



**ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET
DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE
LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE
LOME (TOGO)**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION : GENIE-CIVIL/ ROUTES ET OUVRAGES D'ART

Présenté et soutenu publiquement en Janvier 2017 par :

Mangamana AMOUZOU

Travaux dirigés par :

Mme Marie Thérèse Marame MBENGUE

Enseignante chercheur

Fondation 2iE

Ing Kpatcha KATANGA

Conducteur des Travaux

CECO TP

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr Amadou BOUREIMA**

Membres et correcteurs : **M. Célestin OVONO**

M. Césaire HEMA

M.Kpatcha KATANGA

Promotion [2015/2016]

DEDICACE

Je dédie cette œuvre à :

- Dieu tout puissant mon créateur pour toutes les merveilles qu'il ne cesse d'accomplir dans ma vie ; je te loue et te reste fidèle tous les jours de ma vie ;
- Mes parents, AMOUZOU Botonamawai et KPACHA Naka : les efforts que vous avez consentis n'ont pas été vains. Que Dieu vous bénisse ;
- Mes oncles et à tous les autres, merci pour vos soutiens, tous vos sacrifices son grand, je vous en serai reconnaissant.

REMERCIEMENT

Au terme de notre stage qui s'achève par ce mémoire, nous tenons à exprimer fidèlement ici nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réussite de ce travail.

Nos remerciements vont particulièrement à :

- Monsieur Constantin T. AMOUZOU, Président Directeur Général du Groupe CECO pour son soutien moral et financier au cours de ces cinq années ;
- Monsieur Kpatcha KATANGA, Conducteur des Travaux à CECO TP, mon maître de stage en entreprise pour la disponibilité et la volonté qu'il m'a accordé dans la rédaction de ce mémoire ;
- Monsieur Mahèzi TAGBA, Chef Service Technique à CECO TP pour sa contribution et ses conseils;
- Monsieur Komlan KPELENGA, Ingénieur génie-civil à CECO PROMO, pour son accompagnement;
- Madame Marie Thérèse Marame MBENGUE, mon encadreur 2iE, pour ses soutiens et sa disponibilité de nous suivre tout au long de la rédaction de ce mémoire malgré ses diverses occupations ;
- La direction de la fondation 2iE et son corps enseignant, en particulier les enseignants du département génie-civil et hydraulique, pour leurs disponibilités et toutes leurs assistances techniques prises à notre égard durant notre formation ;
- Monsieur KPATCHA Akowobou, Directeur Général du bureau d'études TDI, pour nous avoir accueilli dans ses locaux et ses conseils avisés ;
- Monsieur Koffi TOVIAWOU, Directeur Technique de la TDI, pour son accompagnement et pour toute cette documentation qu'il m'a offerts. Je suis ému par sa qualité d'homme humble et dynamique ;
- Mes frères, sœurs, cousins, amis et camarades de classe, pour leurs encouragements, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude !

RESUME

La présente étude, relative aux travaux de réfection de la voirie interne du Port Autonome de Lomé, s'inscrit dans le cadre de la volonté des autorités portuaires à renforcer le réseau routier pour rendre fluide la circulation à l'intérieur du port en vue de développer l'économie du pays. L'exécution de tous les corps d'états de travaux a été confiée au groupement d'entreprises CECO SA/WIETC dont le chef de file est CECO SA (Consortium des Entreprises de Construction).

La voirie est constituée de 17 rues regroupées en trois sous lots, soit un linéaire de 7,225 km. L'étude effectuée propose donc une conception géométrique des différentes rues, un dimensionnement structural de chaussée rigide, puis un assainissement de ladite voirie.

Ainsi, une étude corrigée des levés topographiques de la zone projet a été effectuée et a permis de concevoir les différentes rues, par adoption des paramètres d'une vitesse de référence égale à 60 km/h. L'analyse du sol support, celui du trafic, et de la classe du béton a permis de trouver une nouvelle structure de chaussée rigide constituée de 27 cm de dalle béton en couche de roulement et de 15 cm de béton maigre en couche de fondation. L'assainissement de la zone projet a été assuré par le dimensionnement des caniveaux cadres ayant une section hydraulique de 70 x 150 (cm²) et uniformisée sur tout le long du projet. Un dimensionnement de l'ouvrage sous chaussée (tunnel) a été effectué pour faire passer les conduits de gaz oil, et de l'essence de la société STE sur la rue B2. Des aménagements ont été effectués dont une proposition de trois giratoires et onze carrefours plans. Le volet socio-environnement a été effectué en vue de constater les impacts probables de l'étude sur l'environnement. Une estimation du coût de la nouvelle structure de chaussée a été effectuée et s'élève à quatorze milliards huit cent soixante-neuf millions trois cent soixante mille sept cent treize (**14 869 360 713**) francs CFA TTC.

Mots clés :

- 1- Voirie interne
- 2- Chaussée rigide
- 3- Caniveaux cadres
- 4- Tunnel
- 5- Carrefour

ABSTRACT

This study relates to the refurbishment of the internal road network of the Autonomous Port of Lomé. The project originates from the will of the port authorities aiming at the reinforcement of the road network in order to improve the traffic within the port area so that it could positively impact the country's economy. The construction contract was awarded to a consortium named after CECO SA/WIETC in acronyms and the leading company was CECO SA (a Consortium of construction firms).

The road network consists of 17 streets grouped into three sub-packs, a linear road of 7.225 km. The study carried out proposes a geometrical design of the various streets, a structural dimensioning of rigid pavement, and a drainage system of the said road.

Thus, a corrected study of the topographical surveys of the project zone was carried out and made it possible to design the various streets by the adoption of a reference parameter of speed equal to 60 km/h. The analysis of the support soil, of the traffic and the concrete class made it possible to find a new structure of rigid pavement made up of 27 cm thick flagstone concrete in cover roll layer and 15 cm thick of lean concrete in sub-base. The drainage system of the project zone was designed based on the dimensioning of the gutters frameworks with a hydraulic section of 70 X 150 (cm²) and was standardized allover the project. A dimensioning of the tunnel was carried out in order to pass gas pipelines of the company STE on the street B2. Ground surface layout were carried and resulted into a proposal of three gyratory roundabouts and eleven plan Crossroads. The socio-environmental component was carried out in order to determine the likely impacts of the project on the environment. An estimate of the cost of the new roadway structure was carried out and reses up to: fourteen billion eight hundred and sixty-nine million three hundred and sixty thousand seven hundred and thirteen (**14 869 360 713**) CFA all taxes included.

Keywords:

- 1- Internal roadway
- 2- Rigid pavement
- 3- Gutters frameworks
- 4- Tunnel
- 5- Crossroads

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
ARP	: Aménagement des Routes Principales ;
B.A.E.L	: Béton Armé aux Etats Limites ;
CEBTP	: Centre Expérimental de Recherche et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics ;
CBR	: Californian Bearing Ratio ;
CECO GROUP	: Groupe du Consortium des Entreprises de Construction ;
CERTU	: Centre d'Etudes les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques
ELS	: Etat Limite de Service ;
ELU	: Etat Limite Ultime ;
ICTARN	: Conditions Techniques d'Aménagement des Routes Nationales;
LCPC	: Laboratoire Central de Ponts et Chaussées ;
LabTP	: Laboratoire des Travaux publics ;
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer
PAL	: Port Autonome de Lomé ;
SETRA	: Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes
STE	: Société Togolaise d'Entreposage
TDI	: Togolaise de Développement et d'ingénierie
WIETC	: Coopération Economique et Technique Internationale de Weihai

SOMMAIRE

DEDICACE	ii
REMERCIEMENT	iii
RESUME	iv
ABSTRACT.....	v
LISTE DES ABREVIATIONS.....	vi
SOMMAIRE	1
LISTE DES TABLEAUX.....	4
LISTE DES FIGURES	5
INTRODUCTION	6
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DU PROJET	8
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	8
II. CONTEXTE ET PRESENTATION DE LA ZONE PROJET.....	9
1. Contexte général du projet.....	9
2. Les objectifs du projet	9
3. Présentation et localisation de la zone d'étude	10
4. Cadre physique de la zone projet.....	12
5. Etat des lieux de la zone projet.....	12
CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE	13
I. DONNEES TOPOGRAPHIQUES.....	13
1. Implantation et levé de la polygonale de base	13
2. Le levé de toutes les contraintes physiques sur la plateforme	13
3. Traitement et restitution des données topographiques.....	14
4. L'équipe topographique.....	14
II. COLLECTE DE DONNÉES.....	14
CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE LA CHAUSSÉE	15
I. TYPES DE STRUCTURE DE CHAUSSEES ET METHODE DE DIMENSIONNEMENT	15
1. Types de structure de chaussées	15
2. Méthode de dimensionnement.....	16
II. ANALYSE DU SOL SUPPORT.....	16

III.	ANALYSE DU TRAFIC.....	17
IV.	CARACTERISTIQUES MECANQUES DU BETON	18
1.	Dalle béton.....	18
2.	Béton maigre.....	19
V.	PRÉ-DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSÉ.....	19
VI.	VERIFICATION DES STRUCTURES DE CHAUSSEE AVEC LE LOGICIEL ALIZE..	20
1.	Présentation et principe de calcul du logiciel	20
2.	Paramètres d'entrée	21
3.	Analyse des résultats obtenus avec le logiciel ALIZE-LCPC	21
CHAPITRE IV : ASSAINISSEMENT DE LA ZONE PROJET		24
I.	ETUDE HYDRAULIQUE.....	24
1.	Estimation du débit	25
2.	Drainage proposé.....	27
3.	Détermination des sections	27
II.	DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES LONGITUDINAUX	29
1.	Hypothèses de base.....	29
2.	Géométrie	29
3.	Caractéristiques des matériaux	29
4.	Méthode de calcul.....	30
III.	DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE OUVRAGE TRANSVERSAL (TUNNEL) 32	
1.	Prédimensionnement du tunnel.....	32
2.	Hypothèses de base.....	32
3.	Caractéristiques des matériaux	33
4.	Méthode de calcul.....	33
CHAPITRE V : ETUDES GEOMETRIQUES ET SIGNALISATION DE LA VOIRIE		35
I.	ETUDE DE LA GEOMETRIE DE LA VOIRIE	35
1.	Norme géométrique	35
2.	La vitesse de référence.....	35
3.	Tracé en plan.....	35
4.	Profil en long	36
5.	Profil en travers.....	37
6.	Aménagement des Carrefours.....	37

II. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE DE LA VOIRIE.....	38
1. Signalisation de la voirie	38
2. Eclairage de la voirie	41
CHAPITRE VI : ETUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL	42
I. CADRE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE.....	42
II. LES IMPACTS POSITIFS ET NEGATIFS DE L'ETUDE	42
1. Impacts positifs.....	42
2. Impacts négatifs.....	43
III. Mesures d'atténuation.....	44
CHAPITRE VII:ESTIMATION DU COÛT DE LA NOUVELLE STRUCTURE DE CHAUSSÉE 45	
I. COÛT ESTIMATIVE DE L'ETUDE	45
II. COMPARAISON DES COÛTS	45
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	46
BIBLIOGRAPHIE	47
ANNEXE	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1: Classe de portance (SETRA-LCPC)	17
Tableau n° 2: Calcul du trafic cumulé	18
Tableau n° 3: Classification des bétons routiers	19
Tableau n° 4: Structure type de chaussées proposée	20
Tableau n° 5: Structure type de chaussées initiale	20
Tableau n° 6: Caractéristiques des matériaux (SETRA)	21
Tableau n° 7: Résultats obtenu de la structure initiale avec ALIZE	22
Tableau n° 8: Résultats de la structure initiale réajustée avec ALIZE	22
Tableau n° 9: Résultats obtenu de la structure proposée avec ALIZE	23
Tableau n° 10: Tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants	25
Tableau n° 11: Coefficients de MONTANA pour la région côtière Lomé	26
Tableau n° 12: Récapitulatifs des débits obtenus	27
Tableau n° 13: Sections obtenues	28
Tableau n° 14: Récapitulatif du ferrailage des caniveaux	31
Tableau n° 15: Récapitulatif du ferrailage du tunnel	34
Tableau n° 16: Récapitulatif des paramètres géométriques du tracé en plan	36
Tableau n° 17: Récapitulatif des paramètres géométriques du profil en long	36
Tableau n° 18: Aménagement adapter aux routes	37
Tableau n° 19: Marques et types de modulation utilisées	39
Tableau n° 20: Panneaux aménagés	40
Tableau n° 21: Récapitulatif du dévis estimatif de l'étude	45

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Groupe CECO	8
Figure 2:Situation continentale et régionale du projet.....	11
Figure 3:Présentation aérienne de la zone du projet	11
Figure 4: Etats dégradé de la rue B2 et E2.....	12

INTRODUCTION

Le développement des infrastructures routières constitue un facteur important du développement socio-économique d'un pays. Une route bien définie et aménagée permet de désenclaver le pays, et de faciliter des échanges à l'intérieur du pays. Le port autonome de Lomé constitue le poumon économique du Togo depuis plus de 40 ans, et contribue à l'aménagement du territoire Togolais dont la construction des infrastructures routières pour favoriser le transit des marchandises vers les pays de l'hinterland (Burkina Faso, Niger et Mali).

La voirie interne du Port Autonome de Lomé (PAL) connaît depuis quelques années, avec la construction du troisième (3ème) quai, de fortes dégradations dues à l'accroissement sans cesse du trafic, à des fatigues et vieillissements des matériaux, et aussi à l'influence des intempéries. Au constat des états d'impraticabilité des voies internes du port de Lomé, il est donc nécessaire de proposer un aménagement de ladite voirie en tenant compte de l'intensité du trafic grandissant.

Dans le but de garantir à l'avenir les capacités de manutentions maximales et d'améliorer l'attractivité et la compétitivité du port, l'administration du port autonome de Lomé a décidé de faire réaliser des travaux de réhabilitation de la voirie interne du port et en a confié par appel d'offres au groupement d'entreprises CECO SA/WIETC pour les travaux de construction. Cette dernière est tenue de justifier les études faites, de proposer une autre structure si nécessaire et d'établir les plans d'exécution selon les spécifications techniques. C'est dans ce cadre de projet que s'inscrit ce présent mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme de master 2 Génie Civil et Hydrauliques dont le thème s'intitule : « **ÉTUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ (TOGO)** ».

Cette étude a pour objectif général de vérifier le dimensionnement de la structure routière, d'effectuer la conception géométrique de la voirie et de proposer les plans d'exécution des ouvrages. D'une manière spécifique, l'étude vise à :

- ✓ Proposer un dimensionnement économique de la structure de chaussée, afin d'observer son incidence sur le coût du projet ;

- ✓ Proposer à partir des études topographiques, un aménagement permettant la fluidité de la circulation à l'intérieur du port ;
- ✓ Proposer et dimensionner les ouvrages (Caniveau, tunnel) ;
- ✓ Faire une étude de signalisation et de l'impact environnemental.
- ✓ Estimer le coût du projet

Le présent mémoire qui restitue les objectifs de cette étude sera structuré en sept chapitres. Dans le premier chapitre, il sera présenté la structure d'accueil et la zone du projet. Le deuxième chapitre fera objet de la méthodologie adoptée afin de ressortir les paramètres nécessaires à l'étude. Le chapitre trois fera cas du dimensionnement structural de la chaussée. Il sera question dans le quatrième chapitre de l'assainissement de la zone projet permettant le dimensionnement des ouvrages. Le cinquième chapitre concernera les études géométriques et signalisations de la voirie ainsi que de l'éclairage public. Le sixième chapitre traitera de l'impact environnemental de l'étude et le septième chapitre fera part de l'estimation du coût de la nouvelle structure de chaussée.

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

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Le Groupe CECO est une société de droit togolais sis à Sotouboua, une ville de la région centrale du Togo située à environ 300 km au nord de Lomé.

Le Groupe compte dix sociétés (figure 1), dont une holding, CECO SA. Celle-ci constitue un pôle de prestation de services de tous ordres au profit de ses filiales à savoir : CECO TP, CECO IMMO, CECO AGRO, CECO TRADE, CECO MINES, CECO MAT, CECO FABRIK, CECO PROMO, SAEZI. Ces filiales interviennent dans divers domaines d'activité comme les travaux publics (CECO TP), les bâtiments et la promotion immobilière (CECO IMMO), la production agricole et l'agro-business (CECO AGRO), la gestion des centrales d'achat et de vente du groupe (CECO TRADE), l'exploitation des carrières et les travaux de forage (CECO MINE), la location et la gestion du parc matériel du groupe (CECO MAT), l'industrie manufacturière non alimentaire (CECO FABRIK), les études, les suivis, l'évaluation et le contrôle des projets (CECO PROMO), le développement et la gestion des sites industriels (SAEZI), puis l'hébergement et la restauration (CECO GAÎTES). Nous avons effectué notre étude à la filiale CECO PROMO.

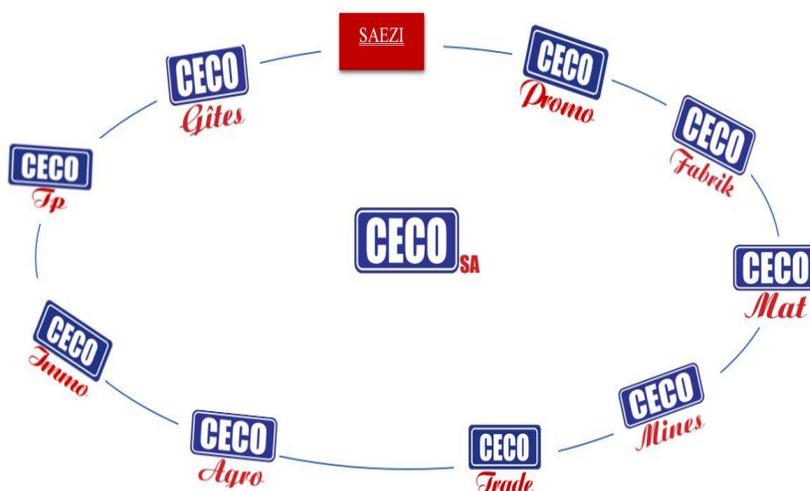


Figure 1:Groupe CECO

Siège Social

Rue kpei, qt. Nima 320

BP.83 Sotouboua-Togo

Tel : +228 25 59 20 12

Fax : +228 25 59 20 13

E-mail : ceco@yahoo.fr

Site : www.ceco.tg

II. CONTEXTE ET PRESENTATION DE LA ZONE PROJET

1. Contexte général du projet

Le port de Lomé, qui sur le plan juridique est un «Port autonome», est un établissement public de l'État exerçant conjointement des missions de service public administratif et des missions de services publics à caractère industriel et commercial. Il est géré comme un établissement public à caractère industriel et commercial.

Plaqué tournante d'un vaste réseau de distribution, la zone du projet offre une étendue de services portuaires uniques et compétitifs. Ainsi par sa situation géographique régionale exceptionnelle, le PAL est le bras de mer des pays du Sahel et le seul port en eau profonde de la sous-région. Initialement conçu pour un trafic annuel de 400 000 tonnes de marchandises diverses, il draine aujourd'hui plus de 8,6 million de tonnes, source des dégradations précoces des voies.

En effet, les conditions de circulation à l'intérieur du port sont actuellement difficiles, voire impossibles en toutes saisons, à cause de la multitude de points critiques (état fortement dégradé de la chaussée...). Cette situation limite sérieusement les activités de transport du port, ce qui pousse donc les Autorités de gestion portuaires à faire réaliser les travaux de réfection de la voirie interne en vue d'améliorer les conditions de circulation et d'exploitation au sein du port autonome de Lomé (PAL), et faire de Lomé le plus grand port d'éclatement de la côte ouest-africaine.

2. Les objectifs du projet

L'objectif général du projet est de contribuer à rendre fluide la circulation à l'intérieur du port, et d'une manière spécifique le projet vise à:

- ✓ aménager la structure routière du port;
- ✓ garantir les capacités de manutentions maximales du port;
- ✓ améliorer les attractivités et compétitivités du port;
- ✓ favoriser le transit des marchandises aux pays limitrophes plus précisément aux pays de l'hinterland;
- ✓ assurer la sécurité maximale des marchandises;

3. Présentation et localisation de la zone d'étude

Le Togo, pays de l'Afrique de l'Ouest ayant une frontière commune avec le Bénin à l'Est, le Burkina Faso au Nord, et le Ghana à l'Ouest; s'étend entre les parallèles 6°30' et 11°30' de latitude Nord et les méridiens 0° et 1°30' de longitude Est, et se situe sur le golfe de Guinée avec une superficie de 56 600 km² divisé en cinq régions (Maritime, Plateaux, centrale, Kara et Savanes) dont la capitale est Lomé.

