Étude d'avant-projet détaillé des travaux de réhabilitation de la route nationale 1 : tronçon reliant Niamey-Tillaberi (NIGER) sur un linéaire d'environ 15 kilomètres.

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

SPECIALITE : Génie Civil-Bâtiments et Travaux Publics

Présenté et soutenu publiquement le 15/07/2026

OUMAROU ABDOU Yacine (20210504)

Directeur de mémoire : Monsieur MADOUGOU Issa, Enseignant au Département Sciences Technique de l'Ingénieur, Institut 2iE, issa.madoudou@2ie-edu.org

Maitre de stage : Monsieur KARIMOU BONDABOU Abdoul Salam Ingénieur GERMS-consulting, Bondabou@germs-consulting.com

Structure d'accueil : GERMS-consulting, **12838-Niamey/NIGER** www.germsconsulting.com

Jury d'évaluation du mémoire

Président : Dr. Mamadou DIOP

Membres et correcteurs : M. Sidiki KABRE

M. Daroche G. NGOUDIMAMBA SAH

Promotion 2025-2026

Dédicace

À mes précieux parents, je consacre ce travail en signe de remerciement pour tout ce que vous avez accompli pour moi. Pour votre affection sans limites, votre appui inébranlable et vos sacrifices constants. Vous avez été mon pilier de force, de motivation et de ténacité tout au long de mon parcours.

Remerciement

- Je tiens à exprimer ma gratitude envers les enseignants, les administrateurs et tout le personnel de l'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), qui œuvrent considérablement pour nous offrir une formation appropriée dans notre quête d'atteindre nos objectifs professionnels ;

- Je tiens à remercier l'enseignant Monsieur Issa MADOUGOU, mon directeur de mémoire, pour sa présence, ses conseils, et pour toute l'attention qu'il a portée à mon travail ;

- Ingénieur KARIMOU BONDABOU Abdoul Salam, pour ses directives, recommandations et pour m'avoir attribué ce passionnant sujet de stage. Tu as constamment du temps pour te pencher sur mon travail et j'en suis reconnaissant ;

- Ingénieur GARBA HAKIMI Ismaël pour ses orientations et ses conseils. Un modèle à suivre pour moi ;

- Nous tenons à remercier l'équipe de GERMS-Consulting pour leur hospitalité au sein du bureau ;

- Pour finir, je souhaite exprimer ma gratitude envers mes frères et sœurs pour leur soutien moral et leurs encouragements. Un grand merci également à tous mes camarades pour leur générosité et leur solidarité.

Résumé

Ce projet s'inscrit dans les initiatives du Niger visant à moderniser les infrastructures routières et à améliorer la mobilité urbaine face à l'urbanisation croissante, en portant sur l'étude d'avant-projet détaillé de la réhabilitation de la Route Nationale n°1 (RN1) sur le tronçon Niamey–Tillabéri, long d'environ 15 km, avec pour objectif principal de proposer une solution durable et efficace pour cet axe stratégique tout en tenant compte des aspects environnementaux, sociaux et sécuritaires ; la méthodologie adoptée a combiné le diagnostic de la chaussée par la méthode VIZIR, les investigations géotechniques, l'analyse du trafic, la conception géométrique, les études hydrologiques et hydrauliques, ainsi que l'évaluation environnementale et sociale, permettant le dimensionnement de la chaussée selon les recommandations du CEBTP et la conception de la route à l'aide du logiciel Covadis ; l'étude a mis en évidence un indice de qualité Q3 pour un trafic T3, justifiant un renforcement général de la chaussée dont la structure retenue comprend 5 cm de béton bitumineux, 20 cm de sol-ciment en couche de base, 20 cm de grave latéritique naturelle en fondation et le recyclage de la chaussée existante en couche de forme, avec trois profils en travers définis (2×3 voies du PK 0+000 au PK 4+100, 2×2 voies du PK 4+100 au PK 10+500 et 2×1 voie du PK 10+500 au PK 15+500) ; pour l'assainissement, quatre dalots ont été retenus (trois de section 2×3×3 m et un de 3×3×3 m) ainsi que des caniveaux de 50×50 cm, la signalisation prévoyant des marquages au sol, des panneaux réglementaires, des ralentisseurs et un éclairage public solaire composé de candélabres de 10 m espacés de 30 m ; enfin, l'étude environnementale a identifié les principaux impacts du projet et proposé des mesures d'atténuation adaptées, le coût global des travaux étant estimé à 19 114 723 084 FCFA.

Mots clés :

1- Assainissement ;

2- Infrastructure ;

3-Rehabilitation ;

4- Renforcement ;

5-Voirie urbaine.

Abstract

This project is part of Niger's initiatives aimed at modernizing road infrastructure and improving urban mobility in the face of growing urbanization, focusing on the detailed preliminary design study for the rehabilitation of National Road No. 1 (RN1) along the Niamey–Tillabéri section, approximately 15 km long, with the main objective of proposing a sustainable and effective solution for this strategic corridor while taking into account environmental, social, and safety considerations; the methodology adopted combined pavement diagnosis using the VIZIR method, geotechnical investigations, traffic analysis, geometric design, hydrological and hydraulic studies, as well as environmental and social assessment, enabling the pavement to be sized according to CEBTP recommendations and the road to be designed using Covadis software; the study revealed a quality index of Q3 for T3 traffic, justifying a general strengthening of the pavement, whose selected structure comprises 5 cm of bituminous concrete, 20 cm of soil-cement as base course, 20 cm of natural lateritic gravel as sub-base, and the recycling of the existing pavement as capping layer, with three cross-sections defined (2×3 lanes from PK 0+000 to PK 4+100, 2×2 lanes from PK 4+100 to PK 10+500, and 2×1 lane from PK 10+500 to PK 15+500); for drainage, four box culverts were selected (three with a 2×3×3 m section and one with a 3×3×3 m section) along with 50×50 cm gutters, while the signage plan includes road markings, regulatory signs, speed bumps, and solar public lighting made up of 10 m lampposts spaced 30 m apart; finally, the environmental study identified the project's main impacts and proposed appropriate mitigation measures, with the overall cost of the works estimated at 19,114,723,084 FCFA.

Key words :

1- Sanitation ;

2- Infrastructure ;

3-Rehabilitation ;

4- Reinforcement ;

5- Urban roads.

Liste de sigles et abréviations

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

ARP : Aménagement des Routes Principales ;

BA : Béton Armé ;

BAEL : Béton Armé aux États Limites ;

BB : Béton Bitumineux ;

BCEOM : Bureau d'Études pour les Équipements d'Outre-Mer ;

BV : Bassin Versant ;

CBR : Californian Bearing Ratio ;

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

CEREMA : Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement ;

DQE : Devis Quantitatif et Estimatif ;

ELS : Etats Limites de Service ;

ELU : Etats Limites Ultime ;

FCFA : Franc des Colonies Française d'Afrique ;

GLN : Graveleux Latéritique Naturel ;

HA : Haute Adhérence ;

HT : Hors taxe ;

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ;

LNBTP : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics ;

OH : Ouvrage Hydraulique ;

OPM : Optimum Proctor Modifié ;

ORSTOM : Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer ;

PK : Point kilométrique ;

PL : Poids Lourds ;

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

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel ;

TN : Terrain Naturel ;

TTC : Toute Taxe Comprise ;

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée ;

GERMS : Groupe d'étude et de réalisation multiservice ;

KM : Kilomètre ;

UEMOA : Union Économique Monétaires Ouest Africaine.

Dédicace i
Remerciement ii
Résumé iii
Abstract iv
Liste de sigles et abréviations v
Liste des tableaux viii
Liste des figures ix
Introduction 1
CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET 3
I. Présentation de la structure d'accueil 3
II. Principaux domaines d'intervention 3
III. Moyens humains, matériels et logistique 3
IV. Organigramme de GERMS CONSULTING 4
V. Contexte et justification du projet 4
VI. Localisation de la zone du projet 6
VII. Relief et sol 6
➢ Localisation et tracé 6
I. Climat et végétation 8
CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE DE LA CONCEPTION 9
I. Méthodologie du diagnostic, géotechnique et du dimensionnement de la chaussée 9
1. Le Diagnostic de l'État de la Route 9
2. L'Étude Géotechnique 9
3. Le Dimensionnement de la Chaussée 10
II. Méthodologie de la conception géométrique 10
III. Méthodologie de l'étude hydrologique et hydraulique 10
IV. Méthodologie de la signalisation routière 11
V. Méthodologie de la notice d'impact environnementale et social 11
VI. Méthodologie du dévis quantitatif et estimatif 11
CHAPITRE 3 : ÉTUDE TECHNIQUE 12
1.1 Diagnostic de la chaussée existante 12
1. Caractéristiques de la Chaussée (Profil en travers) 12
2. Étude géotechnique 15
3. Étude du trafic 16
4. Indice de qualité Qi de la chaussée existante 19
II. Dimensionnement de la chaussée 22

1.1 Solution de renforcement et d'entretien 22
1.1 Vérification du dimensionnement avec Alize LCPC 23
2. Conception géométrique de la route 26
III. Étude hydrologique 28
1. Caractéristiques des bassins versants 29
2. Evaluation des débits des bassins versants 31
IV. Étude hydraulique 35
1. Les critères et hypothèses de calcul pour les dalots 36
2. Dimensionnement des ouvrages longitudinaux 37
V. Dimensionnement structural des dalots et caniveaux 39
1. Dimensionnement structural des dalots 40
2. Dimensionnement structural du caniveau 44
VI. Signalisation, sécurité routière et Synthèse de l'étude d'impact environnemental et social. 45
1. Signalisation et sécurité routière 45
1.1 Signalisation temporaire 45
1.2 Signalisation horizontale 45
1.3 Signalisation horizontale 45
1.4 Signalisation verticale 46
2. Sécurité routière 46
3. Notice d'impact environnemental et social 47
VII. Devis estimatif et quantitatif 50
Conclusion 51
Bibliographie 53

Liste des tableaux

Tableau 1 : récapitulatif des ouvrages hydrauliques existants 14
Tableau 2 : Résultats de comptage de trafics (TMJ par poste, par sens de circulation et par catégorie de véhicules 18
Tableau 3 : Classe du trafic selon le CEBTP 19
Tableau 4 : Corrélation entre le niveau de dégradation et le niveau de déflexion ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 5 : Détermination de l'indice de qualité ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 6 : Solution Proposée 21
Tableau 7 : Matériaux de renforcement selon le trafic 22
Tableau 8 : Dimensionnement du renforcement de la chaussée pour un trafic T3 23
Tableau 9 : Normes techniques d'aménagement 27
Tableau 10 : Caractéristiques des bassins versants 31
Tableau 11 : Coefficient de ruissellement 32
Tableau 12 : Méthode rationnelle 32
Tableau 13 : Caractéristiques pluviométriques 33
Tableau 14 : Classe d'infiltrabilité 34
Tableau 15 : Méthode ORSTOM 35
Tableau 16 : Sections hydrauliques des dalots 37
Tableau 17 : Détermination des débits pour les caniveaux 38
Tableau 18 : section hydraulique 38
Tableau 19 : Récapitulatif du ferraillage dalot 2x3x3 41
Tableau 20 : Récapitulatif du ferraillage dalot 3x3x3 41
Tableau 21 : Récapitulatif du ferraillage pour le caniveau 44
Tableau 22 : récapitulatif du coût du projet 50

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de GERMS-Consulting 4
Figure 2 : Plan de situation du tronçon de la route nationale 1-ouest Niamey-Tillabri 5
Figure 3 : Carte pédologique de reconnaissance de la zone de projet 7
Figure 4 : Le pont de 30 m 15
Figure 5 : Matérialisation du tronçon 29
Figure 6 : Relief et courbes de niveaux 30
Figure 7:Lignes d'écoulements et bassins 30
Figure 8 : Organigramme pour le prédimensionnement des dalots 36
Figure 9 : Plan de ferraillage du dalot 2x3x3 42
Figure 10 : Plan de ferraillage du dalot 3x3x3 43
Figure 11 : Plan de ferraillage du caniveau 44

Introduction

Le développement économique et social d'un pays repose en grande partie sur la qualité de ses infrastructures de transport, en particulier le réseau routier. Au Niger, pays enclavé dont la capitale Niamey se situe à plus de mille kilomètres du port maritime le plus proche, la route constitue le principal moyen de transport des personnes et des marchandises. En effet, la grande majorité des échanges internes et externes du pays s'effectue par voie routière, ce qui confère au réseau routier un rôle stratégique dans l'intégration économique, l'aménagement du territoire et l'amélioration des conditions de vie des populations.

Cependant, une grande partie des infrastructures routières du Niger est confrontée à un processus de dégradation progressive dû à l'âge des chaussées, à l'intensification du trafic, ainsi qu'aux conditions climatiques parfois sévères. Ces facteurs contribuent à la détérioration des routes, affectant ainsi la sécurité des usagers, la fluidité du trafic et augmentant les coûts d'exploitation des véhicules.

Dans cette optique, le Gouvernement du Niger, à travers le Ministère de l'Équipement, a entrepris plusieurs initiatives visant à améliorer et à préserver le réseau routier national. Parmi ces initiatives figure le projet de réhabilitation de la route reliant Niamey à Tillabéri, un axe stratégique de la Route Nationale n°1 (RN1-Ouest). Ce tronçon, long d'environ 105 km, relie la capitale du pays au chef-lieu de la région de Tillabéri et constitue un corridor essentiel pour les échanges économiques, la desserte des zones de production agricole et la mobilité des populations.

Face aux dégradations observées sur la route Niamey–Tillabéri et aux contraintes liées au trafic, aux conditions climatiques et aux caractéristiques du sol, comment l'étude technique détaillée peut-elle permettre de définir des solutions de réhabilitation efficaces, durables et économiquement viables, assurant à la fois la pérennité de l'infrastructure et l'amélioration des conditions de circulation ?

Notre projet porte sur l'étude technique de la section urbaine RN1-W (Niamey-Tillaberi), du PK 0+000 (rond point nigelec) au PK 15+500 (Bangoula), sur un linéaire de 15,5 Km. L'objectif principal est d'améliorer l'infrastructure routière de la section Niamey-Tillaberi.

Pour se faire, cette étude se divise en plusieurs objectifs spécifiques à savoir :

- Établir le diagnostic de l'état de la chaussée existante ;

- Établir la conception géométrique des aménagements ;
- Faire une étude de l'assainissement et dimensionnent éventuellement les ouvrages préconisés ;
- Faire une étude de signalisation et de l'éclairage public ;
- Élaborer la notice d'impact environnementale et social du projet ;
- Estimer le coût du projet.

Ce présent document s'articule sur 3 grands chapitres :

- Le premier chapitre traite d'une présentation générale de la structure d'accueil et du projet ;
- Le deuxième chapitre porte sur la présentation de l'ensemble des matériels utilisés et les différentes méthodologies d'études appliquées à l'étude du trafic, hydrologique, hydraulique, de la conception et le dimensionnement de la route et des ouvrages hydrauliques, la signalisation et l'éclairage public, la notice d'impact environnementale et sociale du projet et enfin l'analyse financière ;
- Le troisième chapitre expose l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude.

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

I. Présentation de la structure d'accueil

Le groupe d'Études et de Réalisation Multi-Services GERMS-consulting, fondé en mai 2001, est un bureau d'ingénieurs conseil et architectes nigériens spécialisés dans les études techniques, le suivi et le contrôle des travaux en hydraulique et en génie civil. Il dispose d'un réseau d'experts qualifiés et entretient des partenariats solides avec des institutions de recherche et des cabinets d'études au Niger et à l'international. GERMS-consulting répond aux besoins des entreprises, organisme publics et privés, ainsi que des projets de développement.

II. Principaux domaines d'intervention

GERMS consulting est accrédité par les principaux bailleurs de fonds internationaux, tels que la banque mondiale, la BAD, la BID, la BADEA et la BOAD, spécialisés dans le financement de projets de développement. Le cabinet accumulé une vaste expérience dans divers secteurs :

- Routes et autoroutes ;
- Bâtiments ;
- Voiries et réseaux divers ;
- Barrages ;
- Aménagements hydroagricoles ;
- Aéroports ;
- Hydraulique urbaine ;
- Ouvrages d'arts et étude de transports ;
- Environnements ;
- Études économiques et générales.

III. Moyens humains, matériels et logistique

Le groupe d'étude GERMS-consulting dispose de 150 employés, dont 40 ingénieurs expérimentés. Pour maintenir un haut niveau de compétence, GERMS-consulting met en place un programme de formation continue pour son personnel.

Le bureau d'étude met à la disposition de son personnel un environnement de travail espace et bien aménagé pour leur permettre de bien exerce leur travail. En effet il dispose :

- 15 bureaux et salles de dessins équipés d'un câble informatique ;
- 1 centre de documentations regroupant des ouvrages et revues ;
- 1 fond d'archives équipé de système informatique de classement et de recherche, géré par un personnel spécialise et expérimenté ;
- 1 atelier d'édition équipé de photocopieurs et de machines à tirer les plans, géré par un personnel qualifié ;
- 1 salle de réunion ;
- 1 parc de véhicules.

IV. Organigramme de GERMS CONSULTING

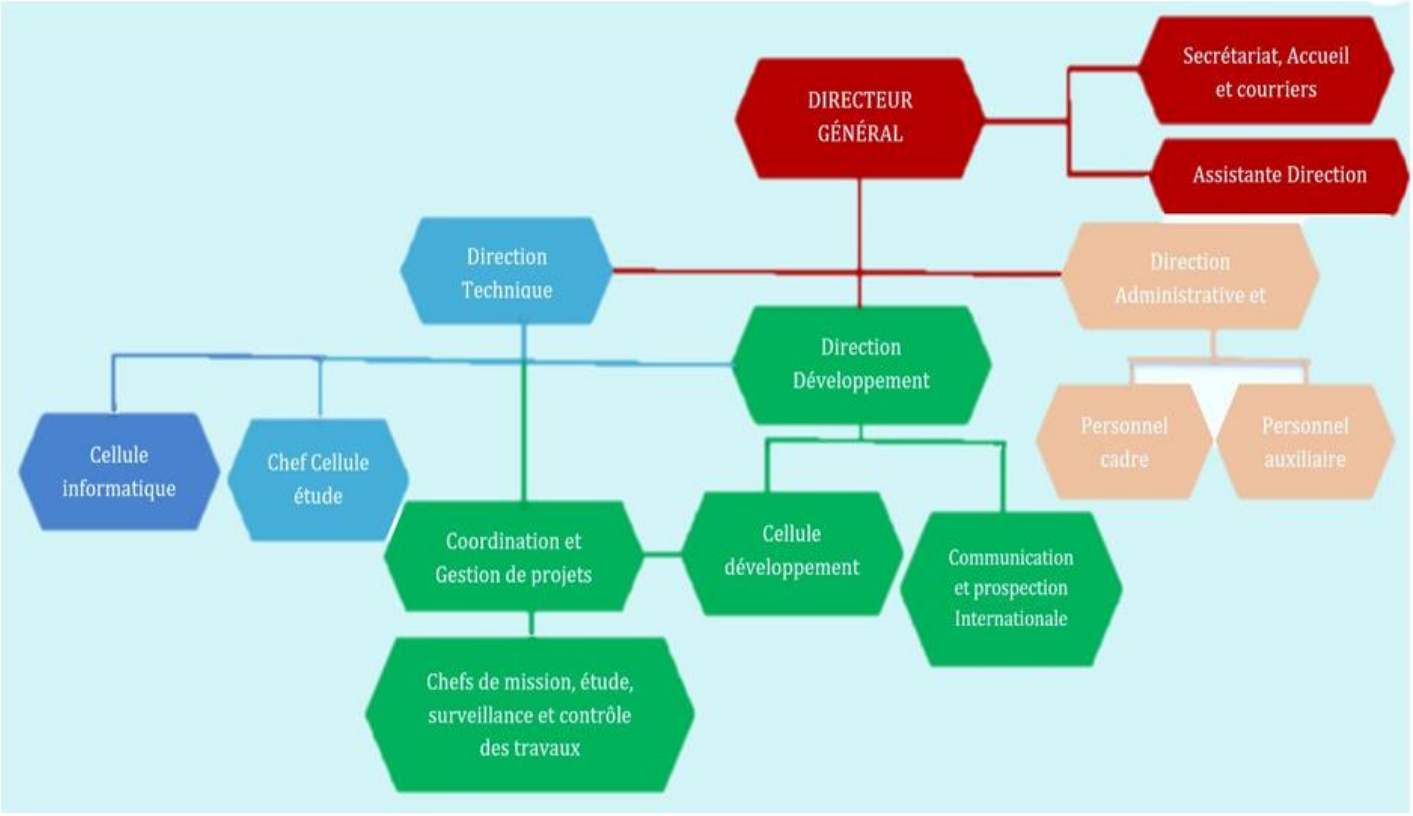


Figure 1: Organigramme de GERMS-Consulting

V. Contexte et justification du projet

Le Niger, un pays sans accès direct à la mer, a pour capitale Niamey, qui se trouve à plus de 1000 km du port maritime le plus proche, celui de Cotonou au Bénin. C'est un grand territoire qui s'étend sur environ 1.267.000 km² et abrite une population de 17.138.707 personnes (RGP 2012), dont la plupart résident en milieu rural.

En raison de sa dimension continentale et de son étendue, le pays nécessite l'établissement d'un vaste réseau d'infrastructures routières pour faciliter à ses habitants l'accès aux biens et services.

Au Niger, tout comme dans le reste du monde, le secteur des transports est l'un des piliers majeurs du développement, grâce à son rôle essentiel dans la circulation des marchandises et le mouvement des individus. Au Niger, environ 90% des marchandises et des individus sont déplacés par la route, ce qui en fait le moyen de transport prédominant avec près de 95% de l'activité du domaine des transports. Cela s'explique par l'insuffisance ou l'absence de rail ferroviaire, le manque presque total de voies navigables et le sous-développement du transport aérien national.

Effectivement, le réseau routier du Niger est composé de voies anciennes détériorées, dont la plupart nécessitent une réhabilitation. S'ajoutent à cela les éléments climatiques qui représentent un risque pour les routes au Niger. L'eau figure parmi les principaux éléments contribuant à la dégradation des routes, notamment ces dernières années où l'impact du changement climatique est de plus en plus perceptible. Afin de surmonter les défis auxquels fait face le secteur des transports et favoriser la croissance économique du pays, le gouvernement de la 7ème République a conçu le Plan de Développement Économique et Social (PDES 2022-2026) ainsi que la Stratégie Nationale des Transports (SNT 2017-2025).

Ces initiatives ont pour but de consolider et de maintenir le réseau routier national, qui représente l'une des infrastructures majeures de son système économique. Cette approche favorisera les transactions économiques, simplifiera la commercialisation des produits agricoles, améliorera l'accès des communautés aux services sociaux de base, diminuera les frais de transport ainsi que les charges d'exploitation des véhicules.

Dans ce contexte, le Ministère de l'Équipement, par l'intermédiaire de la Direction Générale des Travaux Publics, a lancé le projet de réhabilitation de la route Niamey-Tillabéri, dont l'étude a été confiée au cabinet GERMS-CONSULTING. Le but est d'améliorer les infrastructures de transport qui contribuent directement à l'attractivité internationale et au renforcement de la sécurité, facilitant ainsi le déplacement des personnes et stimulant les échanges économiques. Ce projet vise également à réduire les frais de transport et d'exploitation des véhicules tout en améliorant la qualité des infrastructures routières dans la région.

VI. Localisation de la zone du projet

Le segment se trouve sur la RN1 Ouest, qui longe le fleuve Niger dans l'extrême ouest du Niger. Il est situé à cheval entre la commune urbaine de Niamey, positionnée entre les longitudes 13°02' et 14°12'37" Nord ainsi que les latitudes 2°06' et 1°27'10" Est, et Tillabéry, qui est situé à l'ouest du pays sur le fleuve Niger à environ 110 km au nord-ouest de Niamey.

Son tracé est intégralement contenu dans la zone des longitudes et latitudes suivantes :

1°27'28,8'' et 2°02'28,32'' de longitude EST ;

13°33'40,32'' et 14°12'7,2'' de Latitude NORD.

Situé sur la rive gauche du Fleuve Niger, ce segment traverse plusieurs localités et zones de culture de légumes et d'élevage de poissons établies le long du lit du fleuve. Il facilite donc la circulation de ces produits vers l'intérieur du pays.

Elle dispose d'un lien crucial avec la RN4, qui se trouve sur la rive droite du fleuve à hauteur du village de Farié, situé à environ cinquante kilomètres de Niamey. Autrefois assurée par une péniche automotrice, cette liaison se voit désormais améliorée grâce à l'édification récente d'un pont supportant deux voies de circulation reliant les deux rives.



Figure 2 : Plan de situation du tronçon de la route nationale 1-ouest Niamey-Tillabri

VII. Relief et sol

Morphologiquement parlant, le relief est presque une pénéplaine. Hormis quelques rares chaînes cristallines et les collines témoins du Continental Terminal (CT3), le paysage est principalement caractérisé par la vallée du fleuve, ses tributaires et certaines vallées fossiles (dallol).

De la partie nord à la partie sud, les sols de cette région présentent une texture sablonneuse, sont carencés en matière organique et possèdent une capacité limitée de rétention et d'échange de cations. Ce sont des sols ferrugineux tropicaux, superficiels et extrêmement sensibles à l'érosion par l'eau et le vent, argileux limoneux, riches en matière organique avec une grande capacité d'échange de cations. La carte suivante dépeint la pédologie de la région où se situe le projet.

➢ Localisation et tracé

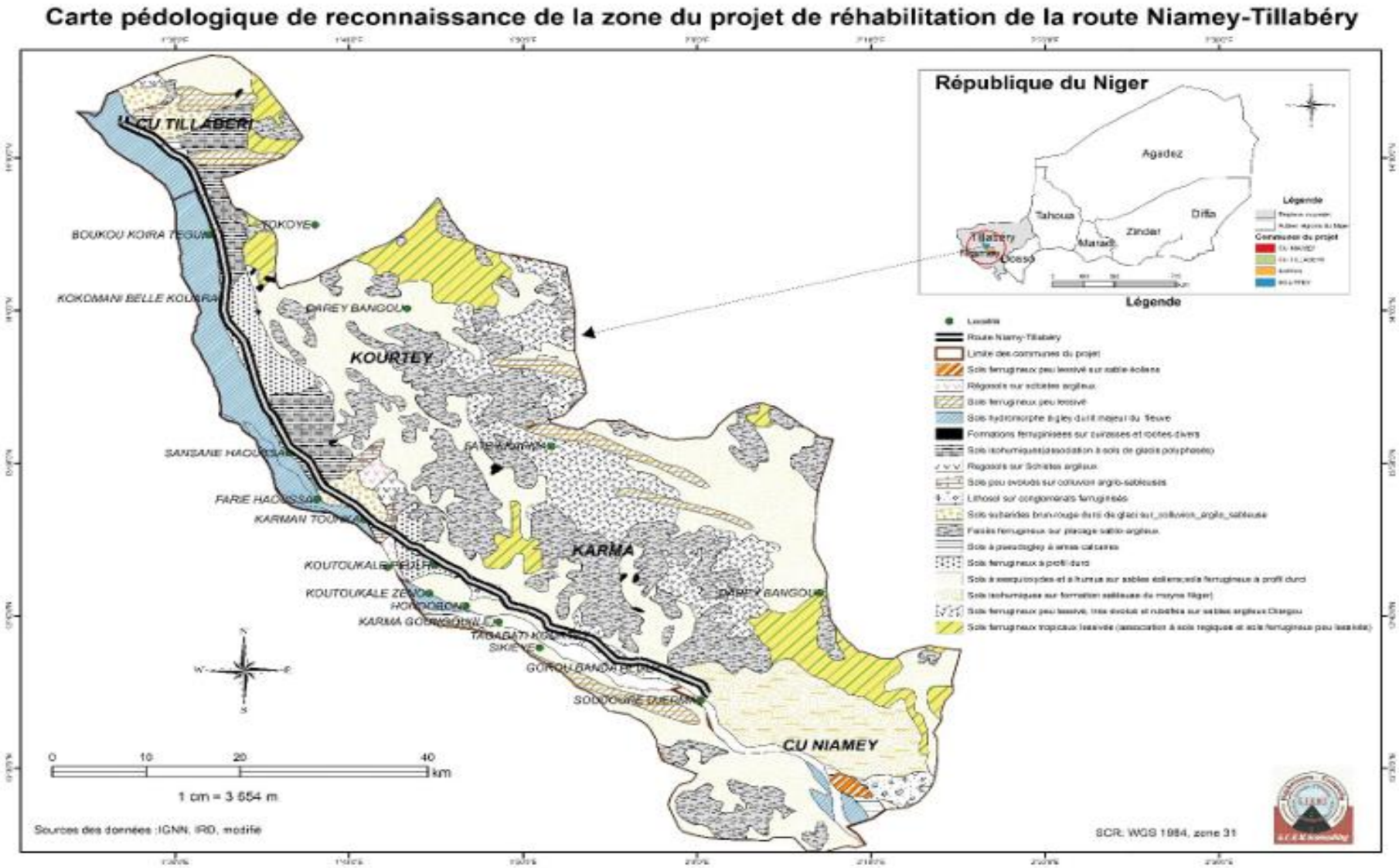


Figure 3 : Carte pédologique de reconnaissance de la zone de projet

I. Climat et végétation

On distingue quatre principales zones climatiques du Nord au Sud : la zone Saharo-Sahélienne, la zone Sahélienne, la zone Sahélo-Soudanienne et la zone Soudanienne. Au sein des zones climatiques, on dénombre cinq (5) macro zones agros écologiques : la zone du Fleuve, qui englobe principalement le fleuve Niger, sa plaine d'inondation et ses terrasses alluviales ; la zone du Dallol Bosso Nord, caractérisée par de vastes vallées fossiles ; le Gorouol, qui est l'affluent majeur du fleuve et abrite de nombreuses mares permanentes ; la vallée de l'Azaouagh ainsi que le parc national du W, localisé à l'extrême sud de la région (Say).

On distingue deux (2) principales saisons : une saison sèche de novembre à mai et une saison pluvieuse de juin à octobre.

Dans cette région, deux (2) courants de vent prédominent : l'harmattan, un vent chaud et sec qui a une vitesse relativement élevée (en moyenne 2,5 m/s à 10 mètres du sol) soufflant du Nord-est vers le Sud-ouest de novembre à mai, et la mousson, un vent frais et humide d'une vitesse modérée (1,5 m/s) qui souffle du Sud-ouest au Nord-est de juin à septembre.

Les saisons influencent les variations de température : une saison sèche et fraîche (avec des températures allant de 19°C à 27°C) ; une saison sèche mais chaude (où la température peut atteindre 24°C à 45°C) ; une saison durant laquelle les pluies sont fréquentes (la température se situe entre 28°C et 31°C) ; et enfin, une autre saison qui est chaude mais sans précipitations (où la température fluctue entre 16°C et 29°C). Cette condition favorise une évaporation rapide, élevée entre 2076,5 et 3098,7 mm.

La végétation est marquée par une dominance de brousses tigrées composées de combretum ainsi qu'une savane boisée qui constitue un vestige des formations forestières sèches denses typiques du Soudan. L'essentiel des ressources forestières, fauniques et halieutiques se trouve dans les zones intermédiaire et agricole, représentant plus d'un tiers des ressources naturelles du pays.

CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE DE LA CONCEPTION

I. Méthodologie du diagnostic, géotechnique et du dimensionnement de la chaussée

L'étude technique de la route Niamey-Tillabéri suit une démarche rigoureuse divisée en trois piliers complémentaires : l'évaluation de l'existant (diagnostic), la caractérisation des matériaux (géotechnique) et la définition de la nouvelle structure (dimensionnement).

1. Le Diagnostic de l'État de la Route

Le diagnostic vise à identifier pourquoi et comment la route actuelle s'est dégradée. Il s'appuie sur :

- **L'Auscultation Visuelle :** Un relevé systématique des dégradations (nids-de-poule, faïençage, orniérage, épaufrures). Cela permet de segmenter la route en sections homogènes ;
- **L'Inventaire Hydraulique :** Un examen de l'état des fossés et des dalots. Le diagnostic cherche à repérer les ouvrages bouchés ou sous-dimensionnés, car l'eau est la cause principale de la ruine des chaussées ;
- **L'Analyse du Trafic :** Des comptages sont effectués pour déterminer le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA). On évalue particulièrement l'agressivité des poids lourds, car c'est leur passage répété qui fatigue la structure.

2. L'Étude Géotechnique

Cette phase consiste à ausculter le sol sous la route et à chercher des matériaux pour les futurs travaux.

- Reconnaissance visuelle du tronçon enfin de relever respectivement les zones médiocres pour leurs délimitations provisoires ;
- Estimation linéaire provisoire de purge en fonction de la pollution du terrain et de l'historique du site ;
- Campagne des sondages réalisés à l'aide d'une tractopelle ayant permis le prélèvement d'échantillons remaniés jusqu'aux profondeur d'environ de 1m ;
- Essais en Laboratoire : Les échantillons prélevés subissent des tests normalisés :
  - ✓ **Analyse granulométrique :** Pour connaître la taille des grains ;

- ✓ **Limites d'Atterberg :** Pour évaluer la sensibilité du sol à l'argile et à l'eau ;
- ✓ **Essai CBR (California Bearing Ratio) :** C'est l'indicateur clé qui mesure la capacité portante (la force) du sol support ;
- ✓ **Essai proctor :** Pour déterminer la teneur en eau optimale pour un bon compactage ;
- ✓ **L'équivalent de sable :** Pour caractériser la propreté du sable.

- **Recherche de Gites et Carrières :** Identification des zones d'emprunt pour la grave latéritique et des carrières de roches massives pour la production de gravillons concassés.

3. Le Dimensionnement de la Chaussée

Le dimensionnement est l'étape de calcul qui définit l'épaisseur des nouvelles couches. La méthodologie repose sur :

- **Le Référentiel Technique :** L'utilisation du **Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP)** [1] ;
- **Les Paramètres d'Entrée :**
  - ✓ La classe de trafic ;
  - ✓ La classe de sol (S).
- **Le Choix de la Structure :** En croisant le trafic et la portance du sol, le catalogue définit une structure multicouche ;
- **Vérification Rationnelle :** Les épaisseurs choisies sont parfois vérifiées par des logiciels de calcul de contraintes pour s'assurer que la route ne se fissurera pas prématurément sous la charge des essieux de 13 tonnes.

II. Méthodologie de la conception géométrique

La conception géométrique consiste à définir les formes et les dimensions de la route pour garantir la sécurité des usagers, le confort de conduite et l'écoulement efficace des eaux. Pour garantir une configuration appropriée et l'interconnexion du segment à une route existante, il est impératif d'observer les conditions relatives aux rôles de cette voie. Par conséquent, nous examinerons divers documents d'infrastructure routière et nous ferons appel au logiciel Covadis 17, en respectant les standards ARP, pour définir l'itinéraire exact de la route.

III. Méthodologie de l'étude hydrologique et hydraulique

L'étude visera à sauvegarder la route face aux aléas climatiques, notamment les inondations.

Afin d'accomplir cela, nous utilisons une approche et une méthodologie appropriées résumées de la manière suivante :

- Évaluations du terrain et recension des infrastructures hydrauliques existantes ;
- Détermination des différents bassins versants ;
- Détermination des caractéristiques des différents bassins versants ;
- Exposé des méthodes de calcul hydrologique les plus courantes et sélection de la méthode appropriées ;
- Détermination des débits des bassins versants ;
- Calcul hydraulique des ouvrages d'assainissement ;
- Choix des sections des ouvrages d'assainissement ;
- Dimensionnement structural des ouvrages hydraulique.

IV. Méthodologie de la signalisation routière

La signalisation routière est essentielle, car elle met en place des systèmes et infrastructures destinés à donner des directives et à garantir la sécurité des conducteurs et résidents du quartier (signalisation horizontale, verticale, panneaux, etc.).

V. Méthodologie de la notice d'impact environnementale et social

L'analyse d'impact environnemental et social vise à garantir qu'un projet routier respecte l'environnement et les communautés directement ou indirectement concernées. Elle contribue à prévoir et à réduire les impacts négatifs, tout en assurant une harmonie entre l'avancement économique, la préservation de l'environnement et le bien-être des communautés locales. Il s'agit d'une approche visant à construire de façon responsable et durable. Dans le cadre de notre projet, nous fournirons exclusivement une évaluation d'impact environnemental et social.

VI. Méthodologie du dévis quantitatif et estimatif

Le devis quantitatif et estimatif est un document qui fait l'inventaire des quantités de matériaux, d'équipements et de travaux requis, tout en estimant leur coût à l'aide de tarifs unitaires. Cela permet de planifier les ressources, d'élaborer le budget, de préparer les appels d'offres et de contrôler les coûts durant l'exécution du projet, assurant ainsi une gestion technique et financière efficace.

CHAPITRE 3 : ÉTUDE TECHNIQUE

1.1 Diagnostic de la chaussée existante

La méthode VIZIR pour le diagnostic d'une route implique une inspection visuelle de l'état de la chaussée afin d'identifier les détériorations telles que les fissures ou les nids-de-poule. Ces problèmes sont par la suite classés en fonction de leur sévérité, et une note globale leur est attribuée. Sur la base de ce diagnostic, des suggestions sont formulées concernant les travaux de réparation à réaliser, qu'ils soient localisés ou plus conséquents, en fonction de l'état global de la chaussée.

1. Caractéristiques de la Chaussée (Profil en travers)

La largeur de la plateforme varie sur ce segment :

Du PK 0+000 au PK 3+000 : La chaussée est de **12 m** (configurée en 2x2 voies de 6 m) avec des trottoirs de 1 m.

Du PK 3+000 au PK 12+500 : La largeur passe à **7 m** (1x2 voies de 3,50 m) avec des accotements de 1,50 m.

Du PK 12+500 au PK 15 +500 : la chaussée est de 6 m soit 1x2 voies de 3.50m et des accotements de 1.50m.

1.1 État du tronçon et pathologies rencontrées

Le rapport segmente cette zone en deux niveaux d'état distincts :

- **Section 1 (PK 0+000 à PK 3+000) :** Cette partie est jugée en **bon état visuel**. Les seules dégradations mineures constatées sont quelques faïençages et affaissements localisés ;
- **Section 2 (PK 3+000 à PK 15+500) :** La section est dégrade sur l ensemble de la section. On y observe des pathologies typiques d'une structure fatiguée : ornières, épaufrures, faïençage et nids-de-poule.

1.2 Les causes probables de ces pathologies

Les facteurs qui endommagent les matériaux et la structure d'une route, diminuant ainsi sa longévité et son rendement, constituent les causes de ces pathologies. Nous allons expliquer ses dégradations (pathologies) et fournir les causes possibles.

- **Nids-de-poule** : C'est une cavité de forme généralement arrondie, à bord plus ou moins francs, crée à la surface de la chaussée par enlèvement de matériau. Elle résulte d'une destruction de matériaux souvent dus à :
  - ✓ Une mauvaise qualité de la chaussée ;
  - ✓ Une contamination par remonté d'argile dans la structure de la chaussée ;
  - ✓ Une forte perméabilité de la couche de roulement.
- **Ornières** : c'est une déformation transversale qui se produit dans les bandes de roulement des véhicules et qui intéressent généralement de grandes longueurs. L'ornière peut être à grand rayon si elle conserve l'ensemble du corps de chaussée ou à petit rayon si elle a son siège au niveau de la couche de roulement. Elles régissent du :
  - ✓ Tassement progressif des couches de chaussée résultant d'une fatigue due au passage cumulé du trafic ou tassement des assises ;
  - ✓ Fluage d'une couche de roulement sous le trafic ou réalisé avec un bitume trop mou. Stabilité insuffisante de l'enrobe, défaut de formation. L'ornière conserve essentiellement les chaussées souples (assises non traitée).
- **Épaufrures** : il s'agit d'une fissure de revêtement au niveau des rives, causée par :
  - ✓ Une largeur insuffisante de la bande revêtue et l'érosion des accotements, entrainant une instabilité des bords de chaussée.
- **Faïençage** : C'est une fissuration mouillée se produisant à la surface de la chaussée notamment au droit de la couche de roulement causée par une mauvaise mise en œuvre, problèmes de drainage, sous dimensionnement de la chaussée

Les images des différentes pathologies sont dans **l'annexe 2 : Diagnostic, géotechnique, de la chaussée existante et du dimensionnement de la nouvelle chaussée.**

1.3 Les ouvrages d'assainissement existants

Il est à notifier l'existence de plusieurs ouvrages hydrauliques sur notre tronçon. Suite à notre étude hydrologique et hydraulique faite dans les prochaines pages, nous avons eu à remplacer la majorité des dalots sauf le pont qui a été conservé. La liste des ouvrages existants se trouvent dans le tableau 1 :

Tableau 1 : récapitulatif des ouvrages hydrauliques existants

N° d'ordre	Matricule terrain	X	Y	OH existant	Observation
1	E1	398 721,92	1 497 821,47	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
2	E2	398 243,76	1 498 139,45	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
3	E3	398 028,43	1 498 284,99	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
4	E4	397 774,43	1 498 452,99	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
5	E5	397 390,55	1 498 708,32	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
6	E6	397 252,41	1 498 805,08	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
7	E7	397 118,57	1 498 892,79	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
8	E8	396 874,29	1 499 055,78	1 Buse Ø0,8	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
9	E9	396 675,83	1 499 170,46	1 Buse Ø0,8	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
10	E10	396 519,40	1 499 293,87	1 Buse Ø0,8	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
11	E11	396 405,16	1 499 369,34	1 Buse Ø1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
12	E12	396 151,36	1 499 535,88	1 Buse Ø0,8	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
13	E13	395 943,78	1 499 673,11	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
14	E14	395 323,94	1 500 083,52	1 Buse Ø0,8	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
15	E15	394 968,90	1 500 322,17	Dalot2x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
16	E16	394 094,41	1 500 906,57	1 Buse Ø0,8	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
17	E17	394 037,97	1 500 945,30	1 Buse Ø1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
18	E18	393 292,52	1 501 412,85	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
19	E19	393 268,43	1 501 426,77	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
20	E20	393 030,23	1 501 571,53	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
21	E21	392 911,56	1 501 659,05	1 Buse Ø1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
22	E22	392 879,95	1 501 686,62	Dalot1x2x1	Remplacer l'OH existant par l'OH Projet
23	E23	392 695,38	1 501 941,69	Pont de longueur 30m	Conserver l'ouvrage existant

1.4 Diagnostic du pont

Le Pont existant sur notre tronçon se trouve au PK 8+200, c'est un pont à poutre de 30m. Sur cet ouvrage nous observons un bon état structurel, néanmoins les joints de chaussée ne sont pas fonctionnels ce qui crée une butée à passage de véhicules et cela contribue à endommager le béton de l'hourdis. Il est à notifier une nécessité de renforcer la protection gabion en aval.



Figure 4 : le pont de 30 m



Figure 5 : Le pont de 30 m

2. Étude géotechnique

2.1 Sondage à l'axe

La chaussée actuelle est lessivée par manque d'un système de drainage conséquent. L'épaisseur résiduelle varie de 15,00 cm à 40 cm avec une moyenne de 30 cm. La valeur de l'indice CBR à 95% de l'optimum varie de 16 à 90 avec une moyenne de 47,96 et l'indice CBR à 98% de

l'optimum de 23 à 139 avec une moyenne de 63,40. Les valeurs de densité sèche optimale varient elles de 2,23 à 2,35. Selon le Guide Pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux édition CEBTP [1] les valeurs de densité sèche sont acceptables en couche de fondation comme en couche de base. Trouvons les résultats dans **l'annexe 2 : Diagnostic, géotechnique, de la chaussée existante et du dimensionnement de la nouvelle chaussée**.

2.2 Matériaux plateforme

Le tronçon présente principalement des sols sablonneux (propres, brunâtres, peu graveleux, graveleux, limoneux, argileux). Les données de l'indice CBR à 95% de l'optimal fluctuent entre 3,00 et 126, avec une moyenne fixée à 27,71. Quant à celles à 98%, elles oscillent de 4 à 164,00 avec un chiffre moyen de 36,21. Les valeurs optimales de densité sèche peuvent fluctuer entre 1,94 et 2,29. **Les résultats de ce sondage se trouvent dans l'annexe 2 : Diagnostic, géotechnique, de la chaussée existante et du dimensionnement de la nouvelle chaussée.**

3. Étude du trafic

L'étude vise à quantifier et à qualifier le flux de véhicules actuel et futur sur l'axe. Ces données sont cruciales pour la détermination de la géométrie de la chaussée et surtout pour calculer l'épaisseur des couches de matériaux.

L'étude s'est appuyée sur trois piliers :

- Comptages automatiques et manuels : Réalisés sur des postes stratégiques pour obtenir le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA).
- Enquêtes d'Origine-Destination : Pour identifier les types de marchandises transportées et les flux prédominants.
- Analyse de la structure du trafic : Répartition des véhicules par catégories (véhicules légers, camionnettes, bus et poids lourds).

Les opérations de comptage se sont déroulées sur une durée d'une semaine, au mois de janvier 2023. Les agents travaillaient par quarts, de 6h à 20h chaque jour.

Trois postes stratégiques ont été installés pour capturer l'ensemble des flux de circulation dans les deux sens :

- Poste n°1 : À la sortie de Niamey vers Tillabéri ;
- Poste n°2 : Au niveau du rond-point de Farié ;

- Poste n°3 : À la sortie de Tillabéri vers Niamey.

Le recueil des données reposait sur plusieurs techniques complémentaires dont les Comptages manuels, la Classification des véhicules et les Enquêtes Origine-Destination (O/D).

Les types de véhicules recensés sont les suivants :

- Véhicule particulier ;
- Véhicule tout terrain 4x4 ;
- Camionettes;
- Mini-Bus;
- Bus (Rimbo)/Cars;
- Camions 2 essieux ;
- Camions 3 essieux ;
- Citernes et Ensembles articulés.

3.1 Traitement et résultats du comptage

Le Trafic Moyen Journalier par sens au niveau du poste 1, durant la période du 3 au 9 janvier 2023, est donné dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Résultats de comptage de trafics (TMJ par poste, par sens de circulation et par catégorie de véhicules

N° catégorie	Type	Sens	Poste 1 Sortie Niamey	Poste 2 Farié	Poste 3 Tillabéri
1	Véhicule particulier	Entrant	312	240	121
		Sortant	418	348	144
		TMJA	730	588	265
2	Véh- tout terrain 4x4	Entrant	147	95	97
		Sortant	244	177	125
		TMJA	391	272	222
	Camionnettes	Entrant	20	16	5
		Sortant	22	22	12
		TMJA	42	38	17
	Mini-Bus	Entrant	236	136	84
		Sortant	261	155	124
		TMJA	498	290	208
3	Bus (Rimbo,,,)/Cars	Entrant	9	5	17
		Sortant	21	16	13
		TMJA	30	21	30
4	camions 2 essieux	Entrant	22	16	12
		Sortant	18	14	16
		TMJA	40	30	28
	camions 3 essieux	Entrant	87	56	12
		Sortant	119	78	11
		TMJA	206	134	24
5	Citernes et Ensembles articulés	Entrant	25	13	35
		Sortant	42	28	35
		TMJA	68	41	70
TOTAL			2004	1415	863

Source : Enquête du trafic de la présente étude (Germs-Consulting) [2]

L'étude du trafic est réalisée en s'appuyant sur les hypothèses suivantes :

- Année de comptage : 2023 ;
- Année de service : 2026 ;
- Durée de vie : 20 ans ;
- Taux de croissance du trafic (i) : 5% ;
- CAM : 1,4

Pour le dimensionnement de structure de chaussée, nous allons considérer le trafic engendrer par les poids lourds. Nous avons un total de poids lourds de **171 PL** (Poids lourds) obtenue par le cumule de bus/cars, camions 2 essieux, camions 3 essieux, ensembles articulés, Camion-citerne, pour l'obtention du TMJA des poids lourds.

3.2 Calcul du trafic actualisé

Méthode CEBTP

Les détails du calcul de trafic se trouvent **en Annexe 2 : Diagnostic, géotechnique, de la chaussée existante et du dimensionnement de la nouvelle chaussée.**

$$NE = 2{,}281055.10^6 * 1{,}4 \quad \boldsymbol{NE = 3{,}193477.10^6\ PL}$$

3.3 Classification du trafic

Selon le tableau de classification du trafic CEBTP, nous avons une classe de trafic T3 qui est inscrit dans le tableau 3 :

Tableau 3 : Classe du trafic selon le CEBTP

Classe de trafic en fonction de NE
$T1 < 5*10^5$
$5*10^5 < T2 < 1{,}5*10^6$
$1{,}5*10^6 < T3 < 4*10^6$
$4*10^6 < T4 < 10^7$
$10^7 < T5 < 2*10^7$

4. Indice de qualité Qi de la chaussée existante

Le Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux (CEBTP - LCPC – édition Mai 1985) indique que la détermination de l'indice « Qi » de la structure de la chaussée découle de la comparaison de deux paramètres qui sont l'état apparent de la chaussée et la déflexion. Aussi, la corrélation entre le niveau de dégradation d'une chaussée et

le niveau de déflexion au regard de l'environnement géologique et climatique conduit à des seuils de déflexions critiques suivants :

- d1 : valeur en dessous de laquelle, on considère que la structure se comporte de façon satisfaisante ;
- d2 : valeur au-dessus de laquelle, on considère que la structure présente de sérieux défaut de portance.

