AMENAGEMENT PARKING				
Dépôt kiosque et dédommagement	ff	1	10000000	10000000
Nivellement+ apport partiel de la latérite et dépôt des pavés existants	m2	7700	10000	77000000
Pose des pavés de 11 cm y compris du sable	m2	7700	30000	231000000
Bordure T2	ml	1400	30000	42000000
Plantation des arbres	u	14	30000	420000
Sous total VII				360420000
VIII-ELECTRICITE				
Déplacement support feu tricolores	u	8	750000	6000000
Candélabre simple crose (sans lampes) avec déplacement câble	u	28	1000000	28000000
Sous total VIII				34000000
IX- SIGNALISATION ROUTIERE				
Panneau de type A	u	4	130000	520000
Panneau de type AB	u	20	130000	2600000
Panneau de type B	u	5	130000	650000
Panneau de type D et E	u	5	143300	716500
Sous total IX				4486500
X-AMENAGEMENT LE LONG DE L'ASSAINISSEMENT COLLECTIF (500 ML)				
Fouille	m3	3000	3000	9000000
remblai hydraulique	m3	2500	7000	17500000
Géotextile	m2	1500	6000	9000000
Sol ciment (40 cm)	m3	400	45000	18000000
Rehaussement regard	u	9	200000	1800000
Sous total X				55300000
TOTAL				1091994000
TVA (18%)				196558920
TOTAL TTC				1288552920
IMPREVU (5%)				64427646
TOTAL GENERAL				1552980566

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
100	INSTALLATION DE CHANTIER ET REPLI DU MATERIEL				
101	Installation générale du chantier	ff	1	10000000	10000000
102	Repli du matériel et remise en état du site	ff	1	7000000	7000000
103	Déplacement et / ou réservation des réseaux électricité et eau	ff	1	pm	
103a	Eau(ONEA)	ff	1	pm	
103b	Electricité(SONABEL)	ff	1	pm	
103c	Téléphone (MOOV, ORANGE, TELECEL ET ANPTIC)	ff	1	pm	
104	Frais d'études LNBTP	ff	1	10000000	10000000
	Sous total 100				27000000
200	TERRASSEMENTS GENERAUX				
201	Nettoyage de l'emprise de tous les éléments entravant la mise en œuvre des travaux et évacuation à la décharge publique	m2	1	200000	200000
202	Démolition des guides roues dégradés et évacuation à la décharge publique	ff	1	150000	150000
203	Décapage du BB et évacuation à la décharge publique	m2	5972,07	150000	895810500
204	Déblai	m3	522,4	3500	1828400
205	Remblai provenant de l'emprunt	m3	606,4	2000	1212800
206	Mise en forme et compactage de la plateforme	m2	5972,07	500	2986035
	Sous total 200				902187735
300	CHAUSSEE, ACCOTEMENT, TROTTOIR ET REVETEMENT				
301	Couche de base	m2	985,4	40000	39416000
302	Fourniture et mise en œuvre de la couche d'imprégnation (cut-back0/1)	m2	8658,97	2000	17317940
303	Fourniture et mise en œuvre de la couche d'accrochage	m2	8658,97	1500	12988455
304	Fourniture et mise en œuvre du béton bitumineux	m2	420	2000	512800
305	Revêtement en béton armé dosé à 400kg/m3	m3	32	200000	6400000
306	Fourniture, transport et pose de bordures hautes de type T2+CS2	ml	610	25000	15250000
	sous total 300				91885195

400	ASSAINISSEMENT-DRAINAGE				
	Construction du caniveau 80*80	ml	1535	30000	46050000
	dalot 80*80	ml	195	200000	39000000
	Béton armé pour dalette dosé à 350kg/m3	m3			85050000
	Sous total 400				
500	SIGNALISATION ET SECURITE				
501	Bande de peinture blanche discontinue d'axe de module T1	ml	225	1500	337500
502	Bande de peinture blanche discontinue de rives de module T2	ml	1290	2500	3225000
503	Panneau de type A, D et E	ml	16	100000	1600000
504	Fourniture et pose des panneaux de type AB	u	20	130000	2600000
505	Fourniture et pose des panneaux de ralentisseurs de vitesse en béton bitumineux de type dos d'âne de type C2A	u	4	150000	600000
506	Fourniture et pose des panneaux ralentisseurs de vitesse de type dos d'âne avancé de type A2b+panneau de limitation de vitesse à 60km/h de type B14	u	4	185000	740000
	Sous total 500				9102500
	TOTAL				1115225430
	TVA (18%)				200740577
	TOTAL TTC				1315966007
	IMPREVU(5%)				65798300,4
	TOTAL GENERAL				1381764308