Le projet dont il est nécessaire d'aménager; se situe dans la région maritime à 6°28 de latitude Nord, 1°17 de longitude Est et se trouve à 5 km du centre de la ville de Lomé entre la grand-route internationale Ghana-Togo-bénin et l'Océan Atlantique. Il est regroupé en un seul Lot, soit la totalité des trois (3) sous-lots (tranche conditionnelle).

- Sous-lot 1: Rue A2, A3, F1, F2, F3, F8, F12, B2, Môle I-PQ1, Môle I-PQ4 (3,73 km);
- Sous-lot 2: Rue F4, F5, F9 (1,1 km);
- Sous-lot 3: Rue F0, F13, E1 et B2 restants (2,395 km).

Soit un total de 17 rues (7,225 km) à aménager.

Les figures 2 et 3 présentent respectivement la situation continentale et regional du projet, et la presentation aérienne de la zone projet

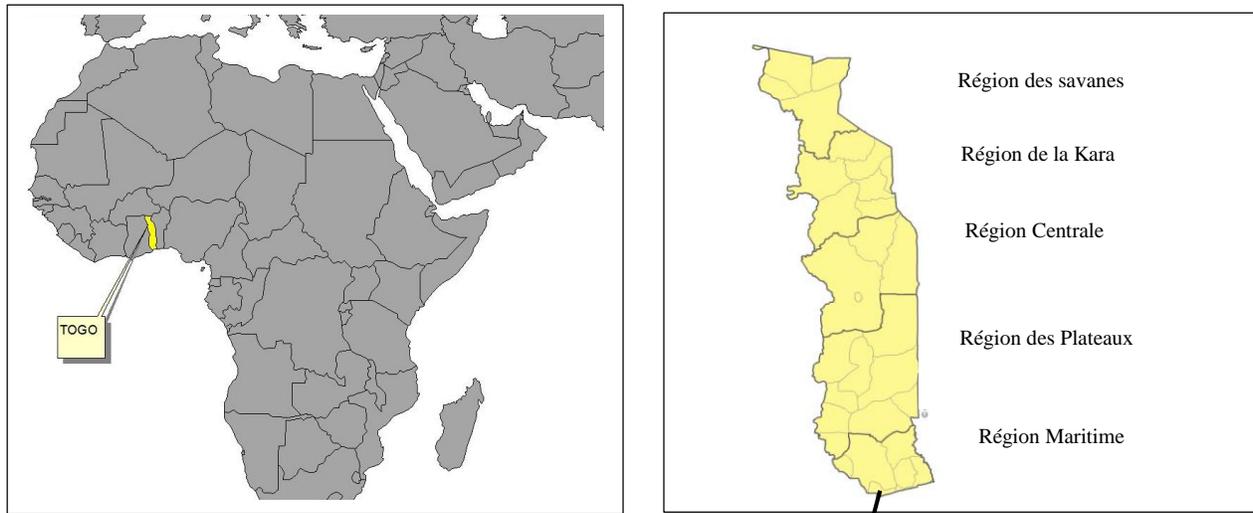


Figure 2: Situation continentale et régionale du projet



Figure 3: Présentation aérienne de la zone du projet

— Voirie interne

4. Cadre physique de la zone projet

➤ Conditions climatiques

Les températures de l'air peuvent atteindre jusqu'à 35 °C, mais se situent en moyenne entre 25 °C et 28 °C (Table climatique Togo). En ce qui concerne le régime pluviométrique; deux saisons des pluies d'avril à fin juillet, et de septembre à fin octobre, sont en général caractéristiques pour Lomé. Les précipitations annuelles ont une moyenne de 800 mm avec minima descendant jusqu'à 375 mm et de maxima pouvant atteindre 1540 mm (Analyse faite de 1910-1977).

➤ Conditions océanographiques

Le niveau du terrain naturel dans la zone portuaire concernée par le projet se situe entre + 4.5 m et +5 m ZP (Zéro Port). Les niveaux de la nappe souterraine dépendent de l'éloignement de la mer et de la quantité des précipitations conditionnées par les saisons, elle se situe en général à 2.5 m au-dessous du terrain naturel dans la zone du projet en question.

5. Etat des lieux de la zone projet

Les rues du Port Autonome de Lomé présentent du point de vue dégradation, des fissures, des faïençage et des décollement. La figure 4 illustre l'états dégradés de deux rues.



Figure 4: États dégradés de la rue B2 et E2

CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE

I. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

Les données topographiques étant nécessaires afin de matérialiser le relief de la plateforme, une étude corrigée des levés topographiques de l'ensemble de la zone du projet a été effectuée par l'équipe topographique de l'entreprise sous notre supervision en faisant:

- L'implantation et le levé de la polygonale de base;
- Le levé de toutes les contraintes physiques sur la plate-forme;
- Le traitement des données topographiques obtenues.

1. Implantation et levé de la polygonale de base

Elle est rattachée au système de coordonnées X, Y, Z du Togo. Suivant les principes de la conception géométrique des routes, le levé a été fait selon les bases suivantes:

- ✓ Matérialisation par des piquets de fer cimentés et déportés par des bornes implantées hors emprise, avec numéros graves;
- ✓ Calculs en planimétrie et altimétrie des sommets et des bornes de déport de ce polygone et compensation avec les repères topographiques existants;
- ✓ Croquis de repérage signalétique de chaque station de la polygonale avec ses bornes de déport.

2. Le levé de toutes les contraintes physiques sur la plateforme

Le levé général effectué par l'équipe de topographes matérialise plusieurs détails rencontrés sur le site. Il s'agit:

- ✓ Des bornes de lotissements;
- ✓ La chaussée existante;
- ✓ Des candélabres et supports de réseaux électriques et téléphoniques;
- ✓ Des concessions;
- ✓ Des collecteurs existants;
- ✓ Des clôtures existantes;
- ✓ Des limites et seuil d'entrée des môles;

- ✓ Des panneaux de signalisations existants.

3. Traitement et restitution des données topographiques

L'ensemble des levés ont été rattachés au nivellement général du Togo et traité grâce aux outils de conception assistée par l'ordinateur tel que: Covadis, Autocad, et Civil 3D.

4. L'équipe topographique

Pour la réalisation des levés du projet, deux (2) équipes de topographes se sont relayés sur le terrain. Chacune des équipes était composée de:

- Un ingénieur topographe;
- Un opérateur;
- Deux aides;
- Deux ouvriers.

II. COLLECTE DE DONNEES

Cette collecte nous a été possible grâce à l'entreprise et au logiciel, les données suivantes ont été recueillies:

- ✓ Les données topographiques du site du projet;
- ✓ Les données géotechniques (étude faite par le Laboratoire des travaux publics)
- ✓ Le trafic (comptage fait en 2013 par le Bureau d'études INROS LACKNER TOGO);
- ✓ Les données correspondant aux bassins versants du site du projet (logiciel Google Earth et Google Mapper).

Les différentes données recueillies et les visites sur le terrain ont permis de mieux connaître le site du projet, de caractériser la nature du sol de tracé, le trafic à écouler ainsi que la nature et les caractéristiques des ouvrages hydrauliques nécessaires.

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE LA CHAUSSEE

L'objectif de cette partie est de proposer une structure de chaussée d'épaisseurs convenables et économique, et ensuite de vérifier aussi bien la structure initiale que celle proposée durant notre étude. Pour mener à bien cette étude; il est nécessaire de présenter le type de structure de chaussée et la méthode de dimensionnement adoptée, ensuite de faire une analyse de la classe du sol support et du trafic existant, permettant de déterminer les différentes couches de matériaux viables, et enfin de vérifier les structures de chaussées avec le logiciel ALIZE –LCPC du point de vue des déformations et des contraintes agissant sur les différentes couches de chaussée sous l'effet des sollicitations.

I. TYPES DE STRUCTURE DE CHAUSSEES ET METHODE DE DIMENSIONNEMENT [6]

1. Types de structure de chaussées

Il existe une grande diversité de structures de chaussées regroupés souvent en trois catégories:

a. Les chaussées souple ou flexibles

Elles sont composées d'un revêtement bitumineux relativement mince (< à 15 cm) réduit parfois à un enduit dans le cas de chaussée à très faible trafic. L'assise est réalisée d'une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités (GNT). L'épaisseur de l'ensemble de la structure est en général comprise entre 30 et 60 cm.

b. Les chaussées semi-rigides ou à assises traitées aux liants hydrauliques

Elles comportent une couche de surface bitumineuse sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une ou deux couches (base et fondation).

c. Les chaussées rigides ou chaussées en béton de ciment

Cette chaussée est constituée par une couche de fondation en béton maigre ou en grave ciment surmonté par une dalle. La dalle de béton peut être continue avec un renforcement longitudinal (béton armé continu), ou discontinue (dalle épaisse) avec joints transversaux et longitudinaux effectués tous les 5 m pour éviter une fissuration anarchique du béton.

La structure de chaussée rigide (en dalle épaisse) est retenue compte tenu des exigences du maître d'ouvrage et aussi de l'évolution sans cesse du trafic au sein du port. Il faut aussi noter que la solution en dalle épaisse est adaptée à tous types de trafics.

2. Methode de dimensionnement

Le principal critère de dimensionnement d'une chaussée rigide réside dans la limitation des efforts de traction par flexion des matériaux sous l'effet de la répartition des charges. La méthode utilisée est celle du guide technique des structures de chaussée neuve (SETRA-LCPC). Trois paramètres d'entrée sont nécessaires pour le dimensionnement de la structure de chaussée rigide:

- La portance du sol support;
- Le trafic;
- Les caractéristiques mécaniques du béton.

II. ANALYSE DU SOL SUPPORT

L'étude du sol de plate-forme a pour but de donner les informations sur le terrain naturel à partir des essais géotechniques permettant ainsi de définir la structure de chaussées à adopter. Les reconnaissances du sol plate-forme ont été effectuées par le Laboratoire des Travaux Publics (LAB TP) et ont consisté à réaliser des sondages, et ensuite des prélèvements d'échantillons pour des essais en laboratoire.

Les essais géotechniques sont principalement (**annexe I**) :

- Les forages pour la stratigraphie du sol ;
- Essais de pénétration dynamique ;
- L'analyse granulométriques.