La comparaison des paramètres « Déflexion et Etat apparent » débouche sur la "grille de décision" présentée par le tableau suivant et développée par le « Manuel pour le renforcement des chaussées souple en pays tropicaux – édition CEBTP Mai 1985 » qui oriente le choix des solutions à entreprendre :

Tableau 4 : Grille de décision de l'intervention en fonction de (déflexion / état apparent)

Déflexion / Etat apparent	Faible	d1 d2	Élevée
Bon 1	Q1 (Entretien)	Q1 (Entretien)	Q3 (zone d'indétermination)
Fissuré non déformé 2-3	Q2 (Entretien)	Q3 (zone d'indétermination)	Q4 (Renforcement)
Déformé et fissuré 4-7	Q3 (zone d'indétermination)	Q4 (Renforcement)	Q5 (Renforcement)

Tableau 5 : Valeur à titre indicatif de déflexion

Désignation	Niger	Mali	Cote d'ivoire	Cameroun	Gabon
D1(1/100mm)	40	60-70	50-75	50-60	80
D2(1/100mm)	60	80-100	100-150	80	100

Tableau 6 : Corrélation entre le niveau de dégradation et le niveau de déflexion

Déflexion	Faible	d1	d2	Forte
Portance	Élevée	Médiocre		Faible
Qualité des structures	Bonne	Douteuse		Mauvaise

Tableau 7 : Solution Proposée

N° SECTION	SECTION			Déflexion caractéristique				État apparent			Indice de Qualité Qi	DECISION
	PK DEBUT	PK FIN	Longueur [m]	D90 (1/100mm)	Dc< d1	d1<Dc< d2	d2<Dc	Bon (1)	Fissuré non déformé (2-3)	Déformé et fissuré (4-7)		
1	00+000	03+000	3000	50,2		x			x		Q3	Classe de Trafic T3 donc Renforcement
2	03+000	15+500	12500	56,6		x			x		Q3	Classe de Trafic T3 donc Renforcement

II. Dimensionnement de la chaussée

1.1 Solution de renforcement et d'entretien

Le dimensionnement de la chaussée a pour solution le renforcement de la route Niamey-Tillabéri reposant sur une approche qui combine la récupération de la couche existante et l'apport de nouvelles couches structurelles.

Le manuel de renforcement des chaussées souples en pays tropicaux donne les types de matériaux utilisés en renforcement des chaussées selon le niveau de trafic.

Tableau 8 : Matériaux de renforcement selon le trafic

	Deux (2) couches	
	Renforcement pour trafic léger ou moyen T1, T2 (T3)	Renforcement pour trafic moyen ou lourd T3, T4, T5
Béton bitumineux : Couche mince ≤ 6cm	X (une couche)	
Béton bitumineux : Couche épaisse > 6cm à 2x7cm		X
Graveleux latéritique ciment	X	
Concassé 0/31,5	X	
Tout-venants naturels	X	
Sable (limoneux ou argileux) ciment	X	
Sable laitier	X	
Grave ciment		X
Sable bitume	X	
Grave bitume		X

Au regard du tableau ci-dessus et des structures de chaussée types proposées dans le manuel de renforcement, l'utilisation de matériaux naturels tels que le concassé 0/31,5 – le tout-venant naturel et les graveleux latéritiques naturels, ne serait indiquée que pour les trafics léger T1 et T2. Pour les trafics moyens à lourds (T3, T4 et T5), les matériaux recommandés pour le renforcement des chaussées souples sont le béton bitumineux, le grave ciment et le grave bitume. Le recours aux matériaux non traités tels que les graveleux et/ou le grave naturel serait donc déconseillé pour ces niveaux de trafics.

Le manuel de renforcement de chaussée en pays propose des structures de chaussées déjà calculées en fonction du niveau de trafic et de l'indice de qualité Qi de la chaussée.

Pour un trafic T3, le tableau ci-dessous présente le récapitulatif des épaisseurs de renforcement obtenu selon la nature des matériaux graveleux latéritique naturel ou graveleux latéritique ciment en couche de base :

Tableau 9 : Dimensionnement du renforcement de la chaussée pour un trafic T3

Indice de qualité Qi	Structure de renforcement sur support bicouche (manuel de renforcement des chaussées souples CEBTP)
Q3	5 cm BB/22 cm GLC
Q4	5 cm BB/25 cm GLC
Q5	5 cm BB/28 cm GLC

Le trafic étant plus intense sur cette section puisqu'il prend en compte le trafic venant de Tillabéri donc de la mali, celui de farié y compris ceux du burkina et le trafic inter communale. Nous proposons la structure suivante conformément au guide de renforcement de chaussée.

- Sur une chaussée existante :
  - 05 cm de béton bitumineux ;
  - 20 cm de couche de base en GLC avec un CBR de 150 à 97% de l'OPM ;
  - Recyclage de la chaussée existante, avec apport éventuelle pour constituer une nouvelle couche de fondation de 20cm avec un CBR de 40 à 95% de l'OPM.
- Zone d'élargissement :
  - 05 cm de béton bitumineux ;
  - 20 cm de couche de base en GLC avec un CBR de 150 à 97% de l'OPM ;
  - 20 cm de couche de fondation en GLN avec un CBR de 40 à 95% de l'OPM ;
  - 20 cm de couche de forme en GLN avec un CBR de 25 à 95% de l'OPM sur 30 dernier cm de la plateforme.

1.1 Vérification du dimensionnement avec Alize LCPC

L'examen de l'épaisseur des couches d'une structure routière est essentiel pour assurer la performance mécanique, la longévité et la rentabilité du projet.

Pour le cas de notre tronçon, nous allons effectuer deux dimensionnent à savoir un dimensionnement au renforcement et un dimensionnement de l'élargissement.

- Hypothèse de calcul :
  - La plateforme est de classe PF3 selon le guide LCPC-SETRA [1];
  - La température du béton bitumineux est prise égale à 30oC (recommandation du maitre d'ouvrage) ;
  - Les interfaces des couches sont toutes collées ;
  - Le coefficient de poisson est pris égal à 0,35.
- Calcul du module élastique :

- Plate-forme : 5*CBR : CBR = 25 donc on aura E = 5 x25 = 125 MPa qui correspond au sol PF3 selon **le guide SETRA-LCPC**

➢ Calcul des contraintes et des déformations admissibles :

Les matériaux employés pour les corps de chaussée respectent des limites acceptables en termes de contraintes et de déformations. En d'autres termes, il est crucial de ne pas dépasser ces limites afin de maintenir leur intégrité.

La contrainte verticale admissible est calculée à l'aide de la formule de Kerkhoven et Dormon :

$$\sigma_{Zadm} = \frac{0{,}3 \times CBR}{1 + 0{,}71 \times logN}$$

N : Trafic cumulé de poids lourds

On a le CBR (du sol support) = 25 donc $\sigma_{Zadm} = 1{,}36\ MPa$

Pour le calcul de la déformation admissible, elle dépend de la classe de trafic et se calcul comme suit :

$$\varepsilon_{Zadm} = A \times NE^{-0{,}222}$$

Avec Aqui est déterminé en fonction de la classe de trafic (**source LCPC**)

$$\varepsilon_{Zadm} = 12000 \times (3{,}19.\,10^{6})^{-0{,}222} = 4331{,}86\ \mu def$$

Les matériaux bitumineux sont élaborés dans le but de restreindre la déformation horizontale à leur fondation (εt). Il est impératif que cette déformation ne dépasse pas la valeur maximale autorisée, déterminée par le logiciel Alizé LCPC, pour assurer la longévité ;

Concernant les matériaux traités, il est crucial que la déformation verticale à la surface de la couche (σt) demeure inférieure au seuil stipulé par le logiciel Alizé LCPC ;

Concernant les matériaux non traités, le critère repose sur la déformation verticale à la surface de la couche (εz), qui doit être inférieure à la valeur autorisée selon Alizé LCPC.

➢ Dimensionnement au renforcement

Le dimensionnement de la chaussée sera fait suivant la méthode prescrite dans le guide de l'« Diagnostic et conception des renforcements de chaussée du CEREMA » [3]. Trois facteurs clés sont requis : la durée de vie estimée de la route, le trafic attendu et la catégorie de portance du sol sur lequel elle repose.

La durée de vie de la route est estimée à 20 ans, avec un trafic de classe T3 et une classe de sol S5.

Pour la sélection des matériaux, nous avons décidé de recycler la couche de base, en stabilisant celle-ci avec du ciment afin de créer un sol cimenté. Bien que l'application du renforcement des chaussées en zones tropicales préconise l'emploi de grave bitume ou de grave ciment lors des opérations de renforcement, notre option retenue s'est portée sur le sol ciment. Deux raisons majeures sous-tendent cette décision :

- La section concernée n'a pas réellement besoin de travaux de consolidation majeurs ;
- Le sol ciment constitue une solution plus économique tout en étant adoptée pour stabiliser et renforcer le sol existant.

Tableau 10 : Proposition d'épaisseur pour la zone de renforcement

Couche	Matériaux proposés	Module (MPa)	Coeff poisson	Epaisseur (m)	Interface
Revêtement	Béton bitumineux	1300	0,35	0,05	Collé
Couche de base	Sol ciment	1500		0,20	Collé
Fondation	Graveleux latéritique naturelle	300		0,20	Collé
Sol support	Graveleux latéritique naturelle	125		6	Collé
Substratum	-	10000		Infini	-

Selon le guide CEREMA, lorsqu'un renforcement est effectué, le matériau est considéré déjà consolidé. En d'autres termes, l'infini n'est plus la plateforme, mais le substrat dont le module est de 10 000 MPa. Donc, il est nécessaire de pouvoir modéliser un matériau de 6 mètres d'épaisseur qui aura un module clairement défini au-dessus du substrat. La prise en compte de la chaussée existante ne se fait qu'après cela.

➢ Dimensionnement des zones d'élargissement

Dans le cadre du dimensionnement à l'élargissement, on se référera au guide du CEBTP [4] tout en prenant en compte le même matériau que celui utilisé pour le renforcement. Cela permettra de réduire les coûts tout en conservant les caractéristiques mécaniques identiques à celles du système de renforcement.

Tableau 11 : Proposition d'épaisseur pour la zone d'élargissement

Couche	Matériaux proposés	Module (MPa)	Coeff poisson	Epaisseur (m)	Interface
Revêtement	Béton bitumineux	1300	0,35	0,05	Collé
Couche de base	Sol ciment	1500		0,20	Collé
Fondation	Graveleux latéritique naturelle	300		0,20	Collé
Sol support	Graveleux latéritique naturelle	125		Infini	-

Les résultats du a la modélisation et vérifications des épaisseurs proposées sont donnés en **ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée.**

On peut observer que les épaisseurs suggérées pour les calculs des déformations et contraintes sont en dessous des charges admissibles et présentent une excellente déflexion, ce qui indique que la structure de la chaussée fonctionne très bien.

2. Conception géométrique de la route

L'évaluation d'une route considère divers critères pour garantir son intégration harmonieuse à son environnement. Cela englobe des aspects tels que les transactions, les accès ou encore sa position géographique au sein d'un regroupement urbain, etc. Elle s'appuie également sur les attributs fondamentaux de son aménagement.

Pour ce qui est des normes géométriques (tracés en plan, profil en long), le consultant a utilisé les normes ARP pour définir les contraintes géométriques à respecter. Quant aux profils en travers types de la route, ils s'appuient sur les recommandations du TDR et sur les profils standards de l'UEMOA. Le Consultant a adopté une vitesse de référence de 100 km/h pour les sections courantes et 60 km pour la traversée et le contournement des agglomérations. Par rapport à ces vitesses de référence adoptées, les normes ARP fixent les caractéristiques géométriques suivantes :

Tableau 12 : Normes techniques d'aménagement

Désignation des paramètres				Vitesse de référence	
				60 Km/h	100 Km/h
Tracé en Plan	Dévers maximal			7%	7%
	Rayon en plan	Maximal absolu (au devers 7%)		120 m	425 m
		Minimal normal (dévers)		240 m (5%)	665 m (4%)
		Au dévers minimal (3%)		450 m	900 m
		Non déversé		600 m	1 300 m
Profil en Long	Déclivité maximale en rampe			7%	5%
	Rayon en angle saillant	Chaussée uni directionnelle (2× 2) voies	Minimal absolu	1 500 m	6 000 m
			Minimal normal	3 000 m	12 000 m
		Chaussées bidirectionnelles (route à 2 ou 3 voies)	Minimal absolu	1 600 m	10 000 m
			Minimal norma	4 500 m	17 000 m
	Rayon en angle Rentrant (point bas)	Minimal absolu		1 500 m	3 000 m
		Minimal normal		2 200 m	4 200 m
	Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale			6 500 m	17 000 m

2.1 Implantations des données topographiques

Une fois les données requises extraites, nous avons employé le logiciel COVADIS 17 pour élaborer le projet. Les données accessibles comprenaient des relevés de topographie et un fond topographique. Nous avons pris en compte ces données et nous nous sommes conformés aux normes ARP et aux instructions relatives aux routes communautaires pour répondre aux critères géométriques concernant le dessin planimétrique et profil longitudinal de la voie.

2.2 Tracé en plan

La représentation en plan peut être décrite comme l'illustration sur un plan horizontal de l'axe et des bords d'une route. Ce graphique illustre les longueurs des segments droits et les valeurs des rayons de courbure dans les tournants. L'idée est d'offrir à la fois sécuriser et efficacité tout en maitrisant le cout du projet.

2.3 Profil en long

Le profil longitudinal est une représentation verticale de l'itinéraire, où l'on illustre l'axe de la route, en tenant compte de sa distance (abscisse) et de son élévation (ordonnée). Ce profil comprend des sections droites avec des inclinaisons ou des rampes, ainsi que des courbes de raccordement (qu'elles soient circulaires ou paraboliques), déterminées par leur rayon. Pour garantir un parcours plaisant et confortable, tant sur le plan de l'énergie que de l'attrait visuel, il est crucial que les dimensions géométriques du profil longitudinal soient conformes à des standards spécifiques.

Les normes minimales retenues sont mentionnées dans le tableau ci-dessus. Le calage du profil en long a été fait en tenant compte des prescriptions du TDR et des règles de l'art notamment :

- La mise hors d'eau du corps de chaussée ;
- Le calage des ouvrages d'assainissement prévus ;
- Les épaisseurs de couches de chaussée ;
- Le respect des caractéristiques géométriques ;
- Les lignes rouges adoptées afin d'assurer un drainage rapide des eaux de pluie.

2.4 Profil en travers

Le profil transversal d'une route est illustré par une section coupée perpendiculairement à l'axe de la route, mettant en évidence tous les points significatifs de la surface. Ce profil nous permet de voir :

- L'emprise de la route ;
- La largeur et les épaisseurs des différentes couches de la chaussée ;
- Les équipements, tels que les panneaux de signalisation.

La route sera conçue sur la base des caractéristiques suivantes :

- Pente mini des talus en remblais = 3/2 (3 verticale, 2 horizontale) ;
- Pente mini des talus en déblai = 1/1 ;
- Charge maximale à l'essieu……...= 13 t ;
- Charge admissible……= 42 t ;
- Mise hors d'eau ……...= obligatoire.

NB : Il faut noter que nous aurons de 2x3 voies du PK 0+000 au PK 4+100, 2x2 voies du PK 4+100 au PK 10+500 et 2x1 voie du PK 10+500 au PK 15+500.

III. Étude hydrologique

Sous ses diverses manifestations, l'eau est une des principales sources de dégradation des routes, soulignant ainsi la nécessité de protéger la voie aquatique. L'assainissement routier facilite l'évacuation des eaux de pluie, usées et industrielles susceptibles de nuire à la chaussée. Pour réaliser des études précises en hydraulique et hydrologie, il est crucial de disposer de données précises sur la pluviométrie et d'une carte détaillée des bassins versants. Néanmoins, en absence de ces données, des applications comme Google Earth et Global Mapper facilitent le traçage approximatif de ces régions pour identifier les propriétés géométriques et évaluer les débits. Par la suite, on utilise ces débits pour déterminer les dimensions des structures d'assainissement.

1. Caractéristiques des bassins versants

Le but recherché est d'identifier les caractéristiques des différents bassins versants en relation avec la section étudiée. Nous avons employé deux instruments pour réaliser notre étude : l'outil Google Earth, qui nous a aidés à identifier notre section d'étude, et l'outil Global Mapper pour la délimitation et l'analyse des caractéristiques de divers bassins versants. Le processus est le suivant :

- Avec google earth le tronçon est matérialisé pour être transférer dans l'outils Global ;
- Avec Global Mapper, nous l'avons configuré en fonction de la zone de l'étude en transformant :
  - ✓ Les coordonnées d'origine en coordonnées UTM ;
  - ✓ En changeant les données sur le relief et les différentes courbes de niveau avec des intervalles de 25m.

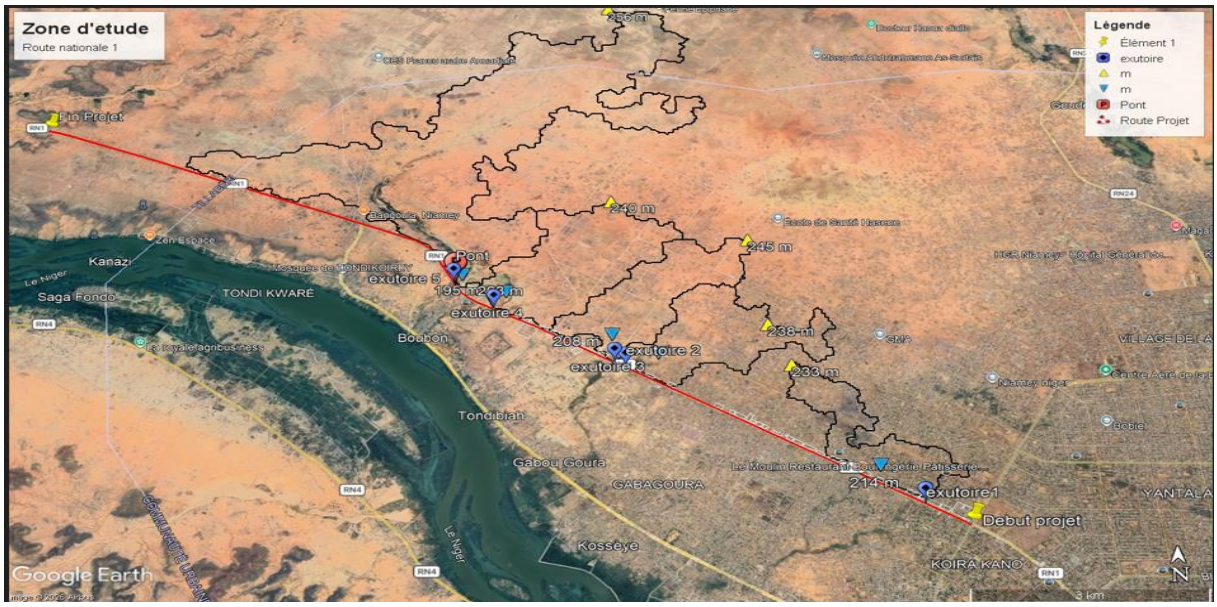


Figure 6 : Matérialisation du tronçon

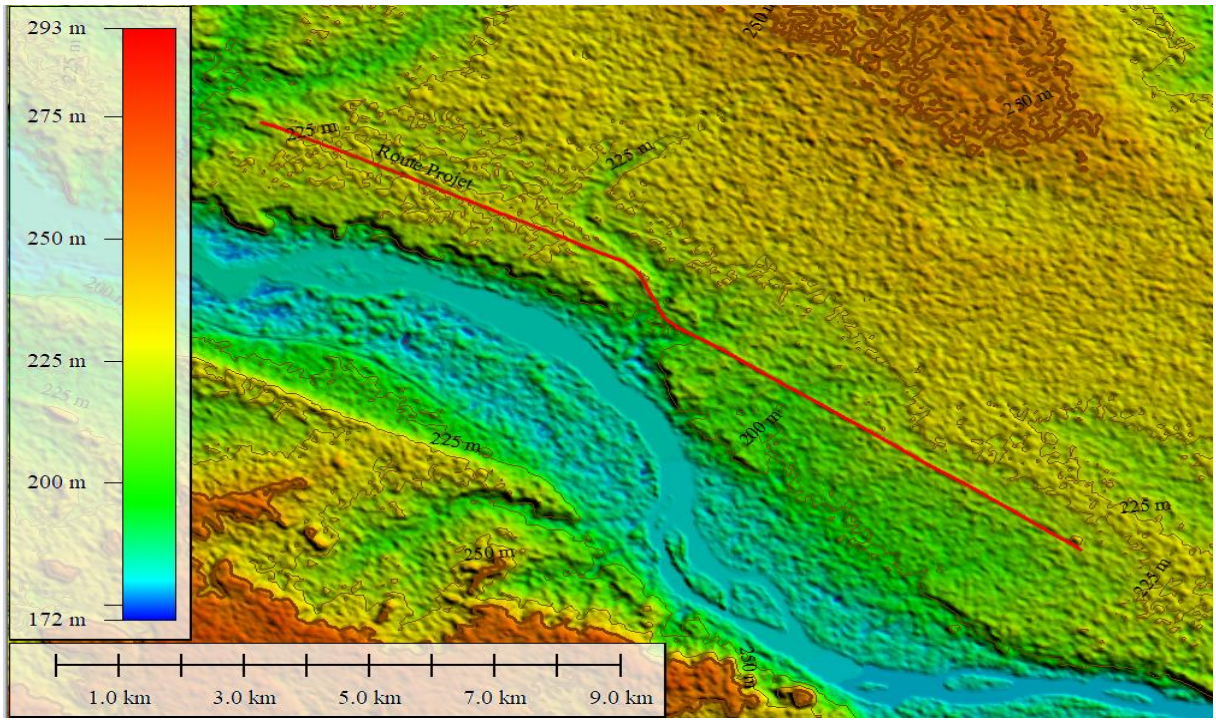


Figure 7 : Relief et courbes de niveaux

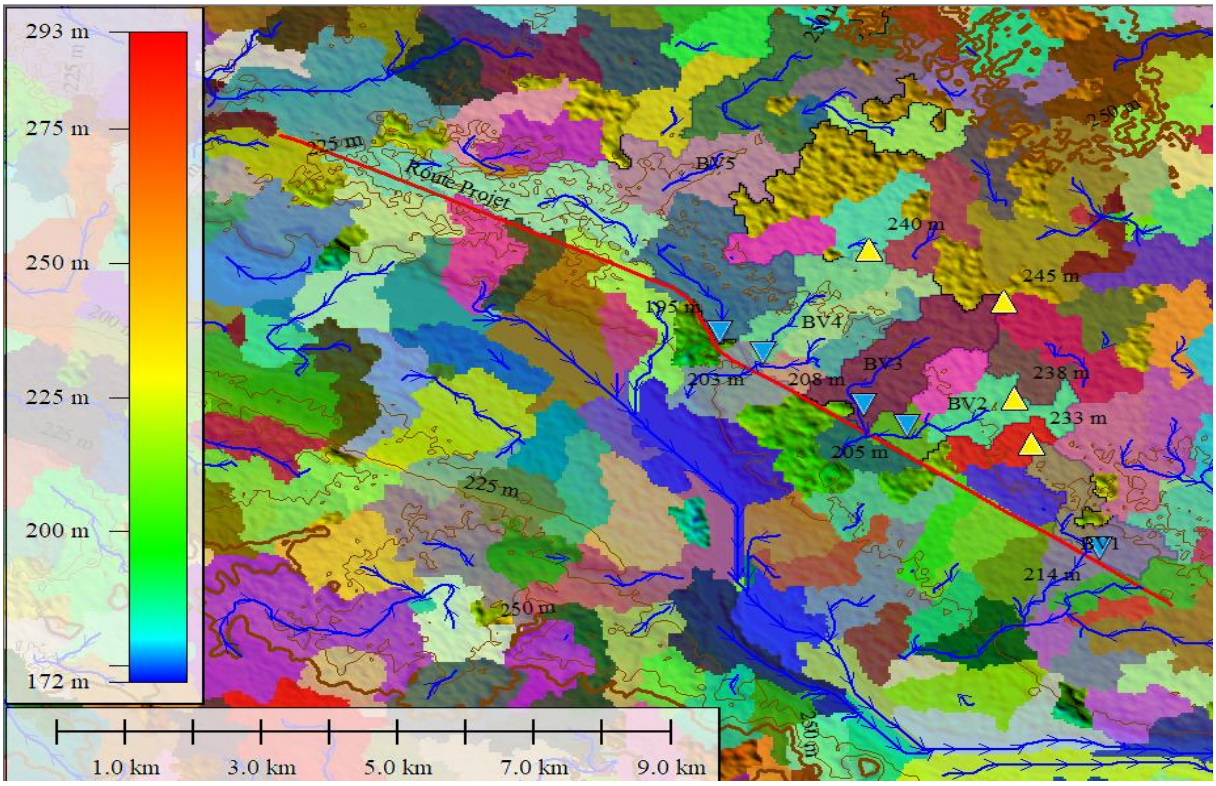


Figure 8:Lignes d'écoulements et bassins

Après la délimitation, nous avons retenue cinq (05) bassins versant présent sur notre route.

Les caractéristiques des bassins versant sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Caractéristiques des bassins versants

Bassin versant	Superficie (km^2)	Périmètre km	Z_max (m)	Z_min (m)	Pente (%)	L_écoulement (km)
BV1	1,816	11,646	233	214	1,99	0,955
BV2	2,784	13,135	238	205	1,68	1,965
BV3	2,806	12,637	245	208	1,57	2,355
BV4	3,932	12,332	240	203	2,08	1,781
BV5	15,075	48,515	256	195	0,65	9,448

2. Evaluation des débits des bassins versants

On peut déterminer les débits de crue en utilisant diverses techniques, nous utiliseront la méthode rationnelle et la méthode ORSTOM dans le cas de notre projet.

- Méthode rationnelle : cette méthode est utilisable pour les bassins versants de petite taille comprise de 0-4 km^2
- Méthode ORSTOM : Cette méthode est utilisable pour les moyens et grands bassins comprise entre 0,2 ou 1-2 km^2 a 200 km^2

I.1 Méthode rationnelle

Cette technique est utilisée pour les petits bassins versants ayant une superficie qui ne dépasse pas 4 km². Suite à une réévaluation, nous reconnaissons que tous nos bassins versants utilisent cette méthode.

La formule de calcul du débit de crue décennale [5] :

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

Q : débit de crue décennale (m^3/S)

C : coefficient de ruissellement

I : intensité de pluie (mm/h)

A : superficie du bassin versant (km^2)

- Coefficient de ruissellement C

Ce terme se réfère à la quantité d'eau qui atteint l'exutoire d'un bassin versant en comparaison à la quantité d'eau tombée sous forme de précipitations. Cela dépend de la superficie et de

l'inclinaison du terrain. Le tableau ci-dessous présente les valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la superficie :

Tableau 14 : Coefficient de ruissellement

Type de surface	Coefficient C en fonction de la pente du terrain		
	Plat < 2%	Moyenne 2-10%	Raide >10%
Pavées, toitures	0,90	0,90	0,90
Centre urbains	0,80	0,85	0,85
Habitations très denses	0,60	0,65	0,70
Zones suburbaines	0,45	0,50	0,55
Terre naturelle	0,60	0,65	0,70
Zones engazonnées	0,25	0,30	0,30
Zones cultivées			
Terre argileuse	0,50	0,55	0,60
Terre sablonneuse	0,25	0,30	0,35
Prairies	0,25	0,30	0,35
Zones boisées	0,10	0,15	0,20

- Intensité de pluie I :

Elle dépend du temps de concentration Tc et fait référence à la hauteur tombée pendant cette période de concentration. Elle est déterminée en utilisant la formule suivante :

$$I = a \times Tc^{-b}$$

Tc : temps de concentration en minutes

Le temps de concentration fait référence à la période requise pour qu'une goutte d'eau atteigne du point culminant d'un bassin versant au point le plus bas (sortie). Pour ce projet, nous avons sélectionné la méthode KIRPICH pour déterminer le temps de concentration :

$$Tc = 0{,}01947 \times \frac{L^{0,77}}{I^{0,385}}$$

L : plus long chemin hydraulique (m)

I : pente moyenne (m/m)

a,b : Coefficient de montana avec a = 7,5 et b = 0,5 avec un temps de retour T = 10 ans **(données acquises dans le BCEOM à la page 151)** [5]

Tableau 15 : Méthode rationnelle

Bassin versant	Superficie km^2	Pente %	Intensité de pluie (mm/h)	Coefficient de ruissellement	Débit en m^3/s
BV1	1,816	1,99	109,8184807	0,3	16,62
BV2	2,784	1,68	80,54681372	0,3	18,69
BV3	2,806	1,57	74,17844741	0,3	17,35
BV4	3,932	2,08	87,10453356	0,3	28,54
BV5	15,075	0,65	36,69496017	0,3	46,10

2.2Méthode ORSTOM

Le domaine d'application de cette méthode est de 0,2 ou 1 à 200 km^2 en un modèle global de pluie-débit basé sur la théorie de l'hydrogramme unitaire.

Dans notre contexte, nous nous focaliserons sur les méthodes qui nous permettrons d'avoir le débit annuel dans la zone sahélienne qui est notre zone d'étude.

D'après le manuel de crue et apport décennale [6], nous obtiendrons le débit de crue décennale par la formule suivante :

$$Qr_{10} = A \times P_{10} \times Kr_{10} \times \propto_{10} \times \frac{S}{Tb_{10}}$$

A : coefficient d'abattement $A = 1 - \left(\frac{161-0{,}042\times Pan}{1000} \times \log(S)\right)$

P_{10} : la hauteur de pluie journalière décennale

Pan : pluie annuelle

Kr_{10} : le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale

α_{10} : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale (2,6)

S : la superficie du bassin versant

Tb_{10} : temps de base correspondant à la crue décennale

Tableau 16 : Caractéristiques pluviométriques

Caractéristiques Pluviométriques	P_{10} (mm)	α_{10}	Pan
	95	2,6	545

Source Germs-Consulting

Toutes ces données sont déterminées grâce à des abaques ou des formules sauf α_{10} qui peut être assimilée à une constante.

Le coefficient Kr_{10} est obtenu par l'interpolation des valeurs Kr_{70} et Kr_{100} qui sont aussi obtenus à l'aide des tableaux avec une classe d'infiltrabilité RI (page 36 crues et apports).

Tableau 17 : Classe d'infiltrabilité

Classe d'infiltrabilité	Signification
I(P2)	**Bassin imperméable**. Pas moins de 85 à 90 %de la surface sont constitués par des sols imperméables : roche très saine et sans trop de rugosité, regs (plaines d'argiles et de cailloux très vite saturées), glacis (surfaces planes à faible pente aux sols les plus divers, mais à forte propension à engendrer des formations pelliculaires), colluvions argileuses, argiles pouvant parfois présenter des fentes de retrait telles que celles rencontrées fréquemment dans les bas-fonds (vertisols par exemple).
RI(P3)	**Bassin relativement imperméable**. Mélange en proportions à peu près égales de sols imperméables (1) et de sols perméables (P)
P(P4)	**Bassin perméable**, constitué d'éboulis rocheux avec produits de décomposition assez perméables, de cuirasses ferrugineuses très disloquées, d'affleurements rocheux tectonisés et diaclasés avec des pentes non négligeables, de sols sableux sans pellicule imperméable ou avec un couvert végétal significatif et de sables grossiers
TP	**Bassin très perméable**, formé d'affleurements rocheux très diaclasés et disloqués avec de faibles pentes, de dunes et d'arènes épaisses, et de carapaces latéritiques excessivement fissurées.

- Indice globale de pente Ig :

$Ig = \frac{\Delta_z}{Leq}$ $avec\ \Delta_z$ la dénivelé entre Z_max et Z_min

La longueur équivalente en km : $Leq = S^{1/2} \times (\frac{I_{comp}}{1{,}128}) \times \left[1 + (1 - (\frac{1{,}128}{((I_{comp})^2)^{1/2}}\right]$

Indice de compacité : $I_{comp} = 0{,}282 \times P \times S^{1/2}$

S : la superficie du basin versant en km^2

P : périmètre du bassin versant en km

- Volume ruisselé décennal

$$Vr_{10} = 10^3 \times Pm_{10}(mm) \times Kr_{10}(km^2)$$

- Temps de base

Le temps de base est calculé par interpolation linéaire en fonction de la classe d'infiltrabilité RI.

- Le débit moyen de ruissellement

Le débit moyen de ruissellement se calcul par la formule suivante :

$$Qmr_{10} = \frac{Pm_{10} \times Kr_{10} \times S}{Tb_{10}} \quad en\ m^3/s$$

- Le débit maximum de ruissellement

$$Qr_{10} = \alpha_{10} \times Qmr_{10}$$

- Le débit de pointe décennal

$$Q_{10} = 1{,}06 \times Qr_{10}$$

Tableau 18 : Méthode ORSTOM

Bassin versant	Superficie (km^2)	Pente (%)	Infiltrabilité	A	P_{10} (mm)	Kr_{10} (%)	α_{10}	Tb_{10} (mn)	Pm_{10} (mm)	Q_{10} (m^3/s)
BV1	1,816	1,99	RI	1,0	95	23,41	2,6	511,5	91,6	3,50
BV2	2,784	1,68		0,9		16,59		414,59	88,2	4,51
BV3	2,806	1,57		0,9		19,47		337,89	88,1	6,55
BV4	3,932	2,08		0,9		20,31		320,97	85,9	9,82
BV5	15,075	0,65		0,8		7,40		1017,9	77,0	3,87

2.3 Choix du débit de projet

Le débit de projet, aussi connu sous le nom de crue de projet, se réfère au débit décennal calculé précédemment. Cela nous permet de choisir les infrastructures hydrauliques et par la suite, de les dimensionner.

Pour évaluer le débit des crues, nous avons employé deux techniques : la méthode rationnelle et la méthode ORSTOM. Nous avons observé que les débits obtenus par la méthode Rationnelle sont plus élevés que ceux issus de la méthode ORSTOM. Nous avons opté pour le scénario le plus défavorable afin de garantir la sécurité et un dimensionnement optimal des structures. La méthode rationnelle est celle qui correspond le mieux à ce critère.

IV. Étude hydraulique

Pour assurer le drainage de la chaussée, une analyse est effectuée concernant la taille des infrastructures d'assainissement pour évacuer l'eau de pluie susceptible de nuire à notre route et la rediriger vers le cours d'eau naturel. Des structures de franchissement transversal (dalots, buses, ponts) sont indispensables pour gérer l'eau de ruissellement qui traverse la route, tandis

que des infrastructures longitudinales (fossés et caniveaux) sont requises lorsque les flux d'eau se déplacent parallèlement à la route.

Le but principal de cette recherche est de déterminer les parties adéquates des infrastructures de franchissement et d'assainissement pluvial routier, ainsi que leur emplacement.

Pour notre analyse de cas, nous avons sélectionné des dalots comme structures de passage transversal et des caniveaux pour le passage longitudinal.

1. Les critères et hypothèses de calcul pour les dalots

Nous aurons comme référence pour les critères et hypothèses de calcul le **BCEOM** [5] en précisant que les dalots seront équipés de mur en ail formant un angle de 45° par rapport à l'axe de l'ouvrage.

Grâce aux directives du BCEOM, nous avons réussi à concevoir un schéma pour réaliser une dimensionnement hydraulique préliminaire d'un dalot, qui se présente comme suit :

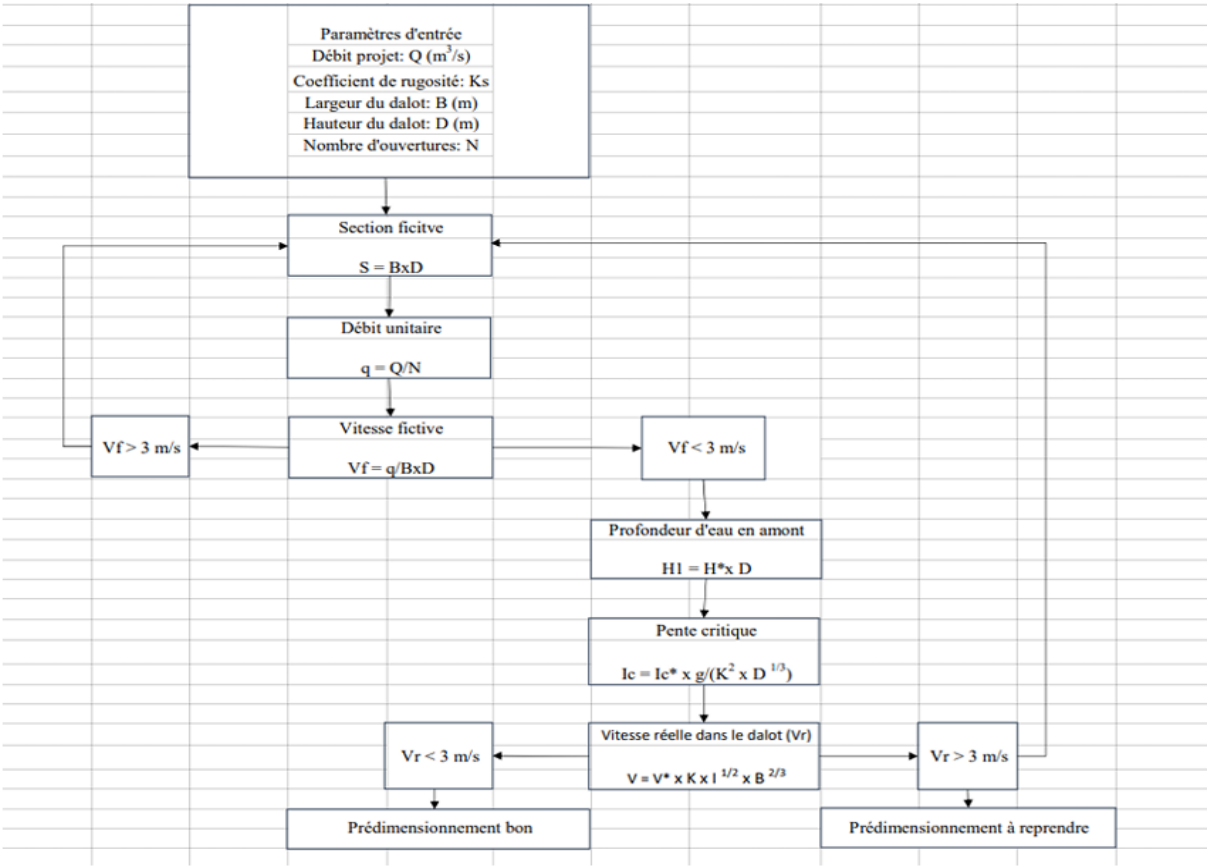


Figure 9 : Organigramme pour le prédimensionnement des dalots

Tableau 19 : Sections hydrauliques des dalots

Bassin versant	Débit (m^3/s)	Ks	N	B(m)	D(m)	Surface dalot (m^2)	Débit unitaire	Vitesse (m/s)	Vmax (m/s)
BV1	16,62	67	2	3	3	9	8,31	2,71	3
BV2	18,69		2	3	3	9	9,34	2,80	
BV3	17,35		2	3	3	9	8,67	2,80	
BV4	28,54		3	3	3	9	9,51	2,80	
BV5	46,10		4	3	3	9	11,52	2,91	

Conclusion : D'après ce tableau ci-dessus nous avons trois types de dalots à dimensionner qui sont de 2x3x3 pour BV1, BV2 et BV3, après nous avons un 3x3x3 pour le BV4 et enfin un 4x3x3 pour le BV5.

NB : Sur notre tronçon, il y'a un pont au niveau de l'exutoire de BV5 donc nous conserverons le pont au détriment du dalot proposé.

2. Dimensionnement des ouvrages longitudinaux

Suite aux calculs de débits relatifs aux structures longitudinales, des caniveaux rectangulaires seront installés de part et d'autre de la route. Ces caniveaux ont pour fonction de dérouter les eaux de pluie issues de la route et des bassins versants adjacents. Nous avons choisi un segment de caniveaux sur notre portion qui mesure 50*50 cm, qui s'étend du pk0+000 au pk10+500. Ces modifications assureront une bonne gestion des eaux pluviales, préservant ainsi la route et augmentant sa durabilité.

Nous établissons les flux dans les fossés en suivant la méthode de J.Cruette et Lemoine. C'est une technique CAQUOT spécifique, particulièrement appropriée pour les petits bassins versants urbanisés de moins de 4 km².

I.1 Détermination du débit :

$$Q = 167 \times 1200^{b} \times a \times C \times J^{\frac{b}{2}} \times L^{-b} \times A^{0.95}$$

Q : débit en l/s ;

C : coefficient de ruissellement ;

J : pente moyenne en m/m ;

L : longueur du plus long chemin hydraulique en m ;

A : superficie ;

a et b sont les coefficients de montana pris dans la méthode rationnelle.

Tableau 20 : Détermination des débits pour les caniveaux

Bassin versant	L (m)	Superficie (ha)	Pente (%)	Coeff de ruiss	Débit (l/s)	Débit (m^3/s)
BV1	575	0,604	0,75	0,3	312,90	0,31
BV2	2875	3,019	0,19	0,3	457,86	0,46
BV3	344,52	0,241	1,15	0,3	187,92	0,19
BV4	190,65	0,133	0,22	0,3	94,98	0,09
BV5	850	0,595	1,27	0,3	289,42	0,29
BV6	1175	0,827	1,01	0,3	317,82	0,32
BV7	250	0,175	0,47	0,3	130,15	0,13
BV8	225	0,158	0,36	0,3	116,47	0,12
BV9	2350	1,645	2,65	0,3	549,70	0,55

2.2Calcul des sections hydrauliques des caniveaux :

Nous employons la technique de débitance pour déterminer la section des caniveaux, afin de calculer la largeur et la profondeur standard de l'eau dans un caniveau. Cette technique repose sur le débit à faire passer et utilise la formule de Manning-Strickler.

Les hypothèses sont les suivantes :

- Écoulement uniforme ;
- Les parois des caniveaux sont en béton et ont pour coefficient de rugosité Ks = 67 ;
- La vitesse d'écoulement maximale est prise égale à 2,5

Tableau 21 : section hydraulique

Bassin versant	b (m)	Y_n (m)	S (m^2)	Ks	Rh(m)	I	$Ks*S*Rh^{2/3}$	Q/racine(I)	U (m/s)	Umax	Conclusion
BV1	0,5	0,5	0,25	67	0,167	0,0075	0,155	3,58	1,24	2,5	Vérifiée
BV2	0,5	0,5	0,25		0,167	0,002	0,155	10,29	1,84		Vérifiée
BV3	0,5	0,5	0,25		0,167	0,012	0,155	1,73	0,76		Vérifiée
BV4	0,5	0,5	0,25		0,167	0,002	0,155	2,01	0,36		Vérifiée
BV5	0,5	0,5	0,25		0,167	0,013	0,155	2,54	1,16		Vérifiée
BV6	0,5	0,5	0,25		0,167	0,01	0,155	3,20	1,28		Vérifiée
BV7	0,5	0,5	0,25		0,167	0,005	0,155	1,84	0,52		Vérifiée
BV8	0,5	0,5	0,25		0,167	0,004	0,155	1,90	0,48		Vérifiée
BV9	0,5	0,5	0,25		0,167	0,027	0,155	3,35	2,20		Vérifiée

V. Dimensionnement structural des dalots et caniveaux

La conception structurelle d'un dalot implique de déterminer et de valider sa résistance aux diverses charges qu'il subit, tout en garantissant sa longévité et son efficacité. Cette évaluation implique l'examen des charges qui s'exercent sur le dalot (permanentes et variables), la sélection des matériaux (identification des propriétés du béton et de l'acier), le calcul des contraintes ainsi que la définition des sections d'aciers.

❖ Les hypothèses de calculs :

Dans cette partie les dalots et les caniveaux auront les mêmes hypothèses de calculs ainsi que les propriétés des matériaux [7].

- Poids volumique du béton armé : 25 kN/m^3 ;
- Poids volumique du remblai : 20 kN/m^3 ;
- Poids volumique du béton bitumineux : 24 kN/m^3 ;
- Coefficient de poussée de terre au repos : varie de 0,25 à 0,5 selon le type de matériaux (nous avons fait le choix de Kmax = 0,5) ;
- Les liaisons aux appuis sont supposées élastiques afin d'avoir les réactions afin d'avoir les réactions du sol ;
- Le béton à utiliser a une résistance à la compression fc28 = 25 MPa ;
- L'acier à utiliser est de type HA qui a une nuance Fe = 400 MPa
- La fissuration est considérée comme préjudiciable pour le tablier et le piédroit ;
- La fissuration est considérée comme très préjudiciable pour le radier ;
- L'enrobage est pris égal à 5 cm dans tous les calculs d'armatures conformément à l'article A.7.1 du BAEL (point 2) portant sur la protection des armatures pour assurer la durabilité de notre ouvrage ;
- Le coefficient d'équivalence (n) est pris égal à 15 conformément à l'article A.4.5,1 du BAEL ;

❖ Les caractéristiques des matériaux :

Pour le béton :

- Béton B30 pour les dalots ;
- Béton B25 pour les caniveaux ;
- Résistance à la compression du béton pour les dalots : fc28 = 30 MPa ;

- Résistance à la compression du béton pour les caniveaux : fc28 = 25 MPa ;
- Résistance à la traction du béton pour les dalots : ft28 = 2,4 MPa ;
- Résistance à la traction du béton pour les caniveaux : ft28 = 2,1 MPa ;
- Module de déformation instantanée : Eij = 32164 MPa ;
- Module de déformation différé : Evj = 10819 MPa ;
- Contrainte limite de compression du béton pour les dalots : $\overline{\sigma bc} = 18\ MPa$;
- Contrainte limite de compression du béton pour les caniveaux : $\overline{\sigma bc} = 15\ MPa$;
- Contrainte limite de cisaillement pour les dalots : $\overline{\tau u} = 3\ MPa$;
- Contrainte limite de cisaillement pour les caniveaux : $\overline{\tau u} = 2{,}5\ MPa$.

Pour l'acier :

- Module d'élasticité : Es = 200000 MPa ;
- Contrainte de l'acier : 400 MPa.

1. Dimensionnement structural des dalots

Nous allons vous présenter les résultats des sections déterminées dans les tableaux 22 et 23 qui sont obtenus à l'aide du logiciel Robot structural et le ferraillage avec le logiciel AutoCad des dalots 2x3x3 et 3x3x3. Les détails de calculs seront présentés en **annexe 5 : Dimensionnement structural des dalots.**

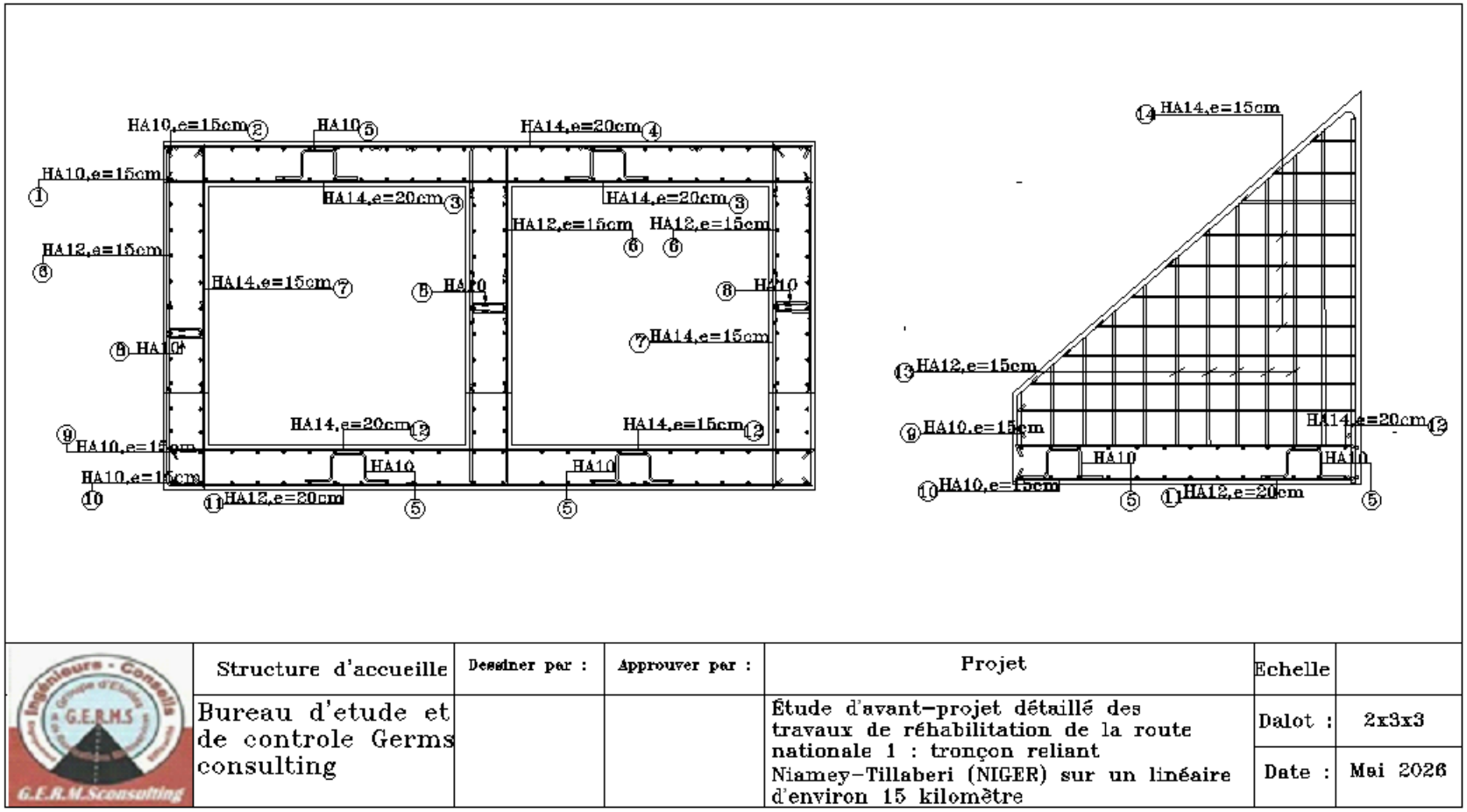
Le calcul des sections d'armatures se fera en flexion simple pour le tablier et radier et en flexion composé pour le piédroit.