Les conclusions géotechniques indiquent que le module d'élasticité des sols rencontrés, peut-être regroupés en moyenne à 50Mpa. La classe de portance à long terme de la plate forme est de PF2 selon l'échelle de portance SETRA/LCPC (Tableau n°1) ou de classe S3 selon le guide de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP).

Tableau n° 1: Classe de portance (SETRA-LCPC)

Classe de portance à long terme de la plate forme	PF1	PF2	PF3	PF4
Module d'élasticité (MPa)	20	50	120	200

III. ANALYSE DU TRAFIC [3]

L'étude du trafic est l'élément crucial dans le dimensionnement d'une chaussée. Elle permet de faire une estimation du flux des trafics futurs à partir:

- Des comptages de circulation;
- Des analyses statistiques;
- Des enquêtes et tendances.

Dans notre cas de projet, des comptages et analyses statistiques ont été effectués à l'entrée ouest et à la sortie nord-est du port. Ce trafic moyen journalier qui est de **612 PL/jour/sens** de circulation (étude faite en 2013 par le Bureau d'études INROS LACKNER TOGO SARL, **annexe I**) nous a permis de calculer le nombre équivalent d'essieux standard de 13 tonnes et le trafic induit servant à déterminer la classe du trafic de la chaussée.

Hypothèse pour le calcul du trafic

Les hypothèses considérées pour avoir le trafic projeté sont les suivants:

- Les poids lourds sont définis comme étant les véhicules de plus de 3,5 tonnes de Poids Total Autorisé en Charge ($PTAC \geq 3,5$);
- Trafic de poids lourds (TPL) = 612 PL/jour/sens (Source INROS LACKNER TOGO SARL);
- Année de comptage du trafic 2013;
- Année de mise de service 2018;
- Taux de croissance annuelle du trafic (i) = 6% selon l'étude économique;

- Durée de vie des rues $N = 30$ ans;
- Le coefficient d'agressivité moyen (CAM) = 1,3.

Les rues en projet auront des chaussées d'une largeur comprise entre 7 et 10 m. On suppose que les véhicules circulent sur la voie de 3,5 m, ce qui conduit à adopter un coefficient de répartition transversale de: $A = 0,6$.

Les études menées par INROS LACKNER TOGO SARL dans le cadre du projet indiquent qu'à termes, si le projet est réalisé il augmenterait le transport des marchandises d'environ 1,6%. Nous considérerons donc ce taux pour estimer le trafic induit après calcul cumulé du tableau n°2.

Tableau n° 2: Calcul du trafic cumulé

Trafic de l'année de mise en service	T_1	819 (PL)	$T_1 = TMJ(1 + i)^n ; n = 5$
Nombre d'essieu standard équivalent NESE		$2,105 \cdot 10^7$ (PL)	$NESE = 365 * CAM * T_1 * A * \frac{(1+i)^{N-1}}{i}$

Trafic induit : $T_{induit} = 3,37 \times 10^5$ poids lourds.

Le trafic total = $2,14 \cdot 10^7$ poids lourds

Nous obtenons un trafic de classe T0 selon la classification SETRA-LCPC qui exprime le trafic cumulé journalier de poids lourds et une classe T5 selon le Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux du CEBTP qui exprime le trafic équivalent pour la durée de vie de la voirie.

IV. CARACTERISTIQUES MECANIQUES DU BETON [2 ; 3]

1. Dalle béton

Les bétons routiers doivent répondre aux sollicitations répétées du trafic et des effets climatiques; leur résistance à la traction par flexion entre directement en ligne de compte pour le dimensionnement. Ces bétons doivent donc être aussi homogènes et compacts que possible et présenter des caractéristiques mécaniques adéquates. Ainsi la composition des bétons doit être établie compte tenu des caractéristiques des matériaux disponibles et des résistances à atteindre. Le tableau n°3 donne les caractéristiques mécaniques conformément à la norme NF P 98170.

Tableau n° 3: Classification des bétons routiers

Catégorie de béton (NF P 98170)	Résistance caractéristique à 28jours (MPa)	Classe de résistance en compression (NF EN 206-1)
6-aéroport	38	C40/50
5-couche de roulement	32	C35/45
4-couche de roulement	29	C30/37
3-couche d'assise	25	C25/30
2-couche d'assise	20	C20/25

Le choix d'une classe de résistance se fait en fonction de la catégorie de la voirie et en fonction de la destination du béton (couche de fondation ou couche de roulement).

Pour le projet, le béton étant en couche de roulement, on peut donc choisir soit la classe 4 soit la classe 5. La classe 5 (C35/45) est retenue compte tenu de la résistance prescrite dans les spécifications techniques.

2. Béton maigre

Le béton maigre est constitué d'un mélange de ciment, d'eau, de sable et de granulats. Il est comparable à un béton classique dont les teneurs en ciment et en eau auraient été réduites. Le béton maigre est un matériau très rigide; son module d'élasticité est généralement voisin de 25000N/mm^2 . Selon les directives de la norme NF EN 206-1; la teneur en ciment sera d'au minimum 200 kg par m^3 de béton compacté; la résistance à la compression à 28 jours sera de 20 N/mm^2 .

V. PRE-DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSE [2]

Pour modéliser et optimiser une structure donnée de chaussée avec le logiciel ALIZE, il est nécessaire d'effectuer un pré-dimensionnement de la structure. Nous avons défini à partir d'abaques et du contexte du projet, les caractéristiques de structure de chaussée envisageables. Le pré-dimensionnement consiste donc à calculer l'épaisseur de la dalle pour supporter, sans se fissurer ou se rompre, la répartition des charges pendant la durée de vie de l'ouvrage.

Les structures considérées pour le pré-dimensionnement sont obtenues à l'aide de l'abaque (**annexe I**) de calcul à double entrée (classe du sol support et du trafic) de la classe 5 du béton. Outre, la structure de chaussée proposée par notre étude (Tableau n° 4), Nous illustrons celle de l'étude initiale présentée dans le tableau n°5:

Tableau n° 4: Structure type de chaussées proposée

Couche	Matériaux	Epaisseur (cm)
Revêtement	Dalle Béton	27
Fondation	Béton maigre	15

Tableau n° 5: Structure type de chaussées initiale

Couche	Matériaux	Epaisseur (cm)
Revêtement	Dalle Béton	20
Base	Grave traité aux ciments 0/31,5	45
Fondation	Sable Silteux	20

VI. VERIFICATION DES STRUCTURES DE CHAUSSEE AVEC LE LOGICIEL ALIZE-LCPC [3]

1. Présentation et principe de calcul du logiciel

Le logiciel ALIZE-LCPC est un logiciel de dimensionnement structural de chaussée. Il permet la simulation et le dimensionnement des structures routières et autoroutières; et s'applique également aux chaussées spéciales.

Le principe de calcul avec le logiciel consiste à déterminer les épaisseurs des couches constitutives, permettant à la chaussée de supporter un trafic considéré pendant sa durée de vie. Cependant, il est indispensable que la condition suivante soit vérifiée: les contraintes et les déformations du service (notées dans le corps de la chaussée) soient inférieures ou égales aux contraintes et aux déformations admissibles de chacune des couches.

$$\sigma_{t,cal} \leq \sigma_{t,ad}$$

$$\varepsilon_{z,cal} \leq \varepsilon_{z,ad}$$

Avec $\sigma_{t,cal}$: Contrainte induite par l'essieu, $\sigma_{t,ad}$: Contrainte admissible du matériau

$\epsilon_{z,cal}$: Déformation induite par l'essieu, $\epsilon_{z,ad}$: Déformation admissible du matériau

2. Paramètres d'entrée

Pour la vérification, le logiciel ALIZE nécessite des paramètres d'entrée (tableau n°6) tels que:

- Les caractéristiques des différents matériaux des couches existant de la chaussée,
- Les modules d'Young E des matériaux,
- Les coefficients de poisson ν des matériaux,
- Les conditions d'interface entre chaque couche afin d'assurer une meilleure vérification,
- Le trafic envisagé de la route durant sa durée de service.

Tableau n° 6:Carctéristiques des matériaux (SETRA)

Matériaux	E(Mpa)	μ
Dalle béton (Bc5)	35000	0,25
Grave traité aux ciments 0/31,5 (gc3)	23000	0,25
Sable silteux	90	0,35
Béton maigre	25000	0,25
Plate forme (PF2)	50	0,35

3. Analyse des résultats obtenus avec le logiciel ALIZE-LCPC

Les valeurs observées au cours de la modélisation des structures types et leurs analyses se présentent comme suit:

a. Modélisation de la structure initiale (Annexe I)

À partir des caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux de la structure, et en tenant compte des lois de comportement en fatigue des différents matériaux; les résultats de simulation et les valeurs admissibles se résument dans le tableau n°7.

Tableau n° 7: Résultats obtenu de la structure initiale avec ALIZE

Structure		Contraintes et déformations calculés	Limite Admissible
Revêtement	Dalle béton	$\sigma_{t,cal} = 0,004 \text{ Mpa}$	$\sigma_{t,ad} = 1,718 \text{ Mpa}$
Base	Grave ciment	$\sigma_{t,cal} = 0,235 \text{ Mpa}$	$\sigma_{t,ad} = 0,187 \text{ Mpa}$
Fondation	Sable silteux	$\varepsilon_{z,cal} = 18,9 \mu\text{déf}$	$\varepsilon_{z,ad} = 267 \mu\text{déf}$
Plate forme	PF2	$\varepsilon_{z,cal} = 27,5 \mu\text{déf}$	
Déflexion		14,7 mm/100	

Le revêtement et la plate-forme présentent respectivement une contrainte et une déformation inférieure à la valeur admissible, par contre la couche de base donne une contrainte supérieure à la valeur admissible.

L'adoption d'une telle structure poserait des problèmes d'affaissement de la chaussée à court terme. Pour qu'une telle structure soit adoptée, il est nécessaire de le réajuster par variation d'épaisseur. Ainsi nous obtenons dans le tableau n°8 les différentes épaisseurs de couche de chaussée, respectant les conditions de déformation et de contrainte agissant sous l'effet des sollicitations.

Tableau n° 8: Résultats de la structure initiale réajustée avec ALIZE

		Epaisseur	Contraintes et déformations calculés	Limite Admissible
Revêtement	Dalle béton	25 cm	$\sigma_{t,cal} = 0,02 \text{ Mpa}$	$\sigma_{t,ad} = 1,718 \text{ Mpa}$
Base	Grave ciment	50 cm	$\sigma_{t,cal} = 0,179 \text{ Mpa}$	$\sigma_{t,ad} = 0,187 \text{ Mpa}$
Fondation	Sable silteux	25 cm	$\varepsilon_{z,cal} = 14,2 \mu\text{déf}$	$\varepsilon_{z,ad} = 267 \mu\text{déf}$
Plate forme	PF2		$\varepsilon_{z,cal} = 20 \mu\text{déf}$	
Déflexion		12,8 mm/100		

Nous trouvons cette nouvelle structure de chaussée couteuse puis qu'elle aura une incidence financière dans le sens de l'augmentation du coût de projet.

b. Modelisation de la structure proposée (Annexe I)

À partir des caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux de la structure, et en tenant compte des lois de comportement en fatigue des différents matériaux; les résultats des simulations et des valeurs admissibles se résument dans le tableau n°9.

Tableau n° 9: Résultats obtenu de la structure proposée avec ALIZE

		Contraintes et deformations calculés	Limite Admissible
Revêtement	Dalle béton	$\sigma_{t,cal} = 0,252 \text{ Mpa}$	$\sigma_{t,ad} = 1,718 \text{ Mpa}$
Fondation	Béton maigre	$\sigma_{t,cal} = 0,508 \text{ Mpa}$	$\sigma_{t,ad} = 0,799 \text{ Mpa}$
Plate forme	PF2	$\varepsilon_{z,cal} = 61,3 \mu\text{déf}$	$\varepsilon_{z,ad} = 267 \mu\text{déf}$
Déflexion		21,1mm/100	

Cette structure de chaussée donne des valeurs, de contrainte, et de déformations bien meilleures et répond aux principes de réalisation d'une chaussée rigide par rapport à la structure initiale en ce sens que les valeurs de service de la structure proposée sont toutes inférieures aux valeurs admissibles (comparaison faite par rapport au tableau n°7).

L'adoption d'une telle structure permettra non seulement d'assurer la viabilité des chaussées, mais aussi de réduire considérablement la couche d'assise, permettant ainsi d'optimiser le coût du projet.

CHAPITRE IV : ASSAINISSEMENT DE LA ZONE PROJET

L'eau est le premier ennemi de la route, car elle influe sur la viabilité de la chaussée d'une part, et d'autre part, c'est le problème de longévité de l'ouvrage, d'où la nécessité d'une protection contre la nocivité des eaux. Cette partie consistera à faire une étude hydraulique de la zone projet visant à dimensionner l'ouvrage d'assainissement (caniveau), et ensuite il sera question du dimensionnement de l'ouvrage sous chaussée (tunnel) traversant la rue B2 permettant de faire passer les conduits de la Société Togolaise d'Entreposage (STE).

I. ETUDE HYDRAULIQUE

L'assainissement routier ou encore l'hydraulique routière est l'ensemble des moyens et techniques utilisés pour résoudre les problèmes de collecte et d'évacuation des eaux superficielles et des eaux internes sur l'emprise de l'ouvrage. Cette forme d'hydraulique est différente de ce qu'on appelle l'hydraulique urbaine à cause du caractère particulier du bassin versant caractéristique de l'ouvrage routier, ainsi que des caractères linéaires de la plate-forme. Cependant, le calcul des ouvrages passe impérativement par l'identification des bassins versants. Dans notre cas, nous avons délimité les bassins versants grâce à deux logiciels :

- Google Earth: pour récupération des tracées des différentes rues
- Google Mapper: pour délimitation et détermination des caractéristiques des bassins versants

Nous avons six (6) bassins versants qui convergent leurs eaux vers les rues. Le tableau n°10 présente les caractéristiques des bassins versants et la vue en plan des bassins versants est placée en **annexe II**.

Tableau n° 10: Tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants

Bassins Versants	Surfaces (km ²)	Z min (m)	Z max (m)	Pente moyenne (%)	Longueur écoulement (m)
BV1	0,1	3	8	1,87	289
BV2	0,102	5	12	1,9	210
BV3	0,073	4	7	2,29	106,3
BV4	0,087	6	9	1,6	100
BV5	0,099	4	10	2,04	200,5
BV6	0,065	8	12	2,25	87

1. Estimation du débit

Il existe plusieurs méthodes de détermination de débit tel que la méthode rationnelle (pour les bassins versants ayant une surface inférieure à 4 km²), la méthode CIEH et ORSTOM (applicable à des bassins versants dont la superficie est inférieure à 200 km²). Les surfaces de nos bassins versants étant inférieures à 4 km², la méthode rationnelle est donc la plus appropriée. Elle est sous la forme:

$$Q = 0,278CIA, \text{ avec.}$$

C: le coefficient de ruissellement décennal

I: l'intensité de l'averse en mm/h

A: la surface du bassin versant en km²

La détermination de l'averse **I**, passe d'abord par celle du temps de concentration **Tc** du bassin versant, qui à son tour, dépend de la longueur du chemin hydraulique **L** (distance entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin versant) et de la pente moyenne **P** du bassin versant. On prendra pour coefficient de ruissellement C= 0,8 (surface bâtie).

a. **Temps de concentration**

Il est donné par la formule de KIRPICH:

$$T_c = \frac{1}{52} \frac{L^{0,77}}{P^{0,385}}$$

b. **Intensité de l'averse**

L'intensité de pluie moyenne est déterminée par la formule de MONTANA qui est sous la forme :

$$i = a \times T_c^{-b}$$

Avec a et b les paramètres du tableau n°11 qui dépendent du lieu et de la fréquence pluviométrique

Tableau n° 11: Coefficients de MONTANA pour la région côtière Lomé

Durée moyenne de pluie (min)	Coefficient	Période de récurrence		
		10 ans	5 ans	2 ans
Inférieur à 60	A	8,6	7,31	5,59
	B	0,43	0,43	0,43
Supérieur à 60	A	5,4	45,9	3,61
	B	0,43	0,43	0,43

Les paramètres a et b sont respectivement 8,6 et 0,43 pour une durée moyenne inférieure à 60 minutes et une période de retour de 10 ans.

Le tableau n°12 résume les résultats récapitulatifs des débits obtenus.

Tableau n° 12: Récapitulatifs des débits obtenus

Bassins versants	Surface (km ²)	Chemin hydraulique (m)	Pente	Temps de concentration	Intensité (mm/h)	Débit (m ³ /s)
BV1	0,1	289	0,0187	72,65	81,72	1,88
BV2	0,102	210	0,019	56,47	91,07	2,13
BV3	0,073	106,3	0,0229	31,11	117,68	1,97
BV4	0,087	100	0,016	34,08	113,16	2,26
BV5	0,099	200,5	0,0204	53,02	93,57	2,13
BV6	0,065	87	0,0225	26,85	125,38	1,87

2. Drainage proposé

Le système d'assainissement est basé sur l'évacuation rapide des eaux pluviales. Le système est composé des caniveaux en béton armé qui reçoivent les eaux pluviales venant directement de la chaussée et de la zone environnante. Les ouvrages choisis pour l'assainissement des chaussées sont des caniveaux ayant les mêmes configurations que les caniveaux existants, c'est-à-dire de sections rectangulaires fermées (caniveau cadre) où il sera réservé sur le tablier des toues (en PVC 100Ø) en quinconce d'évacuation d'eau. Les caniveaux déversent leurs eaux dans les collecteurs déjà en place et ces derniers refoulent les eaux dans le bassin portuaire par l'intermédiaire d'exutoires existants.

3. Détermination des sections

Le principe de fonctionnement des caniveaux est celui des écoulements à surface libre. La formule de Manning-Strickler sera considérée pour la détermination des sections des caniveaux. La formule est sous la forme de:

$$Q = K_s S R^{2/3} I^{1/2}, \text{ avec}$$

K_s : le coefficient de rugosité de Manning-Strickler (67 pour les fossés en béton);

S : la section mouillée (m²);

P : le périmètre mouillé (m);

m : fruit du talus ($m=0$) pour les sections rectangulaires;

La revanche est une hauteur de sécurité que l'on ajoute à la hauteur mouillée pour permettre que l'eau circule librement. La revanche est trouvée par la formule:

$$r = \max\left(\frac{V^2}{2g}, 15 \text{ cm}\right) \text{ et } r \leq 40 \text{ cm};$$

avec V la vitesse découlement.

La détermination de la hauteur h et de la base b s'est fait par la méthode de débitance suivant les équations ci-après:

$$h = \frac{Q^{3/5}(b+2h\sqrt{m^2+1})^{2/5}}{I^{3/10} \times Ks^{3/5}(b+mh)}; \quad b = \frac{Q^{3/5}(b+2h\sqrt{m^2+1})^{2/5}}{h \times I^{3/10} \times Ks^{3/5}} - mh$$

Le tableau n°13 résume les sections obtenues après plusieurs itérations; et vérifications effectuées (vitesse limite et débit d'érosion).

Tableau n° 13: Sections obtenues

Sections	Débit (m ³ /s)	h m	b m	Section m ²	Débit d'érosion (Q _{er})	Vitesse (V _c) m/s	Revanche m	Sections caniveaux
1	1,88	1,2	0,7	0,84	2,94	1,98	0,2	70x140
2	2,13	1,3	0,7	0,91	3,185	2	0,2	70x150
3	1,97	1,25	0,7	0,75	2,625	1,83	0,2	70x145
4	2,26	1,3	0,7	0,91	3,185	2	0,2	70x150
5	2,13	1,3	0,7	0,91	3,185	2	0,2	70x150
6	1,87	1,2	0,7	0,84	2,94	1,98	0,2	70x140
Observation	$Q_{er} = S \times V_{max} > Q;$ $0,5 \text{ m/s} < V_c < 3,5 \text{ m/s}$ $V_{max} = 3,5 \text{ m/s}$				Il n'y aura ni érosion, ni engorgement, les sections choisies peuvent être considérées définitivement			

Nous allons uniformiser sur tout le projet des sections des caniveaux pour des raisons de sécurité. Il sera retenu la section la plus grande c'est-à-dire la section 70x150.

II. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES LONGITUDINAUX (CANIVEAU)

1. Hypothèses de base [8]

Règlements et instructions

L'étude structurelle des caniveaux est basée sur le principe du cadre fermé. Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dite règle B.A.E.L 91. Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) françaises en la matière. Les ouvrages seront calculés par rapport aux systèmes de charges B (Bc, Bt et Br); système de charge (Al) et la charge des conteneurs.