Tableau 22 : Récapitulatif du ferraillage dalot 2x3x3

Désignation Dalot 2x3x3		Melu (KN.m)		Mels (KN.m)		Nelu (KN)		Nels (KN)		Ferraillage adopté/ml	
		xx	yy	xx	yy	xx	yy	xx	yy	xx/ nappe	yy/ nappe
Tablier	En travée	22,98	7,18	16,29	5,08	-		-		HA 14 e = 20cm	HA 10 e = 15cm
	Sur Appui	40,84	8,99	29,07	6,33	-		-		HA 14 e = 20cm	HA 10 e = 15cm
Radier	En travée	29,63	6,25	21,30	4,53	-		-		HA 12 e = 20cm	HA 10 e = 15cm
	Sur Appui	14,27	4,71	10,32	3,32	-		-		HA 14 e = 20cm	HA 10 e = 15cm
Piédroits	-	9,61	26,26	6,97	18,05	55,14	90,12	37,6	65,19	HA 14 e = 15cm	HA 12 e = 15cm
Mur	-	12,80	13,37	9,30	9,78	62,28	84,57	34,29	61,06	HA 14 e = 15cm	HA 12 e = 15cm

Tableau 23 : Récapitulatif du ferraillage dalot 3x3x3

Désignation Dalot 3x3x3		Melu (KN.m)		Mels (KN.m)		Nelu (KN)		Nels (KN)		Ferraillage adopté/ml	
		xx	yy	xx	yy	xx	yy	xx	yy	xx	yy
Tablier	En travée	23,36	7,23	17,18	5,12	-		-		HA 14 e = 20cm	HA 10 e = 15cm
	Sur Appui	38,39	8,54	28,65	6,03	-		-		HA 16 e = 20cm	HA 10 e = 15cm
Radier	En travée	29,71	6,32	21,36	4,54	-		-		HA 14 e = 15cm	HA 10 e = 15cm
	Sur Appui	14,27	4,59	10,20	3,26	-		-		HA 12 e = 15cm	HA 12 e = 15cm
Piédroits	-	9,47	25,40	7,19	17,95	55,71	88,57	38,38	64,82	HA 14 e = 15cm	HA 12 e = 15cm
Mur	-	12,59	13,13	9,30	9,61	49,40	81,61	45,16	71,65	HA 14 e = 15cm	HA 12 e = 15cm



	Structure d'accueille	Dessiner par :	Approuver par :	Projet	Echelle	
	Bureau d'etude et de controle Germs consulting			Étude d'avant-projet détaillé des travaux de réhabilitation de la route nationale 1 : tronçon reliant Niamey-Tillaberi (NIGER) sur un linéaire d'environ 15 kilomètre	Dalot :	2x3x3
					Date :	Mai 2026

Figure 10 : Plan de ferraillage du dalot 2x3x3

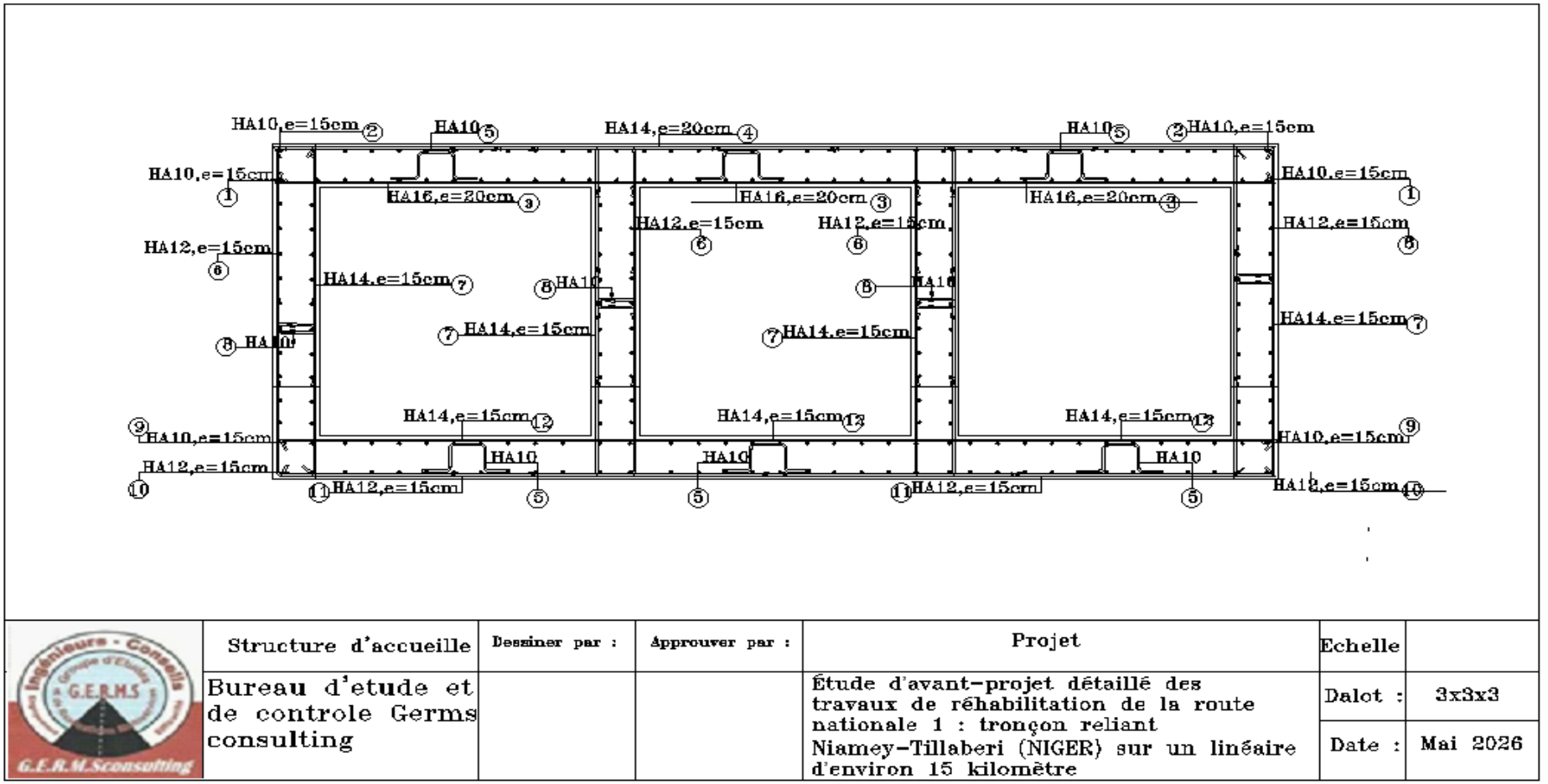


Figure 11 : Plan de ferraillage du dalot 3x3x3

2. Dimensionnement structural du caniveau

Le récapitulatif des différentes sollicitations et des sections d'aciers du notre caniveau se trouve ci-dessous. Pour les notes de calculs et le plan de ferraillage, nous les placerons au niveau de l'annexe.

Tableau 24 : Récapitulatif du ferraillage pour le caniveau

	Melu (KN.m)		Mels (KN.m)		Nelu (KN)		Nels (KN)		Ferraillage adopté/ml	
	xx	yy	xx	yy	xx	yy	xx	yy	xx	yy
Tablier	0,19	0,27	0,13	0,19					HA12, e = 15cm	HA10, e = 15cm
Radier	0,01	0,02	0,01	0,02					HA10, e = 15cm	HA8, e = 15cm
Piedroit	0,03	0,12	0,02	0,08	1,06	2,22	0,79	1,66	HA10, e = 15cm	HA8, e = 15cm

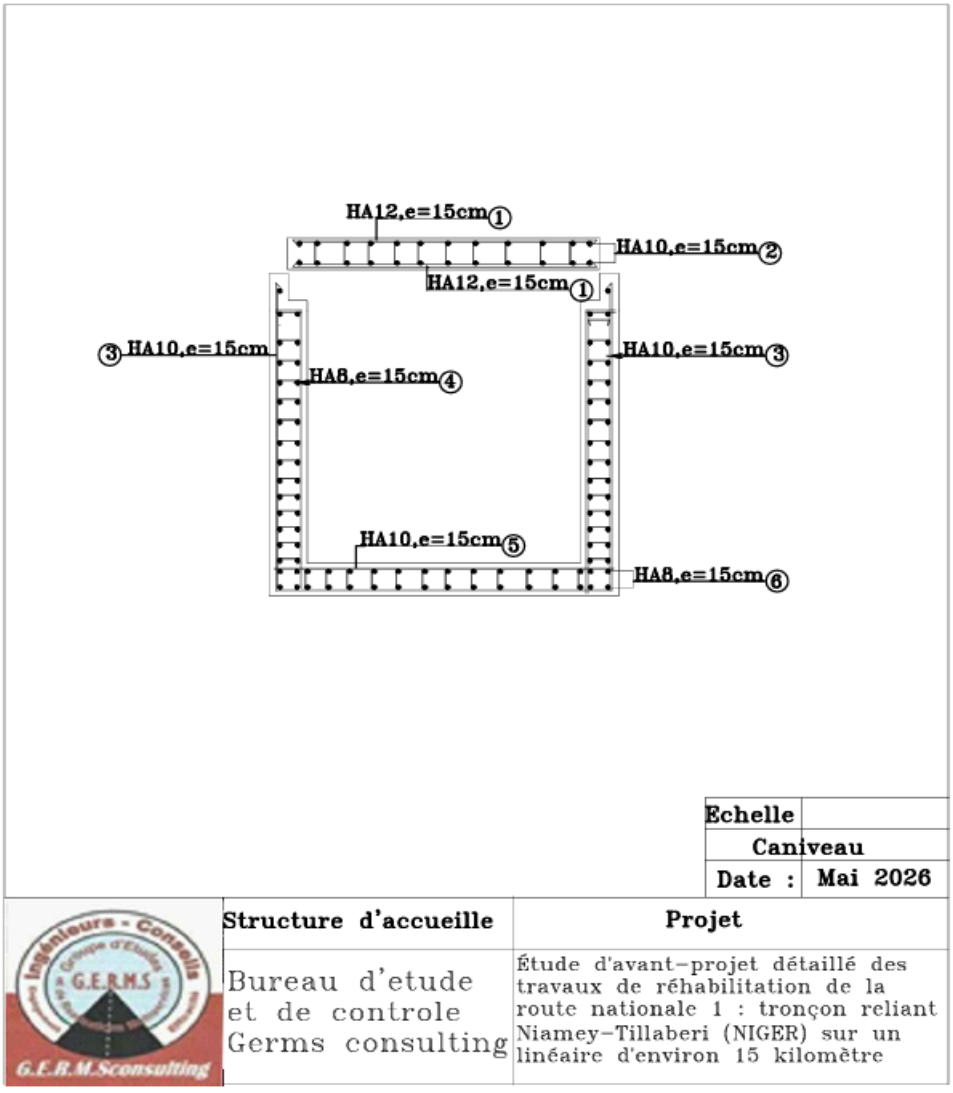


Figure 12 : Plan de ferraillage du caniveau

VI. Signalisation, sécurité routière et Synthèse de l'étude d'impact environnemental et social.

Dans cette section, nous allons examiner la sécurité routière, avec un focus sur la signalisation verticale et horizontale. Nous effectuerons aussi un résumé de l'analyse d'impact environnemental afin de repérer les impacts bénéfiques et nuisibles du projet, ce qui nous donnera la possibilité de suggérer des actions pour les réduire ou les rectifier.

1. Signalisation et sécurité routière

L'élaboration de routes demande des mesures de sécurité pour protéger les usagers, les résidents et les ouvriers, tout en garantissant la pérennité des infrastructures. Le code de la route régit les panneaux de signalisation qui, en plus de rendre la circulation plus sûre et aisée, fournissent des renseignements indispensables aux automobilistes et aux piétons.

1.1Signalisation temporaire

Le trafic peut être perturbé par des événements tels que les chantiers, les accidents ou les congestions routières.

Sur notre site de construction, nous avons instauré des voies de contournement afin d'empêcher le passage des véhicules sur la route en travaux qui pourrait causer des dommages. La signalisation temporaire comprend des marquages au sol, des panneaux et divers équipements pour assurer la sécurité et l'écoulement du trafic. Nous avons :

- La signalisation à l'entrée du site (position, pré-signalisation, etc.) ;
- La signalisation de jalonnement (indications de changements de direction, etc.) ;
- La signalisation de limite de vitesse.

1.2Signalisation permanente

La signalisation continue a été définitivement mise en place sur la route pour assurer la sécurité des utilisateurs. Elle comprend deux types cruciaux : la signalisation horizontale et la signalisation verticale.

1.3Signalisation horizontale

Elle inclut des marquages au sol qui définissent de manière explicite les zones de la route dédiées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers. Dans certaines situations, ces signalements suggèrent aussi la conduite que doivent adopter les utilisateurs. Par défaut, ces marquages sont effectués en couleur blanche.

Pour notre projet, nous retenons 2 types de lignes longitudinales :

- Ligne discontinue ou ligne type T1 : elles séparent les trois voies de circulation dans un même sens et permettent aux véhicules de changer de voie en toute sécurité ;
- Ligne de rive ou ligne de type T2 : ce sont des lignes situées au bord de la route. Elles sont nécessaires dans la nuit ou dans la saison pluvieuse pour bien se diriger et le suivre le sens de la route.

1.4Signalisation verticale

Ceux-ci rassemblent l'ensemble des panneaux verticaux qui assistent les usagers dans leurs déplacements en toute sûreté, en leur procurant des renseignements indispensables concernant les traversées, les stations et les restrictions de vitesse. On distingue :

- Les panneaux de type A : De forme rectangulaire, ils signalent les dangers éventuels ;
- Les panneaux d'intersection et de priorité de type AB : De forme circulaire, ils indiquent les arrêts obligatoires, les passages piétons, et les priorités de passage ;
- Les panneaux de type C : De forme carrée et généralement à fond bleu, leur rôle est d'informer les usagers des règles de circulation ou de la présence d'aménagements et de services utiles pour faciliter leur trajet ;
- Les panneaux de type B : ceux sont des signaux de prescription qui notifient aux usagers la réglementation concernant les interdictions, les obligations et les limitations. Ils ont une forme ronde et se déclinent en plusieurs déclinaisons de couleurs selon leur message ;
- Les panneaux de type EB : rectangulaires, ils signalent les entrées ou sorties d'agglomération.

Cette signalisation a pour but de garantir une lecture claire et une compréhension simple pour les usagers, tout en respectant le code de la route et les normes techniques de conception des routes.

Voir en **Annexe 6 : Signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social, les différentes signalisation et quantités prévue pour notre projet.**

2. Sécurité routière

Dans le contexte de ce projet, notre objectif est d'implanter des ralentisseurs et des éclairages publics appropriés en milieu urbain afin d'assurer la sécurité :

2.1 Les ralentisseurs

Ces systèmes de sécurité imposent aux chauffeurs de diminuer leur vitesse, contribuant ainsi à une diminution significative du danger d'accidents. Toutefois, afin de garantir un confort lors de la circulation, leur mise en place doit être soigneusement planifiée. Dans notre portion, ils seront positionnés à des points stratégiques tels que devant les centres de santé et les marchés, où la protection des usagers est essentielle.

2.2 Eclairage public

L'éclairage public joue un rôle crucial pour garantir la sécurité sur les routes, tout en rehaussant le confort des utilisateurs et en mettant en valeur l'aspect esthétique de la route. Il offre la possibilité de parcourir la nuit avec une sécurité totale et optimale. Pour notre segment, nous avons opté pour des lampadaires épurés, réalisés en acier galvanisé et alimentés par l'énergie solaire, comme une solution durable et écoresponsable. Des tubes fluorescents montés sur un circuit unique fourniront l'éclairage. Les caractéristiques prévues :

- Hauteur des candélabres : 10 mètres, pour une bonne diffusion de la lumière ;
- Espacement : 30 mètres entre chaque candélabre, pour une répartition homogène de l'éclairage ;
- Luminance moyenne : 2 cd/m² minimum, adaptée aux voies urbaines à faible trafic.

3. Notice d'impact environnemental et social

Cette notice vise principalement à repérer et à analyser les effets environnementaux associés aux travaux de réhabilitation de la portion RN1-W, qui va du rond-point nigelec de Niamey (PK0+000) jusqu'à Tillaberi. Elle englobe toutes les étapes du projet, de la phase de pré-construction à la construction, en passant par le démontage et l'exploitation, tout en suggérant des actions pour réduire ou maximiser ces impacts.

La démarche adoptée s'appuie sur une méthode structurée et participative, en association avec tous les intervenants impliqués. Cette approche facilitera l'inclusion progressive, tout au long du processus, des apports des communautés locales, des responsables administratifs et traditionnels, des services techniques ainsi que des représentants élus locaux. Plusieurs phases essentielles structureront le projet : l'examen des documents en place, les discussions avec les acteurs concernés, les investigations sur le terrain, ainsi que l'analyse des informations recueillies.

Cette notice est structurée en plusieurs parties :

- Description des activités du projet ;
- Identification des activités source d'impact d'impacts ;
- Analyse des composantes environnementales affecté ;
- Évaluation des impacts identifiés ;
- Présentation du cadre politique, juridique et institutionnel lié au projet.

3.1 Les activités du projet

Dans ce cadre, diverses opérations doivent être effectuées. Ces actions sont récapitulées dans un tableau **à l'annexe 6 : signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social.**

3.2 Composantes de l'environnement affecté

Chaque projet a un impact sur l'environnement, qui comprend à la fois les éléments naturels et humains. On peut toucher les éléments suivants :

- Pour le milieu naturel : les sols, l'eau, l'air, le paysage, la faune et la flore ;
- Pour le milieu humain : les infrastructures, l'emploi, les revenus, ainsi que la sécurité et la santé.

3.3 Identification et évaluations des impacts

Le projet englobe de multiples actions susceptibles d'avoir des conséquences à divers stades : la phase de pré-construction, la phase de construction, le repli et l'exploitation. Cette section est consacrée à l'étude de ces impacts, visant à repérer, exposer et mesurer les effets majeurs du projet sur l'environnement.

On utilise une version modifiée de la matrice de Leopold pour déterminer les impacts. Cette approche établit un lien entre les sources d'impacts significatifs et les composantes de l'environnement affectées par le projet. La matrice illustre donc les relations entre les activités du projet et les caractéristiques des environnements concernés.

L'appréciation des effets se base sur l'examen de divers facteurs : le type, la force, la durée et l'étendue des perturbations sur les éléments essentiels de l'environnement. Toutefois, l'évaluation de certains impacts peut s'avérer complexe, soit en raison d'un manque d'informations, soit parce qu'ils comportent simultanément des éléments positifs et négatifs.

Une synthèse des résultats, sous forme de matrice, est disponible à **l'annexe 6 : signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social.**

3.4 Cadre politique, juridique et institutionnel

Le projet s'inscrit dans un cadre réglementaire strict :

a. **Politique** : Stratégie Nationale des Transports (SNT 2011-2025) et PDES 2022-2026 ;
b. **Juridique** : Loi n°2018-28 sur l'Évaluation Environnementale, Loi-cadre relative à la gestion de l'environnement (98-56) et Code de l'eau ;
c. **Institutionnel** : Le Ministère de l'Environnement (via le BNEE) assure le suivi, tandis que le Ministère de l'Équipement (DGTP) est le maître d'ouvrage.

3.5 Proposition de mesure contre les impacts

Dans ce segment, on suggère des actions d'atténuation pour chaque élément du projet et en fonction de ses diverses étapes de développement. Elles sont présentées dans une table en Anexe.

Le but de ces initiatives est d'anticiper, et même de minimiser, les conséquences néfastes du projet.

VII. Devis estimatif et quantitatif

Ce chapitre a pour objectif de chiffrer les travaux de réhabilitation de la route nationale 1. Pour réaliser cet objectif, il nous a été fournie le DQE afin de le consulter et de l'adapter à notre projet. Ce document décrit les volumes de matériaux requis, les actions planifiées et les lignes budgétaires indispensables, assurant une administration performante du projet.

Le coût estimatif de ce projet est détaillé en annexe 7 : Devis estimatif et quantitatif du projet.

Cependant, un résumé est présenté dans un tableau ci-dessous :

Tableau 25 : récapitulatif du coût du projet

No Prix	Désignation	Montant (HT-HD) F CFA
000	INSTALLATION DE CHANTIER	1 977 500 000
100	DEGAGEMENT DES EMPRISES	436 098 315
200	CHAUSSEES	49 521 004
300	REVETEMENT	412 174 664
400	OUVRAGES, ASSAINISSEMENT ET PROTECTION	2 200 536 530
500	ENTRATIEN D'OUVRAGES	78 908 194,6
600	SECURITE ET SIGNALISATION	42 403 800
700	PROVISIONS POUR DEPLACEMENT DES RESEAUX DIVERS EXISTANTS	710 000 000
800	ECLAIRAGE PUBLIC	132 950 000
900	ENVIRONNEMENT	174 000 000
1000	AMENAGEMEMNT CONVEXE	9 848 700 000
TOTAL GÉNÉRAL HT		16 062 792 508
TVA 19%		3 051 930 576
TOTAL PROJET TTC		19 114 723 084

Conclusion

Cette étude a portée sur la proposition d'aménagement et bitumage de la section de la route nationale 1 allant de Niamey à Tillaberi, s'étendant sur environ 15 km, en vue d'améliorer l'infrastructure routière de la ville de Niamey.

L'examen préalable à cette analyse a permis de juger la condition de la chaussée et de suggérer des mesures de consolidation et d'extension pour certains segments. Le recyclage de la couche existante va permet la pose d'une couche de gravier latéritique naturel de 20 cm en suite la création d'un sol-ciment sur lequel sera posé un revêtement en béton bitumineux de 5 cm, assurant la pérennité de la chaussée tout en maximisant l'économie de sa remise en état.

Nous avons alors procédé à la conception géométrique de notre étude pour déterminer l'itinéraire de la route et les profils longitudinaux et transversaux types. La route comprendra plusieurs segments ajustés aux divers tracés : une route à 2×3 voies pour le segment du PK0+000 au PK4+100, une route à 2×2 voies pour le segment du PK4+100 au PK10+500 et une route à 1×2 voies pour le segment du PK10+500 au PK15+500.

L'analyse hydrologique et hydraulique a mené à la conception d'un dispositif d'évacuation des eaux de pluie grâce à un système de drainage. Cinq canaux de drainage sont envisagés dont 3 de dimension 2x3x3m, un de dimension 3x3x3m et un de 4x3x3m qui sera abandonné à cause d'un pont existant à ce niveau, ainsi que des caniveaux de 50x50 cm, afin d'assurer une bonne gestion de l'eau pluviale et de prévenir les dangers d'inondation.

L'estimation des impacts environnementales et sociales, basée sur notre étude, a démontré que le projet dans sa globalité offre des avantages significatifs qui l'emportent sur les désavantages détectés. Des stratégies d'atténuation adéquates ont été suggérées afin de minimiser les effets indésirables et d'assurer une mise en application qui respecte l'environnement et les habitants locaux.

L'évaluation globale du projet, incluant les diverses analyses techniques, les opérations de construction ainsi que les actions d'atténuation sur le plan environnemental et social, s'élève à 19.114.723.084 FCFA TTC. Cette somme englobe tous les éléments indispensables à la mise en place de l'infrastructure routière et garantit sa pérennité sur le long terme.

Au regard des résultats obtenus, nous recommandons :

- Mettre à jour les différentes normes de dimensionnement pour qu'elles reflètent au mieux la réalité de nos pays africains ;
- Il est crucial d'établir nos propres critères d'analyse des matériaux pour surmonter efficacement nos défis, faute de quoi nos routes continueront d'être mal calibrées et finiront par céder facilement ;
- Examiner les diverses approches empiriques pour dénicher des techniques plus modernes ;
- Posséder une méthode distincte pour le diagnostic des chaussées ou mettre à jour la méthode VIZIR ;
- Intégrer une stratégie d'entretien préventif dès la conception ;
- Faire le comptage du trafic désormais par le biais des câbles piézoélectriques.

Bibliographie

[1] Le Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics, «GUIDE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX», Paris: L'Imprimerie Nationale., 1980.

[2] Bureau d'étude GERMS consulting, «« Études de faisabilité économique, d'impact environnemental et social et études techniques détaillées avec production du dossier d'appel d'offres (DAO) pour les travaux de Réhabilitation de la route Niamey - Tillabéri »,» Bureau d'étude GERMS consulting, Niamey (Niger), 2023.

[3] Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures de Mobilité (IDRRIM), « Diagnostic et conception des renforcements de chaussée», Bron (France): Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), 2016.

[4] Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics(CEBTP)-Laboratoire Central des Ponts et Chaussées(LCPC), «Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux», Paris (France): Ministère des Relations Extérieures, Coopération et Développement et La Documentation Française., 1985.

[5] N. V. TUU, « Hydraulique routière», Paris (France): Ministère de la Coopération et du Développement et La Documentation Française., 1981.

[6] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), «Manuel pour l'estimation des crues decennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jauges de l'Afrique sahelienne et tropical sèche», Rome (Italie): rganisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 1996.

[7] Groupe de travail BAEL-BPEL (Commission Générale de Normalisation du Bâtiment - DTU), « Règles BAEL 91 révisées 99 Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites Fascicule 62, titre 1er du CCTG - Travaux section 1 : béton armé», Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), 2000.

[8] Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), « Aménagement des routes principales », Bagneux (France): Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), 1994.

[9] AGEROUTE-Sénégal / Groupement EGIS-IFSTTAR-SENELABO, « Catalogue de structure de chaussées neuves et guide de dimensionnement de chaussée au Sénégal », Dakar (Sénégal): AGEROUTE-Sénégal, 2015.

[10] Association Française de Normalisation (AFNOR), « Dimensionnement structurel des chaussées routières», Paris (France): Association Française de Normalisation (AFNOR), 2011.

[11] Commission centrale des marchés rattachée aux Ministères de l'Équipement, de l'Économie et des Finances, «Fascicule 61 titre II Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art - Programme de charges et épreuves des ponts routes », Paris (France): Commission centrale des marchés, 1980.

[12] Groupe de travail AGEPAR AIPCR (PIARC), « Revue du guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux», La Défense cedex (France): Association mondiale de la Route (PIARC), 2019.

[13] H. N. Hassane, *«ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE de la portion de voirie RN25 ''Rondpoint Telwa-Sortie route Filingué SAGA GOROU" sur un Linéaire de 6,50 km dans le cadre du PROJET D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE VOIRIE DANS LA VILLE DE NIAMEY»,* Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2iE), 2024.

[14] M.ALASSANE, *«Pathologie et entretien routier»,* Ouagadougou (Burkina Faso), 2025.

[15] M.COMBERE, *«Cours d'aménagement routier»,* Ouagadougou (Burkina Faso), 2020.

[16] M.MONE, *« Route 2»,* Ouagadougou (Burkina Faso), 2024.

Annexe

Annexe 1: Conception géométrique ii

Annexe 2 : Diagnostic, géotechnique, de la chaussée existante et du dimensionnement de la nouvelle chaussée xiii

Annexe 3 : Etude hydrologique et hydraulique xvi

Annexe 4 : Dimensionnement structural des dalots xxiv

Annexe 5 : Dimensionnement structural des caniveaux lxvii

Annexe 6 : Signalisation, sécurité et notice d'impact environnemental et social lxxxvii

Annexe 7 : Devis estimatif et quantitatif du projet xcvi

Liste des tableaux

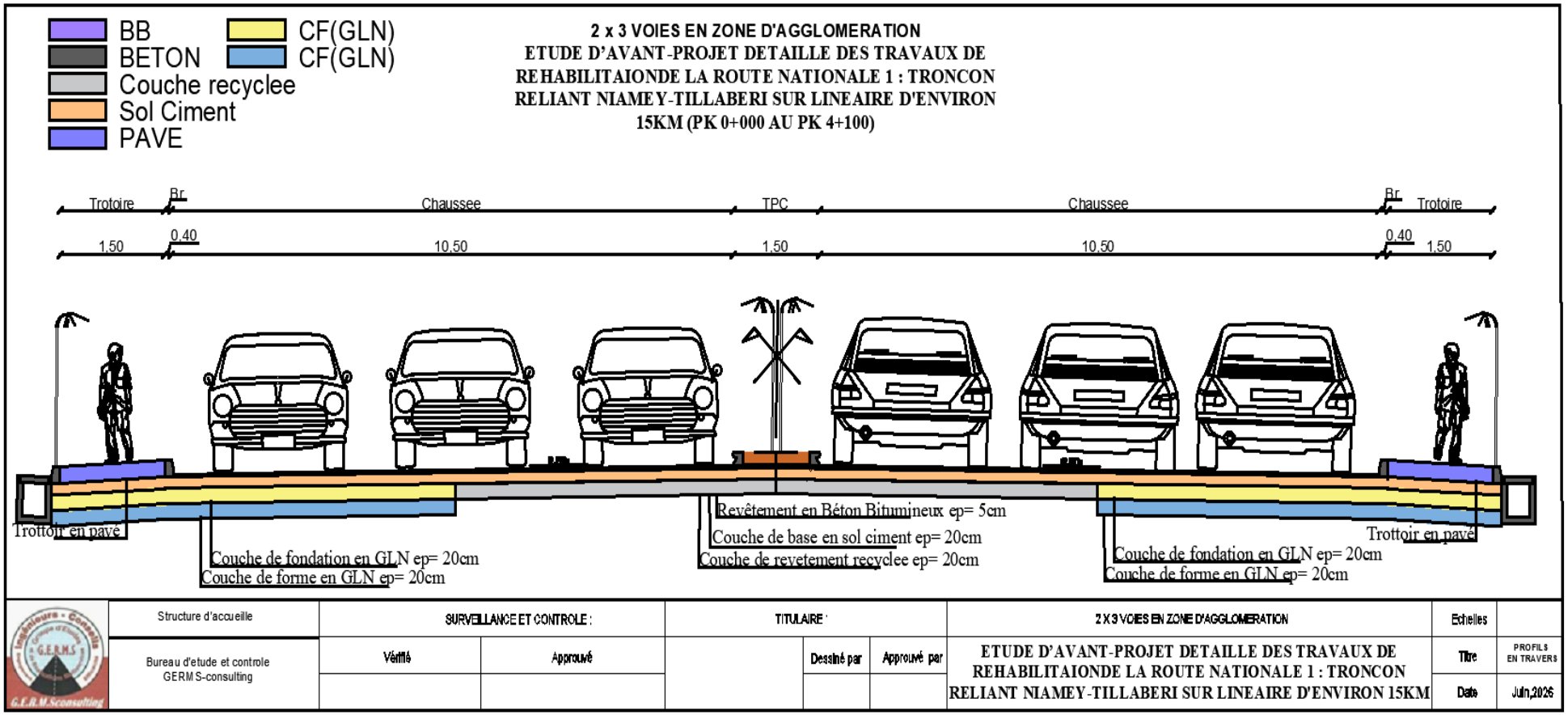
Tableau 1 : Répartition des sondages à l'axe du tronçon xiv
Tableau 2 : Répartition des sondages sur plateforme xiv
Tableau 3 : calcul méthode rationnelle xvi
Tableau 4 : coefficient de montana en fonction de la période de retour xvii
Tableau 5 : Paramètres de l'équation de détermination de Kr70 pour la zone sahélienne en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité xvii
Tableau 6 : Paramètres de l'équation de détermination de Kr100 pour la zone sahélienne en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité xviii
Tableau 7 : cacul méthode ORSTOM xx
Tableau 8 : dimensionnement hydraulique des sections des dalots xxiii
Tableau 9 : récapitulatif des signalisations lxxxvii
Tableau 10 : Les activités sources d'impact lxxxviii
Tableau 11: activités sources d'impacts lxxxviii
Tableau 12 : identification et évaluation des impacts xci
Tableau 13 : Proposition de mesure contre les impacts. xci
Tableau 14 : devis estimatif et quantitatif xcvi

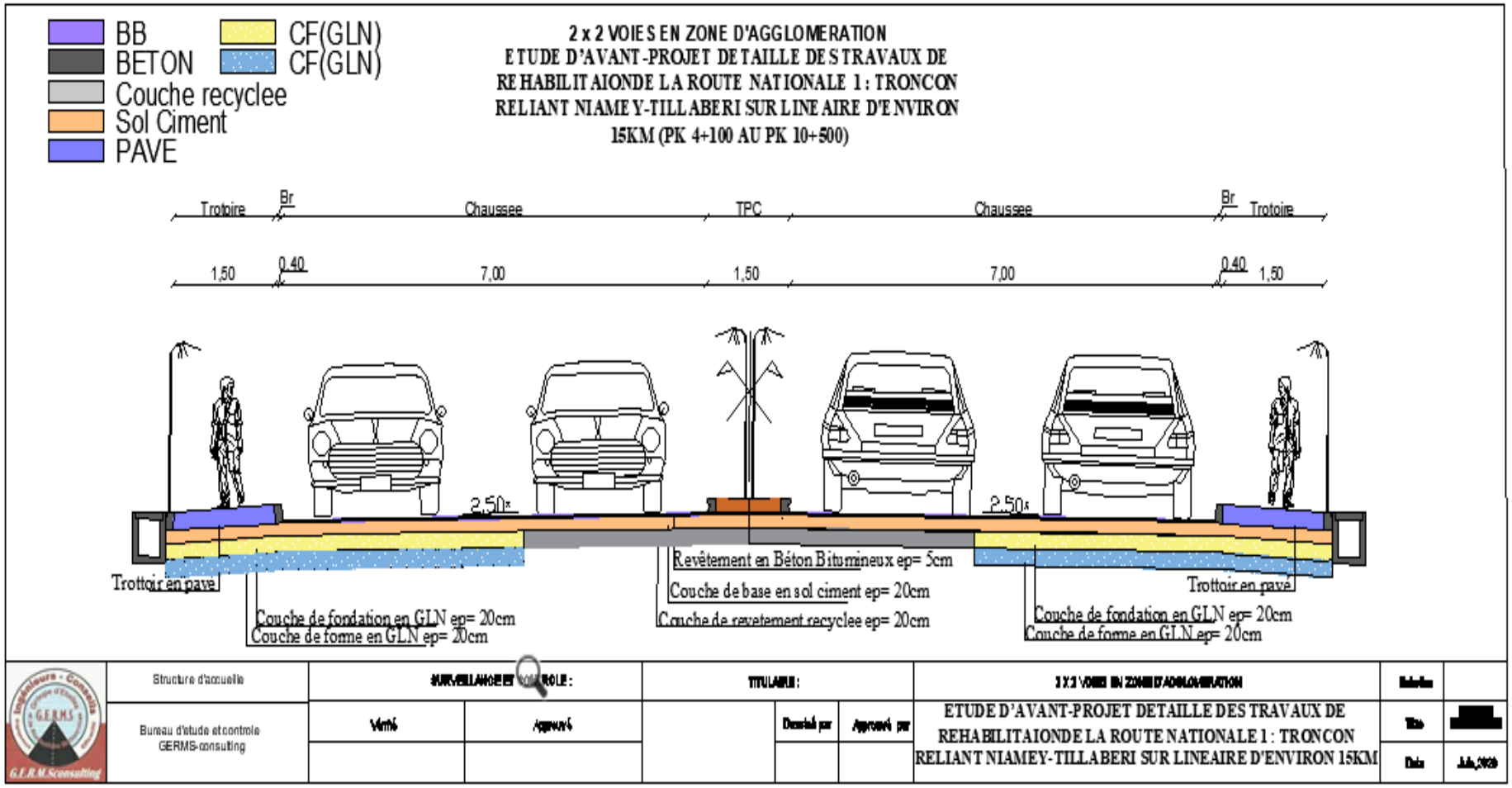
Liste des figures

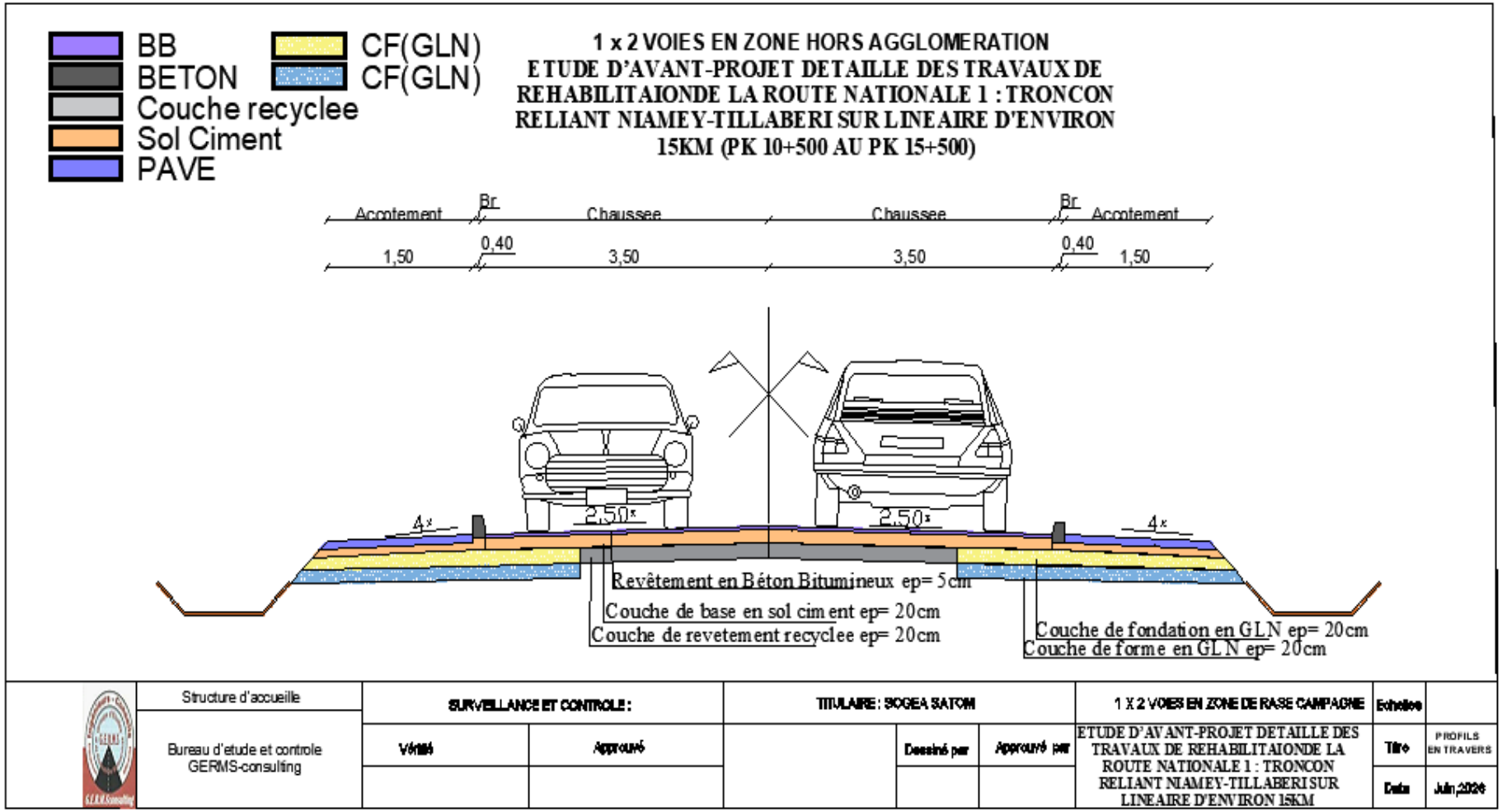
Figure 1: PK 1+350 revêtements en bon état
Figure 2: PK 2+800 Orniérages à petit rayon ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 3 : nid de poule entre Bangoula et tagabatti
Figure 4 : tapis mince **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 5 : Abaque pour le calcul de H1* ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 6 : Abaque pour le calcul de la pente critique ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 7 : Abaque pour le calcul de V* ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Annexe 1: Conception géométrique

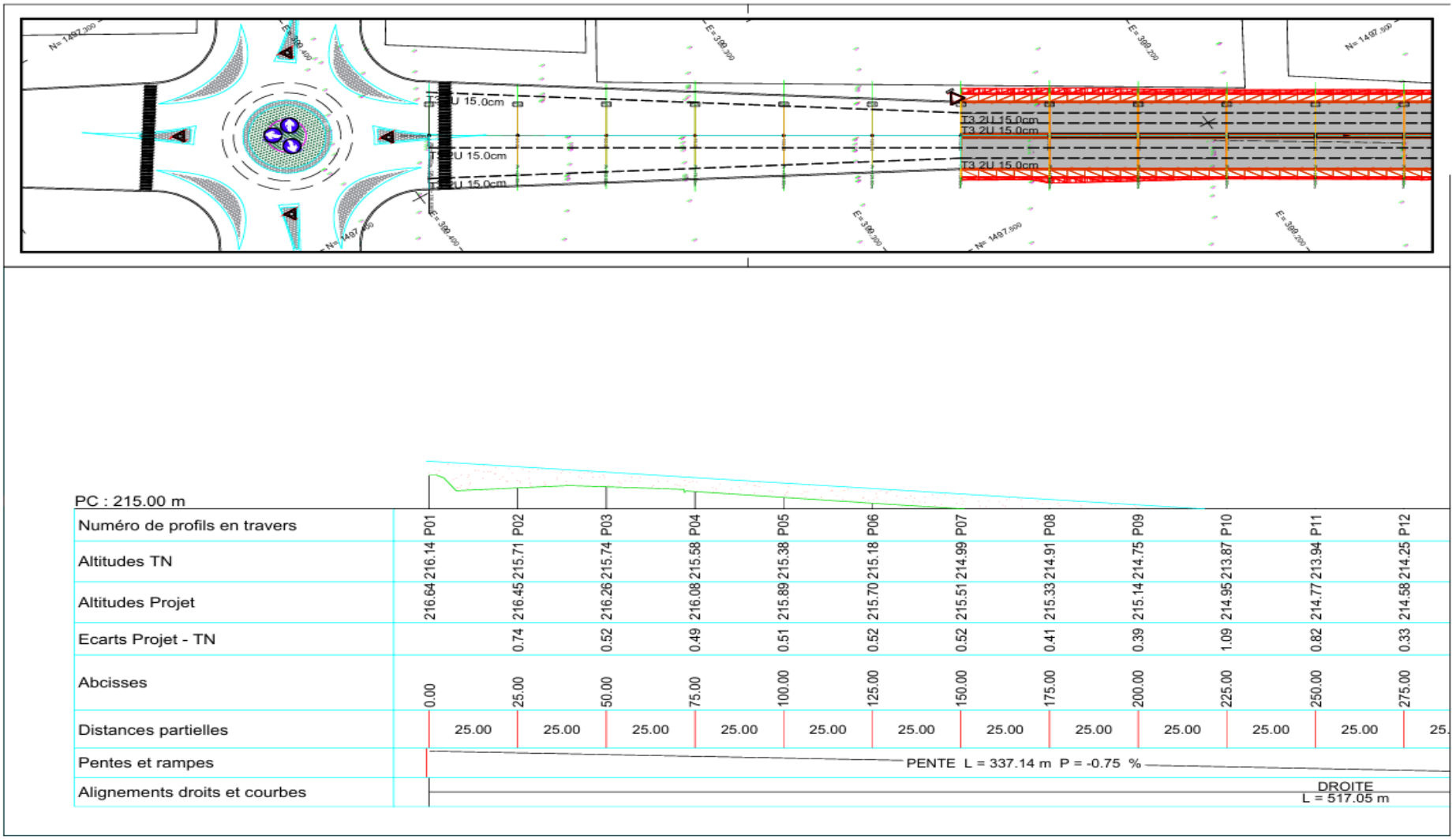
✓ Les différents profils en travers

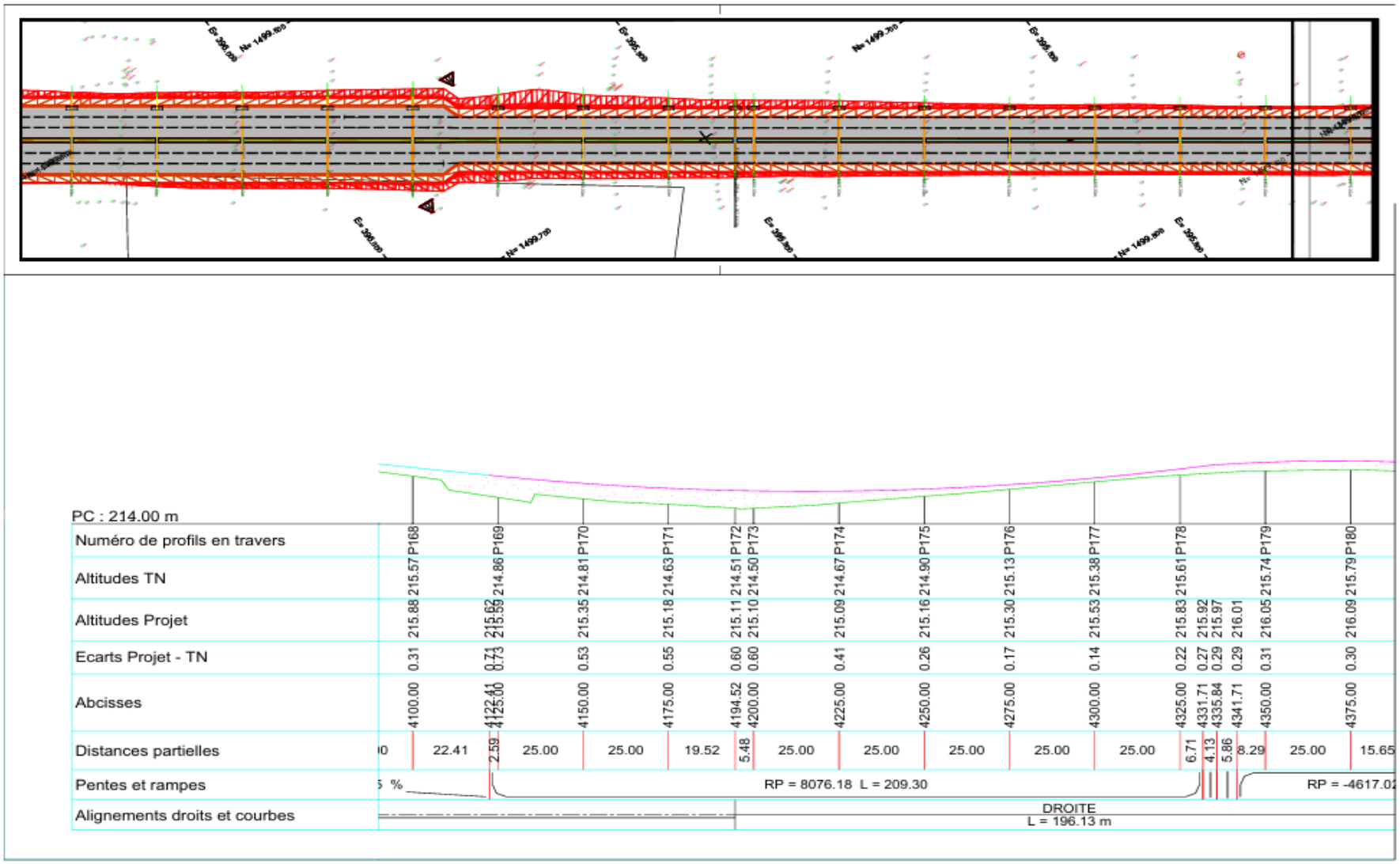


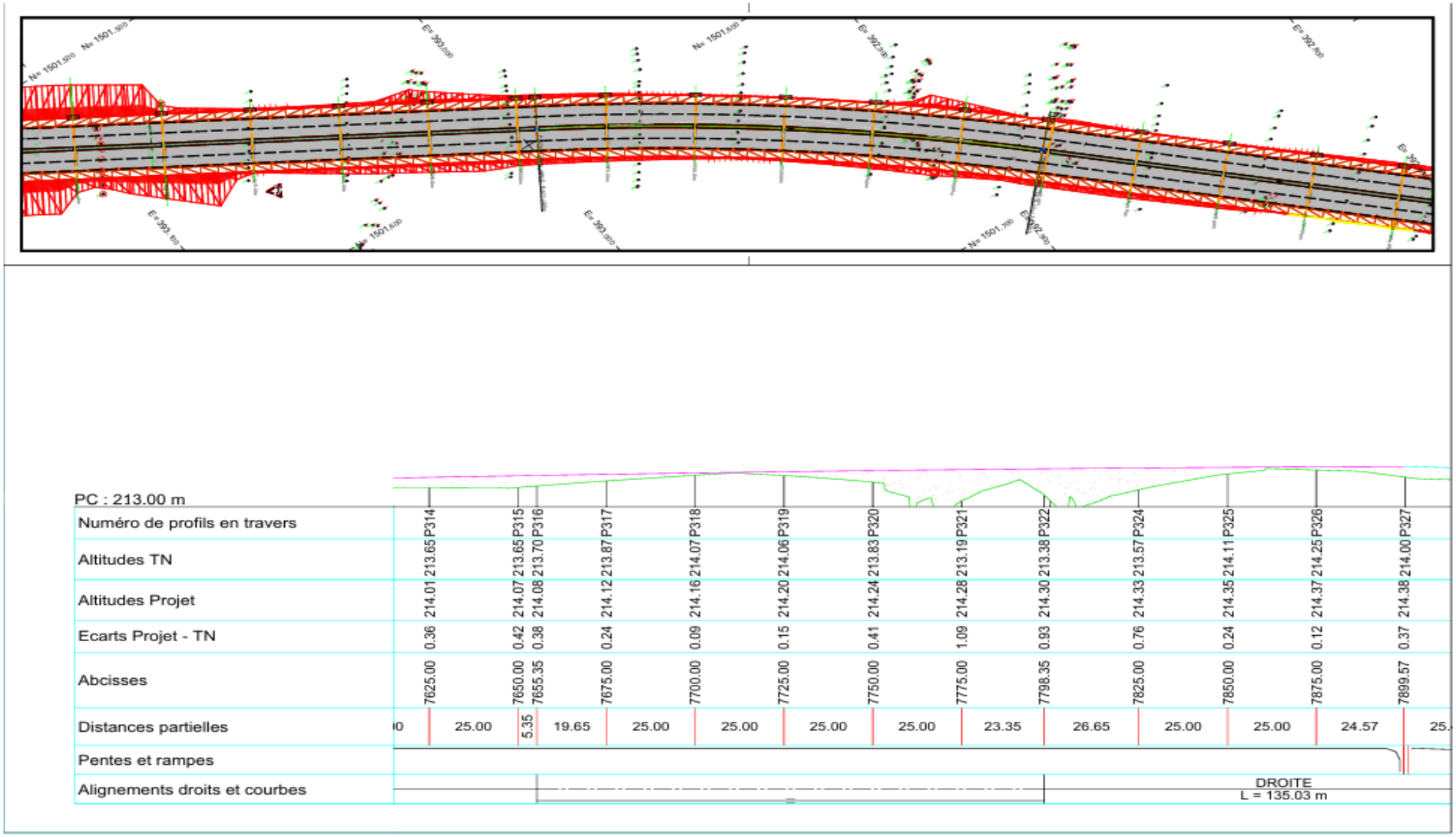

BB
BETON
Couche recyclee
Sol Ciment
PAVE
CF(GLN)
CF(GLN)
2 x 2 VOIES EN ZONE D'AGGLOMERATION
ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE DES TRAVAUX DE REHABILITAIONDE LA ROUTE NATIONALE 1 : TRONCON RELIANT NIAMEY-TILLABERI SUR LINEAIRE D'ENVIRON 15KM (PK 4+100 AU PK 10+500)
Trotoire
Br
Chaussee
TPC
Chaussee
Br
Trotoire
1,50
0,40
7,00
1,50
7,00
0,40
1,50
2,50
2,50
Trottoir en pave
Couche de fondation en GLN ep= 20cm
Couche de forme en GLN ep= 20cm
Revêtement en Béton Bitumineux ep= 5cm
Couche de base en sol ciment ep= 20cm
Couche de revetement recyclee ep= 20cm
Trottoir en pavé
Couche de fondation en GLN ep= 20cm
Couche de forme en GLN ep= 20cm
Structure d'accueille
Bureau d'etude et controle
GERMS-consulting
TITULAIRE :
ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE DES TRAVAUX DE REHABILITAIONDE LA ROUTE NATIONALE 1 : TRONCON RELIANT NIAMEY-TILLABERI SUR LINEAIRE D'ENVIRON 15KM

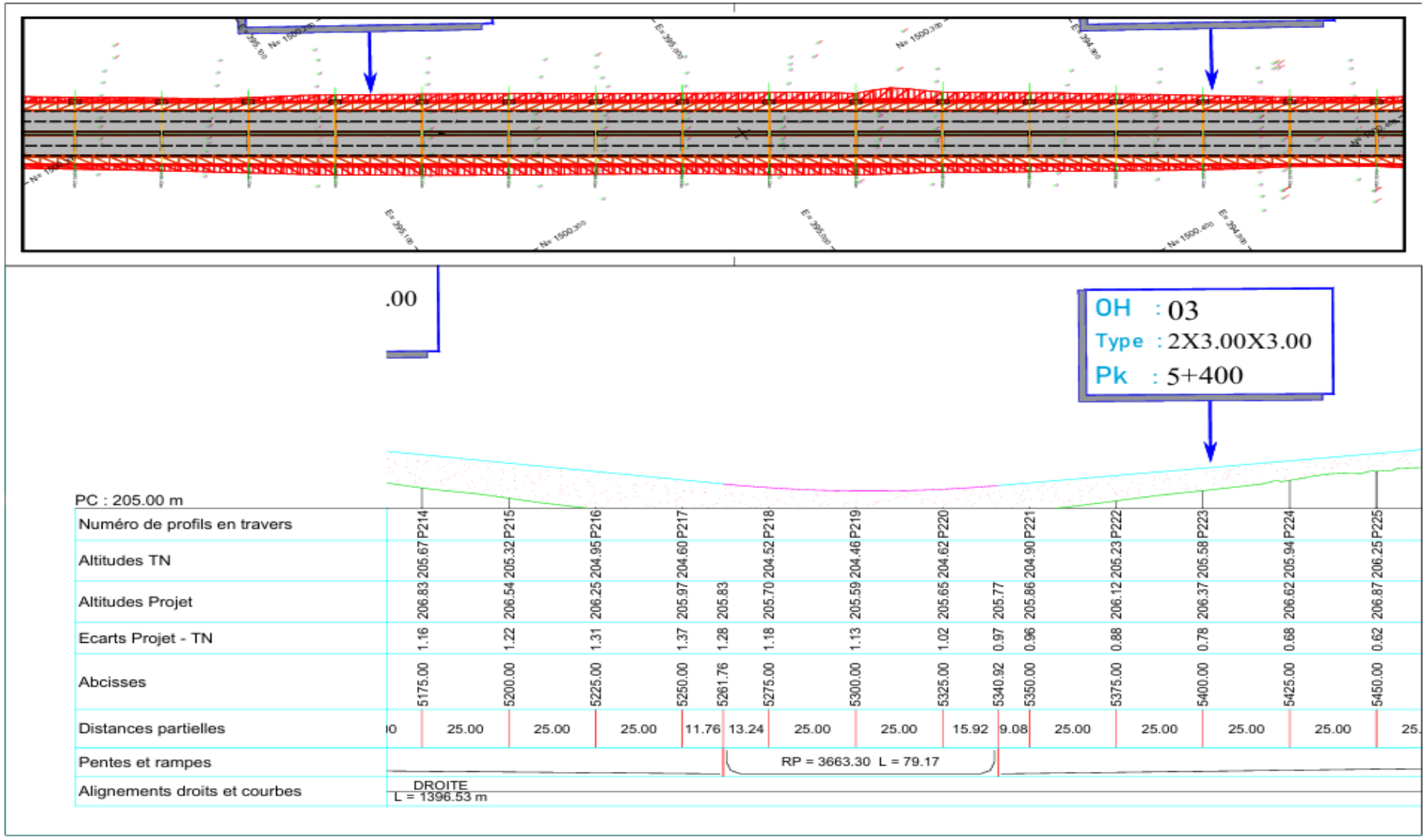

BB
BETON
Couche recyclee
Sol Ciment
PAVE
CF(GLN)
CF(GLN)
1 x 2 VOIES EN ZONE HORS AGGLOMERATION
ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE DES TRAVAUX DE REHABILITAIONDE LA ROUTE NATIONALE 1 : TRONCON RELIANT NIAMEY-TILLABERI SUR LINEAIRE D'ENVIRON 15KM (PK 10+500 AU PK 15+500)
Accotement
Br
Chaussee
Chaussee
Br
Accotement
1,50
0,40
3,50
3,50
0,40
1,50
4%
2,50%
2,50%
4%
Revêtement en Béton Bitumineux ep= 5cm
Couche de base en sol ciment ep= 20cm
Couche de revetement recyclee ep= 20cm
Couche de fondation en GLN ep= 20cm
Couche de forme en GLN ep= 20cm
Structure d'accueille
Bureau d'etude et controle GERMS-consulting
SURVEILLANCE ET CONTROLE :
Vérifié
Approuvé
TITULAIRE : SOGEA SATOM
Dessiné par
Approuvé par
1 X 2 VOIES EN ZONE DE RASE CAMPAGNE
ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE DES TRAVAUX DE REHABILITAIONDE LA ROUTE NATIONALE 1 : TRONCON RELIANT NIAMEY-TILLABERI SUR LINEAIRE D'ENVIRON 15KM
Echelle
Titre
PROFILS EN TRAVERS
Date
Juin;2026

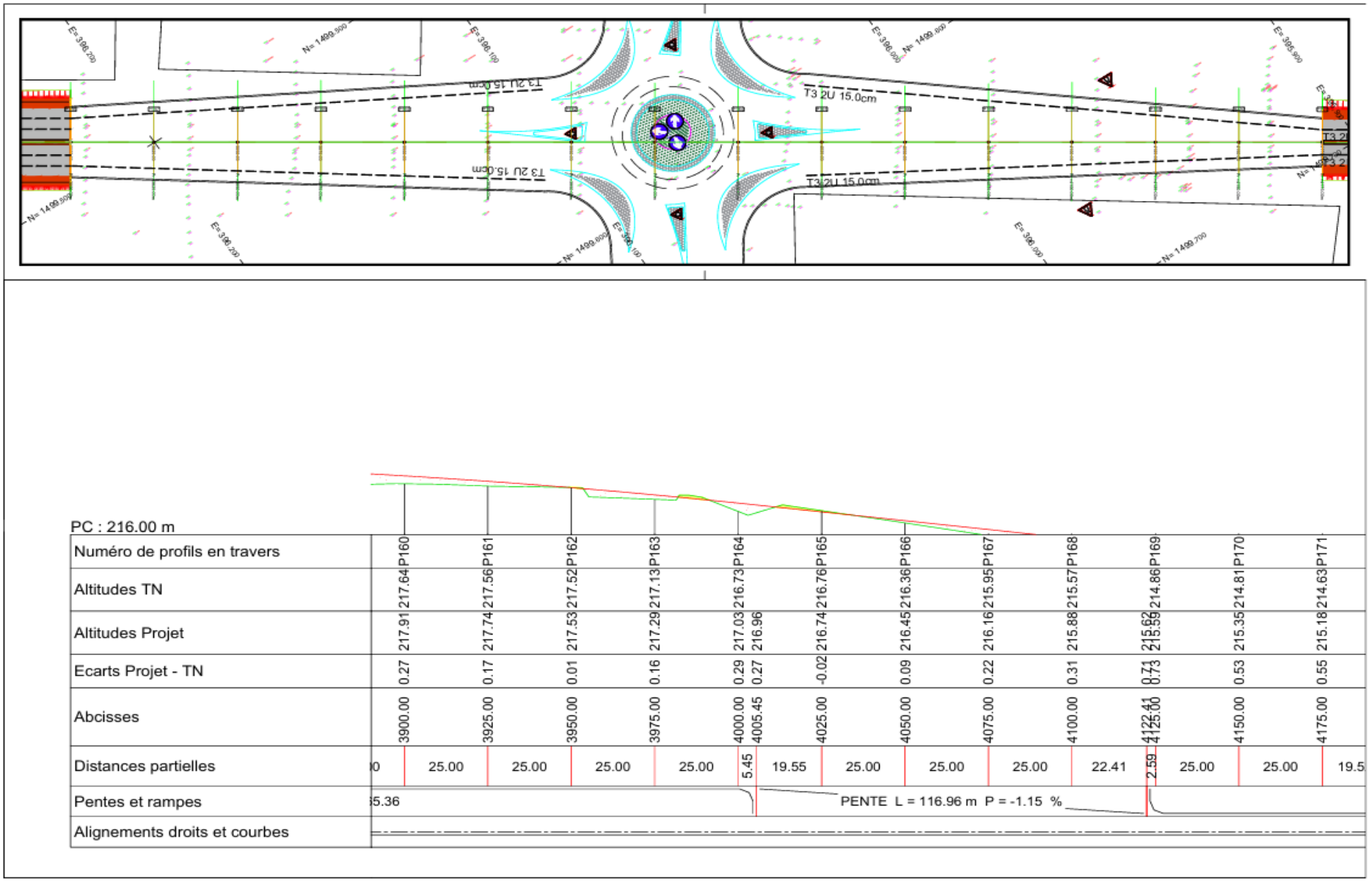
✓ Le tracé combiné

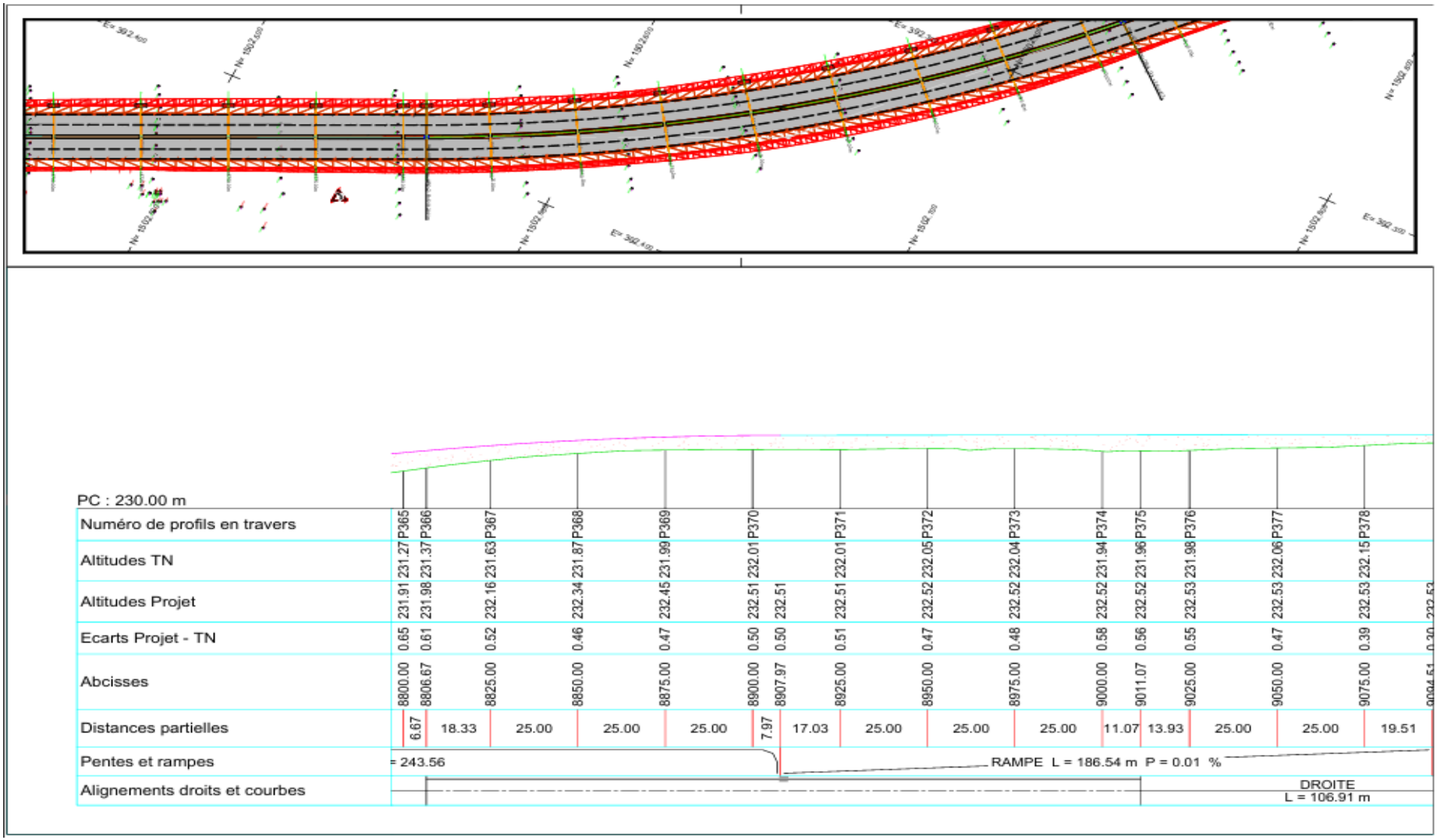


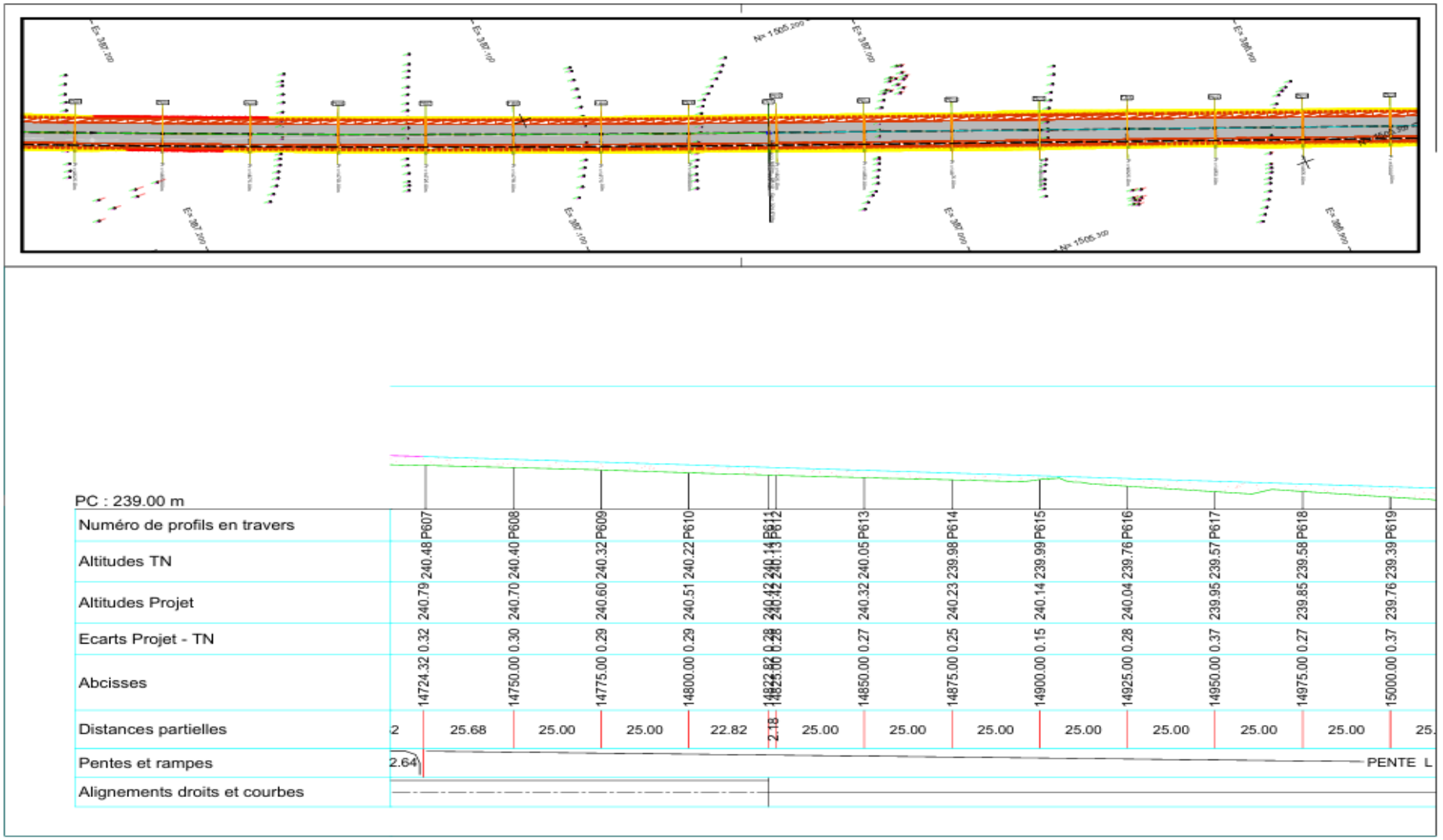

PC : 214.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
P168 P169 P170 P171 P172 P173 P174 P175 P176 P177 P178 P179 P180
215.57 214.86 215.35 214.81 214.63 214.51 214.50 214.67 214.90 215.13 215.38 215.61 215.74 215.79
215.88 215.99 215.35 215.18 215.11 215.10 215.09 215.16 215.30 215.53 215.83 215.92 215.97 216.01 216.05 216.09
0.31 0.73 0.53 0.55 0.60 0.60 0.41 0.26 0.17 0.14 0.22 0.27 0.29 0.29 0.31 0.30
4100.00 4125.00 4150.00 4175.00 4194.52 4200.00 4225.00 4250.00 4275.00 4300.00 4325.00 4331.71 4335.84 4341.71 4350.00 4375.00
22.41 2.59 25.00 25.00 19.52 5.48 25.00 25.00 25.00 25.00 25.00 6.71 4.13 5.86 8.29 25.00 15.65
RP = 8076.18 L = 209.30
DROITE
L = 196.13 m

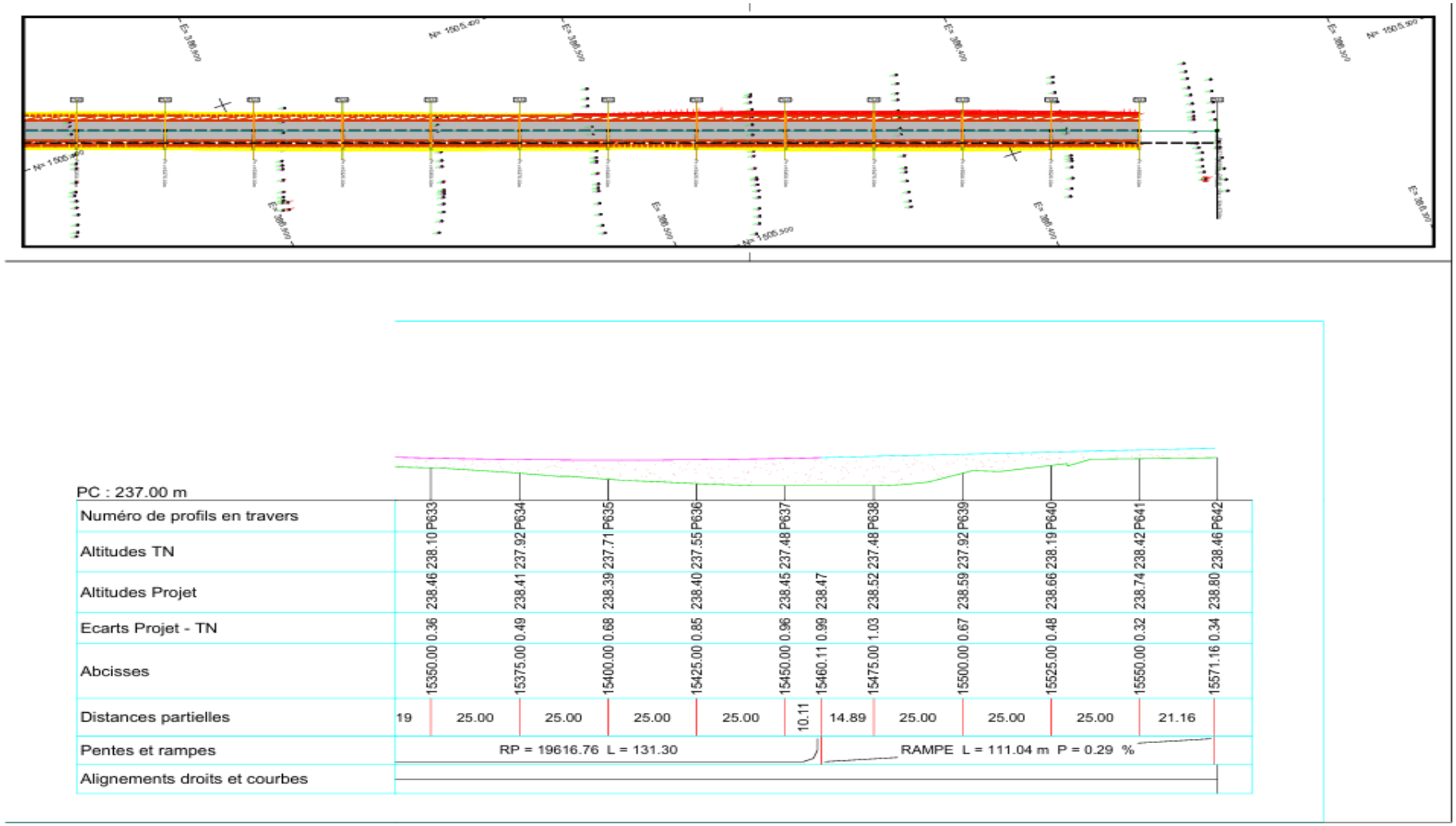

PC : 213.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
P314 P315 P316 P317 P318 P319 P320 P321 P322 P324 P325 P326 P327
213.65 213.65 213.70 213.87 214.07 214.06 213.83 213.19 213.38 213.57 214.11 214.25 214.00
214.01 214.07 214.08 214.12 214.16 214.20 214.24 214.28 214.30 214.33 214.35 214.37 214.38
0.36 0.42 0.38 0.24 0.09 0.15 0.41 1.09 0.93 0.76 0.24 0.12 0.37
7625.00 7650.00 7655.35 7675.00 7700.00 7725.00 7750.00 7775.00 7798.35 7825.00 7850.00 7875.00 7899.57
25.00 5.35 19.65 25.00 25.00 25.00 25.00 23.35 26.65 25.00 25.00 24.57
DROITE
L = 135.03 m


.00
OH : 03
Type : 2X3.00X3.00
Pk : 5+400
PC : 205.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
P214 P215 P216 P217 P218 P219 P220 P221 P222 P223 P224 P225
205.67 205.32 204.95 204.60 204.52 204.46 204.62 204.90 205.23 205.58 205.94 206.25
206.83 206.54 206.25 205.97 205.83 205.70 205.59 205.65 205.77 205.86 206.12 206.37 206.62 206.87
1.16 1.22 1.31 1.37 1.28 1.18 1.13 1.02 0.97 0.96 0.88 0.78 0.68 0.62
5175.00 5200.00 5225.00 5250.00 5261.76 5275.00 5300.00 5325.00 5340.92 5350.00 5375.00 5400.00 5425.00 5450.00
25.00 25.00 25.00 11.76 13.24 25.00 25.00 15.92 9.08 25.00 25.00 25.00 25.00
RP = 3663.30 L = 79.17
DROITE
L = 1396.53 m


T3 2U 15.0cm
T3 2U 15.0cm
T3 2U 15.0cm
T3 2U 15.0cm
PC : 216.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
P160 P161 P162 P163 P164 P165 P166 P167 P168 P169 P170 P171
217.64 217.56 217.52 217.13 216.73 216.76 216.36 215.95 215.57 214.86 214.81 214.63
217.91 217.74 217.53 217.29 217.03 216.96 216.74 216.45 216.16 215.88 215.62 215.59 215.35 215.18
0.27 0.17 0.01 0.16 0.29 0.27 -0.02 0.09 0.22 0.31 0.71 0.73 0.53 0.55
3900.00 3925.00 3950.00 3975.00 4000.00 4005.45 4025.00 4050.00 4075.00 4100.00 4122.41 4125.00 4150.00 4175.00
0 25.00 25.00 25.00 25.00 5.45 19.55 25.00 25.00 25.00 22.41 2.59 25.00 25.00 19.5
5.36
PENTE L = 116.96 m P = -1.15 %


PC : 230.00 m
Numéro de profils en travers
P365 P366 P367 P368 P369 P370 P371 P372 P373 P374 P375 P376 P377 P378
Altitudes TN
231.27 231.37 231.63 231.87 231.99 232.01 232.01 232.05 232.04 231.94 231.96 231.98 232.06 232.15 232.53
Altitudes Projet
231.91 231.98 232.16 232.34 232.45 232.51 232.51 232.51 232.52 232.52 232.52 232.53 232.53 232.53 232.53
Ecarts Projet - TN
0.65 0.61 0.52 0.46 0.47 0.50 0.50 0.51 0.47 0.48 0.58 0.56 0.55 0.47 0.39 0.30
Abcisses
8800.00 8806.67 8825.00 8850.00 8875.00 8900.00 8907.97 8925.00 8950.00 8975.00 9000.00 9011.07 9025.00 9050.00 9075.00 9094.51
Distances partielles
6.67 18.33 25.00 25.00 25.00 7.97 17.03 25.00 25.00 25.00 11.07 13.93 25.00 25.00 19.51
Pentes et rampes
= 243.56
RAMPE L = 186.54 m P = 0.01 %
Alignements droits et courbes
DROITE
L = 106.91 m


PC : 239.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
P607 P608 P609 P610 P611 P612 P613 P614 P615 P616 P617 P618 P619
240.48 240.40 240.32 240.22 240.14 240.13 240.05 239.98 239.99 239.76 239.57 239.58 239.39
240.79 240.70 240.60 240.51 240.42 240.41 240.32 240.23 240.14 240.04 239.95 239.85 239.76
0.32 0.30 0.29 0.29 0.28 0.28 0.27 0.25 0.15 0.28 0.37 0.27 0.37
14724.32 14750.00 14775.00 14800.00 14822.82 14825.00 14850.00 14875.00 14900.00 14925.00 14950.00 14975.00 15000.00
2 25.68 25.00 25.00 22.82 2.18 25.00 25.00 25.00 25.00 25.00 25.00 25.00 25.
2.64
PENTE L


PC : 237.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
P633 238.10 238.46 0.36 15350.00
P634 237.92 238.41 0.49 15375.00
P635 237.71 238.39 0.68 15400.00
P636 237.55 238.40 0.85 15425.00
P637 237.48 238.45 0.96 15450.00
238.47 0.99 15460.11
P638 237.48 238.52 1.03 15475.00
P639 237.92 238.59 0.67 15500.00
P640 238.19 238.66 0.48 15525.00
P641 238.42 238.74 0.32 15550.00
P642 238.46 238.80 0.34 15571.16
19
25.00
25.00
25.00
25.00
10.11
14.89
25.00
25.00
25.00
21.16
RP = 19616.76 L = 131.30
RAMPE L = 111.04 m P = 0.29 %

Annexe 2 : Diagnostic, géotechnique, de la chaussée existante et du dimensionnement de la nouvelle chaussée

- ✓ Images sur quelques dégradations identifiées sur notre tronçon



Figure 13: PK 1+350 revêtements en bon état



Figure 14: PK 2+800 Orniérages à petit rayon



Figure 15 : nid de poule entre Bangoula et tagabatti



Figure 16 : tapis mince

- ✓ Tableau récapitulatif des essais de sondage

Tableau 26 : Répartition des sondages à l'axe du tronçon

Tronçn	NATURE ET PK DU MATERIAU		PROCTOR MODIFIE (NFP 94 093)		PORTANCE CBR (NFP 94 - 078)		LIMITES D'ATTERBERG (NFP 94 - 051)			ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056)					CLASSIFICATION HRB
	NATURE	DU PK AU PK	Densité à l'OPM (g/cm3)	Teneur en eau (%)	CBR à 95% de la densité sèche	CBR à 98% de la densité sèche	WL (%)	WP (%)	IP (%)	< 80µm (%)	< 2 mm (%)	< 5 mm (%)	< 10 mm (%)	< 20 mm (%)	
Niamey-Tillabery	GRAVELEUX LATERITIQUE	Mélange du PK0+000 au PK8+000	2,30	7,00	59,00	68,00	19,40	13,18	6,22	18,54	55,86	74,80	89,53	99,10	A-2-4
Niamey-Tillabery	GRAVELEUX LATERITIQUE	Mélange du PK8+000 au PK15+000	2,23	7,60	56,00	72,00	22,00	11,97	10,03	18,27	62,00	92,77	92,77	100,00	A-2-4
Niamey-Tillabery	GRAVELEUX LATERITIQUE	Mélange du PK15+000 au PK15+500	2,30	5,60	32,00	58,00	20,80	11,61	9,19	17,92	58,68	78,16	92,12	99,35	A-2-4

Tableau 27 : Répartition des sondages sur plateforme

Tronçon	NATURE ET PK DU MATERIAU		PROCTOR MODIFIE (NFP 94 093)		PORTANCE CBR (NFP 94 - 078)		LIMITES D'ATTERBERG (NFP 94 - 051)			EQUIVALENT SABLE [NF P18 598]	ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056)					CLASSE DE PORTANCE
	NATURE	DU PK AU PK	Densité à l'OPM (g/cm3)	Teneur en eau (%)	CBR à 95% de la densité sèche	CBR à 98% de la densité sèche	WL (%)	WP (%)	IP (%)	ES %	< 80µm (%)	< 2 mm (%)	< 5 mm (%)	< 10 mm (%)	< 20 mm (%)	
Niamey-Tillabery	SABLE PROPRE	Mélange du PK0+000 au PK6+000	2,02	5,60	19,00	28,00	-	-	-	22%	12,15	91,16	95,88	98,59	100,00	S4
Niamey-Tillabery	SABLE BRUNATRE	Mélange du PK6+000 au PK10+000	2,04	5,80	36,50	42,00	-	-	-	20%	10,04	83,84	90,46	95,28	100,00	S5
Niamey-Tillabery	SABLE PEU GRAVELEUX	Mélange du PK10+000 au PK14+000	2,08	7,20	37,00	56,00	-	-	-	18%	13,45	96,79	100,00	100,00	100,00	S5
Niamey-Tillabery	SABLE PEU GRAVELEUX	Mélange du PK14+000 au PK15+500	2,16	9,80	34,00	49,00	23,80	15,02	8,78	-	30,54	85,18	92,54	97,88	100,00	S5

Calcul du trafic :

- Calcul de N en croissance linéaire
  - ✓ Calcul du TMJA actualisé :

$$T_n = T_1(1 + (n' - 1)i)\ avec\ n' = 2026 - 2023$$

$$T_{2026} = 171(1 + ([2026 - 2023] - 1)5\%) \qquad \boldsymbol{T_{2026} = 188\ PL}$$

  - ✓ Nombre cumulé de poids lourd :

$$N_1 = 365 * n * T_{2026} * (\frac{2 + (n-1)i}{2})$$

$$N_1 = 365 * 20 * 188 * \left(\frac{2 + (20-1)5\%}{2}\right) \qquad \boldsymbol{N_1 = 2,024290.10^6\ PL}$$

- Calcul de N en croissance exponentielle
  - ✓ Calcul du TMJA actualisé :

$$T_n = T_1(1 + i)^{n'-1}\ avec\ n' = 2026 - 2023$$

$$T_{2026} = 171(1 + 5\%)^{(2026-2023)-1} \qquad \boldsymbol{T_{2026} = 188,52 \sim 189\ PL}$$

  - ✓ Nombre cumulé de poids lourd :

$$N_2 = 365 * T_{2026} * \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

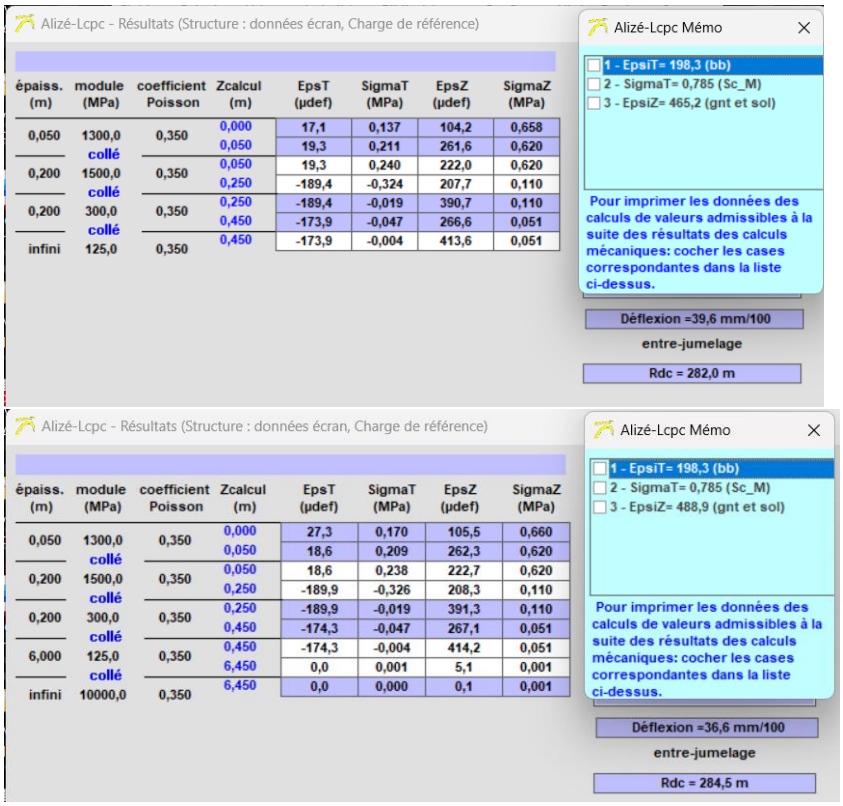
$$N_2 = 365 * 189 * \frac{(1 + 5\%)^{20} - 1}{5\%} \qquad \boldsymbol{N_2 = 2,281055.10^6\ PL}$$

$N_2 > N_1$, alors nous allons considérer N_2 pour l'estimation du trafic

$$NE = N_2 * CAM$$

$$NE = 2{,}281055.10^6 * 1{,}4 \qquad \boldsymbol{NE = 3,193477.10^6\ PL}$$

✓ Résultats de vérification du dimensionnement de nos différentes épaisseur sur Alizé LCPC



Annexe 3 : Etude hydrologique et hydraulique

✓ Méthode rationnelle

Tableau 28 : calcul méthode rationnelle

Bassin Versant	Superficie Km2	Lécoulememnt (m)	Zmax (m)	Zmin (m)	Dénivelé (m)	Temps de concentration min	Intensité de pluie(mm/min)	Intensité de pluie(mm/h)	Coefficient de ruisselement	Débit en m3/s
BV1	1,816	955	233	214	19	16,790907 0735	1,830308 012	109,8184807	0,3	16,61919675
BV2	2,784	1965	238	205	33	31,212481 44	1,342446 895	80,54681372	0,3	18,68686078
BV3	2,806	2355	245	208	37	36,801841 4	1,236307 457	74,17844741	0,3	17,34539362
BV4	3,932	1781	240	203	37	26,689688 72	1,451742 226	87,10453356	0,3	28,54125216
BV5	15,075	9448	256	195	61	150,38765 46	0,611582 669	36,69496017	0,3	46,09804371

Tableau 29 : coefficient de montana en fonction de la période de retour

Tableau 34. *Coefficients a et b pour des averses de durées de retour de 1 à 20 ans.*

Période de retour	1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans
Zone sahélo-soudanienne (b = 0,5)	5,4	6,0	6,9	7,5	8,2
Sénégal (b = 0,5)	6	6,75	7,6	8,5	9,1
Zone côtière : Axim-Abidjan (b = 0,4)	5,6	6,7	8,9	10	12,6
Zone côtière : Accra (b = 0,4)	4,6	5,3	6,8	8,5	9,2
Zone forestière : Kumasi (b = 0,5)	7	8,9	11	12,7	14,3

- ✓ Méthode ORSTOM

Détermination du coefficient de ruissellement décennal Kr70 et Kr100 par interpolation linéaire :

$$Kr_{70} = Kr_{100} = \frac{a}{(S+b)} + c$$

Tableau 30 : Paramètres de l'équation de détermination de Kr70 pour la zone sahélienne en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a	b	c
Infiltrabilité	Ig			
PI	15	3650	51	27
	7	2636	41	23
	3	2239	39	22
I	15	1455	33	21
	7	1140	30	20
	3	825	25	19
RI	15	329	18,5	16,5
	7	239	17,7	14,5
	3	164	17	10,5
P	7	131	13,8	5
TP	7	35	5	1,5

Tableau 31 : Paramètres de l'équation de détermination de Kr100 pour la zone sahélienne en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a	b	c
Infiltrabilité	Ig			
PI	15	5528	69	28
	7	3656	51	26
	3	2727	44	25
I	15	1833	38	24
	7	1476	37	22
	3	1125	32,5	20
RI	15	421	20,5	17,5
	7	300	20	15
	3	250	20	12
P	15	200	20	8
	7	150	20	6
TP	7	67	14	2

- Pour le BV1, on a Ig = 3,46 m/km et S= 1,816 km^2
  - Kr70

On a pour Ig = 3 m/km : a = 164, b = 17, c = 10,5

Ig = 7 m/km : a = 239, b = 17,7, c = 14,5

Détermination de a pour Ig = 3,46 m/km :

$$a = 239 - \frac{(7 - 3{,}46)(239 - 164)}{7 - 3} \quad a = 172{,}625$$

Détermination de b pour Ig = 3,46 m/km :

$$b = 17{,}7 - \frac{(7 - 3{,}46)(17{,}7 - 17)}{7 - 3} \quad b = 17{,}081$$

Détermination de c pour Ig = 3,46 m/km :

$$c = 14{,}5 - \frac{(7 - 3{,}46)(14{,}5 - 10{,}5)}{7 - 3} \quad c = 10{,}96$$

Détermination du Kr70 :

$$Kr_{70} = \frac{172{,}625}{(1{,}816 + 17{,}081)} + 10{,}96 \quad Kr70 = 20{,}10$$

  - Kr100

On a pour Ig = 3 m/km : a = 250, b = 20, c = 12

Ig = 7 m/km : a = 300, b = 20, c = 15

Détermination de a pour Ig = 3,46 m/km :

$$a = 300 - \frac{(7 - 3{,}46)(300 - 250)}{7 - 3} \quad a = 255{,}75$$

Détermination de b pour Ig = 3,46 m/km : b = 20

Détermination de c pour Ig = 3,46 m/km :

$$c = 15 - \frac{(7 - 3{,}46)(15 - 12)}{7 - 3} \quad c = 12{,}345$$

Détermination du Kr100 :

$$Kr_{100} = \frac{255{,}75}{(1{,}816 + 20)} + 12{,}345 \quad Kr_{100} = 24{,}07$$

NB : La démarche est la même pour tous les autres bassins versants.

Détermination du temps de base par interpolation linéaire

Pour le BV1, on a Ig = 3,46m/km S= 1,816 km^2

- Ig = 7m/km

$Tb_{10.1}$ = 13,9. S + 255 = 280,24 mn

$Tb_{10.2}$ = 19,6. S + 218 = 253,59 mn

$Tb_{10.3}$ = Moyenne ($Tb_{10.1}$ + $Tb_{10.2}$) = 266,92 mn

- Ig = 3 m/km

Tb_{10} = 215 (S – 0,5)^{0,45} + 300 = 543,28 mn

Pour Ig = 3,46 m/km :

$$Tb_{10} = 266{,}92 - \frac{(7 - 3{,}46)(266{,}92 - 543{,}28)}{7 - 3} \quad Tb_{10} = 511{,}50mn$$

NB : La démarche est la même pour tous les autres bassins versants.