2. Géométrie

✚ Epaisseur du voile	= 20 cm
✚ Epaisseur tablier	= 25 cm
✚ Hauteur libre du caniveau	= 150 cm
✚ Ouverture du caniveau	= 70 cm
✚ Epaisseur du radier	= 25 cm

3. Caractéristiques des matériaux

✚ Béton

Fissuration très préjudiciable

- Béton B30 de poids volumique égale $\gamma_b = 25\text{kN/m}^3$
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 30\text{MPa}$
- L'enrobage : $c = 5\text{ cm}$, car la fissuration est très préjudiciable

✚ Acier

- Nuance : Acier Haute Adhérence F_e E400
- Limite d'élasticité $f_e = 400\text{ MPa}$

✚ Sol

- Poids volumique des terres : $\gamma = 18 \text{ KN}/\text{m}^3$
- Coefficient de poussée : $k_a = 0,33$
- Angle de frottement interne = 30°
- Contrainte admissible = 1,5bar

4. Méthode de calcul

Le modèle de calcul est fait grâce au logiciel CYPE. Ce modèle de calcul utilisé consiste en éléments finis triangulaires du type lamelle épaisse tridimensionnelle, qui considère la déformation par l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de six nœuds, aux sommets et au milieu des côtés, avec six degrés de liberté chacun. Le maillage du caniveau est réalisé en fonction de ses dimensions (épaisseur et porté). Sur chaque nœud, après une analyse élastique et linéaire, huit efforts sont obtenus, avec lesquels la section de béton et l'armature sont dimensionnées et vérifiées. À partir des déplacements; sont vérifiés la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc. le tableau n°14 récapitule le ferrailage des caniveaux. La note de calcul en **annexe II**, le plan de coffrage et de ferrailage sont en **annexe IV**.

Tableau n° 14:Récapitulatif du ferrailage des caniveaux

Panneau	Position	Direction	Armature de base
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 12cm
	Inférieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 12 cm
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 10 cm
	Supérieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 10 cm
Piédroit gauche	Arrière et Avant	Vertical	HA12 ; e = 20 cm
		Horizontal	HA8 ; e = 20 cm
	Acier d'encrage piédroit-radier	Vertical	HA12 ; e = 20 cm
Piédroit droit	Arrière et Avant	Vertical	HA12 ; e= 20cm
		Horizontal	HA8 ; e=20 cm
	Acier d'encrage piédroit-radier	Vertical	HA12 ; e=20 cm

III. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE OUVRAGE TRANSVERSAL (TUNNEL)

Le tunnel ici est un ouvrage sous chaussée de forme rectangulaire destiné à la faire passer les conduites de gaz oil, d'essence et du JET à 1 (diamètres varient entre 200 et 250 mm) de la société STE. Ce tunnel traverse transversalement la rue B2 au PK0+155.

Les ouvertures du tunnel ont été effectuées en tenant compte des conduits à placer et aussi de la taille moyenne d'une personne pour d'éventuels travaux d'entretien.

La géométrie du tunnel après étude se présente comme suit:

- Gabarit : 1,7 m
- Largeur : 2,7 m

1. Prédimensionnement du tunnel

Le rapport entre l'épaisseur des traverses (radier et tablier) et l'ouverture est de l'ordre de 1/20 à 1/25 dans les cas courants. L'épaisseur (e) de la traverse supérieure peut être déterminée par la formule suivante:

$$e = \frac{l}{32} + 0,125 ; \text{ où "l" désigne l'ouverture biaise de l'ouvrage avec un minimum de 0,3m.}$$

Avec la formule ci-dessus, l'épaisseur calculée est de 0,21 m, l'épaisseur retenue est de:

- Épaisseur Tablier / Radier : 25 cm
- Épaisseur piédroit : 25 cm

2. Hypothèses de base [8]

Règlements et instructions

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dite règle B.A.E.L 91. Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) françaises en la matière. L'ouvrage sera calculé par rapport aux systèmes de charges B (Bc Niger, Bt et Br).

3. Caractéristiques des matériaux

✚ Béton

Fissuration très préjudiciable

- Béton B30 de poids volumique égale $\gamma_b = 25\text{kN/m}^3$
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 30\text{MPa}$
- L'enrobage : $c = 5\text{ cm}$, car la fissuration est très préjudiciable

✚ Acier

- Nuance : Acier Haute Adhérence $F_e E400$
- Limite d'élasticité $f_e = 400\text{ MPa}$

✚ Sol

- Poids volumique des terres : $\gamma = 18\text{ KN/m}^3$
- Coefficient de poussée : $k_a = 0,33$
- Angle de frottement interne = 30°
- Contrainte admissible = $1,5\text{bar}$

4. Méthode de calcul [5]

Le tunnel est d'une longueur de 64,31 m. Pour le modèle de calcul, nous allons considérer une tranche de 1m.

De manière générale, on mènera les calculs par bandes de 1,00 m de largeur de tunnel. Les valeurs des efforts et sollicitations M et N (moments et efforts normaux) seront déterminés sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage « formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL. Le tableau n°15 récapitule le ferrailage obtenu du tunnel. La note de calcul est en **annexe II**, le plan de coffrage et de ferrailage en **annexe IV**.

Tableau n° 15:Récapitulatif du ferrailage du tunnel

Panneau	Position	Direction	Armature de base
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 20cm
	Inférieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 20cm
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 15cm
	Supérieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 15cm
Piédroit gauche	Arrière et Avant	Vertical	HA14 ; e = 15 cm
		Horizontal	HA8 ; e = 15 cm
Piédroit droit	Arrière et Avant	Vertical	HA14 ; e = 15 cm
		Horizontal	HA8 ; e = 15 cm

CHAPITRE V : ETUDES GEOMETRIQUES ET SIGNALISATION DE LA VOIRIE

L'objectif de cette étude est de proposer les caractéristiques géométriques (tracées en plan, profil en long, profil en travers) des différentes rues afin de permettre un meilleur aménagement à l'intérieur du port et ensuite de faire une étude de signalisation et d'éclairage public de ladite voirie visant à assurer la sécurité des usagers.

I. ETUDE DE LA GEOMETRIE DE LA VOIRIE [11]

La conception géométrique de la voirie est faite à l'aide du logiciel Civil 3D. Pour ce faire, nous disposons comme données, des levés topographiques corrigés et d'un fond topographique fait sur Auto CAD.

1. Norme géométrique

L'étude du tracé en plan et du profil en long de la voirie ont été effectuée sur la base d'un certain nombre de normes. Il s'agit de l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Routes Nationales (ICTARN), celui-ci est compilé dans un document appelé Aménagement des routes principales (ARP). C'est un guide technique relatif à la conception générale et aux caractéristiques géométriques des routes.

2. La vitesse de référence

La vitesse de référence est la vitesse qui sert à définir les caractéristiques minimales d'aménagement des points particuliers d'une section de route de sorte que la sécurité du véhicule isolé soit assurée. Le présent projet est dimensionné pour une vitesse de référence de **60 km/h**.

3. Tracé en plan

Le tracé en plan est la projection verticale de la route sur un plan horizontal. C'est une succession de droites, d'arcs de cercles et de courbes de raccordement. Le paramètre fondamental du tracé en plan est le rayon de courbure RH dont les valeurs minimales sont présentées dans le tableau n°16 en fonction de la vitesse adoptée.

Tableau n° 16:Récapitulatif des paramètres géométriques du tracé en plan

Vitesse en km/h	60
Rayon non déversé (dévers : $\delta = - 2,5 \%$)	120m
Rayon au devers minimal (devers: $\delta = 2,5 \%$)	450m
Rayon minimal (devers: $\delta = 5 \%$)	600m

Source: ARP, SETRA 1994

4. Profil en long

C'est une coupe verticale effectuée suivant l'axe du tracé en plan. Il nous fournit des informations altimétriques. Il se compose de sections inclinées (pente ou rampes) raccordées par des paraboles. Nous avons préconisé dans ce projet une ligne rouge des routes qui suivent en principe le niveau des terre-pleins adjacents afin d'en conserver une continuité pour les engins de manutention qui empruntent aussi bien les terre-pleins que les rues qu'ils traversent. Le profil en long doit respecter un certain nombre de caractéristiques récapitulées dans le tableau n°17

Tableau n° 17:Récapitulatif des paramètres géométriques du profil en long

Vitesse en km/h	60
Pente moyenne maximale	7%
Rayon normal en angle saillant	4500 m
Rayon minimal en angle saillant	1600 m
Rayon normal en angle rentrant	2200 m
Rayon minimal en angle rentrant	1500 m

Source: ARP, SETRA 1994

Les caractéristiques de l'axe en plan des rues sont présentées en **annexe III** et les tracés combinés (trace en plan et profile en long) des rues sont présentés en **annexe V**.

5. Profil en travers

Le profil en travers est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances, et permet de quantifier les volumes de déblais et de remblais nécessaires pour la réalisation de la route.

Les profils en travers types de notre projet ont une largeur comprise entre **10 et 30 m** en fonction de leur importance et des terre-pleins adjacents qui y sont raccordés. En principe les routes sont bordées de caniveaux d'assainissement, soit de chaque côté, soit au milieu ou unilatéralement. Il n'y a pas de bordures de routes sur la plupart des routes lorsque celles-ci sont une continuation des terre-pleins, sauf exception (**route B2**), les routes n'ont pas de terre-plein central. Les profils en travers des différentes rues sont présentés en **annexe VI**.

6. Aménagement des Carrefours

L'intersection entre les différentes rues nécessite un aménagement permettant d'assurer la sécurité des usages. Le tableau n°18 montre les différents types de carrefours pour les routes selon l'ICTARN.

Tableau n° 18: Aménagement adapter aux routes

Aménagements possibles	Condition générales d'emploi
Carrefour giratoire	Trafic secondaire relativement important, ou problème de sécurité
Carrefour plan (croix, té)	Autre cas; à exclure sur les routes à 2 x 2 voies et plus
Cas particulier: demi-carrefour	Routes à 2 x 2 voies

Nous avons aménagé trois carrefours giratoires et onze Carrefours plans:

- Carrefour giratoire entre l'intersection des rues (F0, F1, F2 et Môle d'entrée);
- Carrefour giratoire entre l'intersection des rues (B2, B2 sections 1, B2 sections 2 et F12);
- Carrefour giratoire entre l'intersection des rues (A2, F1, A3);
- Carrefour plan entre l'intersection de la rue F2-(F4, F5, F8, F9); la rue F3- (F4, F5, F8, F9); la rue F12-F13; la rue B2 sections 2-E2; rue F1-Môle sortie.