Tableau 32 : cacul méthode ORSTOM

Bassin versant	Superficie Km2	Pan mm	Infiltrabi lité	Igco m/km	Kr70(%)	Kr100(%)	P10 mm	Kr10(%)	A	Pm10	Lr10 (lame ruisselé) mm	Vr (volume ruisselé) m3	Tb10 (mn)	Tb10 (s)	Qmr10 (m3/s)	α10	Qr10(m3/s)	Q10(m3/s)
BV1	1,82	545	RI	3,46	20,1	24,07	95	23,41	1,0	91,6	21,44	38938,85	511,5	30690	1,27	2,6	3,30	3,50
BV2	2,78			5,40	23,24	26,09		16,59	0,9	88,2	14,63	40735,98	414,59	24875,4	1,64		4,26	4,51
BV3	2,81			6,34	24,95	27,30		19,47	0,9	88,1	17,16	48148,67	337,89	20273,4	2,37		6,17	6,55
BV4	3,93			6,80	25,19	27,28		20,31	0,9	85,9	17,45	68614,37	320,97	19258,2	3,56		9,26	9,82
BV5	15,08			2,58	15,61	19,13		7,40	0,8	77,0	5,69	85834,74	1017,9	61074	1,41		3,65	3,87

- ✓ Dimensionnement hydraulique des dalots

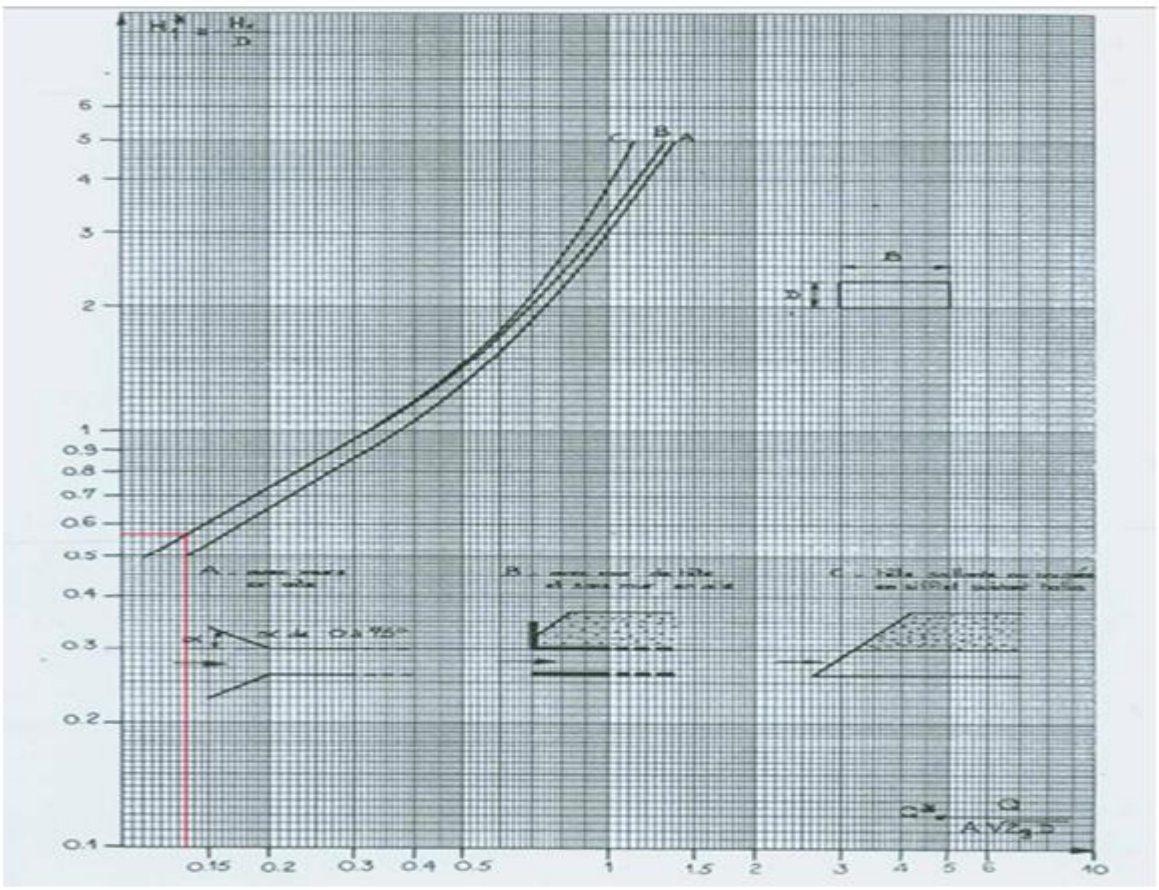


*Figure 17 : Abaque pour le calcul de H1**

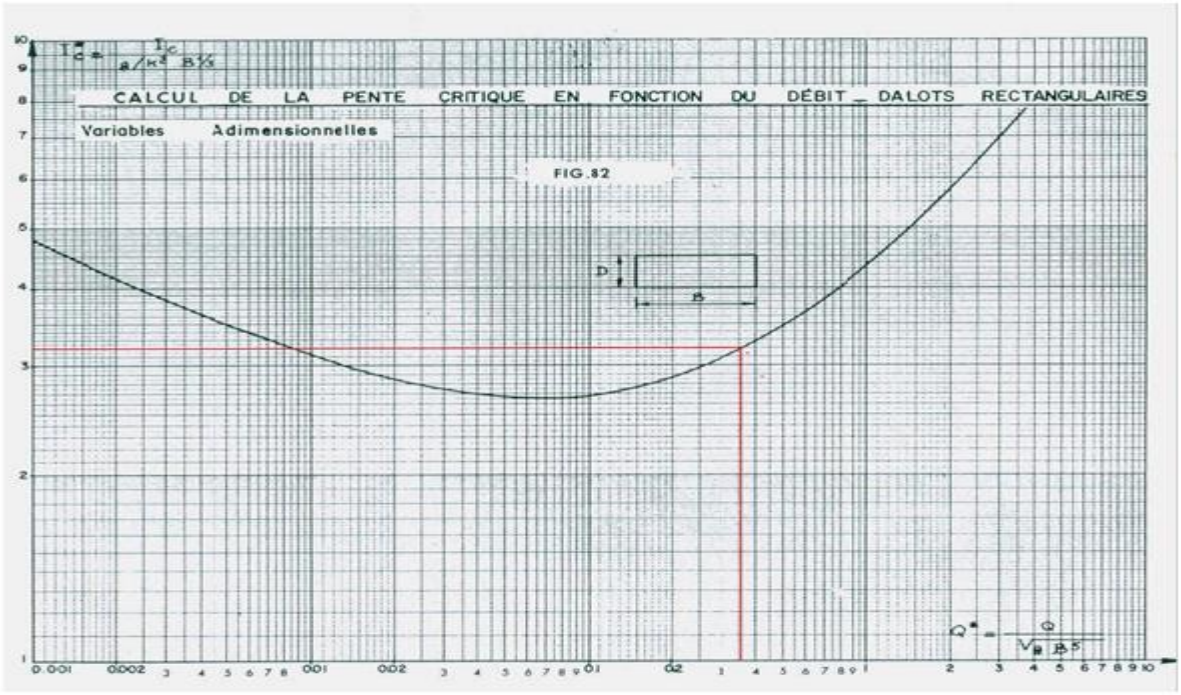


Figure 18 : Abaque pour le calcul de la pente critique

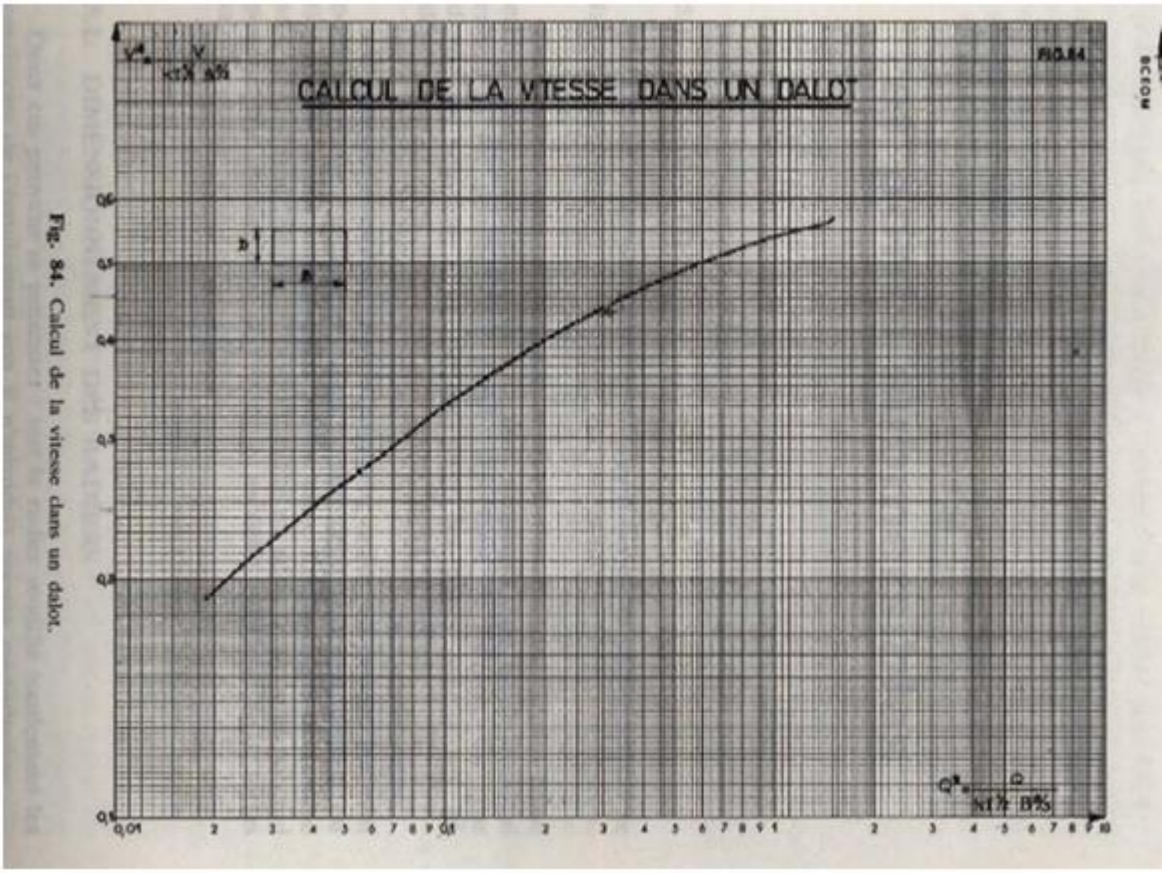


*Figure 19 : Abaque pour le calcul de V**

Tableau 33 : dimensionnement hydraulique des sections des dalots

Étude hydraulique					
Bassin versant	BV1	BV2	BV3	BV4	BV5
Q-projet (m^3/s)	16,61919675	18,68686078	17,34539362	28,54125216	46,09804371
Largeur dalots	3	3	3	3	3
Hauteur dalots	3	3	3	3	3
Nombre de cellule	2	2	2	3	4
Coef de rugosité Ks	67	67	67	67	67
Surface dalots	9	9	9	9	9
Débits unitaires	8,309598373	9,343430391	8,672696809	9,513750721	11,52451093
Pesanteur	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Vitesse fictive Vf	0,923288708	1,038158932	0,963632979	1,057083413	1,280501214
Vérification Vf< 3 m/s	Accepte	Accepte	Accepte	Accepte	Accepte
Calcul de la profondeur d'eau en Amont					
Débits réduits	0,120344818	0,135317422	0,125603438	0,137784108	0,166905199
Hauteur réduite (Abaque)	0,55	0,55	0,55	0,55	0,6
Profondeur d'eau amont H1	1,65	1,65	1,65	1,65	1,8
Vérification (H1/D <1,25)	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier
Calcul de la pente critique					
Débit réduit Q*'	0,170193274	0,191367734	0,177630085	0,194856154	0,2360396
Pente critique réduite Ic*(Abaque)	2,6	2,6	2,6	2,6	2,8
Pente critique Ic	0,003939602	0,003939602	0,003939602	0,003939602	0,00424265
Calcul de la vitesse réelle de sortie					
Débit réduit Q*"	0,10554939	0,11868123	0,110161502	0,120844657	0,141060639
Vitesse réduite Vr*(Abaque)	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32
Vitesse réelle de sortie	2,7117116	2,799186167	2,799186167	2,799186167	2,904852767
Sections dalots retenus	2x3x3	2x3x3	2x3x3	3x3x3	4x3x3

Annexe 4 : Dimensionnement structural des dalots

Dimensionnement dalot 2x3x3

Caractéristiques du sol :

Désignation	Valeur
Poids volumique du sol :	$20\ MPa$
Poids volumique du sol micro grave :	$23\ MPa$
Poids volumique roulement :	$24\ MPa$
Surcharge de remblai :	$16.15\ \ KN/m^2$

Épaisseur : $\frac{L}{32} + 0{,}125\ \approx 0{,}25m$

- CHARGES PERMANENTE

Désignation	Dalot 3x3x3	
P_chaussée (KPa)	(γ x h_{base} + γ x h_r + γ x h_{rem})	(24 x 0.05 + 23 x 0.20 + 20 x 0.40) = 13.8
Pp_Tablier (KPa)	γ_b x e_T	25 x 0,25= 6,25
Pp_piedroit (KPa)	$n \times \frac{\gamma_b \times e \times h}{B}$	$3 \times \frac{25 \times 0{,}25 \times 3}{3} = 18{,}75$
Pp_radier (KPa)	γ_b x e	25 x 0,25= 6,25

- SURCHARGES

Les valeurs de coefficient de majoration dynamique des surcharges sont les suivantes :

δ_{bt}	δ_{br}	δ_{bc}	δ_{bc_Niger}	δ_{Mc120}
1,12	1,11	1,14	1,15	1,20

- $Q_{bc} = bc \times \delta \times Bc$
- $Q_{bc_Niger} = bc \times \delta \times Bc_{Niger}$
- $Q_{bt} = bt \times \delta \times Bt$
- $Q_{br} = \delta \times Br$

- $Q_{Mc120} = q \times \delta_{Mc120}$

Nous avons comme classe un pont, le classe 1 et le nombre de voie est de 4.

bc	bt
0,8	1

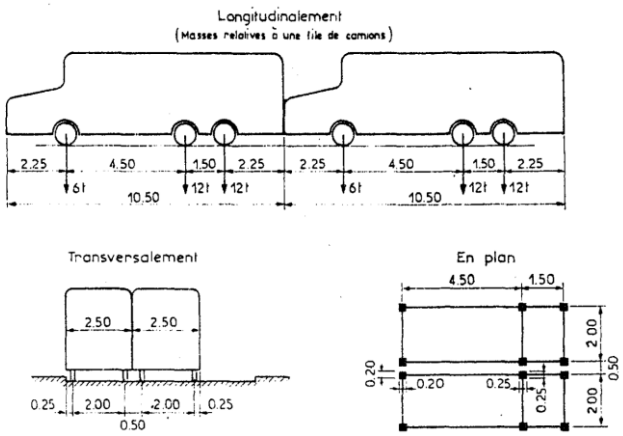
- Surcharge A

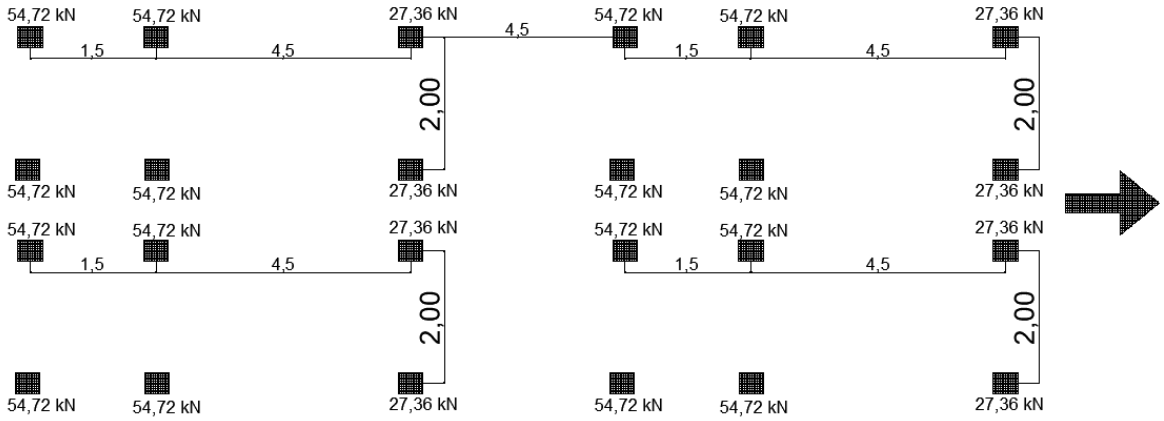
Le système de surcharge A est considéré avec une densité de charge :

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

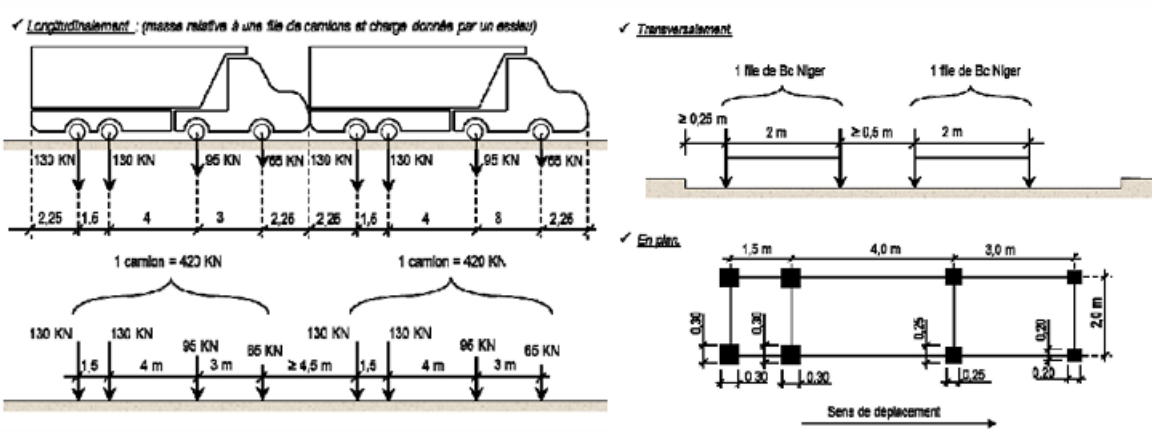
$$A(L) = 2{,}3 + \frac{360}{14 + 12} = 16{,}15\ kN/m^2$$

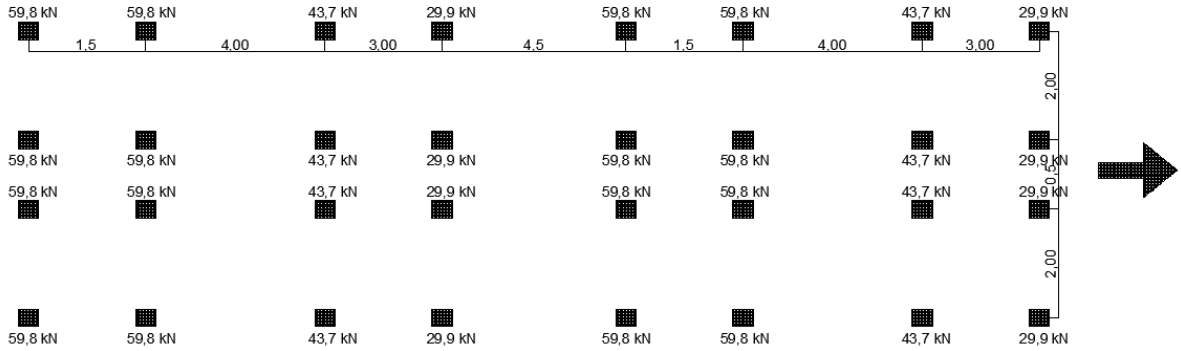
- Surcharge Bc





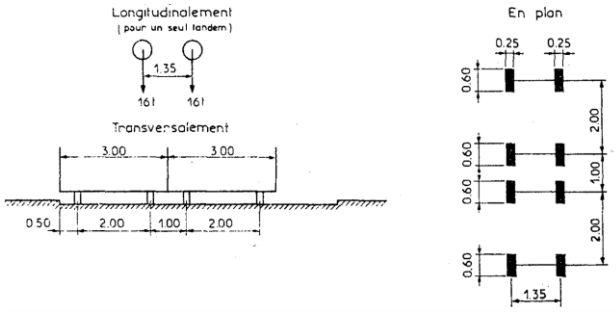
- Surcharge Bc_Niger

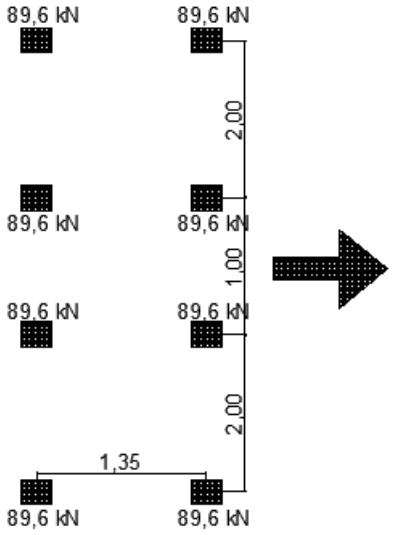




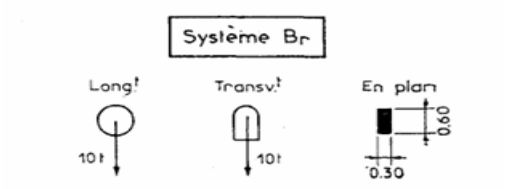
- Surcharge Bt

La répartition de la charge Bc est comme suite :



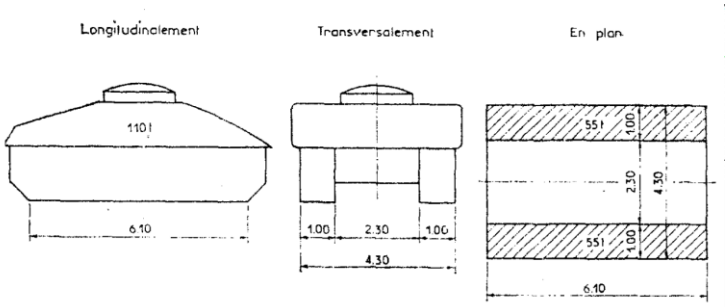


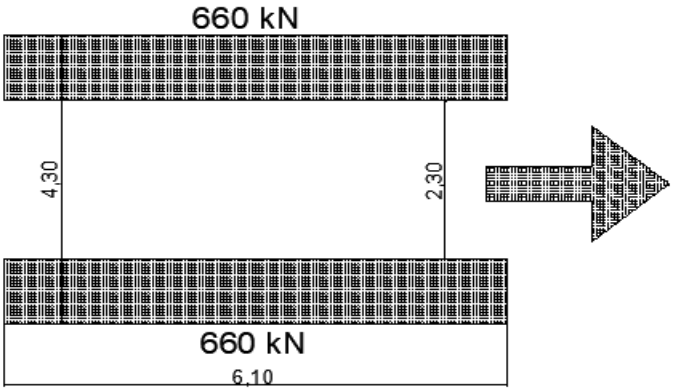
- Surcharge Br



Le système Br se compose d'une roue isolée dont la charge est de Q_{Br} = 111 kN qui est appliquée sur chaque voie.

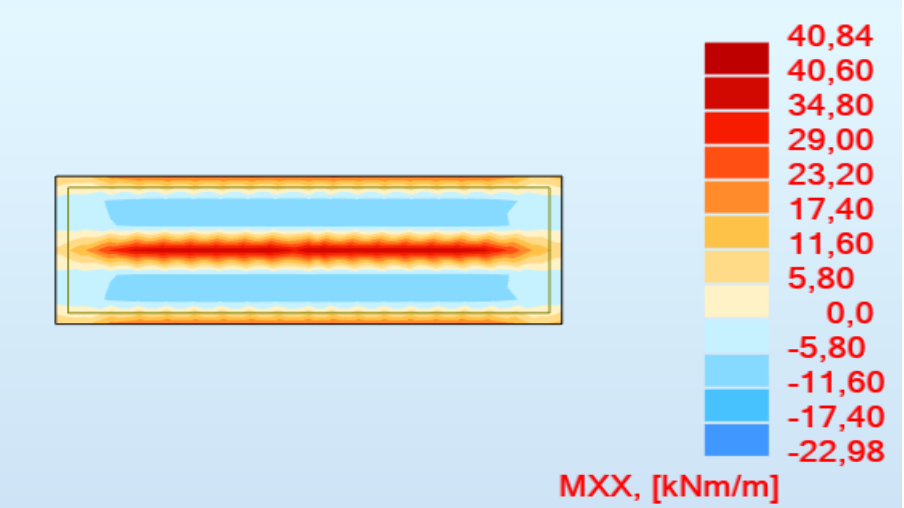
- Surcharge Mc120



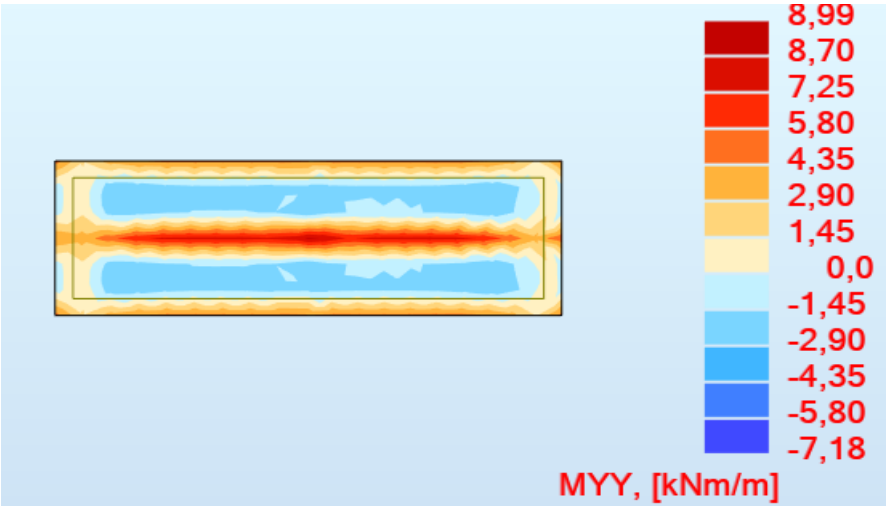


Tablier :

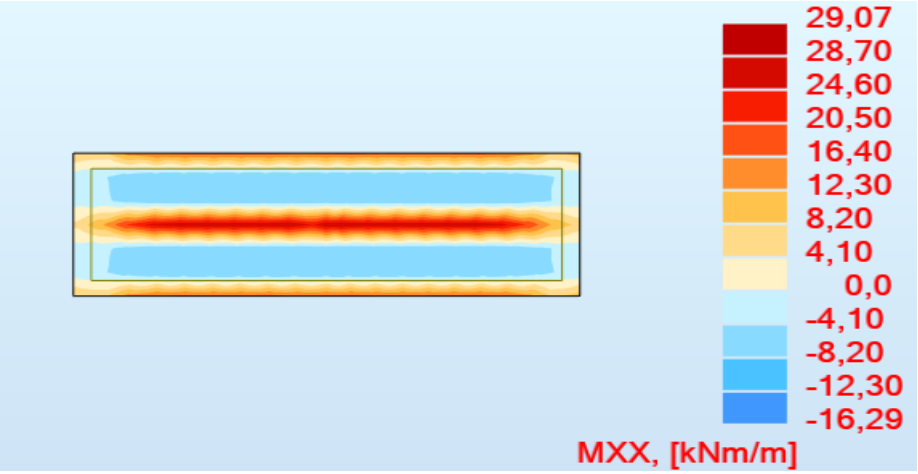
Moment ELU suivant xx



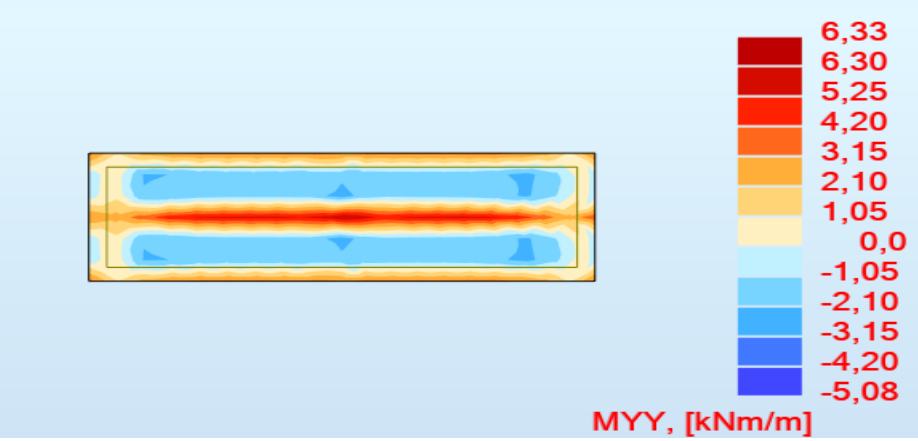
Moment ELU suivant yy



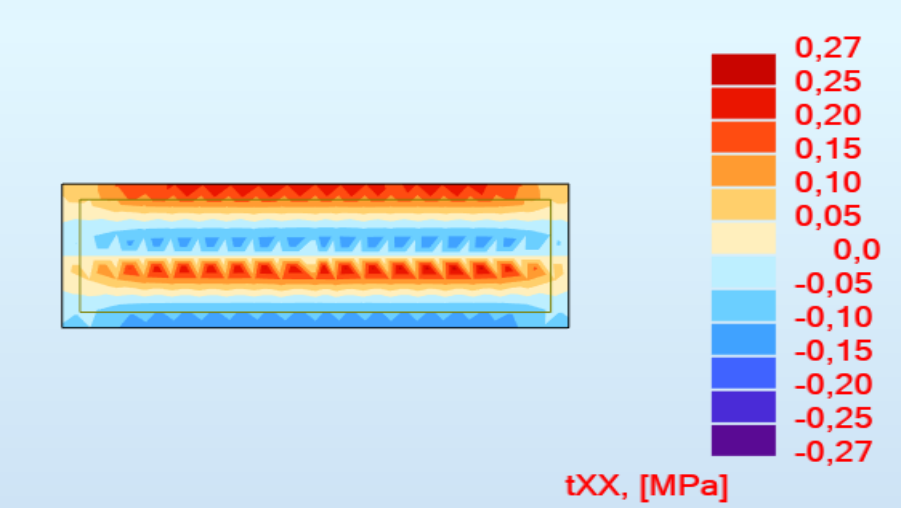
Moment ELS suivant xx



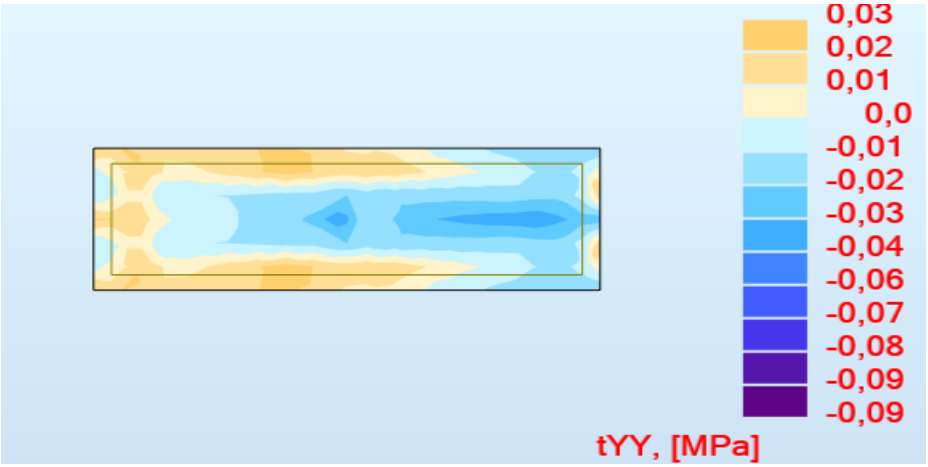
Moment ELS suivant yy



Contrainte de cisaillement suivant xx

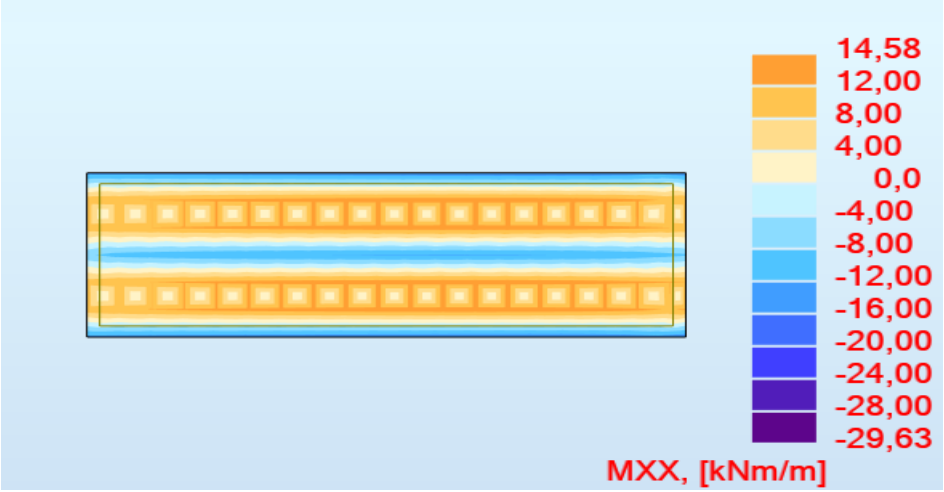


Contrainte de cisaillement suivant yy

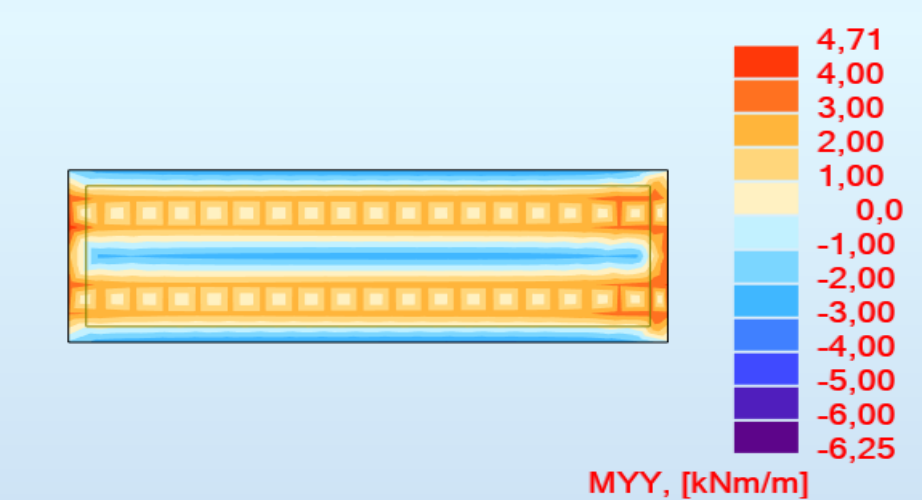


Radier :

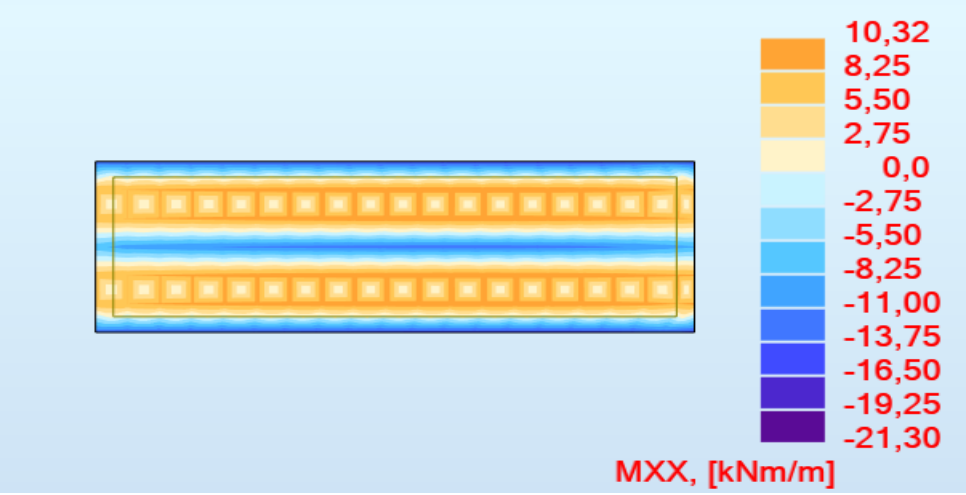
Moment ELU suivant xx



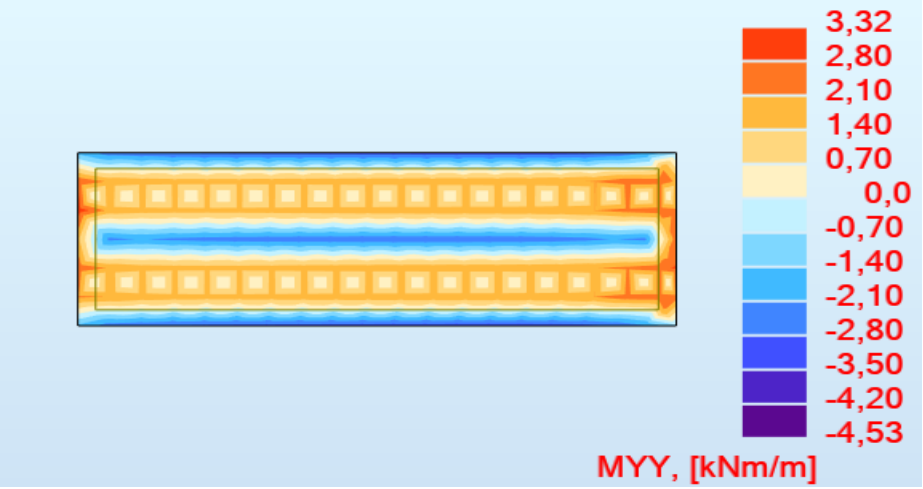
Moment ELU suivant yy



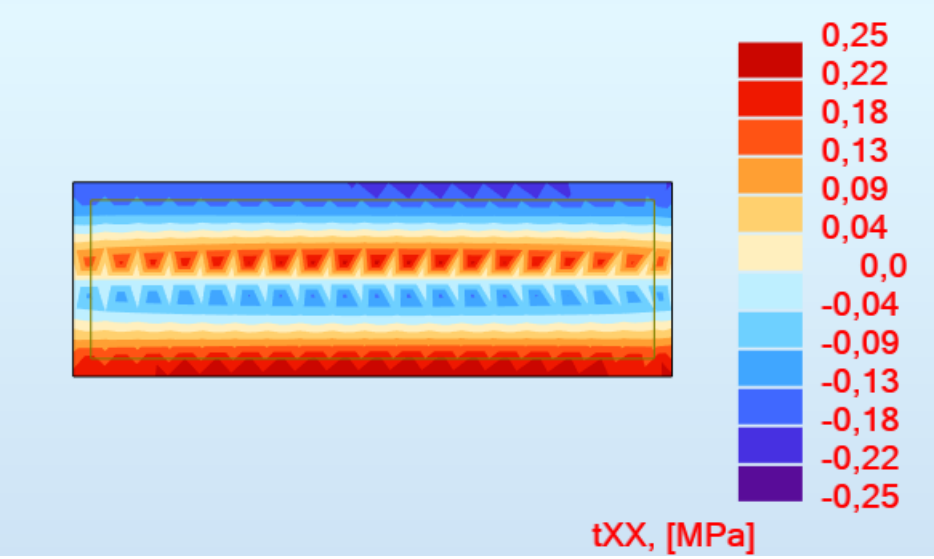
Moment ELS suivant xx



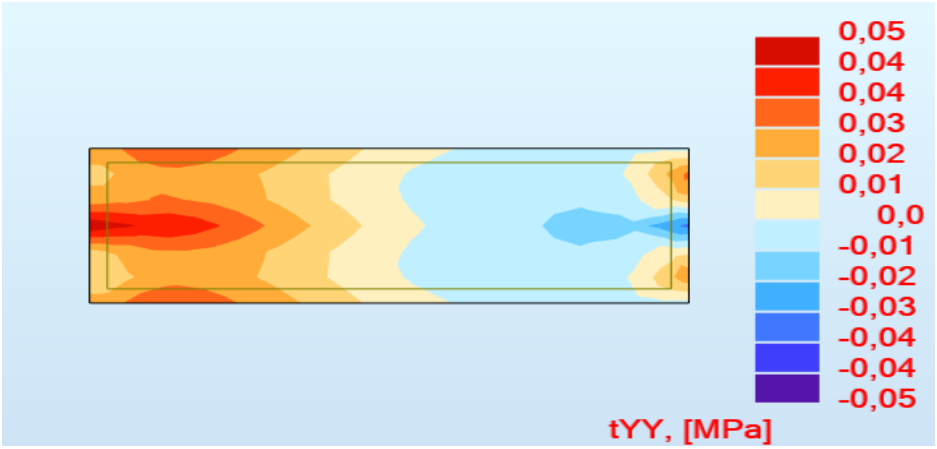
Moment ELS suivant yy



Contrainte de cisaillement suivant xx

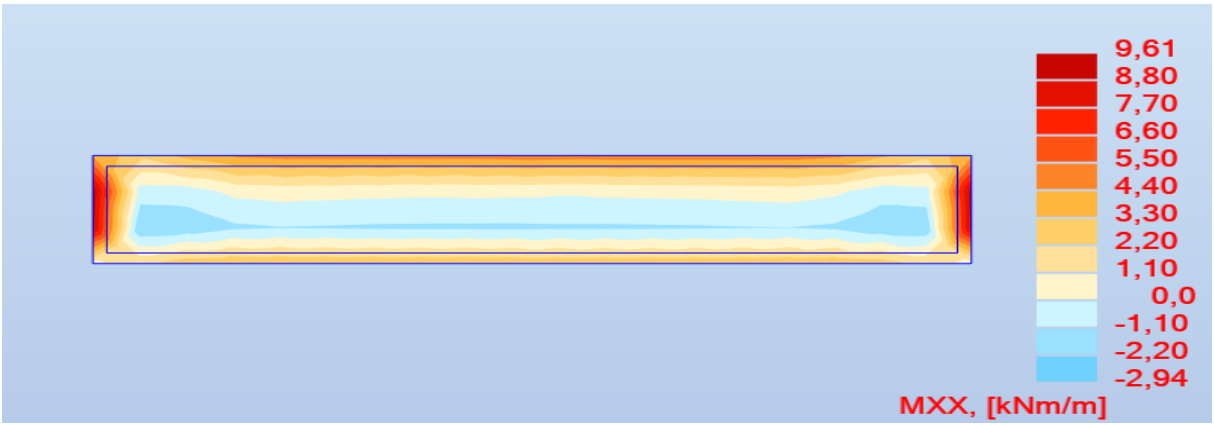


Contrainte de cisaillement suivant yy

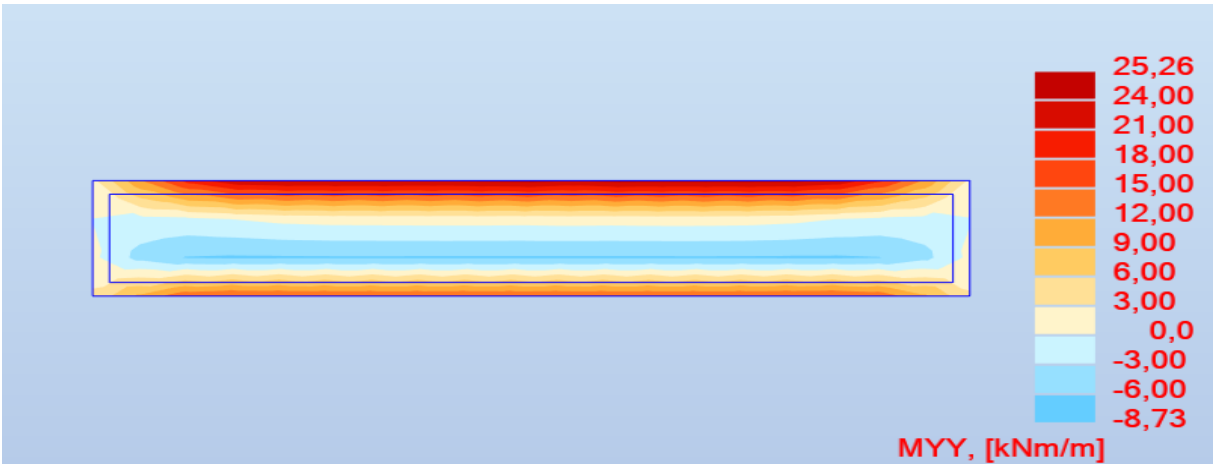


Piédroit :

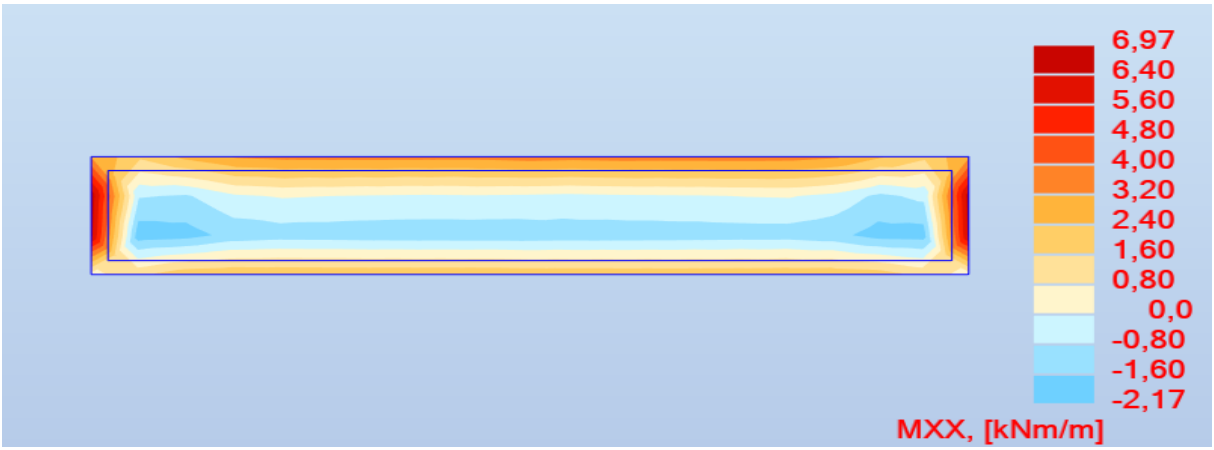
Moment ELU suivant xx



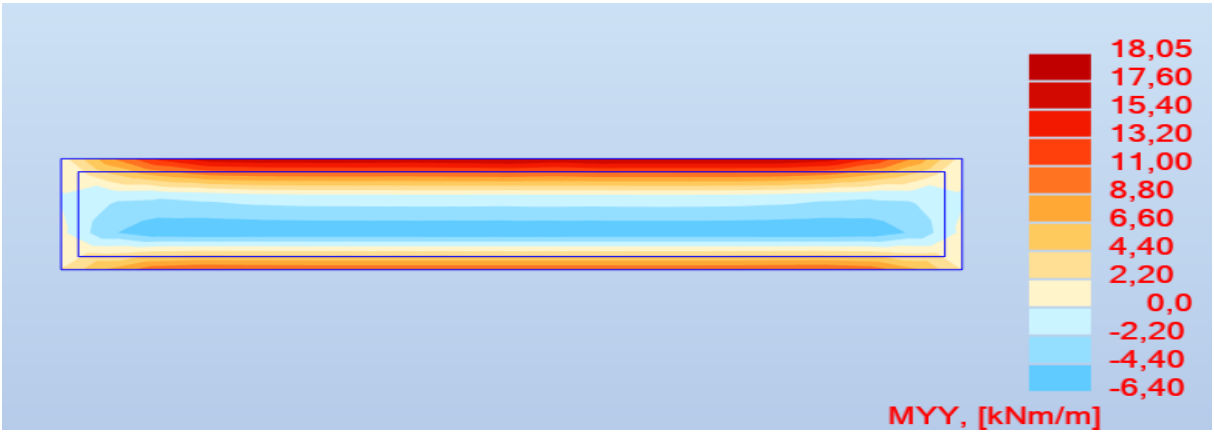
Moment ELU suivant yy



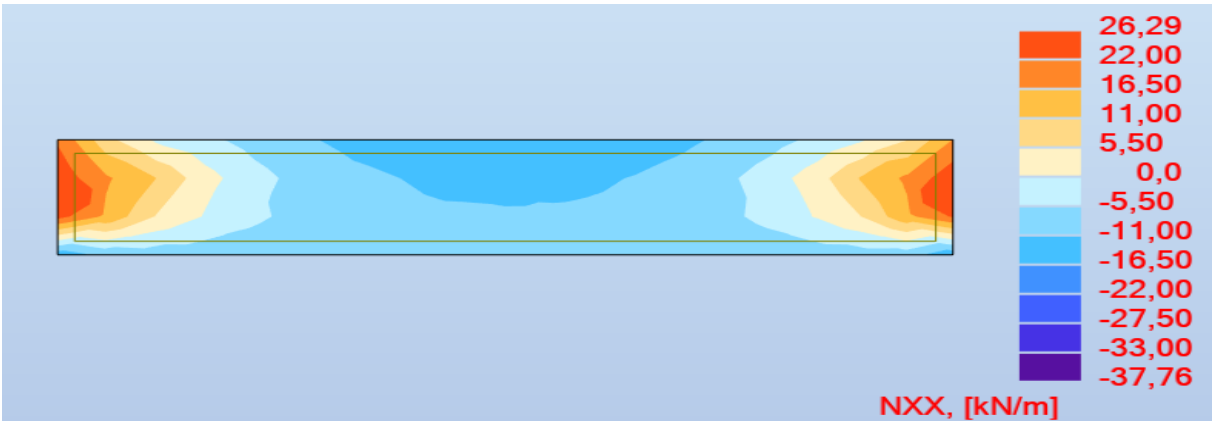
Moment ELS suivant xx



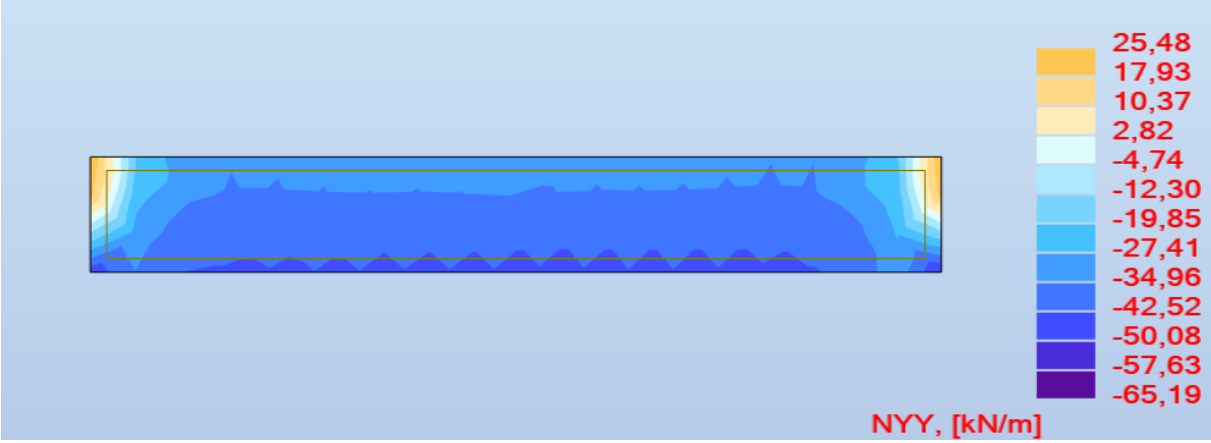
Moment ELS suivant yy



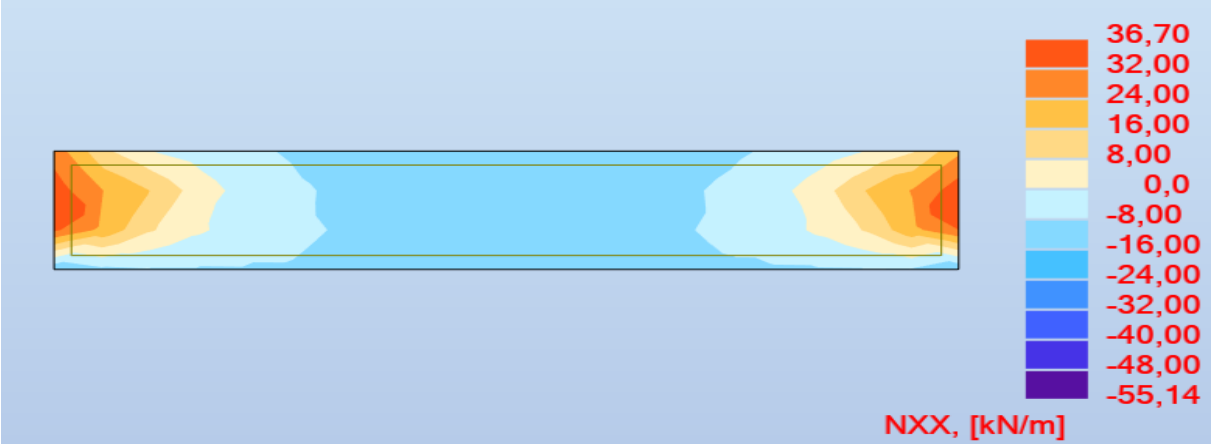
Effort normal ELS suivant xx



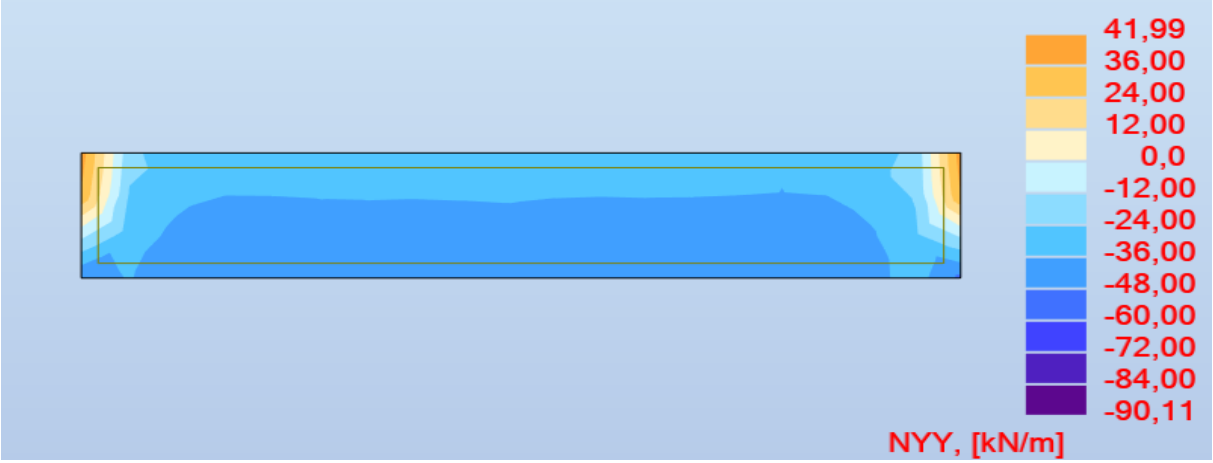
Effort normal ELS suivant yy



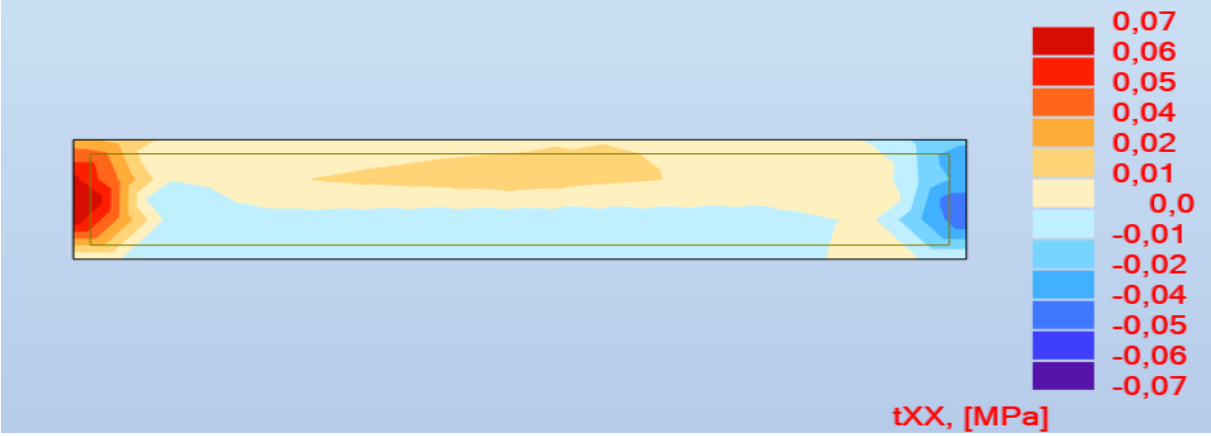
Effort normal ELU suivant xx



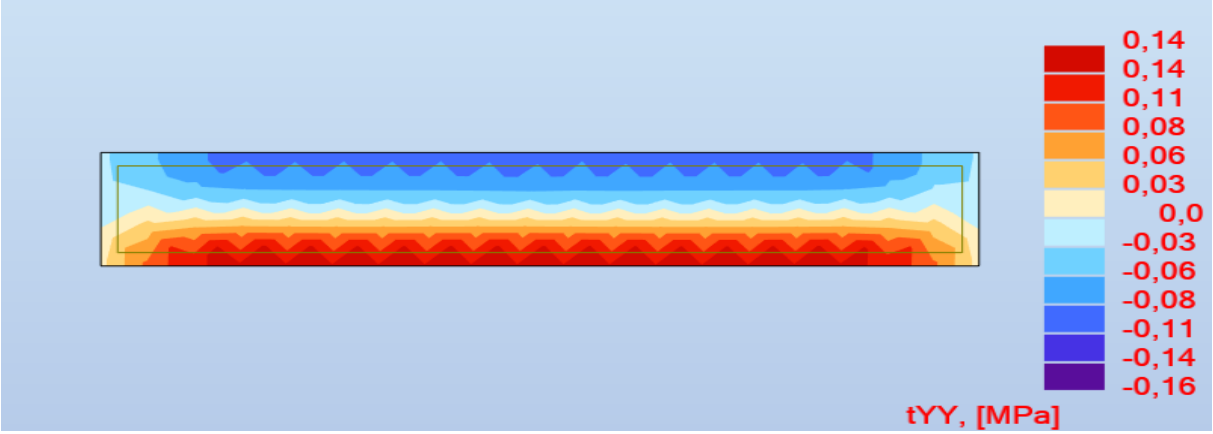
Effort normal ELU suivant yy



Contrainte de cisaillement suivant xx

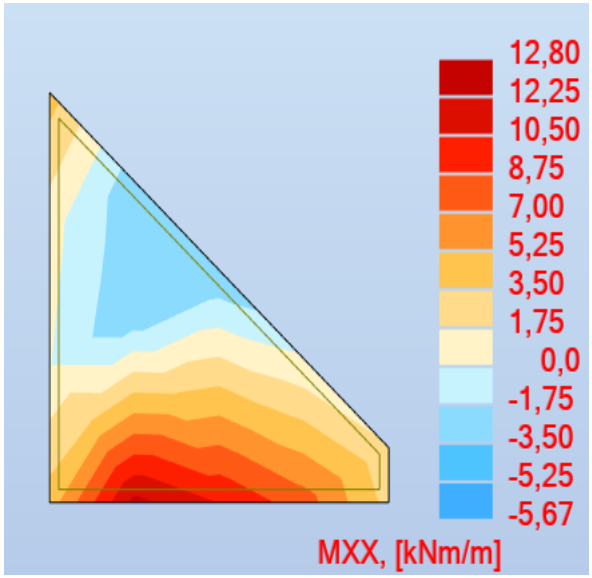


Contrainte de cisaillement suivant yy

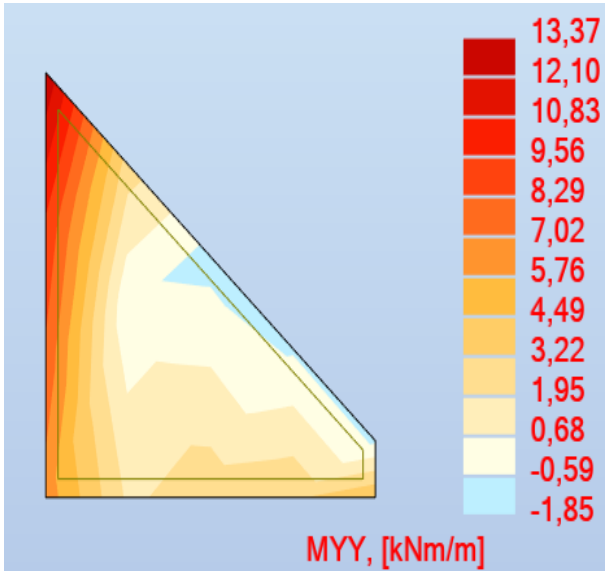


Mur en aile :

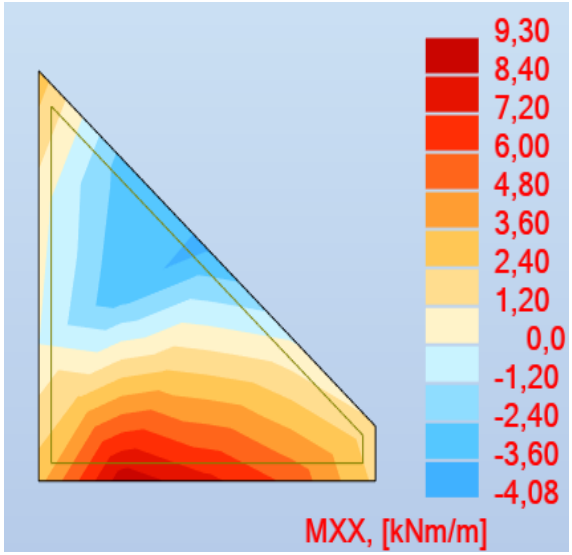
Moment ELU suivant xx



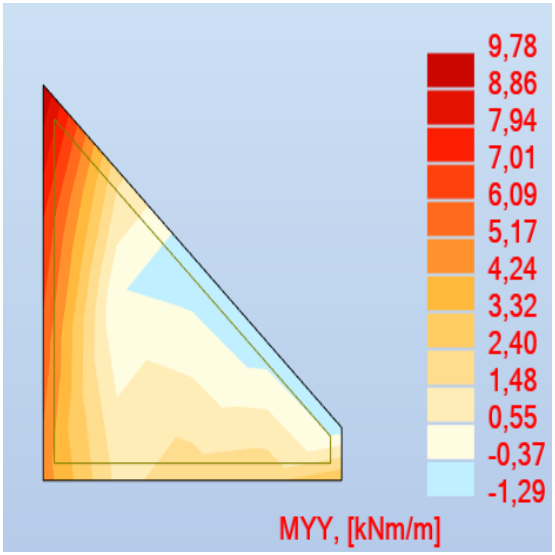
Moment ELU suivant yy



Moment ELS suivant xx

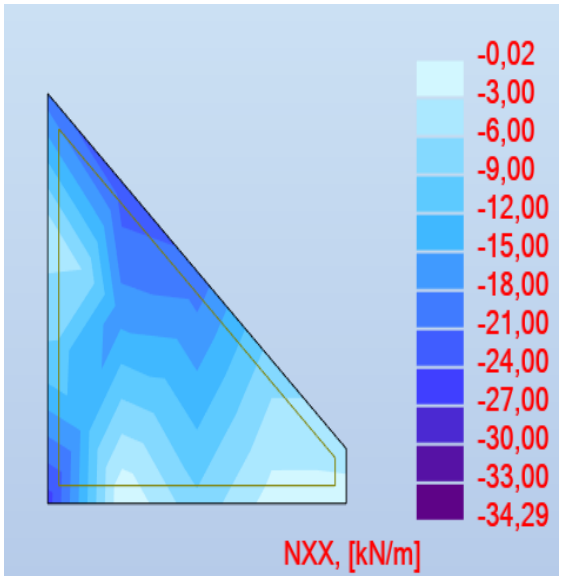


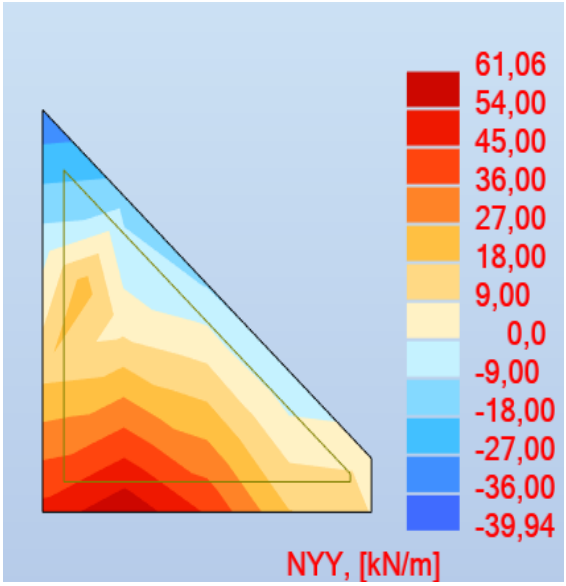
Moment ELS suivant yy



Effort normal ELS suivant xx

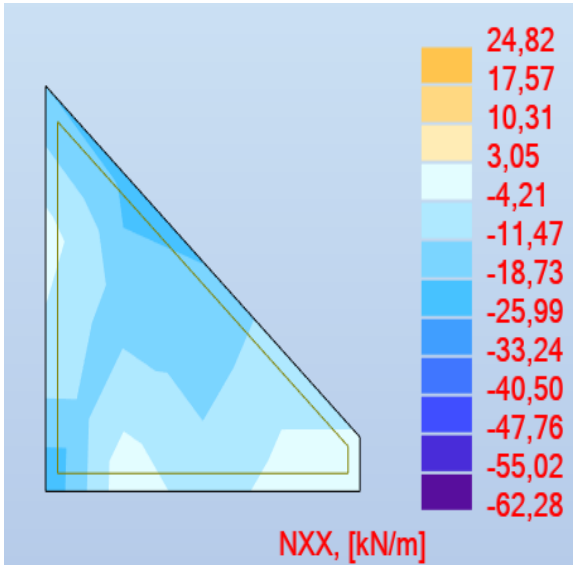
Effort normal ELS suivant yy

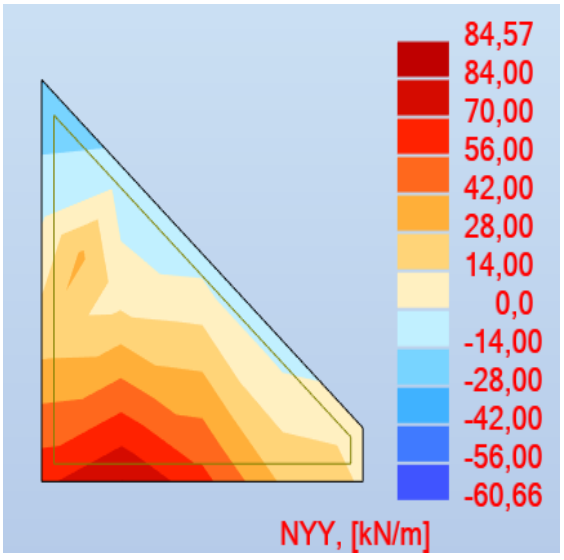




Effort normal ELU suivant xx

Effort normal ELU suivant yy





Note de calcul tablier: dalot 2x3x3

1.1. Ferraillage:

- Type : Modèle de ferr dalle tablier
- Direction armatures principales : 0°
- Classe armatures principales : HA 400; résistance caractéristique = 400,00 MPa
- Diamètres des barres inférieures d1 = 1,2 (cm) d2 = 1,2 (cm)
  supérieures d1 = 1,2 (cm) d2 = 1,2 (cm)
- Enrobage inférieur c1 = 3,0 (cm)
  supérieur c2 = 3,0 (cm)

1.2. Béton

- Classe : BETON30; résistance caractéristique = 30,00 MPa
- Densité : 2501,36 (kG/m3)

1.3. Hypothèses

- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Méthode de calcul de la section d'acier : Analytique
- Fissuration
  - lit supérieur : préjudiciable
  - lit inférieur : préjudiciable
- Flèche admissible : 0,6 (cm)
- Vérification du poinçonnement : non
- Tenue au feu : 0 h
- Type de calcul : flexion

1.4. Geométrie de la dalle

Epaisseur 0,25 (m)

Contour:

bord	début		fin		longueur
	x1	y1	x2	y2	(m)
1	0,00	18,50	6,00	18,50	6,00
2	6,00	18,50	6,00	0,00	18,50
3	6,00	0,00	0,00	0,00	6,00
4	0,00	0,00	0,00	18,50	18,50

Appui:

n°	Nom	dimensions (m)	coordonnées x	y	bord
0	linéaire	18,50 / 0,25	0,00	9,25	—
0	linéaire	18,50 / 0,25	6,00	9,25	—
0	linéaire	18,50 / 0,25	3,00	9,25	—

* - présence du chapiteau

1.5. Résultats des calculs:

1.5.1. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-

)				
Ferraillage réelle (cm2/m):				
	7,70	7,70	5,24	5,24
Ferraillage théorique modifié (cm2/m):				
	6,84	4,52	4,52	4,52
Ferraillage théorique primaire (cm2/m):				
	6,84	4,52	4,52	4,52
Coordonnées (m):				
	3,00;8,76 1,00;17,50	1,00;17,50	1,00;17,50	

1.5.2. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Symboles: section théorique/section réelle				
Ax(+) (cm2/m)	**6,84/7,70** 0,00/7,70	0,00/7,70	0,00/7,70	
Ax(-) (cm2/m)	4,52/7,70 4,52/7,70	**4,52/7,70**	4,52/7,70	
Ay(+) (cm2/m)	4,52/1,75 4,52/5,24	4,52/5,24	**4,52/5,24**	
Ay(-) (cm2/m)	4,52/1,75 **4,52/5,24**	4,52/5,24	4,52/5,24	
	ELS			
Mxx (kN*m/m)	28,78	-5,65	-5,65	-5,65
Myy (kN*m/m)	6,08	0,59	0,59	0,59
Mxy (kN*m/m)	-0,00	-1,40	-1,40	-1,40
Nxx (kN/m)	-24,09	-13,92	-13,92	-13,92
Nyy (kN/m)	-36,51	-10,49	-10,49	-10,49
Nxy (kN/m)	-0,04	3,29	3,29	3,29
	ELU			
Mxx (kN*m/m)	40,84	-7,97	-7,97	-7,97
Myy (kN*m/m)	8,63	1,05	1,05	1,05
Mxy (kN*m/m)	-0,00	-2,00	-2,00	-2,00
Nxx (kN/m)	-33,15	-18,95	-18,95	-18,95
Nyy (kN/m)	-53,25	-15,47	-15,47	-15,47
Nxy (kN/m)	-0,05	5,70	5,70	5,70
Coordonnées (m)	3,00;8,76 1,00;17,50	1,00;17,50	1,00;17,50	
Coordonnées* (m)	3,00;9,74;3,00 5,00;1,00;3,00	5,00;1,00;3,00	5,00;1,00;3,00	
	* - Coordonnées dans le repère global de la structure			

1.5.4. Flèche

|f(+)| = 0,0 (cm) <= $f_{dop}(+)$ = 0,6 (cm)
|f(-)| = 0,1 (cm) <= $f_{dop}(-)$ = 0,6 (cm)

2. Chargements:

Cas	Type	Liste	Valeur
1	poids propre	1A9 11 12	PZ Moins

2 (EF) surfacique 3p (contour) 4 PZ1=-14,57[kN/m2] P1(0, 1.5, 3) P2(0, 17, 3) P3(6, 17, 3) P4(6, 1.5, 3)
3 (EF) surfacique 3p 1 PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 1 PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 1 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 1 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 7 PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 7 PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 7 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 7 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 8 PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 8 PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 8 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 8 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)

3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
4 (EF) surfacique 3p (contour) 4 9 PZ1=-16,15[kN/m2] P1(0, 1.5, 3) P2(0, 17, 3) P3(6, 17, 3) P4(6, 1.5, 3)

Combinaison / Composante	**Définition**
ELU/25	(1+2+3)*1.35
ELU/26	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/27	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/28	(1+2+3)*1.00
ELU/29	(1+2+3)*1.35+4*1.50
ELU/30	1*1.35+(2+3)*1.00+4*1.50
ELU/31	1*1.00+(2+3)*1.35+4*1.50
ELU/32	(1+2+3)*1.00+4*1.50
ELU/33	(1+2+3)*1.35
ELU/34	(1+2+3)*1.35
ELU/35	(1+2+3)*1.35
ELU/36	(1+2+3)*1.35
ELU/37	(1+2+3)*1.35
ELU/38	(1+2+3)*1.35

ELU/39	(1+2+3)*1.35
ELU/40	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/41	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/42	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/43	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/44	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/45	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/46	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/47	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/48	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/49	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/50	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/51	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/52	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/53	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/54	(1+2+3)*1.00
ELU/55	(1+2+3)*1.00
ELU/56	(1+2+3)*1.00
ELU/57	(1+2+3)*1.00
ELU/58	(1+2+3)*1.00
ELU/59	(1+2+3)*1.00
ELU/60	(1+2+3)*1.00
ELU/61	(1+2+3)*1.35
ELU/62	(1+2+3)*1.35
ELU/63	(1+2+3)*1.35
ELU/64	(1+2+3)*1.35
ELU/65	(1+2+3)*1.35
ELU/66	(1+2+3)*1.35
ELU/67	(1+2+3)*1.35
ELU/68	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/69	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/70	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/71	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/72	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/73	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/74	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/75	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/76	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/77	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/78	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/79	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/80	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/81	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/82	(1+2+3)*1.00
ELU/83	(1+2+3)*1.00
ELU/84	(1+2+3)*1.00
ELU/85	(1+2+3)*1.00
ELU/86	(1+2+3)*1.00
ELU/87	(1+2+3)*1.00
ELU/88	(1+2+3)*1.00
ELU/89	(1+2+3)*1.35
ELU/90	(1+2+3)*1.35
ELU/91	(1+2+3)*1.35
ELU/92	(1+2+3)*1.35
ELU/93	(1+2+3)*1.35
ELU/94	(1+2+3)*1.35
ELU/95	(1+2+3)*1.35
ELU/96	1*1.35+(2+3)*1.00

ELU/97	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/98	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/99	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/100	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/101	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/102	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/103	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/104	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/105	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/106	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/107	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/108	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/109	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/110	(1+2+3)*1.00
ELU/111	(1+2+3)*1.00
ELU/112	(1+2+3)*1.00
ELU/113	(1+2+3)*1.00
ELU/114	(1+2+3)*1.00
ELU/115	(1+2+3)*1.00
ELU/116	(1+2+3)*1.00
ELU/117	(1+2+3)*1.35
ELU/118	(1+2+3)*1.35
ELU/119	(1+2+3)*1.35
ELU/120	(1+2+3)*1.35
ELU/121	(1+2+3)*1.35
ELU/122	(1+2+3)*1.35
ELU/123	(1+2+3)*1.35
ELU/124	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/125	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/126	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/127	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/128	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/129	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/130	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/131	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/132	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/133	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/134	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/135	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/136	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/137	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/138	(1+2+3)*1.00
ELU/139	(1+2+3)*1.00
ELU/140	(1+2+3)*1.00
ELU/141	(1+2+3)*1.00
ELU/142	(1+2+3)*1.00
ELU/143	(1+2+3)*1.00
ELU/144	(1+2+3)*1.00
ELS/145	(1+2+3)*1.00
ELS/146	(1+2+3+4)*1.00
ELS/147	(1+2+3)*1.00
ELS/148	(1+2+3)*1.00
ELS/149	(1+2+3)*1.00
ELS/150	(1+2+3)*1.00
ELS/151	(1+2+3)*1.00
ELS/152	(1+2+3)*1.00
ELS/153	(1+2+3)*1.00
ELS/154	(1+2+3)*1.00

ELS/155	(1+2+3)*1.00
ELS/156	(1+2+3)*1.00
ELS/157	(1+2+3)*1.00
ELS/158	(1+2+3)*1.00
ELS/159	(1+2+3)*1.00
ELS/160	(1+2+3)*1.00
ELS/161	(1+2+3)*1.00
ELS/162	(1+2+3)*1.00
ELS/163	(1+2+3)*1.00
ELS/164	(1+2+3)*1.00
ELS/165	(1+2+3)*1.00
ELS/166	(1+2+3)*1.00
ELS/167	(1+2+3)*1.00
ELS/168	(1+2+3)*1.00
ELS/169	(1+2+3)*1.00
ELS/170	(1+2+3)*1.00
ELS/171	(1+2+3)*1.00
ELS/172	(1+2+3)*1.00
ELS/173	(1+2+3)*1.00
ELS/174	(1+2+3)*1.00

3. Résultats théoriques - disposition des armatures

Liste de solutions:
Ferraillage par barres

Solution n°	**Armatures Diamètre / Poids**	**Poids total (kG)**
1	-	2254,58

Résultats pour la solution n° 1
Zones de ferraillage

Ferraillage inférieur

Nom	**coordonnées Ar**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**[cm2/m]**
1/1- Ax Principal	0,00	0,00	6,00	18,50	14,0 / 20,0	4,52 < 7,70
1/2- Ay Perpendiculaire	0,00	0,00	6,00	18,50	10,0 / 15,0	4,52 < 5,24

Ferraillage supérieur

Nom	**coordonnées Ar**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**[cm2/m]**
1/1+ Ax Principal	0,00	0,00	6,00	18,50	14,0 / 20,0	6,84 < 7,70
1/2+ Ay Perpendiculaire		0,00	0,00	6,00	18,50	10,0 / 15,0
	4,52 < 5,24					

4. Quantitatif

- Volume de Béton = 27,75 (m3)
- Surface de Coffrage = 111,00 (m2)

- Périmètre de la dalle = 49,00 (m)
- Superficie des réservations = 0,00 (m2)

- Acier HA 400
- Poids total = 2282,40 (kG)
- Densité = 82,25 (kG/m3)
- Diamètre moyen = 11,9 (mm)
- Liste par diamètres:

Diamètre	Longueur (m)	Poids (kG)
10	1353,08	834,51
14	1197,77	1447,89

Note de calcul radier : dalot 2x3x3

1.1. Ferraillage:

- Type : Modèle de ferr dalle tablier
- Direction armatures principales : 0°
- Classe armatures principales : HA 400; résistance caractéristique = 400,00 MPa
- Diamètres des barres inférieures d1 = 1,2 (cm) d2 = 1,2 (cm)
  supérieures d1 = 1,2 (cm) d2 = 1,2 (cm)
- Enrobage inférieur c1 = 3,0 (cm)
  supérieur c2 = 3,0 (cm)

1.2. Béton

- Classe : BETON30; résistance caractéristique = 30,00 MPa
- Densité : 2501,36 (kG/m3)

1.3. Hypothèses

- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Méthode de calcul de la section d'acier : Analytique
- Fissuration
  - lit supérieur : préjudiciable
  - lit inférieur : préjudiciable
- Flèche admissible : 0,6 (cm)
- Vérification du poinçonnement : non
- Tenue au feu : 0 h
- Type de calcul : flexion

1.4. Geométrie de la dalle

Epaisseur 0,25 (m)

Contour:

bord	début		fin		longueur
	x1	y1	x2	y2	(m)
1	0,00	18,50	6,00	18,50	6,00
2	6,00	18,50	6,00	0,00	18,50
3	6,00	0,00	0,00	0,00	6,00
4	0,00	0,00	0,00	18,50	18,50

Appui:

n°	Nom	dimensions (m)	coordonnées x	y	bord
0	linéaire	18,50 / 0,25	0,00	9,25	—
0	linéaire	18,50 / 0,25	6,00	9,25	—
0	linéaire	18,50 / 0,25	3,00	9,25	—

* - présence du chapiteau

1.5. Résultats des calculs:

1.5.1. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Ferraillage réelle (cm2/m):	7,70	5,65	5,24	5,24
Ferraillage théorique modifié (cm2/m):	4,52	5,14	4,52	4,52
Ferraillage théorique primaire (cm2/m):	4,52	5,14	4,52	4,52
Coordonnées (m):	1,00;17,50 3,00;17,53	6,00;4,87	1,00;17,50	

1.5.2. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Symboles: section théorique/section réelle				
Ax(+) (cm2/m)	**4,52/7,70** 4,52/7,70	4,52/7,70	4,52/7,70	
Ax(-) (cm2/m)	0,13/5,65 4,52/5,65	**5,14/5,65**	0,13/5,65	
Ay(+) (cm2/m)	4,52/5,24 4,52/5,24	4,52/5,24	**4,52/5,24**	
Ay(-) (cm2/m)	0,00/5,24 **4,52/5,24**	4,52/5,24	0,00/5,24	
	ELS			
Mxx (kN*m/m)	8,28	-21,05	8,28	-15,37
Myy (kN*m/m)	2,08	-4,46	2,08	-3,53
Mxy (kN*m/m)	-0,08	-3,06	-0,08	-0,02
Nxx (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nyy (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nxy (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
	ELU			
Mxx (kN*m/m)	11,54	-29,27	11,54	-21,62
Myy (kN*m/m)	2,90	-6,21	2,90	-4,95
Mxy (kN*m/m)	-0,10	-4,25	-0,10	-0,03
Nxx (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nyy (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nxy (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Coordonnées (m)	1,00;17,50 3,00;17,53	6,00;4,87	1,00;17,50	

Coordonnées* (m)	5,00;1,00;0,00 3,00;0,97;0,00	0,00;13,63;0,00	5,00;1,00;0,00

* - Coordonnées dans le repère global de la structure

1.5.4. Flèche

|f(+)| = 0,0 (cm) <= f_{dop}(+) = 0,6 (cm)
|f(-)| = 0,0 (cm) <= f_{dop}(-) = 0,6 (cm)

2. Chargements:

Cas	Type	Liste	Valeur
1	poids propre	1A9 11 12	PZ Moins
2	(EF) surfacique 3p (contour)	4	PZ1=-14,57[kN/m2] P1(0, 1.5, 3) P2(0, 17, 3) P3(6, 17, 3) P4(6, 1.5, 3)
3	(EF) surfacique 3p	1	PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	1	PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	1	PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	1	PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	7	PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	7	PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	7	PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	7	PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	8	PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	8	PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	8	PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m]

N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 8 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
4 (EF) surfacique 3p (contour) 4 9 PZ1=-16,15[kN/m2] P1(0, 1.5, 3) P2(0, 17, 3) P3(6, 17, 3) P4(6, 1.5, 3)

Combinaison / Composante **Définition**

ELU/25	(1+2+3)*1.35
ELU/26	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/27	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/28	(1+2+3)*1.00
ELU/29	(1+2+3)*1.35+4*1.50
ELU/30	1*1.35+(2+3)*1.00+4*1.50
ELU/31	1*1.00+(2+3)*1.35+4*1.50
ELU/32	(1+2+3)*1.00+4*1.50
ELU/33	(1+2+3)*1.35
ELU/34	(1+2+3)*1.35
ELU/35	(1+2+3)*1.35
ELU/36	(1+2+3)*1.35
ELU/37	(1+2+3)*1.35
ELU/38	(1+2+3)*1.35
ELU/39	(1+2+3)*1.35
ELU/40	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/41	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/42	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/43	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/44	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/45	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/46	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/47	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/48	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/49	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/50	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/51	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/52	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/53	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/54	(1+2+3)*1.00
ELU/55	(1+2+3)*1.00
ELU/56	(1+2+3)*1.00
ELU/57	(1+2+3)*1.00
ELU/58	(1+2+3)*1.00
ELU/59	(1+2+3)*1.00
ELU/60	(1+2+3)*1.00
ELU/61	(1+2+3)*1.35
ELU/62	(1+2+3)*1.35
ELU/63	(1+2+3)*1.35
ELU/64	(1+2+3)*1.35
ELU/65	(1+2+3)*1.35
ELU/66	(1+2+3)*1.35
ELU/67	(1+2+3)*1.35
ELU/68	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/69	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/70	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/71	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/72	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/73	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/74	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/75	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/76	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/77	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/78	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/79	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/80	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/81	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/82	(1+2+3)*1.00

ELU/83	(1+2+3)*1.00
ELU/84	(1+2+3)*1.00
ELU/85	(1+2+3)*1.00
ELU/86	(1+2+3)*1.00
ELU/87	(1+2+3)*1.00
ELU/88	(1+2+3)*1.00
ELU/89	(1+2+3)*1.35
ELU/90	(1+2+3)*1.35
ELU/91	(1+2+3)*1.35
ELU/92	(1+2+3)*1.35
ELU/93	(1+2+3)*1.35
ELU/94	(1+2+3)*1.35
ELU/95	(1+2+3)*1.35
ELU/96	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/97	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/98	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/99	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/100	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/101	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/102	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/103	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/104	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/105	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/106	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/107	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/108	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/109	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/110	(1+2+3)*1.00
ELU/111	(1+2+3)*1.00
ELU/112	(1+2+3)*1.00
ELU/113	(1+2+3)*1.00
ELU/114	(1+2+3)*1.00
ELU/115	(1+2+3)*1.00
ELU/116	(1+2+3)*1.00
ELU/117	(1+2+3)*1.35
ELU/118	(1+2+3)*1.35
ELU/119	(1+2+3)*1.35
ELU/120	(1+2+3)*1.35
ELU/121	(1+2+3)*1.35
ELU/122	(1+2+3)*1.35
ELU/123	(1+2+3)*1.35
ELU/124	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/125	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/126	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/127	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/128	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/129	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/130	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/131	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/132	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/133	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/134	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/135	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/136	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/137	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/138	(1+2+3)*1.00
ELU/139	(1+2+3)*1.00
ELU/140	(1+2+3)*1.00

ELU/141	(1+2+3)*1.00
ELU/142	(1+2+3)*1.00
ELU/143	(1+2+3)*1.00
ELU/144	(1+2+3)*1.00
ELS/145	(1+2+3)*1.00
ELS/146	(1+2+3+4)*1.00
ELS/147	(1+2+3)*1.00
ELS/148	(1+2+3)*1.00
ELS/149	(1+2+3)*1.00
ELS/150	(1+2+3)*1.00
ELS/151	(1+2+3)*1.00
ELS/152	(1+2+3)*1.00
ELS/153	(1+2+3)*1.00
ELS/154	(1+2+3)*1.00
ELS/155	(1+2+3)*1.00
ELS/156	(1+2+3)*1.00
ELS/157	(1+2+3)*1.00
ELS/158	(1+2+3)*1.00
ELS/159	(1+2+3)*1.00
ELS/160	(1+2+3)*1.00
ELS/161	(1+2+3)*1.00
ELS/162	(1+2+3)*1.00
ELS/163	(1+2+3)*1.00
ELS/164	(1+2+3)*1.00
ELS/165	(1+2+3)*1.00
ELS/166	(1+2+3)*1.00
ELS/167	(1+2+3)*1.00
ELS/168	(1+2+3)*1.00
ELS/169	(1+2+3)*1.00
ELS/170	(1+2+3)*1.00
ELS/171	(1+2+3)*1.00
ELS/172	(1+2+3)*1.00
ELS/173	(1+2+3)*1.00
ELS/174	(1+2+3)*1.00

3. Résultats théoriques - disposition des armatures

Liste de solutions:
Ferraillage par barres

Solution n°	**Armatures Diamètre / Poids**	**Poids total (kG)**
1	-	2076,59

Résultats pour la solution n° 1
Zones de ferraillage

Ferraillage inférieur

Nom	**coordonnées Ar**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**[cm2/m]**
1/1- Ax Principal	0,00	0,00	6,00	18,50	12,0 / 20,0	5,14 < 5,65
1/2- Ay Perpendiculaire	0,00	0,00	6,00	18,50	10,0 / 15,0	4,52 < 5,24

Ferraillage supérieur

Nom	coordonnées Ar				Armatures adoptées	At
	x1	y1	x2	y2	ϕ [mm] / [cm]	[cm2/m]
1/1+ Ax Principal	0,00	0,00	6,00	18,50	14,0 / 20,0	4,52 < 7,70
1/2+ Ay Perpendiculaire		0,00	0,00	6,00	18,50	10,0 / 15,0
	4,52 < 5,24					

4. Quantitatif

- Volume de Béton = 27,75 (m3)
- Surface de Coffrage = 111,00 (m2)
- Périmètre de la dalle = 49,00 (m)
- Superficie des réservations = 0,00 (m2)

- Acier HA 400
- Poids total = 2175,82 (kG)
- Densité = 78,41 (kG/m3)
- Diamètre moyen = 11,3 (mm)
- Liste par diamètres:

Diamètre	Longueur (m)	Poids (kG)
10	1503,42	927,23
12	590,73	524,64
14	598,88	723,95

Note de calcul voile : dalot 2x3x3

1 Niveau:

•Nom : Niveau ±0,00
•Niveau de l'étage : inférieur 0,00 (m)
•Position de l'étage : intermédiaire
•Milieu : non agressif

2 Voile: Voile1

2.1 Caractéristiques des matériaux:

•Béton : fc28 = 30,00 (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m3)
•Armature longitudinale : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)
•Armature transversale : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)
•Age du béton au chargement : 28
•Coefficient de comportement: q = 2,50

2.2 Géométrie:

Nom: P1

Longueur: 18,50 (m)
Epaisseur: 0,25 (m)

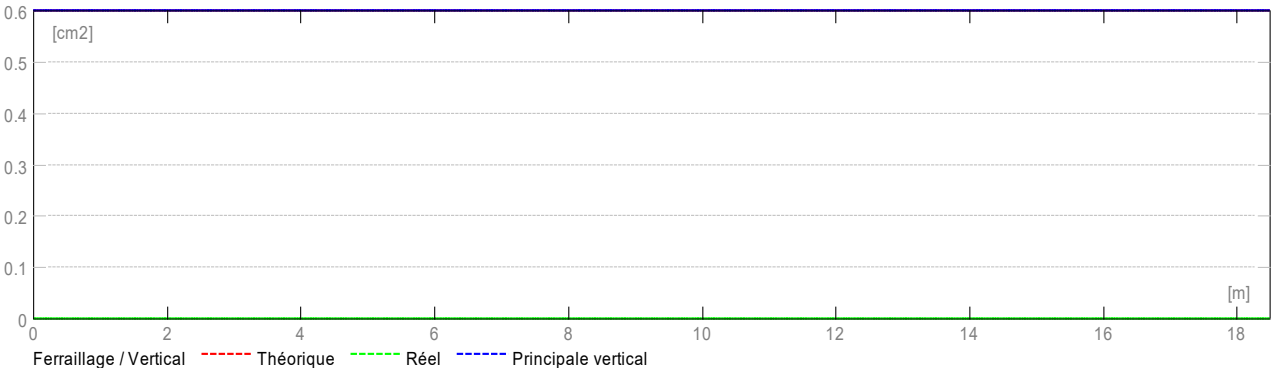
Hauteur:	3,00 (m)
Hauteur de la couronne:	0,00 (m)
Appui vertical:	---------
Conditions aux appuis:	plancher aboutissant de deux côtés

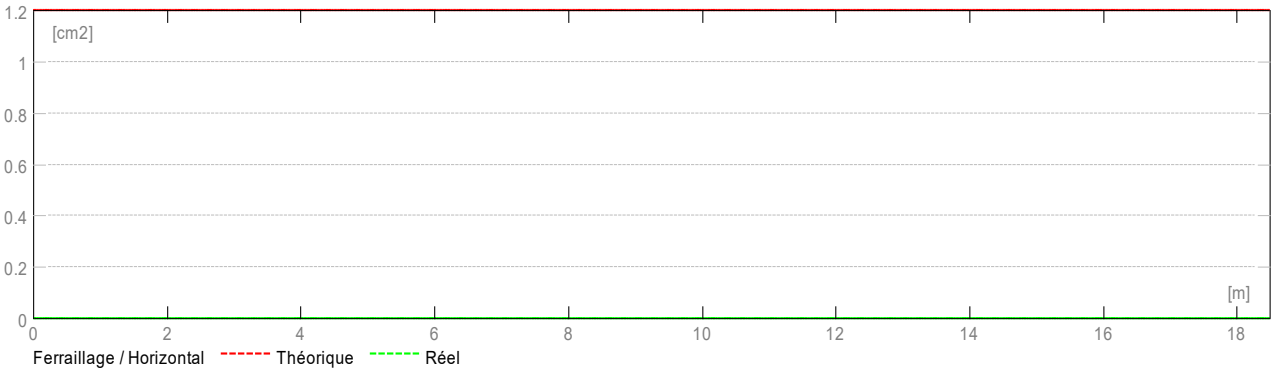
2.3 Hypothèses de calcul:

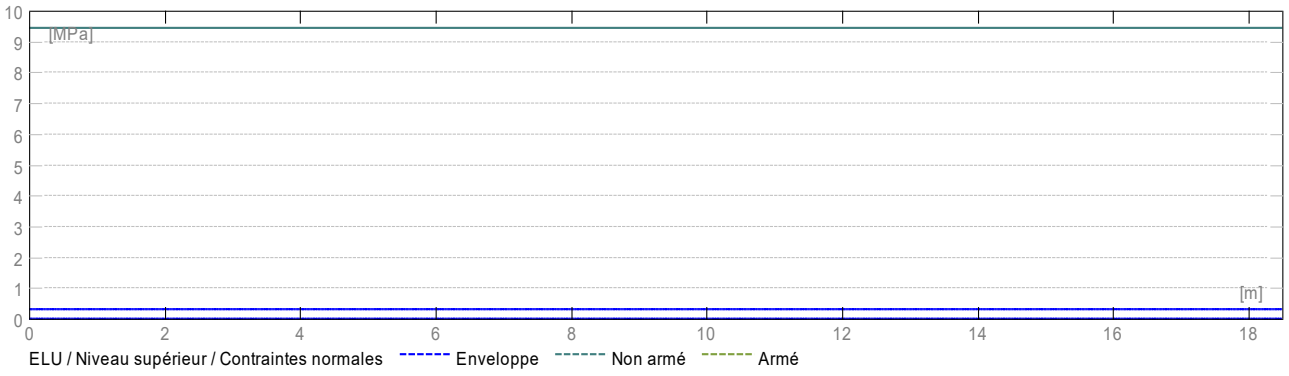
Calculs suivant	:	BAEL 91 mod. 99
Enrobage	:	3,0 (cm)

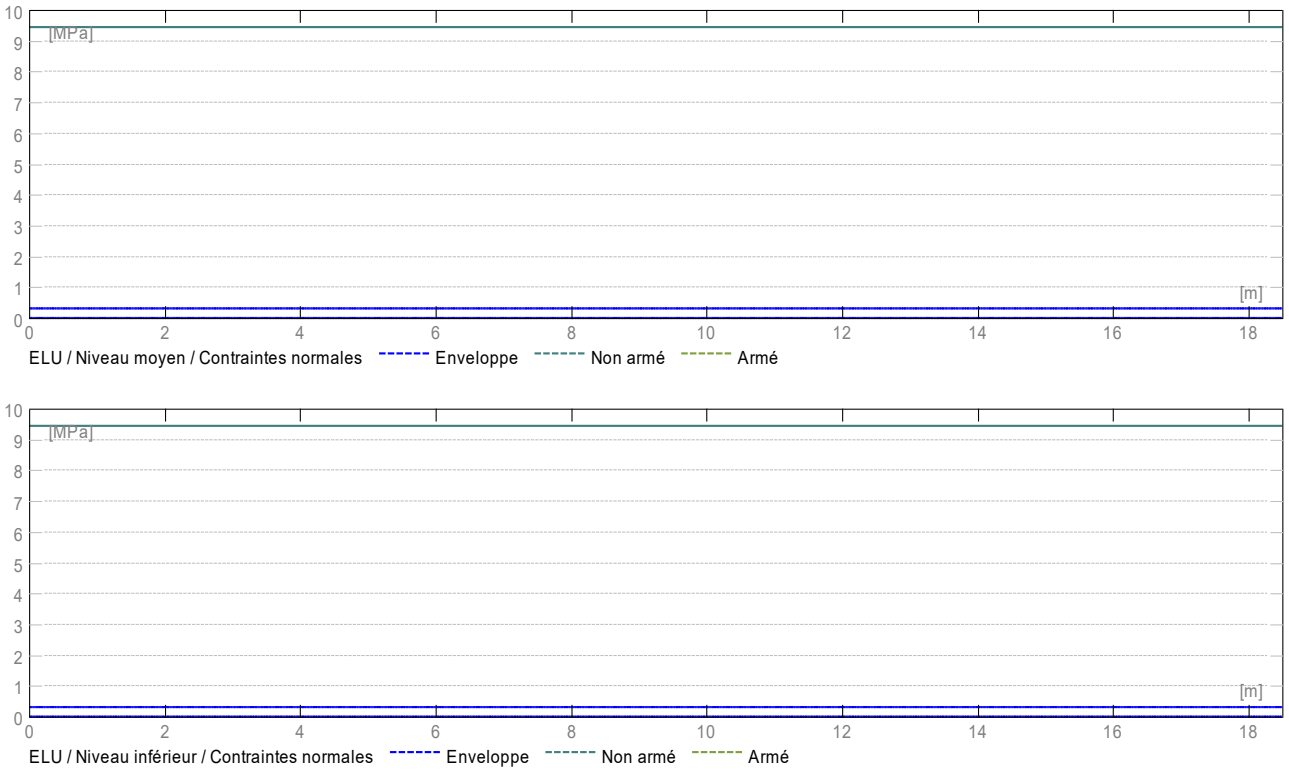
2.4 Résultats théoriques:

2.4.1 Diagrammes









2.4.2 Résultats théoriques - détaillés:

2.4.2.1 Combinaisons

2.4.2.1.1 Sollicitations ELU

ELU.1 - ELU:STD/1=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.2 - ELU:STD/2=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral

ELU.3 - ELU:STD/3=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.4 - ELU:STD/4=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral

ELU.5 - ELU:STD/5=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral +1.5 A(L)

ELU.6 - ELU:STD/6=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral +1.5 A(L)

ELU.7 - ELU:STD/7=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral +1.5 A(L)

ELU.8 - ELU:STD/8=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 4*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral +1.5 A(L)

ELU.9 - ELU:STD/9=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/1*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.10 - ELU:STD/10=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/2*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.11 - ELU:STD/11=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/3*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.12 - ELU:STD/12=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/4*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.13 - ELU:STD/13=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/5*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.14 - ELU:STD/14=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/6*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.15 - ELU:STD/15=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/7*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.16 - ELU:STD/16=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/1*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral

ELU.17 - ELU:STD/17=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/2*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.18 - ELU:STD/18=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/3*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.19 - ELU:STD/19=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/4*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.20 - ELU:STD/20=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/5*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.21 - ELU:STD/21=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/6*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.22 - ELU:STD/22=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/7*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.23 - ELU:STD/23=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/1*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.24 - ELU:STD/24=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/2*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.25 - ELU:STD/25=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/3*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.26 - ELU:STD/26=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/4*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.27 - ELU:STD/27=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/5*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.28 - ELU:STD/28=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/6*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.29 - ELU:STD/29=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5/7*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.30 - ELU:STD/30=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/1*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.31 - ELU:STD/31=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/2*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.32 - ELU:STD/32=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/3*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.33 - ELU:STD/33=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/4*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.34 - ELU:STD/34=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/5*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.35 - ELU:STD/35=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/6*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.36 - ELU:STD/36=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 5/7*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.37 - ELU:STD/37=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/1*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.38 - ELU:STD/38=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/2*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.39 - ELU:STD/39=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/3*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.40 - ELU:STD/40=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/4*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.41 - ELU:STD/41=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/5*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.42 - ELU:STD/42=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/6*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.43 - ELU:STD/43=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/7*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.44 - ELU:STD/44=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/1*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.45 - ELU:STD/45=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/2*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.46 - ELU:STD/46=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/3*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.47 - ELU:STD/47=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/4*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.48 - ELU:STD/48=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/5*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.49 - ELU:STD/49=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/6*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.50 - ELU:STD/50=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/7*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.51 - ELU:STD/51=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/1*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.52 - ELU:STD/52=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/2*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral

ELU.53 - ELU:STD/53=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/3*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.54 - ELU:STD/54=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/4*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.55 - ELU:STD/55=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/5*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.56 - ELU:STD/56=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/6*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.57 - ELU:STD/57=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6/7*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.58 - ELU:STD/58=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/1*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.59 - ELU:STD/59=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/2*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.60 - ELU:STD/60=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/3*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.61 - ELU:STD/61=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/4*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.62 - ELU:STD/62=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/5*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.63 - ELU:STD/63=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/6*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.64 - ELU:STD/64=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 6/7*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.65 - ELU:STD/65=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/1*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.66 - ELU:STD/66=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/2*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.67 - ELU:STD/67=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/3*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.68 - ELU:STD/68=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/4*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.69 - ELU:STD/69=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/5*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.70 - ELU:STD/70=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/6*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.71 - ELU:STD/71=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/7*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.72 - ELU:STD/72=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/1*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.73 - ELU:STD/73=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/2*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.74 - ELU:STD/74=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/3*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.75 - ELU:STD/75=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/4*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.76 - ELU:STD/76=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/5*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.77 - ELU:STD/77=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/6*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.78 - ELU:STD/78=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/7*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.79 - ELU:STD/79=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/1*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.80 - ELU:STD/80=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/2*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.81 - ELU:STD/81=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/3*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.82 - ELU:STD/82=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/4*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.83 - ELU:STD/83=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/5*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.84 - ELU:STD/84=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/6*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.85 - ELU:STD/85=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 7/7*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.86 - ELU:STD/86=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/1*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.87 - ELU:STD/87=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/2*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.88 - ELU:STD/88=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/3*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral

ELU.89 - ELU:STD/89=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/4*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.90 - ELU:STD/90=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/5*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.91 - ELU:STD/91=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/6*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.92 - ELU:STD/92=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 7/7*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.93 - ELU:STD/93=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/1*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.94 - ELU:STD/94=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/2*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.95 - ELU:STD/95=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/3*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.96 - ELU:STD/96=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/4*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.97 - ELU:STD/97=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/5*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.98 - ELU:STD/98=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/6*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.99 - ELU:STD/99=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/7*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.100 - ELU:STD/100=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/1*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.101 - ELU:STD/101=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/2*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.102 - ELU:STD/102=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/3*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.103 - ELU:STD/103=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/4*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.104 - ELU:STD/104=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/5*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.105 - ELU:STD/105=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/6*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.106 - ELU:STD/106=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/7*1.50/ 1.35 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.107 - ELU:STD/107=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/1*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.108 - ELU:STD/108=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/2*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.109 - ELU:STD/109=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/3*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.110 - ELU:STD/110=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/4*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.111 - ELU:STD/111=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/5*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.112 - ELU:STD/112=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/6*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.113 - ELU:STD/113=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 8/7*1.50/ 1 Pp +1.35 G_chaussée +1.35 G_remblai latéral
ELU.114 - ELU:STD/114=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/1*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.115 - ELU:STD/115=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/2*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.116 - ELU:STD/116=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/3*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.117 - ELU:STD/117=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/4*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.118 - ELU:STD/118=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/5*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.119 - ELU:STD/119=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/6*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral
ELU.120 - ELU:STD/120=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00 + 8/7*1.50/ 1 Pp +1 G_chaussée +1 G_remblai latéral

2.4.2.2 Longueur de flambement

Lf' = 2,55 (m)
Lf'_rnf = 2,40 (m)
Lf = 2,55 (m)
Lf_rnf = 2,40 (m)

2.4.2.3 Elancement

λ = 35,33
λ rnf = 33,26

2.4.2.4 Coefficient α

α/α1 = 1,1(Age du béton au chargement :28)
α = 0,46
α rnf = 0,65

2.4.2.5 Résistance du voile non armé

σ ulim = 9,46 (MPa)

2.4.2.6 Voile non armé

Combinaison dimensionnante: ELU 5
σ max < σ ulim => Voile non armé
0,33 < 9,46 (MPa)

2.4.2.7 Armatures de bord

2.4.2.7.1 Bord gauche

2.4.2.7.1.1 Raidisseur en flexion composé
Af L = 0,00 (cm2)

2.4.2.7.1.2 Potelets minimaux
Largeur: d':
d' = 0,00 (m)

2.4.2.7.2 Bord droit

2.4.2.7.2.1 Raidisseur en flexion composé
Af R= 0,00 (cm2)

2.4.2.7.2.3 Potelets minimaux
Largeur: d':
d' = 0,00 (m)

2.4.2.8 Cisaillement (BAEL91 A5.1,23)

Armatures horizontales
Combinaison dimensionnante-ELU: ELU 5

Vu = 16,28 (kN)
τ = 0,00 (MPa)
Ah = 0,00 (cm2/m)

2.5 Ferraillage:

3 Quantitatif:

- Volume de Béton = 13,88 (m3)
- Surface de Coffrage = 112,50 (m2)