Ainsi selon les prescriptions du « guide d'aménagement des carrefours interurbains » de SETRA, Décembre 1998, nous adoptons pour les giratoires un rayon intérieur de 5 m pour un rayon de

braquage de 12 m et les carrefours plan un rayon variant entre 2 et 3 m qui permettent le passage facile des camions remorque, semi-remorque et bus articulé.

II. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE DE LA VOIRIE [9]

1. Signalisation de la voirie

La signalisation de la voirie désigne l'ensemble des informations (signaux conventionnels) destinées aux usagés afin de rendre faciles leurs circulations et assurer leurs sécurités. On distingue généralement deux types de signalisation tel que la signalisation horizontale et la signalisation verticale. À ces deux types de signalisation s'ajoute les portiques de signalisation dans le cadre de notre projet.

a. La signalisation horizontale

La signalisation horizontale est réalisée par des bandes continues ou discontinues. Ces bandes ont pour but de guider les usagers et d'indiquer les parties des chaussées réservées à la circulation. La chaussée étant en béton, la couleur jaune sera adoptée pour résister à la chaleur environnementale, et aux UV. La signalisation horizontale est constituée de deux catégories de marques; nous pouvons citer selon la terminologie de la convention internationale:

- Les marques longitudinales;
- Les marques transversales.

La largeur des marques est définie par rapport à une largeur unité " u " différente selon le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour « u ».

u = 7,5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées;

u = 6 cm sur les routes nationales;

u = 5 cm sur toutes les autres routes;

u = 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

Nous adopterons u = 7,5 dans le cadre de notre projet.

Les tableaux n°19 indiquent les marques et types de modulation utilisés.

Tableau n° 19: Marques et types de modulation utilisées

Désignation des marquages	modulation	largeur
1-Lignes transversales		
Ligne "STOP"	Continue	50m
Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	T'2	50m
2-Lignes longitudinales de rives ou de délimitation de certaines voies		
- Lignes discontinues de type T2:		
Ligne de rive de chaussée	T2	3u
- Lignes discontinues de type T3:		
Ligne de rive aux approches de certains carrefours	T3	5u
3-Lignes longitudinales axiales		
- Lignes continues (cas général):		
Ligne axiale ou de délimitation des voies	Continu	2u
4-Lignes continues délimitant le T.P.C., les îlots (rue B2, A2)		
Ligne de délimitation de terre-plein central	Continue	3u
Ligne de délimitation du contour des îlots	Continue	3u
Ligne de délimitation de certains couloirs réservés	Continue	3u ou 5u

b. Les portiques de signalisation

Ce sont des portiques métalliques pour la signalisation des différentes files. Ils seront aménagés à l'entrée Ouest et à la sortie Nord-Est du port.

c. La signalisation verticale

La signalisation verticale a pour but de fournir une lisibilité et une compréhension aisées pour les usagers. Elle regroupe les signalisations par panneaux, par bornage et par feux, classés en plusieurs catégories:

- Panneaux danger de type A: indiquant les traversées piétonnes;
- Panneaux d'intersection et de priorité de passage de type AB: Arrêt obligatoire, priorité de passage pour piéton, cédez le passage;
- Panneaux de prescription de type B: Obligations;
- Panneaux d'indication ou de restriction de type C

Les panneaux aménagés sont présentés dans le tableau n°20 suivant.

Tableau n° 20: Panneaux aménager

Types de panneaux	Rôles	symboles	nombre
A13b	Passage pour piéton		17
AB3a	Cédez le passage à l'intersection		8
AB4	Arrêt à l'intersection dans les conditions définies à l'article R.415-6 du code de la route. Signal de position		15
B1	Sens interdit à tout véhicule		4
B21a2	Signale l'existence d'un giratoire		10
B2a	Interdiction de tourner à gauche à la prochaine intersection		3
B2b	Interdiction de tourner à droite à la prochaine intersection		4

2. Eclairage de la voirie

L'éclairage routier constitue un élément important de sécurité des déplacements nocturnes grâce à une bonne perception des obstacles par les piétons et les automobilistes, en même temps qu'un agrément évident pour le cadre de vie. Il sera prévu pour le projet des candélabres d'éclairages à simple et double crose sur certaines rues, et des mâts à projecteurs aménagés aux carrefours des routes et giratoires ; les autres candélabres seront placés à chaque entrepôt. L'espacement entre les candélabres sur les rues B2 et A2 est déterminé comme suit :

➤ Hauteur des points d'éclairage

Elle dépend de la largeur de la chaussée et de l'intensité des lampadaires. Dans le cas général, elle varie de 7,5 m à 12 m. Nous retiendrons comme hauteur de pointe d'éclairage 8 m.

➤ Distance entre les points d'éclairage

Elle dépend des caractéristiques des lampadaires. Elle varie de 3 à 3,5 fois la hauteur des points d'éclairage au-dessus de la chaussée. Soit d la distance entre les points d'éclairage, on a :

$d = 3 \times 8 \text{ à } 3,5 \times 8$, on a une valeur de d qui varie de 24 m à 28 m.

On retient 25 m comme distance entre points d'éclairage.

➤ Détermination du nombre

$n = \frac{L}{d}$ Avec L : la longueur totale de la rue et d : la distance entre points d'éclairage.

Structure	nombre
Candélabre	21
Mâts à projecteurs	13

CHAPITRE VI : ETUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

L'objectif de cette étude d'impact environnemental est de présenter le cadre législatif et réglementaire appliqué à notre étude, et d'apprécier les différents impacts probables dus à l'aménagement de la voirie interne du port; puis de proposer des mesures d'atténuation si nécessaire.

I. CADRE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Des textes législatifs et réglementaires ont été pris sur le plan juridique, pour établir ou renforcer le cadre juridique de gestion de l'environnement. Il s'agit entre autres:

- De la loi N° 2008 -005 du 30 mai 2008 portant loi-cadre sur l'environnement;
- De la Loi N° 88-14 du 3 novembre 1988 portant code de l'environnement;
- De la loi N° 99- 003 du 18 février 1999 portant code des hydrocarbures
- De l'ordonnance 82-182 du 8 juillet 1982 portant code de la marine marchande
- De l'ordonnance 77-24 du 16 août 1977 définissant les limites des eaux territoriales et créant une zone maritime protégée.

Conformément à ces lois, la Direction Générale des Travaux Publics (DGTP) a établi des directives concernant les aspects environnementaux pour les projets routiers. Cette directive vise essentiellement les mesures d'atténuation des dégâts causés aux différentes composantes de l'environnement lors de la réalisation des activités de projet de construction ou de réfection des routes au Togo. Ces dégâts sont identifiables en phase préparatoire de chantier, en phase de construction, en phase d'exploitation et en phase d'entretien.

II. LES IMPACTS POSITIFS ET NEGATIFS DE L'ETUDE

1. Impacts positifs

L'étude présente des impacts positifs qui se feront ressentir après la mise en exploitation. On peut citer principalement:

- ✓ La fluidification de la circulation et la réduction des accidents à l'intérieur du port;
- ✓ La faciliter des activités de manutentions maximales au sein du port;

- ✓ L'amélioration des capacités d'attractivité et de compétitivité du port;
- ✓ Réduction du problème d'engorgement;
- ✓ La faciliter de stockage des conteneurs;
- ✓ L'amélioration des conditions de transit des marchandises aux pays limitrophes plus; précisément aux pays de l'hinterland (Burkina Faso, Niger et Mali);
- ✓ Réduction de l'insécurité des marchandises;
- ✓ Création de plus d'emplois en phase de réalisation du projet due à l'embauche de Main-d'œuvre importante;
- ✓ Développement de l'économie du territoire Togolais.

2. Impacts négatifs

L'étude présente des impacts négatifs quant à la phase préparation que réalisation du chantier. Les principaux impacts sont les suivants.

a. Sur les sols :

- ✓ Perturbation de la stabilité du sol;
- ✓ Pollution du sol par rejets accidentels de graisse, de peinture de résidus de nettoyage, d'huile de vidange;
- ✓ Contamination du sol par rejets accidentels d'hydrocarbures;
- ✓ Pollution du sol par les eaux usées;
- ✓ Encombrement de l'espace en cas d'abandon des équipement et installation en l'état;
- ✓ Risques d'érosion des sols sur certains sites d'emprunts.

b. Sur l'air et l'Eau marines :

- ✓ Pollution de l'air par émission de poussière, de particules solides, de fumée contenant des dioxydes de carbone, de soufre et d'azote, de fines particules chimiques en suspension, de produits de nettoyage.
- ✓ Pollution des eaux marine par des fuites de ciment;
- ✓ Perturbation des écosystèmes marine.

c. **Sur la dimension socio-économique :**

- ✓ Perturbation temporaire de la circulation et des activités de manutentions à l'intérieur du port;
- ✓ Perte de revenus financiers.

d. **Sur la santé et la sécurité :**

- ✓ Risque de transmission de maladies contagieuses dont le VIH/SIDA;
- ✓ Exposition des ouvriers et des transporteurs aux accidents de travail et de circulation;
- ✓ Perturbation de la tranquillité des travailleurs administratifs par la propagation des vibrations et des bruits de chantier.

III. MESURES D'ATTENUATION

Les mesures d'atténuation ont été identifiées sur la base d'un certain nombre d'objectifs spécifiques d'atténuation. Nous présentons, le plan de gestion environnementale en **annexe VII**.

CHAPITRE VII : ESTIMATION DU COUT DE LA NOUVELLE STRUCTURE DE CHAUSSÉE

I. COÛT ESTIMATIVE DE L'ETUDE

L'étude de l'avant métré permet de quantifier les parties d'ouvrage en vue de la réalisation du projet. Pour les différents sous-lots, le devis quantitatif s'effectuera suivant les postes:

- Installation du chantier;
- Terrassement;
- Chaussée;
- Ouvrages d'art;
- Signalisation;
- Éclairage public;
- Mesures environnementales et social.