- Acier HA 400
- Poids total = 1773,46 (kG)
- Densité = 127,82 (kG/m3)
- Diamètre moyen = 12,2 (mm)

- **Liste par diamètres:**

Diamètre	Longueur	Poids

	(m)	(kG)
6	34,51	7,66
10	388,62	239,68
12	737,60	655,08
14	720,56	871,04

Note de calcul mur en aile : dalot 2x3x3

1. Dalle: Dalle9 - panneau n° 9

1.1. Ferraillage:

- Type : Modèle de ferr voile
- Direction armatures principales : 0°
- Classe armatures principales : HA 400; résistance caractéristique = 400,00 MPa
- Diamètres des barres inférieures d1 = 1,2 (cm) d2 = 1,2 (cm)
  supérieures d1 = 1,2 (cm) d2 = 1,2 (cm)
- Enrobage inférieur c1 = 3,0 (cm)
  supérieur c2 = 3,0 (cm)

1.2. Béton

- Classe : BETON30; résistance caractéristique = 30,00 MPa
- Densité : 2501,36 (kG/m3)

1.3. Hypothèses

- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Méthode de calcul de la section d'acier : Analytique
- Fissuration
  - lit supérieur : préjudiciable
  - lit inférieur : préjudiciable
- Flèche admissible : 0,6 (cm)
- Vérification du poinçonnement : non
- Tenue au feu : 0 h
- Type de calcul : flexion + compression/traction

1.4. Geométrie de la dalle

Epaisseur 0,25 (m)

Contour:

bord	début		fin		longueur
	x1	y1	x2	y2	(m)
1	-2,60	3,50	0,40	3,50	3,00
2	0,40	3,50	0,40	0,00	3,50
3	0,40	0,00	-0,00	0,00	0,40
4	-0,00	0,00	-2,60	3,50	4,36

Appui:

n°	Nom	dimensions (m)	coordonnées x	y	bord
0	linéaire	0,25 / 3,00	-1,10	3,50	—
0	linéaire	3,50 / 0,25	0,40	1,75	—

* - présence du chapiteau

1.5. Résultats des calculs:

1.5.1. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion, compression/traction

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Ferraillage réelle (cm2/m):	0,00	10,26	7,54	7,54
Ferraillage théorique modifié (cm2/m):	4,52	4,52	4,52	4,52
Ferraillage théorique primaire (cm2/m):	4,52	4,52	4,52	4,52
Coordonnées (m):	-2,60;3,50	-1,95;2,63	-2,60;3,50	-1,30;1,75

1.5.2. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion, compression/traction

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Symboles: section théorique/section réelle				
Ax(+) (cm2/m)	**4,52/0,00** 0,00/10,26	4,52/10,26	4,52/0,00	
Ax(-) (cm2/m)	4,52/0,00 4,52/10,26	**4,52/10,26**	4,52/0,00	
Ay(+) (cm2/m)	4,52/7,54 4,52/7,54	4,52/7,54	**4,52/7,54**	
Ay(-) (cm2/m)	0,00/0,00 **4,52/7,54**	0,00/7,54	0,00/0,00	
	ELS			
Mxx (kN*m/m)	2,86	-3,22	2,86	-3,99
Myy (kN*m/m)	9,61	1,74	9,61	-1,15
Mxy (kN*m/m)	-1,37	0,92	-1,37	2,15
Nxx (kN/m)	-21,51	-26,86	-21,51	-25,13
Nyy (kN/m)	-42,25	-19,46	-42,25	-14,78
Nxy (kN/m)	39,86	26,38	39,86	16,80
	ELU			
Mxx (kN*m/m)	3,93	-4,44	3,93	-5,57
Myy (kN*m/m)	12,99	2,58	12,99	-1,62
Mxy (kN*m/m)	-1,93	1,27	-1,93	3,04
Nxx (kN/m)	-30,48	-38,82	-30,48	-35,60
Nyy (kN/m)	-63,51	-30,28	-63,51	-22,76
Nxy (kN/m)	59,15	39,47	59,15	25,58
Coordonnées (m)	-2,60;3,50	-1,95;2,63	-2,60;3,50	-1,30;1,75
Coordonnées* (m)	0,00;18,50;3,00	-0,74;18,96;2,35	0,00;18,50;3,00	-1,49;19,42;1,70

* - Coordonnées dans le repère global de la structure

1.5.4. Flèche

|f(+)| = 0,0 (cm) <= $f_{dop}(+)$ = 0,6 (cm)

|f(-)| = 0,1 (cm) <= $f_{dop}(-)$ = 0,6 (cm)

2. Chargements:

Cas	Type	Liste	Valeur
1	poids propre	1A9 11 12	PZ Moins
2	(EF) surfacique 3p (contour)	4	PZ1=-14,57[kN/m2] P1(0, 1.5, 3) P2(0, 17, 3) P3(6, 17, 3) P4(6, 1.5, 3)
3	(EF) surfacique 3p	1	PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	1	PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	1	PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	1	PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	7	PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	7	PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	7	PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	7	PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	8	PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	8	PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3	(EF) surfacique 3p	8	PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3	(EF) surfacique 3p	8	PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m]

N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 3 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ3=6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=6,48[kN/m2] PZ2=6,48[kN/m2] PZ3=46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 6 PZ1=4,26[kN/m2] PZ2=4,26[kN/m2] PZ3=4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ3=-6,48[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-6,48[kN/m2] PZ2=-6,48[kN/m2] PZ3=-46,39[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=3,00[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=3,00[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=2,20[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 3) P2(1, 0, 3) P3(0, -1, 3) P4(0, 0, 2)
3 (EF) surfacique 3p 9 PZ1=-4,26[kN/m2] PZ2=-4,26[kN/m2] PZ3=-4,26[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=2,20[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=2,20[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-3,00[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 2.2) P2(1, 0, 2.2) P3(0, -1, 2.2) P4(0, 0, 1.2)
4 (EF) surfacique 3p (contour) 4 9 PZ1=-16,15[kN/m2] P1(0, 1.5, 3) P2(0, 17, 3) P3(6, 17, 3) P4(6, 1.5, 3)

Combinaison / Composante	**Définition**
ELU/25	(1+2+3)*1.35
ELU/26	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/27	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/28	(1+2+3)*1.00

ELU/29	(1+2+3)*1.35+4*1.50
ELU/30	1*1.35+(2+3)*1.00+4*1.50
ELU/31	1*1.00+(2+3)*1.35+4*1.50
ELU/32	(1+2+3)*1.00+4*1.50
ELU/33	(1+2+3)*1.35
ELU/34	(1+2+3)*1.35
ELU/35	(1+2+3)*1.35
ELU/36	(1+2+3)*1.35
ELU/37	(1+2+3)*1.35
ELU/38	(1+2+3)*1.35
ELU/39	(1+2+3)*1.35
ELU/40	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/41	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/42	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/43	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/44	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/45	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/46	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/47	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/48	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/49	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/50	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/51	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/52	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/53	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/54	(1+2+3)*1.00
ELU/55	(1+2+3)*1.00
ELU/56	(1+2+3)*1.00
ELU/57	(1+2+3)*1.00
ELU/58	(1+2+3)*1.00
ELU/59	(1+2+3)*1.00
ELU/60	(1+2+3)*1.00
ELU/61	(1+2+3)*1.35
ELU/62	(1+2+3)*1.35
ELU/63	(1+2+3)*1.35
ELU/64	(1+2+3)*1.35
ELU/65	(1+2+3)*1.35
ELU/66	(1+2+3)*1.35
ELU/67	(1+2+3)*1.35
ELU/68	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/69	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/70	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/71	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/72	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/73	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/74	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/75	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/76	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/77	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/78	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/79	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/80	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/81	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/82	(1+2+3)*1.00
ELU/83	(1+2+3)*1.00
ELU/84	(1+2+3)*1.00
ELU/85	(1+2+3)*1.00
ELU/86	(1+2+3)*1.00

ELU/87	(1+2+3)*1.00
ELU/88	(1+2+3)*1.00
ELU/89	(1+2+3)*1.35
ELU/90	(1+2+3)*1.35
ELU/91	(1+2+3)*1.35
ELU/92	(1+2+3)*1.35
ELU/93	(1+2+3)*1.35
ELU/94	(1+2+3)*1.35
ELU/95	(1+2+3)*1.35
ELU/96	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/97	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/98	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/99	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/100	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/101	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/102	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/103	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/104	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/105	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/106	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/107	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/108	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/109	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/110	(1+2+3)*1.00
ELU/111	(1+2+3)*1.00
ELU/112	(1+2+3)*1.00
ELU/113	(1+2+3)*1.00
ELU/114	(1+2+3)*1.00
ELU/115	(1+2+3)*1.00
ELU/116	(1+2+3)*1.00
ELU/117	(1+2+3)*1.35
ELU/118	(1+2+3)*1.35
ELU/119	(1+2+3)*1.35
ELU/120	(1+2+3)*1.35
ELU/121	(1+2+3)*1.35
ELU/122	(1+2+3)*1.35
ELU/123	(1+2+3)*1.35
ELU/124	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/125	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/126	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/127	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/128	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/129	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/130	1*1.35+(2+3)*1.00
ELU/131	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/132	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/133	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/134	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/135	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/136	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/137	1*1.00+(2+3)*1.35
ELU/138	(1+2+3)*1.00
ELU/139	(1+2+3)*1.00
ELU/140	(1+2+3)*1.00
ELU/141	(1+2+3)*1.00
ELU/142	(1+2+3)*1.00
ELU/143	(1+2+3)*1.00
ELU/144	(1+2+3)*1.00

ELS/145	(1+2+3)*1.00
ELS/146	(1+2+3+4)*1.00
ELS/147	(1+2+3)*1.00
ELS/148	(1+2+3)*1.00
ELS/149	(1+2+3)*1.00
ELS/150	(1+2+3)*1.00
ELS/151	(1+2+3)*1.00
ELS/152	(1+2+3)*1.00
ELS/153	(1+2+3)*1.00
ELS/154	(1+2+3)*1.00
ELS/155	(1+2+3)*1.00
ELS/156	(1+2+3)*1.00
ELS/157	(1+2+3)*1.00
ELS/158	(1+2+3)*1.00
ELS/159	(1+2+3)*1.00
ELS/160	(1+2+3)*1.00
ELS/161	(1+2+3)*1.00
ELS/162	(1+2+3)*1.00
ELS/163	(1+2+3)*1.00
ELS/164	(1+2+3)*1.00
ELS/165	(1+2+3)*1.00
ELS/166	(1+2+3)*1.00
ELS/167	(1+2+3)*1.00
ELS/168	(1+2+3)*1.00
ELS/169	(1+2+3)*1.00
ELS/170	(1+2+3)*1.00
ELS/171	(1+2+3)*1.00
ELS/172	(1+2+3)*1.00
ELS/173	(1+2+3)*1.00
ELS/174	(1+2+3)*1.00

3. Résultats théoriques - disposition des armatures

Liste de solutions:
Ferraillage par barres

Solution n°	**Armatures Diamètre / Poids**	**Poids total (kG)**
1	-	166,36

Résultats pour la solution n° 1
Zones de ferraillage

Ferraillage inférieur

Nom	**coordonnées Ar**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**[cm2/m]**
1/1- Ax Principal	-2,60	0,00	0,40	3,50	14,0 / 15,0	4,52 < 10,26
1/2- Ay Perpendiculaire	-2,60	0,00	0,40	3,50	12,0 / 15,0	4,52 < 7,54

Ferraillage supérieur

Nom	**coordonnées Ar**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**[cm2/m]**

1/1+	Ax Principal	-2,60	0,00	0,40	3,50	14,0 / 15,0	4,52 < 10,26
1/2+	Ay Perpendiculaire	-2,60	0,00	0,40	3,50	12,0 / 15,0	4,52 < 7,54

4. Quantitatif

- Volume de Béton = 1,49 (m3)
- Surface de Coffrage = 5,95 (m2)
- Périmètre de la dalle = 11,26 (m)
- Superficie des réservations = 0,00 (m2)

- Acier HA 400
- Poids total = 153,17 (kG)
- Densité = 102,97 (kG/m3)
- Diamètre moyen = 13,0 (mm)
- Liste par diamètres:

Diamètre	Longueur (m)	Poids (kG)
12	69,78	61,97
14	75,44	91,19

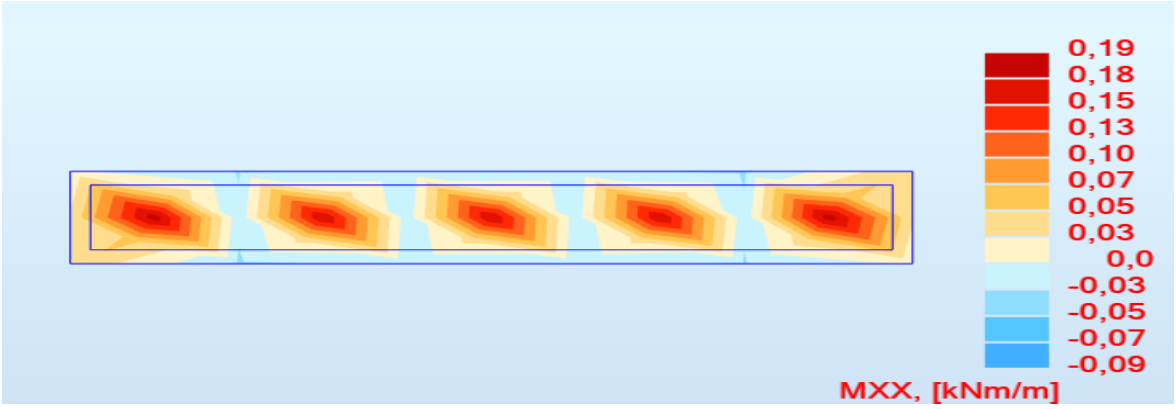
Annexe 5 : Dimensionnement structural des caniveaux

- SURCHARGES

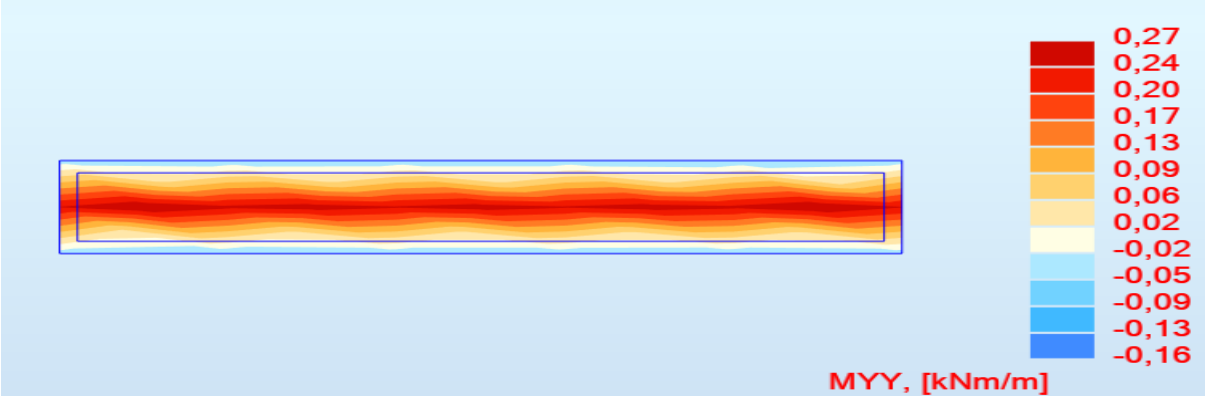
Pour la surcharge sur la dallette, nous allons considérer une charge concentrée de 10T (Br = 100 kN) comme le recommande le Fascicule 61, Titre II.

Tablier :

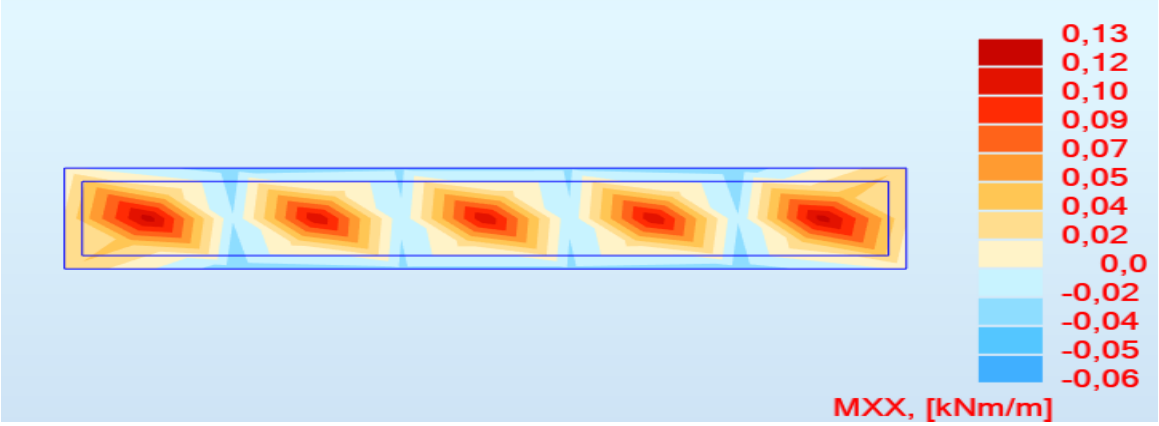
Moment ELU suivant xx



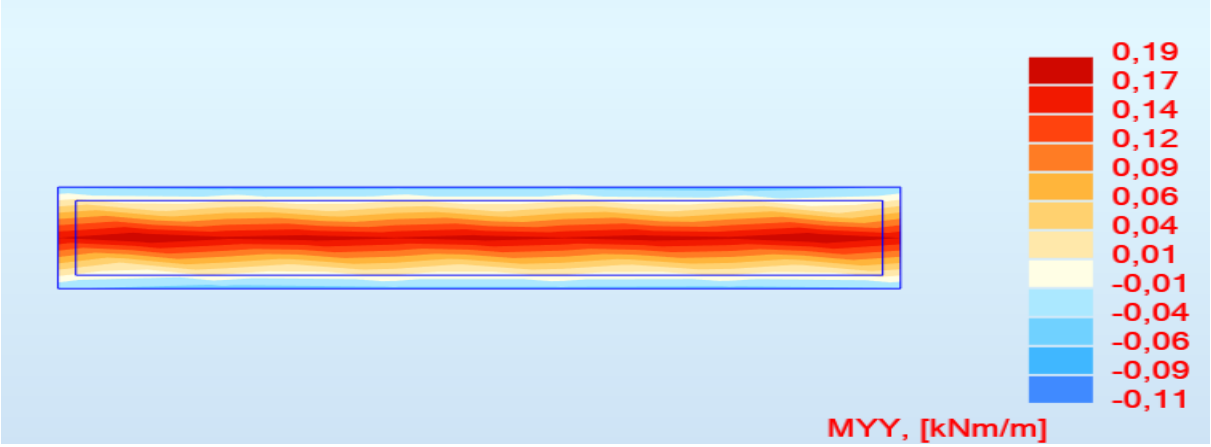
Moment ELU suivant yy



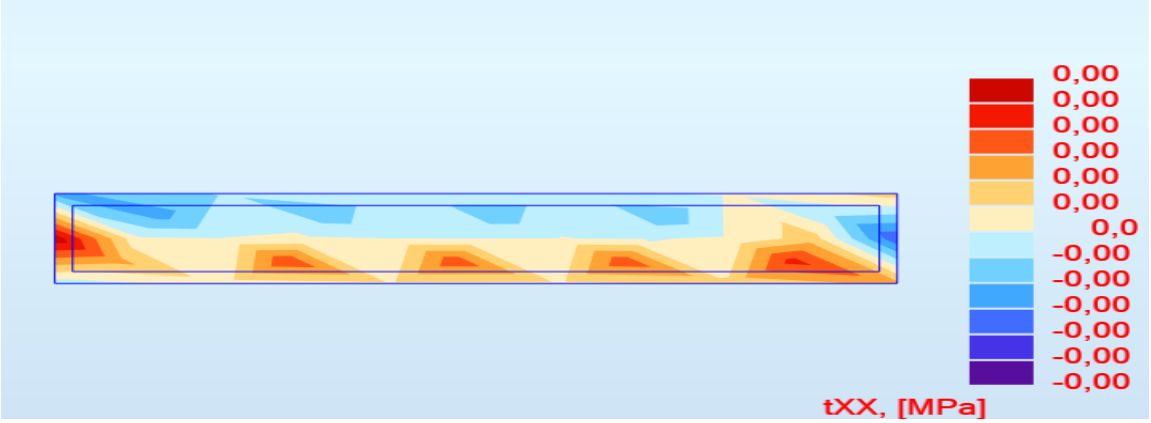
Moment ELS suivant xx



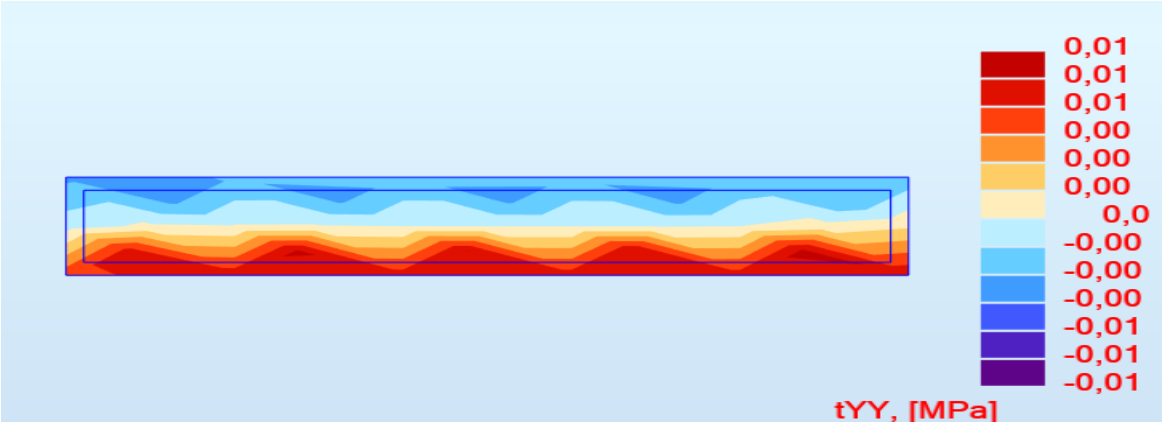
Moment ELS suivant yy



Contrainte de cisaillement suivant xx

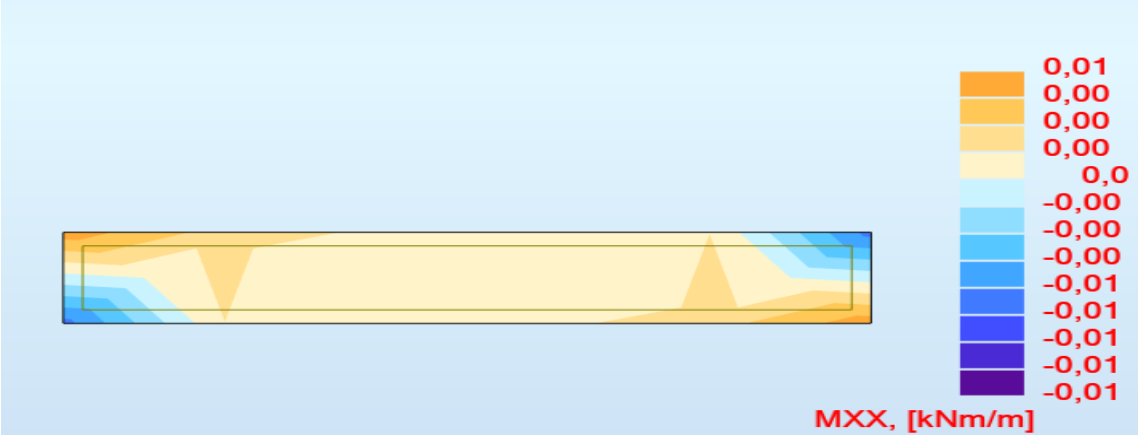


Contrainte de cisaillement suivant yy

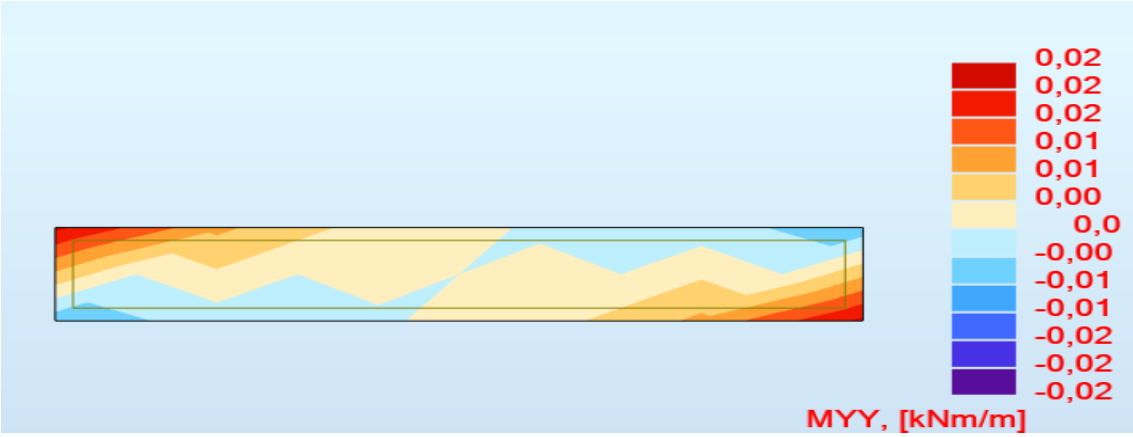


Radier :

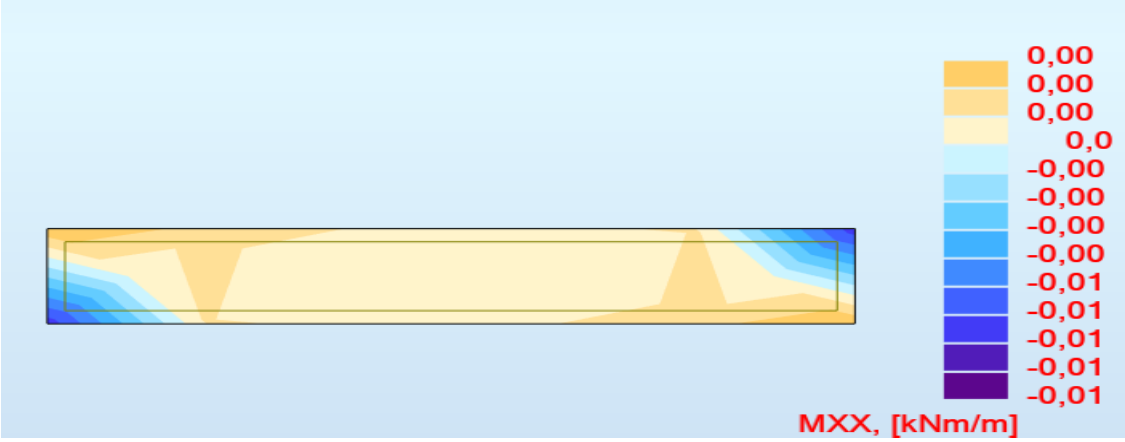
Moment ELU suivant xx



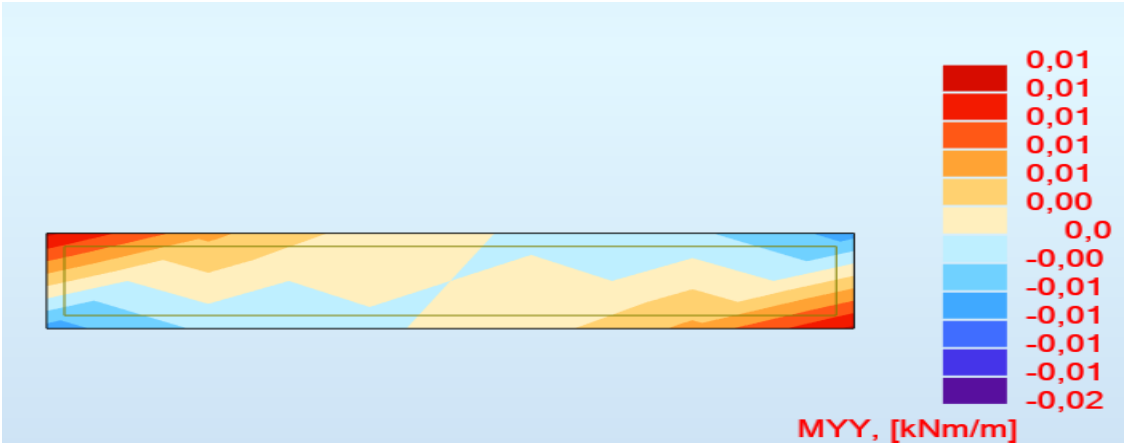
Moment ELU suivant yy



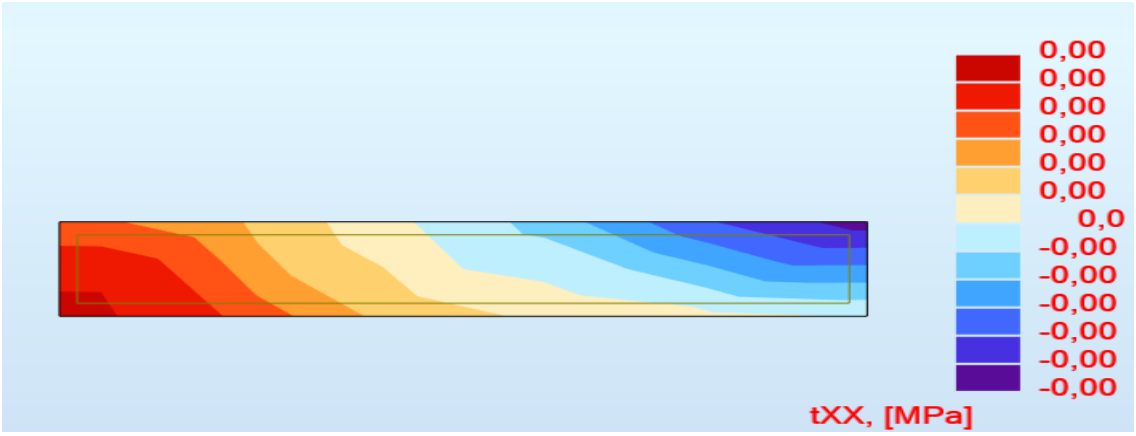
Moment ELS suivant xx



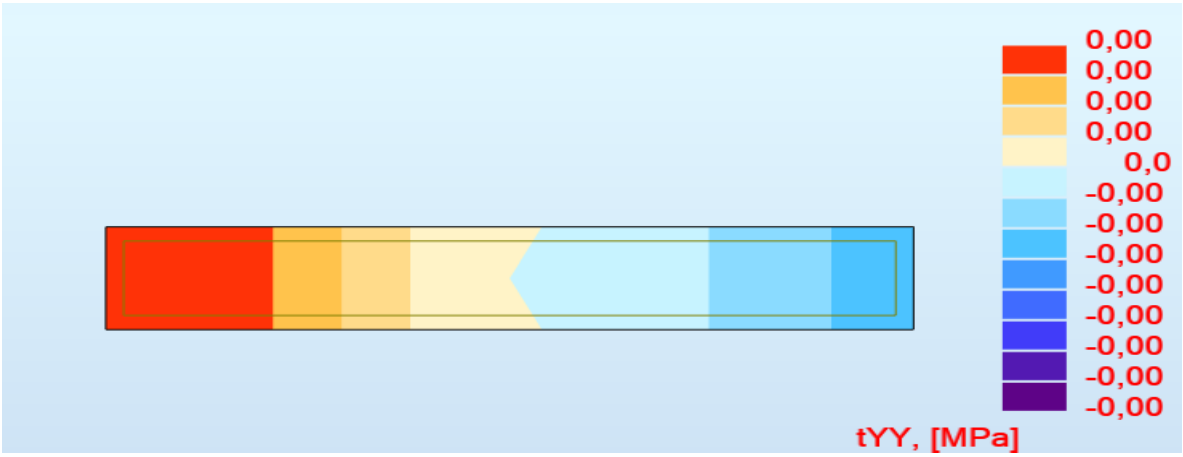
Moment ELS suivant yy



Contrainte de cisaillement suivant xx

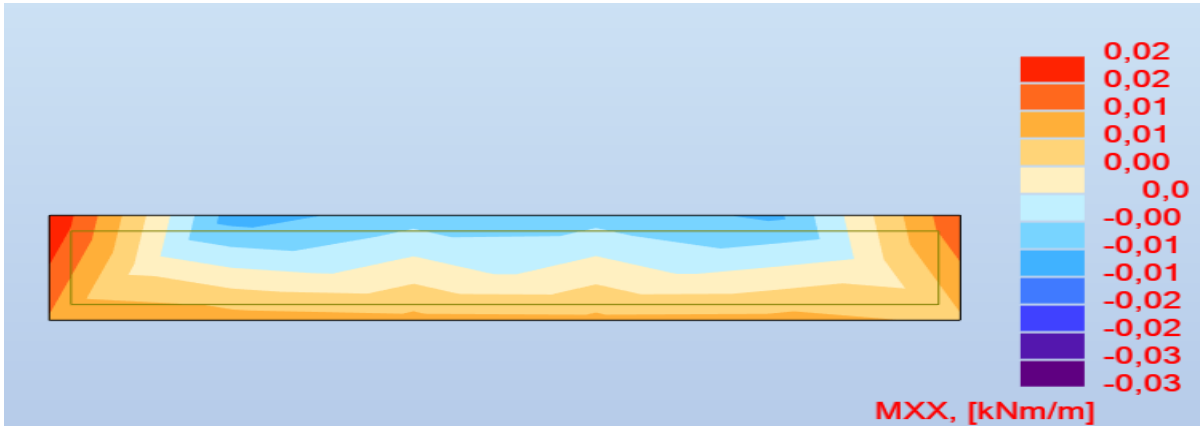


Contrainte de cisaillement suivant yy

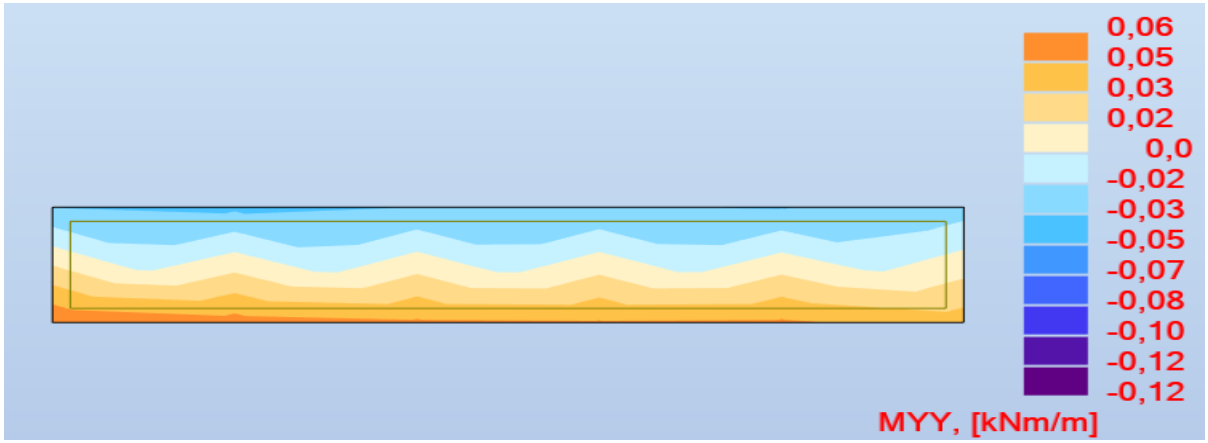


Piédroit :

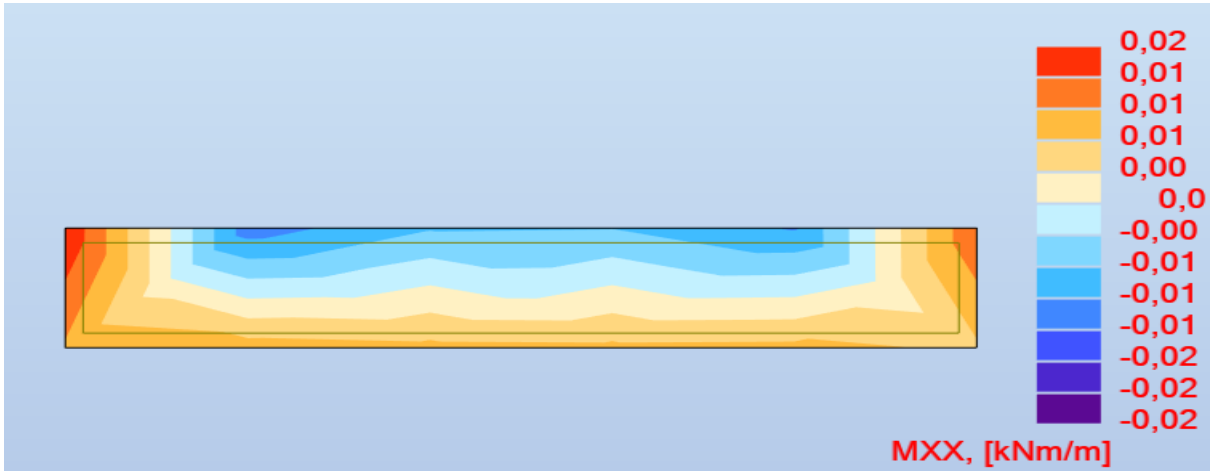
Moment ELU suivant xx



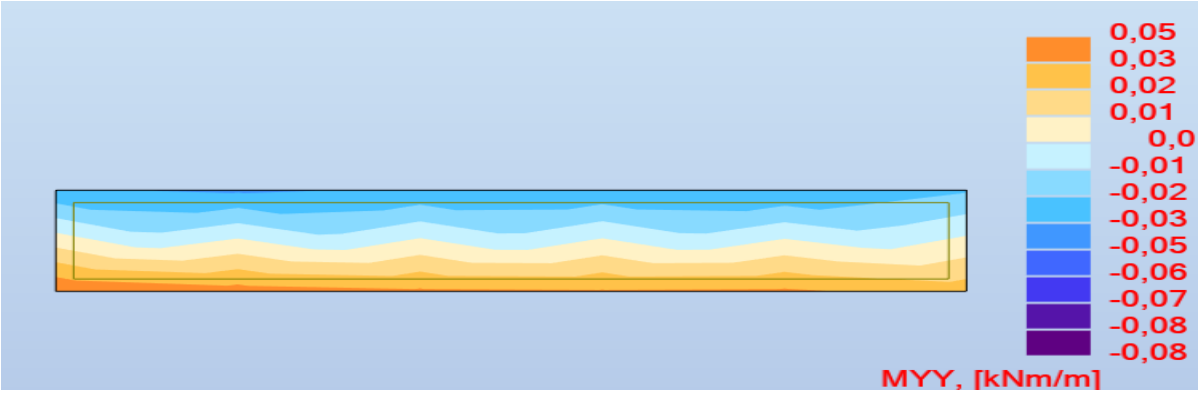
Moment ELU suivant yy



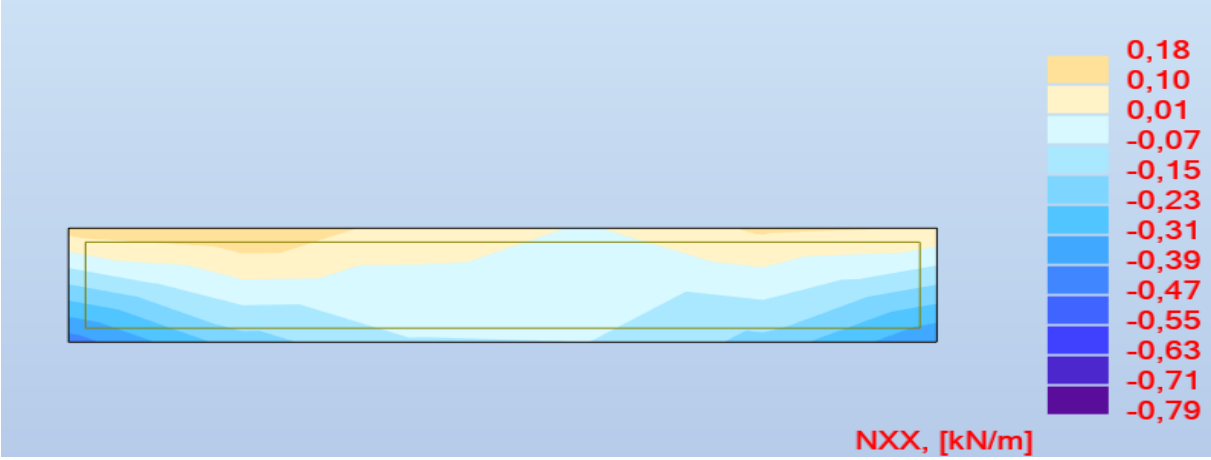
Moment ELS suivant xx



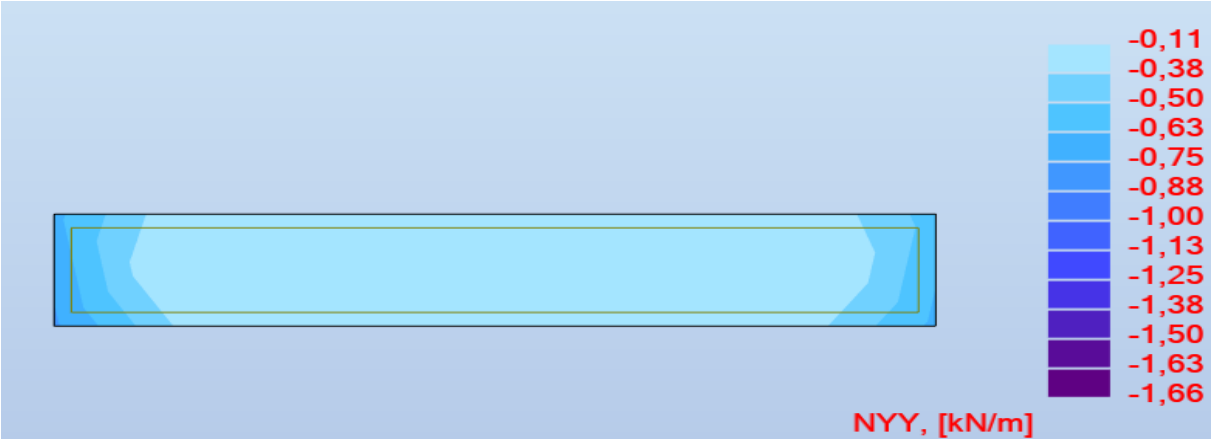
Moment ELS suivant yy



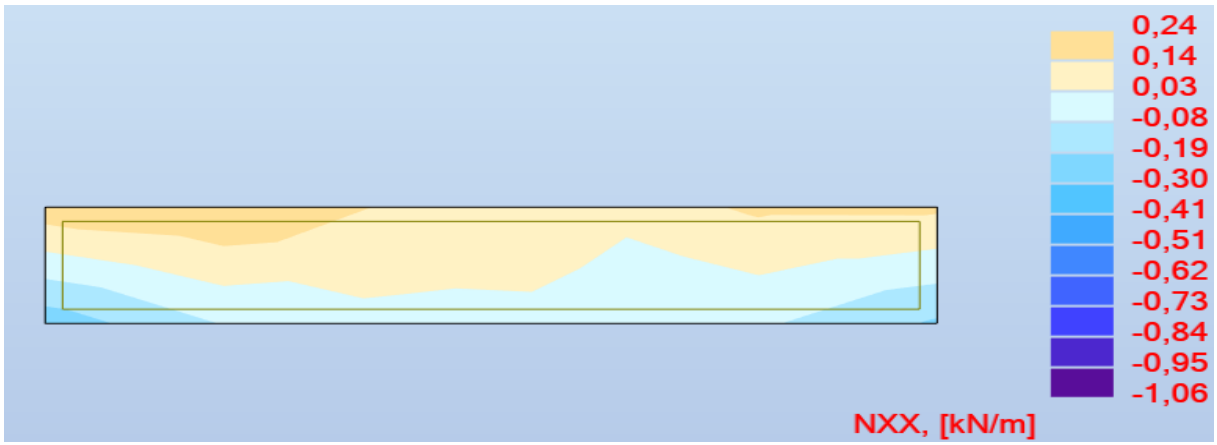
Effort normal ELS suivant xx



Effort normal ELS suivant yy



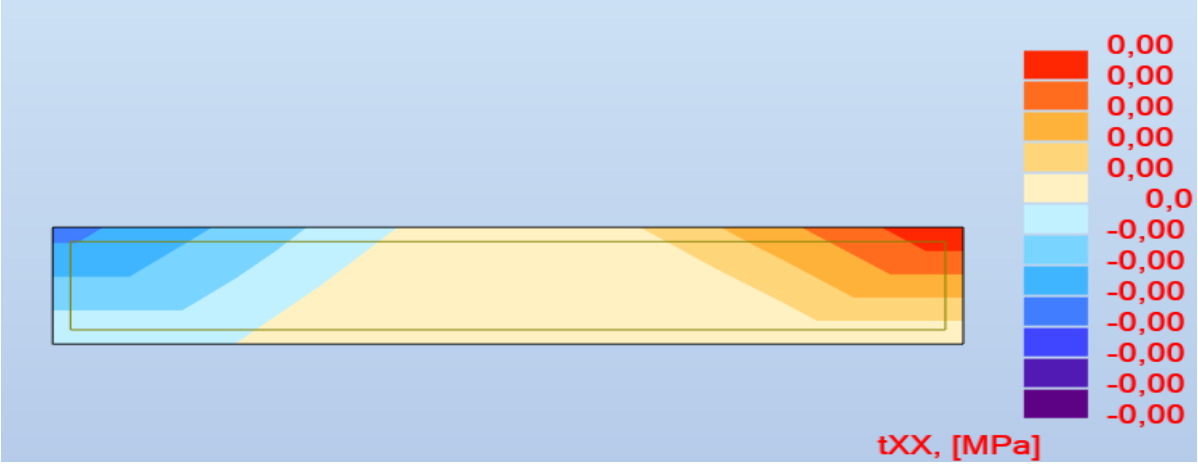
Effort normal ELU suivant xx



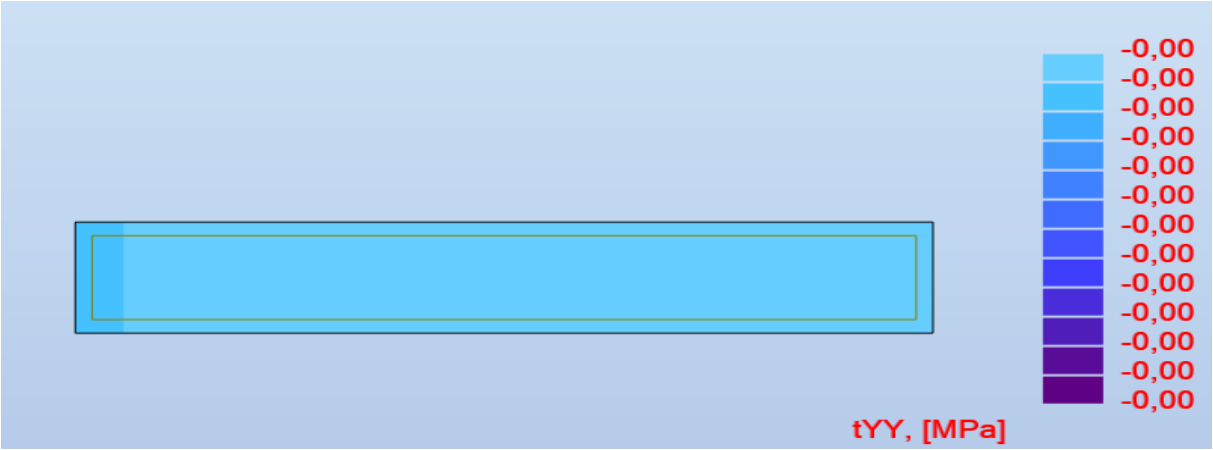
Effort normal ELU suivant yy



Contrainte de cisaillement suivant xx



Contrainte de cisaillement suivant yy



Note de calcul tablier : caniveau

1. Dalle: Dalle2 - panneau n° 2

1.1. Ferraillage:

- Type : dalle radier
- Direction armatures principales : 0°
- Classe armatures principales : HA 400; résistance caractéristique = 400,00 MPa
- Diamètres des barres inférieures d1 = 1,0 (cm) d2 = 1,0 (cm)
  supérieures d1 = 1,0 (cm) d2 = 1,0 (cm)
- Enrobage inférieur c1 = 3,0 (cm)
  supérieur c2 = 3,0 (cm)

1.2. Béton

- Classe : BETON25; résistance caractéristique = 25,00 MPa

- Densité : 2501,36 (kG/m3)

1.3. Hypothèses

- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Méthode de calcul de la section d'acier : Analytique
- Fissuration
  - lit supérieur : préjudiciable
  - lit inférieur : préjudiciable
- Flèche admissible : 0,2 (cm)
- Vérification du poinçonnement : non
- Tenue au feu : 0 h
- Type de calcul : flexion + compression/traction

1.4. Geométrie de la dalle

Epaisseur 0,15 (m)

Contour:

bord	début		fin		longueur
	x1	y1	x2	y2	(m)
1	0,00	0,80	5,00	0,80	5,00
2	5,00	0,80	5,00	0,00	0,80
3	5,00	0,00	0,00	0,00	5,00
4	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80

Appui:

n°	Nom	dimensions (m)	coordonnées x	y	bord
0	linéaire	0,15 / 5,00	2,50	0,00	—
0	linéaire	0,15 / 5,00	2,50	0,80	—

* - présence du chapiteau

1.5. Résultats des calculs:

1.5.1. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion, compression/traction

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Ferraillage réelle (cm2/m):	5,24	5,24	7,54	7,54
Ferraillage théorique modifié (cm2/m):	3,14	3,14	3,14	3,14
Ferraillage théorique primaire (cm2/m):	3,14	3,14	3,14	3,14
Coordonnées (m):	0,50;0,40 1,00;0,00	1,00;0,00	1,00;0,40	

1.5.2. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion, compression/traction

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Symboles: section théorique/section réelle				
Ax(+) (cm2/m)	**3,14/5,24**	3,14/5,24	3,14/5,24	

	3,14/5,24			
Ax(-) (cm2/m)	3,14/5,24	**3,14/5,24**	3,14/5,24	
	3,14/5,24			
Ay(+) (cm2/m)	3,14/7,54	3,14/7,54	**3,14/7,54**	
	3,14/7,54			
Ay(-) (cm2/m)	3,14/7,54	3,14/7,54	3,14/7,54	
	3,14/7,54			
	ELS			
Mxx (kN*m/m)	0,13	-0,06	-0,04	-0,06
Myy (kN*m/m)	0,19	-0,11	0,17	-0,11
Mxy (kN*m/m)	-0,02	0,02	-0,01	0,02
Nxx (kN/m)	0,16	0,40	0,22	0,40
Nyy (kN/m)	-0,07	-0,13	-0,41	-0,13
Nxy (kN/m)	-0,04	0,17	0,06	0,17
	ELU			
Mxx (kN*m/m)	0,19	-0,09	-0,06	-0,09
Myy (kN*m/m)	0,27	-0,16	0,25	-0,16
Mxy (kN*m/m)	-0,04	0,02	-0,01	0,02
Nxx (kN/m)	0,25	0,54	0,33	0,54
Nyy (kN/m)	-0,20	-0,21	-0,60	-0,21
Nxy (kN/m)	0,08	0,24	0,08	0,24
Coordonnées (m)	0,50;0,40	1,00;0,00	1,00;0,40	
	1,00;0,00			
Coordonnées* (m)	0,40;0,50;0,80	0,80;1,00;0,80	0,40;1,00;0,80	
	0,80;1,00;0,80			

* - Coordonnées dans le repère global de la structure

1.5.4. Flèche

|f(+)| = 0,0 (cm) <= $f_{dop}(+)$ = 0,2 (cm)
|f(-)| = 0,0 (cm) <= $f_{dop}(-)$ = 0,2 (cm)

2. Chargements:

Cas	Type	Liste	Valeur
1	poids propre	1A4	PZ Moins
2	(EF) surfacique 3p	3	PZ3=8,10[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=0,50[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=0,50[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-0,50[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 0.5) P2(1, 0, 0.5) P3(0, -1, 0.5) P4(0, 0, -0.5)
2	(EF) surfacique 3p	3	PZ1=2,13[kN/m2] PZ2=2,13[kN/m2] PZ3=2,13[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=0,50[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=0,50[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-0,50[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 0.5) P2(1, 0, 0.5) P3(0, -1, 0.5) P4(0, 0, -0.5)
2	(EF) surfacique 3p	4	PZ3=-8,10[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=0,50[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=0,50[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-0,50[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 0.5) P2(1, 0, 0.5) P3(0, -1, 0.5) P4(0, 0, -0.5)
2	(EF) surfacique 3p	4	PZ1=-2,13[kN/m2] PZ2=-2,13[kN/m2] PZ3=-2,13[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=0,50[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=0,50[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-0,50[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 0.5) P2(1, 0, 0.5) P3(0, -1, 0.5) P4(0, 0, -0.5)
3	(EF) surfacique uniforme	1	PZ=-5,00[kN/m2]

Combinaison / Composante	Définition

ELU/8	(1+2)*1.35
ELU/9	1*1.35+2*1.00
ELU/10	1*1.00+2*1.35
ELU/11	(1+2)*1.00
ELU/12	(1+2)*1.35+3*1.50
ELU/13	1*1.35+2*1.00+3*1.50
ELU/14	1*1.00+2*1.35+3*1.50
ELU/15	(1+2)*1.00+3*1.50
ELU/16	(1+2)*1.35
ELU/17	(1+2)*1.35
ELU/18	(1+2)*1.35
ELU/19	(1+2)*1.35
ELU/20	(1+2)*1.35
ELU/21	(1+2)*1.35
ELU/22	1*1.35+2*1.00
ELU/23	1*1.35+2*1.00
ELU/24	1*1.35+2*1.00
ELU/25	1*1.35+2*1.00
ELU/26	1*1.35+2*1.00
ELU/27	1*1.35+2*1.00
ELU/28	1*1.00+2*1.35
ELU/29	1*1.00+2*1.35
ELU/30	1*1.00+2*1.35
ELU/31	1*1.00+2*1.35
ELU/32	1*1.00+2*1.35
ELU/33	1*1.00+2*1.35
ELU/34	(1+2)*1.00
ELU/35	(1+2)*1.00
ELU/36	(1+2)*1.00
ELU/37	(1+2)*1.00
ELU/38	(1+2)*1.00
ELU/39	(1+2)*1.00
ELS/40	(1+2)*1.00
ELS/41	(1+2+3)*1.00
ELS/42	(1+2)*1.00
ELS/43	(1+2)*1.00
ELS/44	(1+2)*1.00
ELS/45	(1+2)*1.00
ELS/46	(1+2)*1.00
ELS/47	(1+2)*1.00

3. Résultats théoriques - disposition des armatures

Liste de solutions:
Ferraillage par barres

Solution n°	**Armatures Diamètre / Poids**	**Poids total (kG)**
1	-	80,26

Résultats pour la solution n° 1
Zones de ferraillage

Ferraillage inférieur

Nom	**coordonnées**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**[cm2/m]**
Ar [cm2/m]						

1/1- Ax Principal	0,00	0,00	5,00	0,80	10,0 / 15,0	3,14 < 5,24
1/2- Ay Perpendiculaire	0,00	0,00	5,00	0,80	12,0 / 15,0	3,14 < 7,54

Ferraillage supérieur

Nom	**coordonnées**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**[cm2/m]**
1/1+ Ax Principal	0,00	0,00	5,00	0,80	10,0 / 15,0	3,14 < 5,24
1/2+ Ay Perpendiculaire	0,00	0,00	5,00	0,80	12,0 / 15,0	3,14 < 7,54

4. Quantitatif

- Volume de Béton = 0,60 (m3)
- Surface de Coffrage = 4,00 (m2)
- Périmètre de la dalle = 11,60 (m)
- Superficie des réservations = 0,00 (m2)

- Acier HA 400
- Poids total = 73,84 (kG)
- Densité = 123,07 (kG/m3)
- Diamètre moyen = 11,0 (mm)
- Liste par diamètres:

Diamètre	Longueur (m)	Poids (kG)
10	49,40	30,47
12	48,84	43,38

Note de calcul radier : caniveau

1. Dalle: Dalle1 - panneau n° 1

1.1. Ferraillage:

- Type : dalle radier
- Direction armatures principales : 0°
- Classe armatures principales : HA 400; résistance caractéristique = 400,00 MPa
- Diamètres des barres inférieures d1 = 1,0 (cm) d2 = 1,0 (cm)
  supérieures d1 = 1,0 (cm) d2 = 1,0 (cm)
- Enrobage inférieur c1 = 3,0 (cm)
  supérieur c2 = 3,0 (cm)

1.2. Béton

- Classe : BETON25; résistance caractéristique = 25,00 MPa
- Densité : 2501,36 (kG/m3)

1.3. Hypothèses

- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Méthode de calcul de la section d'acier : Analytique
- Fissuration
  - lit supérieur : préjudiciable
  - lit inférieur : préjudiciable
- Flèche admissible : 0,2 (cm)
- Vérification du poinçonnement : non
- Tenue au feu : 0 h
- Type de calcul compression/traction : flexion +

1.4. Geométrie de la dalle

Epaisseur 0,15 (m)

Contour:

bord	début		fin		longueur
	x1	y1	x2	y2	(m)
1	0,00	0,80	5,00	0,80	5,00
2	5,00	0,80	5,00	0,00	0,80
3	5,00	0,00	0,00	0,00	5,00
4	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80

Appui:

n°	Nom	dimensions (m)	coordonnées x	y	bord
0	linéaire	0,15 / 5,00	2,50	0,80	—
0	linéaire	0,15 / 5,00	2,50	0,00	—

* - présence du chapiteau

1.5. Résultats des calculs:

1.5.1. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion, compression/traction

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Ferraillage réelle (cm2/m):	3,35	3,35	5,24	5,24
Ferraillage théorique modifié (cm2/m):	3,14	3,14	3,14	3,14
Ferraillage théorique primaire (cm2/m):	3,14	3,14	3,14	3,14
Coordonnées (m):	0,00;0,80 0,00;0,00	0,00;0,80	0,00;0,80	

1.5.2. Moments maximaux + ferraillage pour la flexion, compression/traction

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Symboles: section théorique/section réelle				
Ax(+) (cm2/m)	**3,14/3,35** 3,14/3,35	3,14/3,35	3,14/3,35	
Ax(-) (cm2/m)	3,14/3,35 3,14/3,35	**3,14/3,35**	3,14/3,35	
Ay(+) (cm2/m)	3,14/5,24 3,14/5,24	3,14/5,24	**3,14/5,24**	

Ay(-) (cm2/m)	3,14/5,24 **3,14/5,24**	3,14/5,24	3,14/5,24	
	ELS			
Mxx (kN*m/m)	0,00	0,00	0,00	-0,01
Myy (kN*m/m)	0,01	0,01	0,01	-0,02
Mxy (kN*m/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nxx (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nyy (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nxy (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
	ELU			
Mxx (kN*m/m)	0,01	0,01	0,01	-0,01
Myy (kN*m/m)	0,02	0,02	0,02	-0,02
Mxy (kN*m/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nxx (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nyy (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nxy (kN/m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Coordonnées (m)	0,00;0,80 0,00;0,00	0,00;0,80	0,00;0,80	
Coordonnées* (m)	0,00;0,00;0,00 0,80;0,00;0,00	0,00;0,00;0,00	0,00;0,00;0,00	

* - Coordonnées dans le repère global de la structure

1.5.4. Flèche

$|f(+)| = 0,0$ (cm) <= $f_{dop}(+) = 0,2$ (cm)

$|f(-)| = 0,0$ (cm) <= $f_{dop}(-) = 0,2$ (cm)

2. Chargements:

Cas	Type	Liste	Valeur
1	poids propre	1A4	PZ Moins
2	(EF) surfacique 3p	3	PZ3=8,10[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=0,50[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=0,50[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-0,50[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 0.5) P2(1, 0, 0.5) P3(0, -1, 0.5) P4(0, 0, -0.5)
2	(EF) surfacique 3p	3	PZ1=2,13[kN/m2] PZ2=2,13[kN/m2] PZ3=2,13[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=0,50[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=0,50[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-0,50[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 0.5) P2(1, 0, 0.5) P3(0, -1, 0.5) P4(0, 0, -0.5)
2	(EF) surfacique 3p	4	PZ3=-8,10[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=0,50[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=0,50[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-0,50[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 0.5) P2(1, 0, 0.5) P3(0, -1, 0.5) P4(0, 0, -0.5)
2	(EF) surfacique 3p	4	PZ1=-2,13[kN/m2] PZ2=-2,13[kN/m2] PZ3=-2,13[kN/m2] N1X=0,0[m] N1Y=0,0[m] N1Z=0,50[m] N2X=1,00[m] N2Y=0,0[m] N2Z=0,50[m] N3X=0,0[m] N3Y=0,0[m] N3Z=-0,50[m] Limitations géométriques:P1(0, 0, 0.5) P2(1, 0, 0.5) P3(0, -1, 0.5) P4(0, 0, -0.5)
3	(EF) surfacique uniforme	1	PZ=-5,00[kN/m2]

Combinaison / Composante	Définition
ELU/8	(1+2)*1.35
ELU/9	1*1.35+2*1.00
ELU/10	1*1.00+2*1.35
ELU/11	(1+2)*1.00

ELU/12	(1+2)*1.35+3*1.50
ELU/13	1*1.35+2*1.00+3*1.50
ELU/14	1*1.00+2*1.35+3*1.50
ELU/15	(1+2)*1.00+3*1.50
ELU/16	(1+2)*1.35
ELU/17	(1+2)*1.35
ELU/18	(1+2)*1.35
ELU/19	(1+2)*1.35
ELU/20	(1+2)*1.35
ELU/21	(1+2)*1.35
ELU/22	1*1.35+2*1.00
ELU/23	1*1.35+2*1.00
ELU/24	1*1.35+2*1.00
ELU/25	1*1.35+2*1.00
ELU/26	1*1.35+2*1.00
ELU/27	1*1.35+2*1.00
ELU/28	1*1.00+2*1.35
ELU/29	1*1.00+2*1.35
ELU/30	1*1.00+2*1.35
ELU/31	1*1.00+2*1.35
ELU/32	1*1.00+2*1.35
ELU/33	1*1.00+2*1.35
ELU/34	(1+2)*1.00
ELU/35	(1+2)*1.00
ELU/36	(1+2)*1.00
ELU/37	(1+2)*1.00
ELU/38	(1+2)*1.00
ELU/39	(1+2)*1.00
ELS/40	(1+2)*1.00
ELS/41	(1+2+3)*1.00
ELS/42	(1+2)*1.00
ELS/43	(1+2)*1.00
ELS/44	(1+2)*1.00
ELS/45	(1+2)*1.00
ELS/46	(1+2)*1.00
ELS/47	(1+2)*1.00

3. Résultats théoriques - disposition des armatures

Liste de solutions:
Ferraillage par barres

Solution n°	**Armatures Diamètre / Poids**	**Poids total (kG)**
1	-	53,94

Résultats pour la solution n° 1
Zones de ferraillage

Ferraillage inférieur

Nom	**coordonnées**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**Ar [cm2/m]**
1/1- Ax Principal	0,00	0,00	5,00	0,80	8,0 / 15,0	3,14 < 3,35
1/2- Ay Perpendiculaire	0,00	0,00	5,00	0,80	10,0 / 15,0	3,14 < 5,24

Ferraillage supérieur

Nom	**coordonnées Ar**				**Armatures adoptées**	**At**
	x1	**y1**	**x2**	**y2**	**ϕ [mm] / [cm]**	**[cm2/m]**
	[cm2/m]					
1/1+ Ax Principal	0,00	0,00	5,00	0,80	8,0 / 15,0	3,14 < 3,35
1/2+ Ay Perpendiculaire		0,00	0,00	5,00	0,80	10,0 / 15,0
	3,14 < 5,24					

4. Quantitatif

- Volume de Béton = 0,60 (m3)
- Surface de Coffrage = 4,00 (m2)
- Périmètre de la dalle = 11,60 (m)
- Superficie des réservations = 0,00 (m2)

- Acier HA 400
- Poids total = 49,62 (kG)
- Densité = 82,70 (kG/m3)
- Diamètre moyen = 9,0 (mm)
- Liste par diamètres:

Diamètre	Longueur (m)	Poids (kG)
8	49,40	19,50
10	48,84	30,12

Note de calcul voile : caniveau

1 Niveau:

•Nom : Niveau ±0,00
•Niveau de l'étage : inférieur 0,00 (m)
•Position de l'étage : intermédiaire
•Milieu : non agressif

2 Voile: Voile4

2.1 Caractéristiques des matériaux:

•Béton : fc28 = 25,00 (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m3)
•Armature longitudinale : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)
•Armature transversale : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)
•Age du béton au chargement : 28
•Coefficient de comportement: q = 2,50

2.2 Géométrie:

Nom: P1

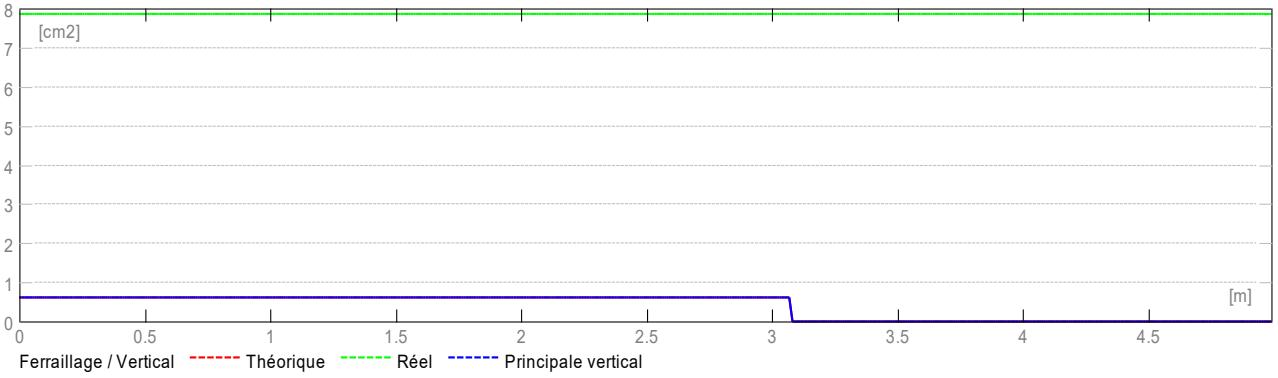
Longueur:	5,00 (m)
Epaisseur:	0,15 (m)
Hauteur:	0,80 (m)
Hauteur de la couronne:	0,00 (m)
Appui vertical:	---------
Conditions aux appuis:	plancher aboutissant de deux côtés

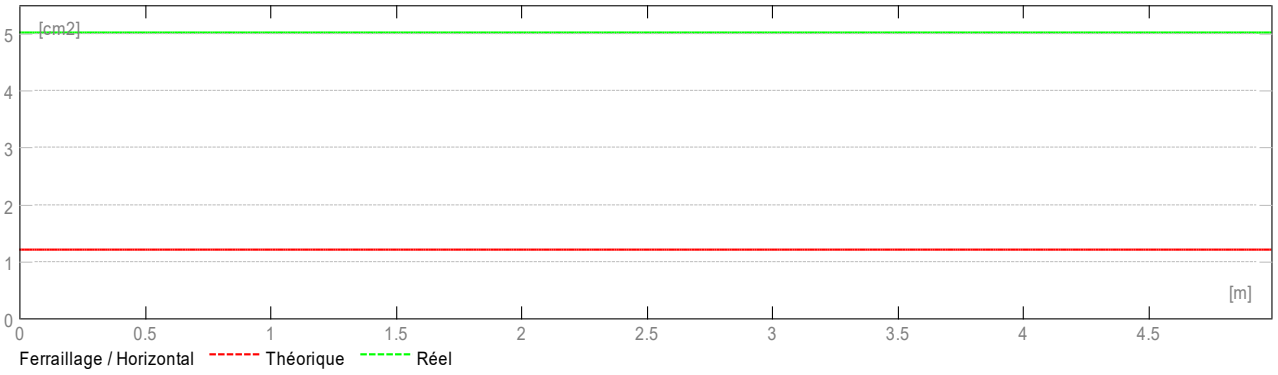
2.3 Hypothèses de calcul:

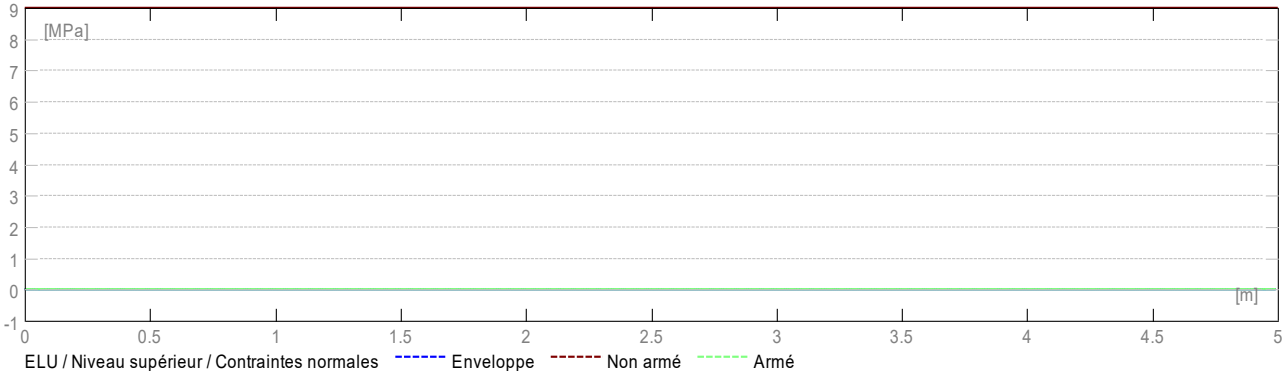
Calculs suivant	:	BAEL 91 mod. 99
Enrobage	:	1,0 (cm)

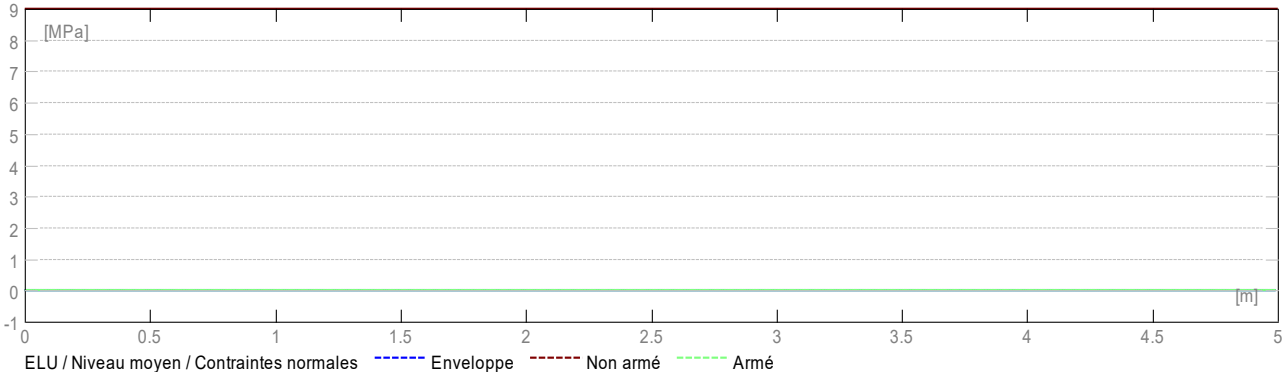
2.4 Résultats théoriques:

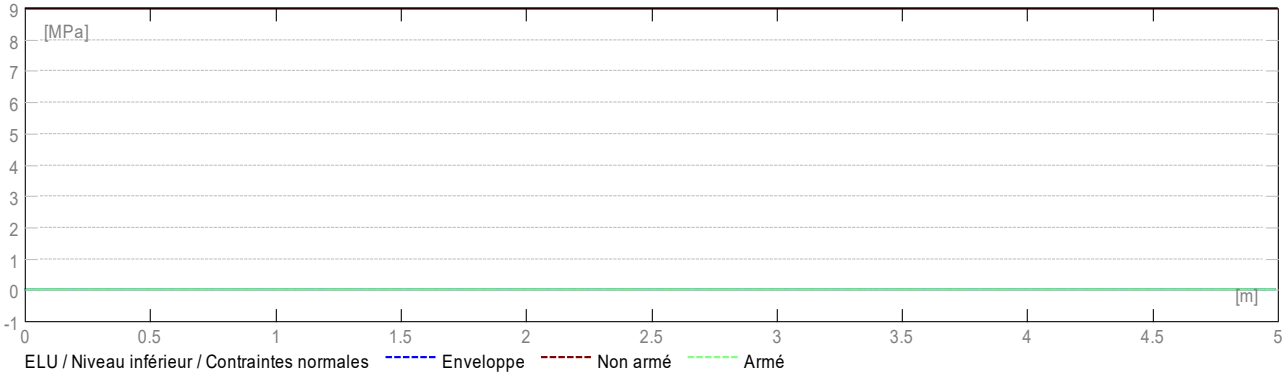
2.4.1 Diagrammes











2.4.2 Résultats théoriques - détaillés:

2.4.2.1 Combinaisons

2.4.2.1.1 Sollicitations ELU

ELU.1	-	ELU:STD/1=1*1.35 + 2*1.35/ 1.35 Pp +1.35 G_remblai
ELU.2	-	ELU:STD/2=1*1.35 + 2*1.00/ 1.35 Pp +1 G_remblai
ELU.3	-	ELU:STD/3=1*1.00 + 2*1.35/ 1 Pp +1.35 G_remblai
ELU.4	-	ELU:STD/4=1*1.00 + 2*1.00/ 1 Pp +1 G_remblai
ELU.5	-	ELU:STD/5=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_remblai +1.5 G_eau
ELU.6	-	ELU:STD/6=1*1.35 + 2*1.00 + 3*1.50/ 1.35 Pp +1 G_remblai +1.5 G_eau
ELU.7	-	ELU:STD/7=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.50/ 1 Pp +1.35 G_remblai +1.5 G_eau
ELU.8	-	ELU:STD/8=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.50/ 1 Pp +1 G_remblai +1.5 G_eau
ELU.9	-	ELU:STD/9=1*1.35 + 2*1.35 + 4/1*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_remblai
ELU.10	-	ELU:STD/10=1*1.35 + 2*1.35 + 4/2*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_remblai
ELU.11	-	ELU:STD/11=1*1.35 + 2*1.35 + 4/3*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_remblai
ELU.12	-	ELU:STD/12=1*1.35 + 2*1.35 + 4/4*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_remblai
ELU.13	-	ELU:STD/13=1*1.35 + 2*1.35 + 4/5*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_remblai
ELU.14	-	ELU:STD/14=1*1.35 + 2*1.35 + 4/6*1.50/ 1.35 Pp +1.35 G_remblai
ELU.15	-	ELU:STD/15=1*1.35 + 2*1.00 + 4/1*1.50/ 1.35 Pp +1 G_remblai
ELU.16	-	ELU:STD/16=1*1.35 + 2*1.00 + 4/2*1.50/ 1.35 Pp +1 G_remblai
ELU.17	-	ELU:STD/17=1*1.35 + 2*1.00 + 4/3*1.50/ 1.35 Pp +1 G_remblai
ELU.18	-	ELU:STD/18=1*1.35 + 2*1.00 + 4/4*1.50/ 1.35 Pp +1 G_remblai
ELU.19	-	ELU:STD/19=1*1.35 + 2*1.00 + 4/5*1.50/ 1.35 Pp +1 G_remblai
ELU.20	-	ELU:STD/20=1*1.35 + 2*1.00 + 4/6*1.50/ 1.35 Pp +1 G_remblai
ELU.21	-	ELU:STD/21=1*1.00 + 2*1.35 + 4/1*1.50/ 1 Pp +1.35 G_remblai
ELU.22	-	ELU:STD/22=1*1.00 + 2*1.35 + 4/2*1.50/ 1 Pp +1.35 G_remblai
ELU.23	-	ELU:STD/23=1*1.00 + 2*1.35 + 4/3*1.50/ 1 Pp +1.35 G_remblai
ELU.24	-	ELU:STD/24=1*1.00 + 2*1.35 + 4/4*1.50/ 1 Pp +1.35 G_remblai
ELU.25	-	ELU:STD/25=1*1.00 + 2*1.35 + 4/5*1.50/ 1 Pp +1.35 G_remblai
ELU.26	-	ELU:STD/26=1*1.00 + 2*1.35 + 4/6*1.50/ 1 Pp +1.35 G_remblai
ELU.27	-	ELU:STD/27=1*1.00 + 2*1.00 + 4/1*1.50/ 1 Pp +1 G_remblai
ELU.28	-	ELU:STD/28=1*1.00 + 2*1.00 + 4/2*1.50/ 1 Pp +1 G_remblai
ELU.29	-	ELU:STD/29=1*1.00 + 2*1.00 + 4/3*1.50/ 1 Pp +1 G_remblai
ELU.30	-	ELU:STD/30=1*1.00 + 2*1.00 + 4/4*1.50/ 1 Pp +1 G_remblai

ELU.31 - ELU:STD/31=1*1.00 + 2*1.00 + 4/5*1.50/ 1 Pp +1 G_remblai
ELU.32 - ELU:STD/32=1*1.00 + 2*1.00 + 4/6*1.50/ 1 Pp +1 G_remblai

2.4.2.2 Longueur de flambement

Lf' = 0,68 (m)
Lf'_rnf = 0,64 (m)
Lf = 0,68 (m)
Lf_rnf = 0,64 (m)

2.4.2.3 Elancement

λ = 15,70
λ rnf = 14,78

2.4.2.4 Coefficient α

α/α1 = 1,1(Age du béton au chargement :28)
α = 0,56
α rnf = 0,75

2.4.2.5 Résistance du voile non armé

σ ulim = 8,99 (MPa)

2.4.2.6 Voile non armé

Combinaison dimensionnante: ELU 1
σ max < σ ulim => Voile non armé
0,01 < 8,99 (MPa)

2.4.2.7 Armatures de bord

2.4.2.7.1 Bord gauche

2.4.2.7.1.1 Raidisseur en flexion composé
Af L = 3,14 (cm2)

2.4.2.7.1.2 Potelets minimaux
Largeur: d':
d' = 0,15 (m)

2.4.2.7.2 Bord droit

2.4.2.7.2.1 Raidisseur en flexion composé
Af R= 3,14 (cm2)

2.4.2.7.2.3 Potelets minimaux
Largeur: d':
d' = 0,15 (m)

2.4.2.8 Cisaillement (BAEL91 A5.1,23)

Armatures horizontales
Combinaison dimensionnante-ELU: ELU 5

Vu = 1,18 (kN)
τ = 0,00 (MPa)
Ah = 0,00 (cm2/m)

2.5 Ferraillage:

Armatures verticales:

Zone X0 (m)	X1 (m)	Quantité	Acier	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Espacement (m)
0,00	2,49	24	HA 400	10,0	1,12	0,20
4,02	4,99	10	HA 400	10,0	1,12	0,20
2,51	4,01	14	HA 400	10,0	1,12	0,20

X0 - Début de la zone
X1 - Fin de la zone

Armatures horizontales:

Type	Quantité	Acier	Diamètre (mm)	A (m)	B (m)	C (m)	Espacement (m)	Forme
droit	8	HA 400	8,0	4,94	0,00	0,00	0,20	00
boucles U	8	HA 400	8,0	0,31	0,13	0,31	-	21

Epingles:

Quantité	Acier	Diamètre (mm)	A (m)	B (m)	C (m)	Forme
44	HA 400	6,0	0,14	0,00	0,00	00

Armature de bord (Af):

Quantité	Acier	Diamètre (mm)	A (m)	B (m)	C (m)	Forme	
Armatures longitudinales - gauche	4	HA 400	10,0	1,14	0,00	0,00	00
Armatures longitudinales - droite	4	HA 400	10,0	1,14	0,00	0,00	00
Armature transversale - gauche	4	HA 400	8,0	0,13	0,15	0,13	31
Armature transversale - droite4	HA 400	8,0	0,13	0,15	0,13	31	

3 Quantitatif:

•Volume de Béton = 0,60 (m3)
•Surface de Coffrage = 8,24 (m2)

•Acier HA 400
•Poids total = 58,67 (kG)
•Densité = 97,78 (kG/m3)
•Diamètre moyen = 8,8 (mm)

•Liste par diamètres:

Diamètre	Longueur (m)	Poids (kG)
6	11,46	2,54
8	50,72	20,02
10	58,54	36,11

Annexe 6 : Signalisation, sécurité et notice d'impact environnemental et social

✓ Signalisation prévue pour le projet

Tableau 34 : récapitulatif des signalisations

Quantitatif signalisation		
Aperçu	Nom	Quantité

	A13b	2
	A1a	2
	A1b	2
	A3	4
	C20a	8
	AB3	4
	B14	4
	B33	2
Total		28

✓ Activité du projet

Tableau 35 : Les activités sources d'impact

PHASE DU PROJET	LES ACTIVITES DU PROJET
Pré-construction	Apport des matériels et mobilisation du personnel
	Installations du chantier et de la base vie
Construction	Dégagement des emprise
	Nettoyage du terrain et débroussaillement
	Décapage de la terre végétale
	Réalisation des deviations
	Curage ou démolition des ouvrages existants
	Scarification de la chaussée existante
	Déblais
	Remblais
	Recyclage de la chaussée
	Caniveaux et Fossés
	Ralentisseurs et Glissière de sécurité
	Panneaux de signalisations
	Ligne de rive
Repli	Démentiellement de la base et le repli du matériels
Exploitation	Mise en service de la route et l'entretien courant

✓ Activités sources d'impacts

Tableau 36: activités sources d'impacts

Phases	Activités sources d'impacts
Pré construction	Circulation des engins du chantier (véhicules, camions, etc.)
	Préparation des sites pour la mise en place des ateliers, garages, et construction des bureaux, laboratoire et base vie
	Réalisation de forages pour l'approvisionnement en eau du chantier
	Ouverture des déviations et installation des signalisations provisoires
	Installation des centrales (concassage, fabrication de béton bitumineux, grave bitume béton)
	Ouverture des déviations et installation des signalisations provisoires
Construction	Circulation des engins du chantier
	Dégagement des emprises de la route (nettoyage du terrain et débroussaillement, abattage des arbres, démolition des ouvrages existants, déplacement de tout bien ou infrastructures (réseaux d'eau, de téléphone, etc.))
	Fonctionnement de la base vie
	Travaux de terrassement (Décapage de la terre végétale, Déblais mis en dépôt, Remblais provenant d'emprunt)
	Ouverture et Exploitation des emprunts et carrières
	Fonctionnement des centrales (centrale de concassage pour la production des granulats, centrale de fabrication de béton bitumineux et de grave bitume)
	Travaux de chaussées (couche de fondation, couche d'imprégnation, couche de roulement en BB, Revêtement en pavés pour trottoirs)
	Construction des ouvrages de franchissement et d'assainissement
	Signalisation - sécurité et divers (pose des signalisations verticale et horizontale, balises, bornes penta kilométriques)
	Travaux de réaménagement d'aires de péage et de pesage
Repli de chantier	Travaux de démantèlement des installations mises en place dans le cadre du projet
	Remise en état des sites exploités/carrières et emprunts

Exploitation	Existence et exploitation de la route et du pont
	Travaux d'entretien courant et périodique

✓ Identification et évaluation des impacts

Tableau 37 : identification et évaluation des impacts

Phases	Activités sources d'impacts	Composantes environnementales susceptibles d'être affectées									
		Milieu biophysique					Milieu humain				
		Sol	Air	Eau	Flore	Faune	Sécurité et santé	Ambiance sonore	Mobilité	Emploi et revenus	Foncier et activités agricoles
Pré construction	Circulation des engins du chantier (véhicules, camions, etc.)	(-)	(-)	0	(-)	0	(-)	(-)	0	0	0
	Préparation des sites pour la mise en place des ateliers, garages, et construction des bureaux, laboratoire et base vie	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(+)	0
	Réalisation de forages pour l'approvisionnement en eau du chantier	(-)	0	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(+)	0
	Ouverture des déviations et installation des signalisations provisoires	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(+)	(-)
	Installation des centrales (concassage, fabrication de béton bitumineux, grave bitume béton)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	0	(+)	0
	Ouverture des déviations et installation des signalisations provisoires	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
Construction	Circulation des engins du chantier	(-)	(-)	0	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(+)	(-)
	Dégagement des emprises de la route (nettoyage du terrain et débroussaillement, abattage des arbres, démolition des ouvrages existants, déplacement de tout bien ou infrastructures (réseaux d'eau, de téléphone, etc.))	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
	Fonctionnement de la base vie	(-)	0	0	0	0	(-)	0	0	0	0

	Travaux de terrassement (Décapage de la terre végétale, Déblais mis en dépôt, Remblais provenant d'emprunt)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
	Ouverture et Exploitation des emprunts et carrières	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(+)	(-)
	Fonctionnement des centrales (centrale de concassage pour la production des granulats, centrale de fabrication de béton bitumineux et de grave bitume)	(-)	(-)	(-)	0	(-)	(-)	(-)	0	(+)	0
	Travaux de chaussées (couche de fondation, couche d'imprégnation, couche de roulement en BB, Revêtement en pavés pour trottoirs)	(-)	0	0	0	0	(-)	(-)	0	(+)	0
	Construction des ouvrages de franchissement et d'assainissement	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(+)	0
	Signalisation - sécurité et divers (pose des signalisations verticale et horizontale, balises, bornes penta kilométriques)	0	0	0	0	0	(-)	0	0	0	0
	Travaux de réaménagement d'aires de péage et de pesage	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(-)	(+)	(-)
Repli de chantier	Travaux de démantèlement des installations mises en place dans le cadre du projet	0	(-)	0	(-)	0	(-)	(-)	0	(-)	0
	Remise en état des sites exploités/carrières et emprunts	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	0	(-)	(+)
Exploitation	Existence et exploitation de la route et du pont	(-)	(-)	0			(-)	(-)	(+)	(+)	0
	Travaux d'entretien courant et périodique	(-)	(-)	0	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	0

Légende :	(-)	Impacts négatifs potentiels
	(+)	Impacts positifs potentiels
	(0)	Pas d'impacts

✓ Proposition de mesure

Tableau 38 : Proposition de mesure contre les impacts.

Phase	Composante	Mesure
Phase pré-construction	Biophysique	
	Sols	Élaboration des clauses environnementales comprenant les mesures environnementales du présent REIES pour les inclure dans les DAO.
	Air	Elaboration et soumission à l'approbation du ME/LCD à travers BNEE, un PGES chantie
	Paysage	Élaboration et soumission à l'approbation du ME/LCD à travers BNEE, un PGES chantier
	Flore	Obtention préalable de L'autorisation de l'abattage des arbres conformément à la loi n°2004-040 du 8 juin 2004 portant régime forestier au Niger
	Humain	
	Revenus	Priorisation de la main d'œuvre locale non qualifiée lors du recrutement.
	Sécurité	Information et sensibilisation des ouvriers sur la santé et sécurité au travail ainsi que sur les risques associés aux travaux d'installation d'une base.
	Foncier	Mise en place d'une commission pour recenser et indemniser tous les propriétaires terriens qui seront affectés par l'installation de la base.
Phase construcrtion	Biophysique	
	Sols	• Informations/sensibilisations du personnel quant aux consignes particulières à suivre afin d'éviter tout risque de déversement accidentel lors de la manipulation et de l'utilisation des produits pétroliers et sur les mesures d'interventions à mettre en place en cas de sinistre ;

		• Aménagement des aires réservées pour le stockage des hydrocarbures, des lubrifiants, du bitume ou des peintures de signalisation ; • Aménagement des aires réservées pour l'entretien des véhicules et engins (mécanique et lavage) ; • Récupération des huiles usagées et les filtres à huile dans des récipients étanches ; • Remise en état des sites qui ne sont plus utilisés, en replaçant la terre végétale préalablement mise en dépôt ; • Collecte des déchets par un prestataire agréé par le ME/LCD.
	Eaux	Élaboration et soumission à l'approbation du ME/LCD à travers le BNEE, un PGES chantier.
	Air	• Arrosage régulier dans les agglomérations traversées ainsi que les voies d'accès réalisées et utilisées par les véhicules et engins de chantier ; Entretien régulier et/ou changements des éléments filtrant des véhicules et engins de chantier (filtre à huile, à gasoil et à air) ; • Réaliser un contrôle technique des véhicules et engins du chantier aux intervalles recommandés ; • Couvrir les véhicules de transport des matériaux (latérite, concassé, sable) par des bâches pour éviter l'envol lors du transport ; • Installation des fosses septiques conformes à la réglementation en vigueur

		(assainissement autonome) pour les sanitaires de la base.
	Paysage	• Détermination des emplacements des dépôts des matériaux, maintenir le drainage pour éviter l'emportement des agrégats par les eaux, veiller à la sécurité des installations de bitumage disposer sur le chantier (chauffe bitume, stockage bitume) ; • Obtention des autorisations préalables pour l'ouverture et l'exploitation des emprunts et carrières ; • Versement des taxes d'extraction des matériaux (latérite, gravier et sable) aux communes concernées.
	Flore/Faune	• Identification et marquage des espèces végétales à abattre par les services communaux de l'Environnement concernés ; • Obtention des autorisations préalables d'abattage d'arbres.
	Changement climatique	Plantations de 2600 arbres d'alignement de part et d'autre des routes dans les agglomérations traversées et quelques reboisements compensatoires dans les établissements publics (écoles, CSI, mosquées) situés à proximité, sous le contrôle des services techniques compétents.
	Humain	
	Sécurité et Santé	• Organisation des sessions de formation qui se dérouleront dans des lieux à définir pour chaque cible et type de formation ; • Affichage du règlement intérieur de façon visible dans les diverses

		installations de la base prescrivant spécifiquement : les règles d'hygiène, les mesures de sécurité, la vitesse des véhicules, le port obligatoire des équipements de protection individuels (EPI), l'interdiction de la consommation d'alcool pendant les heures de travail ; • Formations/sensibilisations sur IST/VIH/SIDA, COVID 19, paludisme, maladies diarrhéiques et bilharziose à l'intention des employés et populations riveraines ; Installation d'une infirmerie de chantier au niveau de la base.
	Conditions de vie	• Concertation avec les Autorités administratives et communales et aussi avec les riverains avec lesquels elle peut prendre des arrangements facilitant le déroulement du chantier ; • Priorisation de la main d'œuvre locale non qualifiée lors du recrutement ; • Mise en place d'une commission pour recenser et indemniser tous les propriétaires terriens qui seront affectés et ceux dont les équipements de commerce (boutiques et hangars) seront déguerpis ; • Information des populations concernées avant toute activité de démolition d'équipements de commerce ; • Relèvement du niveau de services des centres de santé existants le long dans la zone du projet ;

		• Construction Des salles de classes y compris les clôtures et leur équipement en tables- bancs ; • Installer toute la signalisation nécessaire aux alentours des zones dangereuses (écoles, centres de santé, carrefours, sorties des camions de chantier) et des ralentisseurs.
Phase repli	Biophysique	
	Sols	Signature d'un contrat avec un prestataire agréé par le ME/LCD pour l'évacuation des déchets à valoriser (ferrailles, véhicules épaves, pneus et batteries usées)
	Air	Arrosage régulier lors des travaux de démantèlement
	Paysages	• Nettoyage et remise en état du site de la base selon le souhait du propriétaire du terrain ; • Nivèlement du terrain perturbé, de façon à lui redonner une forme régulière et un drainage adéquat ; • Stabilisation des terrains susceptibles d'être érodés ; • Restauration de la végétation des berges.
	Humain	
	Santé et sécurité	• Priorisation des repreneurs de déchets au niveau local ; • Analyses physicochimiques pour déterminer la qualité des eaux des forages réalisés ; • Dotation des ouvriers en EPI.
Phase exploitation	Biophysique	
	Sols	Entretien régulier des ouvrages de drainage

Annexe 7 : Devis estimatif et quantitatif du projet

Tableau 39 : devis estimatif et quantitatif

N^0 Prix	Désignation	Unités	Quantités	P.U (FCFA)	Montant (HT-HD) FCFA
0	INSTALLATION DE CHANTIER				
1	Installations générales de chantier	Fft	1	1 000 000 000	1 000 000 000
2	Installation de la Mission de Contrôle et de l'Administration	Fft	1	400 000 000	400 000 000
3	Amenée et repli du matériel	Fft	1	500 000 000	500 000 000
4	Réalisation et entretien de déviation pour la circulation publique	km	15,5	5 000 000	77 500 000
	Sous total 000				1 977 500 000
100	DEGAGEMENT DES EMPRISES				
101	Nettoyage et décapage sur une épaisseur moyenne de 20cm (abords de la chaussées existante ou totalité de la nouvelle voie)	m2	338 911	1 100	372 802 100
102	Abattage et dessouchage d'arbre de circonférence supérieure à 0,70 m	U	45	100 586	4 526 370
103	Démontage et mise en dépôt des bordures de trottoirs ou d'ilôts	ml	2 267	6 321	14 329 707
104	Démolition d'ouvrages existants en béton (dalots, caniveau, dallettes…....)	m3	127	190 365	24 176 355
105	Dépose et mise en dépôt des candélabres ou poteaux électriques existants	U	17	301 927	5 132 759
106	Dépose et mise en dépôt des panneaux de signalisation verticale / petits panneaux publicitaires	U	71	130 122	9 238 662
107	Dépose et mise en dépôt de grands panneaux publicitaires	U	14	420 883	5 892 362
	Sous total 100				436 098 315
200	CHAUSSEES				
201	Scarification de la chaussée existante	m2	90 532	547	49 521 004
202	Couche de base en sol-ciment	m3	50 976	24 500	12 48 912 000
203	Couche de fondation en graveleux latéritique naturel	m3	36 361	8 000	290888000
204	Plus value de transport aux prix 202 à 203 au-déla de 5 km	m3xkm	742 189	230	170 703 470
	Sous total 200				49 521 004
300	REVÊTEMENT				
301	Mise en œuvre imprégnation	m2	210 508	1 958	412 174 664
302	Mise en œuvre couche d'accrochage	m2	152 903	303	46 329 609
303	Fourniture et mise en œuvre de l'enduit superficiel monocouche (y compris bitume)	m2	199 403	2 768	551 947 504
304	Fourniture, transport et mise en œuvre d'un revêtement en béton bitumineux (BB)	m3	10 421	322 011	3 355 676 631
305	Fournitures et pose des pavés autobloquants pour trottoirs	m2	31,5	22 328	703 332
306	Plus value de transport aux prix 301 à 304 au-déla de 5 km	m3xkm	77 529	240	18 606 960
	Sous total 300				412 174 664
400	OUVRAGES, ASSAINISSEMENT ET PROTECTIONS				
401	Fouille en pleine masse en terrain rippable ou meuble	m3	2 399	4 500	10 795 500
402	Remblai pour bloc technique et assise de dalle	m3	1 804	15 000	27060000

403	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m3	127	96000	12192000
404	Béton dosé à 350 kg/m3	m3	812	250000	203000000
405	Acier haute adhérence pour béton armé	kg	105582	1650	174210300
406	Coffrages	m2	4567	8040	36718680
407	Peinture bitumineuse	m2	1612	1485	2393820
408	Caniveau fermé en béton 0.50x0.50m	ml	10500	97070	1019235000
409	Bordure de trottoir type T 2	ml	4378	22000	96316000
410	Bordures hautes GSS2	ml	6240	75000	468000000
411	Descentes d'eau	ml	94	30545	2871230
412	Fourniture et mise en œuvre de perré maçonné	m2	5184	28500	147744000
	Sous total 400				2 200 536 530
500	ENTRETIENT D'OUVRAGES				
501	Joint lourd de chaussée type WOSD 50 ou équivalent	ml	73,71	559012	41204774,52
502	Joint léger de trottoir	ml	10,53	663837	6990203,61
503	Garde corps type S8	ml	60	128216	7692960
504	Gargouilles de tablier de diamètre 180 mm	U	0	7776243	0
505	Chape épaisse d'étanchéité (en Asphalte)	m2	210	8725	1832250
506	Bordure type T2	ml	702	19986	14030172
507	Descente d'eau sur talus de remblai	U	13	25810	335530
508	Fourniture et mise en œuvre de gabions :	m3	162,7	36441	5928950,7
509	Fourniture et mise en œuvre d'enrochement	m3	46,77	19101	893353,77
	Sous total 500				78 908 194,6
600	SÉCURITE ET SIGNALISATION				
601	Marquages spéciaux en peinture blanche rétroréfléchissante	m2	175	16000	2800000
602	Ligne axiale discontinue module T1 et T3 (2U = 12 cm)	ml	10884	2170	23618280
603	Bande de peinture blanche discontinue de rive de module T2 de largeur 0,18 m (3U)	ml	4680	2514	11765520
604	Fourniture et pose de Panneau de signalisation type A	U	10	150000	1500000
605	Fourniture et pose de Panneau de signalisation type AB	U	4	155000	620000
606	Fourniture et pose de Panneau de signalisation type B/C	U	14	150 000	2 100 000
	Sous total 600				42 403 800
700	Provisions pour déplacement des réseaux divers existants				
701	Réseaux SONITEL (Téléphonie, fibres optiques)	Fft	4	70 000 000	280 000 000
702	Réseaux NIGELEC (électricité)	Fft	5	10 000 000	50 000 000
703	Réseaux NDE et SPEN	Fft	4	95 000 000	380 000 000
	Sous total 700				710 000 000
800	ECLAIRAGE PUBLIC				
801	Fourniture et pose de candélabre doubles cross y compris branchement au réseau local	U	69	1 550 000	106 950 000
802	Fourniture et pose de candélabre simple cross y compris branchement au réseau local	U	26	1 000 000	26 000 000
	Sous total 800				132 950 000
900	ENVIRONNEMENT				
901	PGES	Fft	1	174 000 000	174 000 000
902	Compensation pour perte de terres agricoles, jardin, habitations, d'arbres forestiers et autres infrastructures	Fft	1	0	
	Sous total 900				174 000 000
1000	Aménagements connexes				

1001	Construction d'un (1) bloc de latrines à 04 compartiments	U	22	850 000	18 700 000
1002	Construction de blocs de 3 classes pour les écoles	U	135	68 000 000	9 180 000 000
1003	Construction d'un mur de cloture	ml	10 000	65 000	650 000 000
Sous total 1000					9 848 700 000
Total général HT					16 062 792 508
TVA 19%					3 051 930 576
Total général tous taxes					19 114 723 084