Le tableau n°21 fait une récapitulation générale des prix obtenus pour chaque section des sous-lots, les détails sont présentés en **annexe VIII**

Tableau n° 21: Récapitulatif du devis estimatif de l'étude

Numéro section	Section	Prix en francs CFA
1	Installation du chantier	4 184 717 715
2	Terrassements	103 187 150
3	Chaussée	6 350 327 881
4	Ouvrage d'arts	1 763 946 000
5	Signalisation	74 679 400
6	Eclairage public	77 295 000
7	Mesures environnementales et social	47 000 000
TOTAL		12 601 153 146

La TVA étant de 18%, donc le coût total TTC est de **14 869 360 713 FCFA, soit 1 744 104 242 FCFA** par kilomètre de route.

II. COMPARAISON DES COÛTS

L'étude initiale du projet est estimée à **16 878 716 796 FCFA TTC**. Donc une différence de **2 009 356 083 FCFA** par rapport à notre étude. Cette marge est due à la différence de structure proposé. Elle pourra servir à aménager 1, 15 km de route en plus des 7,225 km.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude effectuée dans le cadre du projet des travaux de réfection de la voirie interne du port autonome de Lomé, regroupe 17 rues faisant un linéaire de 7,225 km en tranche conditionnelle et a permis d'aboutir à des résultats répondant aux normes techniques de conception routière et aux exigences des termes de références.

En effet, à travers les paramètres de dimensionnement des chaussées rigides, nous avons vérifié et proposé une structure de chaussée réaliste, constituée de couche de roulement en dalle béton et de la couche d'assise en béton maigre conformément aux normes en vigueur. Pour assurer l'assainissement de la zone d'étude, nous avons dimensionné des caniveaux-cadres et un ouvrage sous chaussée (tunnel). Les dispositions sécuritaires ont été prises en compte afin de faciliter la manutention des marchandises et assurer la sécurité des usagers empruntant ces rues. Le volet socio-environnement a été effectué en vue de constater les impacts probables de l'étude sur l'environnement.

Cette démarche des études techniques et détaillées a donc permis de mettre en application les connaissances acquises tant en théorie qu'en pratique en vue de proposer un projet réaliste, à un coût raisonnable et facilement réalisable contrairement à celui proposé dans l'étude initiale. Le coût du projet est estimé à quatorze milliards huit cent soixante-neuf millions trois cent soixante mille sept cent treize francs CFA TTC (**14 869 360 713 FCFA**).

Le travail de ce mémoire a été fait en s'appuyant sur les capacités techniques de l'entreprise et des prescriptions du cahier des clauses techniques sans toutefois avoir eu l'approbation du bureau d'étude de la mission de contrôle et du maître d'ouvrage. Par conséquent, l'entreprise pourra s'appuyer sur ce document afin de produire le dossier d'exécution de la nouvelle structure de chaussée pour approbation. Et si cette étude est approuvée, il faudra insister sur la technique et la qualité des matériaux à mettre en place; et que l'excédent financier constaté soit utilisé pour réhabiliter d'autres rues de la zone portuaire, notamment les rues D5, D6 et D7 (645 m) qui sont actuellement dégradées.

BIBLIOGRAPHIE

❖ Ouvrages et Articles

- [1] Aménagement des Routes Principales (ARP), SETRA Août 1994.
- [2] Collection Technique Cimbéton (T50, T57), Voiries et Aménagement Urbains en Béton, Tome 1 : Conception et Dimensionnement.
- [3] Conception et dimensionnement des structures de chaussées (LCPC), SETRA, Décembre 1994
- [4] Fascicule 61-Titre II, Programmes de charges et épreuves des ouvrages d'art
- [5] Formulaire des cadres simples, KLEINLOGEL.
- [6] Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux, CEBTP, Edition 1980, Ministère de la Coopération Française.
- [7] Guide de Conception des Ponts-Cadres et Portiques, SETRA
- [8] Règles BAEL 91 modifiées 99, Troisième Edition 2000
- [9] Projet et Construction de Route, Jean BERTHIER, Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Président du BCEOM
- [10] Méthode Française de dimensionnement, N.°823, Décembre 2003
- [11] Marc, COMBERE. (2012). Cours de voirie, 2iE
- [12] MESSAN, A. (2012). Cours béton armé, L3S-L3p, 2iE
- [13] Sânem Tôogo Mandela COMPAORE (2011), Mémoire de fin de cycle Master « Étude technique détaillée des travaux de bitumage et de construction de l'interconnexion des routes nationales RN01 et RN04 », 2iE
- [14] TAMBOURA, I. (Année académique 2015-2016). Cours de pont et ouvrages d'art, 2iE

❖ Sites internet

<http://www.infociments.fr> ; <http://www.setra.equipement.gouv.f>

ANNEXE

LISTE DES TABLEAUX.....	49
LISTE DES FIGURES.....	50
ANNEXE I : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE LA CHAUSSEE	51
I. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	52
1. Trafic	52
2. Portance du sol-plate-forme.....	53
3. Classe du béton	56
II. MODELISATION DES STRUCTURES DE CHAUSSEE AVEC ALIZE	58
ANNEXE II : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES LONGITUDINAUX ET TRASVERSAL.....	60
ETUDE HYDRAULIQUE.....	61
I. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES LONGITUDINAUX... 63	
1. Norme et matériaux	63
2. Géométrie.....	63
3. Terrains	63
4. Actions.....	64
5. Méthode de calcul	66
6. Résultats.....	67
7. Description de l'armature	82
8. Vérification	83
II. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE OUVRAGE TRASVERSAL	86
1. Hypothèses de base.....	86
2. Calcul des sollicitations	88
3. Calcul des aciers	97
ANNEXE III : CARACTERISTIQUES DE L'AXE EN PLAN DES RUES	110
ANNEXE IV : PANLS DE COFFRAGES DE FERRAILLAGES DES OUVRAGES	114
ANNEXE V : TRACES COMBINES DES RUES.....	119
ANNEXE VI : PROFIL EN TRAVERS DES RUES	140
ANNEXE VII : PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE	154
ANNEXE VIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	156

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1:Trafic entrée ouest du PAL.....	52
Tableau n° 2:Trafic sortie nord-est t du PAL.....	52
Tableau n° 3:Classe de trafic selon SETRA LCPC.....	53
Tableau n° 4:Classe de trafic selon CEBTP.....	53
Tableau n° 5:Classe de portance du sol (SETRA-LCPC).....	56
Tableau n° 6:Classe du béton.....	56
Tableau n° 7:Caratéristiques des bassins versants.....	62
Tableau n° 8:Section obtenues.....	62
Tableau n° 9:Résumé des quantitatifs (pertes d'acier incluses).....	85
Tableau n° 10:Tableau récapitulatif des sollicitations.....	96
Tableau n° 11:Tableau récapitulatif des section d'aciers.....	109
Tableau n° 12: Plan de gestion environnementale.....	155
Tableau n° 13:Bordereau de prix sous-lot 1.....	157
Tableau n° 14:Rorderau de prix sous-lots 2.....	158
Tableau n° 15:Rorderau de prix sous-lot 3.....	159
Tableau n° 16:Récapitulatif general.....	160
Tableau n° 17:Récapitulatif du coût de la chaussée initiale.....	161
Tableau n° 18:Récapitulatif du coût de la chaussée proposée.....	161

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Forage effectué	54
Figure 2:Essai de pénétration	55
Figure 3:Abaque de calcul (SETRA-LCPC).....	57
Figure 4:Résultat de la modélisation de structure initiale	59
Figure 5:Résultat de la modélisation de structure initiale réajustée.....	59
Figure 6:Résultat de la modélisation de structure proposée.....	59
Figure 7:Vue en plan des bassins versants	61
Figure 8:Diagramme de répartition du budget	160

ANNEXE I : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE LA CHAUSSÉE

I. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

1. Trafic

Tableau n°1 de comptage considéré dans l'étude du trafic et les moyennes journalières :
Entrée ouest du PAL

Tableau n° 1:Trafic entrée ouest du PAL

Jour	Entrée PAL rue A2 section 1	
	Sens	
	P1	P2
30/07/2013	416	412
31/07/2013	445	377
01/08/2013	601	543
02/08/2013	378	421
03/08/2013	200	642
04/08/2013	238	317
05/08/2013	401	364
Total	2679	3076

Tableau n°2 de comptage considéré dans l'étude du trafic et les moyennes journalières : Sortie
Nord-Est du PAL

Tableau n° 2:Trafic sortie nord-est t du PAL

Jour	Sortie du PAL rue F12	
	Sens	
	P1	P2
30/07/2013	727	459
31/07/2013	639	487
01/08/2013	759	369
02/08/2013	436	441
03/08/2013	251	364
04/08/2013	270	213
05/08/2013	322	375
Total	3404	2708

Selon l'analyse menée par le bureau d'étude IROS LACKNER TOGO SARL dans le cadre du projet, le trafic moyen journalier est estimé à **612 PL/jour/sens**. Ce trafic a permis de calculer le nombre équivalent d'essieux standards de 13 T et le trafic induit servant à déterminer la classe du trafic de la chaussée. Nos calculs précédents nous ont permis d'obtenir un trafic de l'année de mise en service égale à **819 PL/jour/sens** et un trafic total de poids lourd égal à **2,14.10⁷**.

Avec le trafic moyen journalier et le trafic total de poids lourd, nous obtenons respectivement un trafic de classe T0 selon la classification SETRA-LCPC (tableau n°3) qui exprime le trafic cumulé journalier de poids lourds et une classe T5 selon le guide de dimensionnement des chaussées neuves tropicales du CEBTP (tableau n°4).

Tableau n° 3: Classe de trafic selon SETRA LCPC

Classe	T3	T2	T1	T0	
Trafic (PL/J)	50	150	300	750	2000

Tableau n° 4: Classe de trafic selon CEBTP

Classe de trafic	N équivalent de poids lourd
T1	$< 5.10^5$
T2	De 5.10^5 à $1,5.10^6$
T3	De $1,5.10^6$ à 4.10^6
T4	De 4.10^6 à 10^7
T5	De 10^7 à 2.10^7

2. Portance du sol-plate-forme

L'étude du sol plate-forme a pour but de donner les informations sur le terrain naturel à partir des essais géotechniques permettant ainsi de définir la structure de chaussées à adopter. Les reconnaissances du sol plate-forme ont été effectuées par le Laboratoire des Travaux Publics (LAB TP) et ont consisté à réaliser des sondages, et ensuite des prélèvements d'échantillons pour des essais en laboratoire.

Les essais géotechniques sont principalement :

- Les forages pour la stratigraphie du sol (figure n°1) ;
- Essais de pénétration (figure n°2) ;
- L'analyse granulométriques.

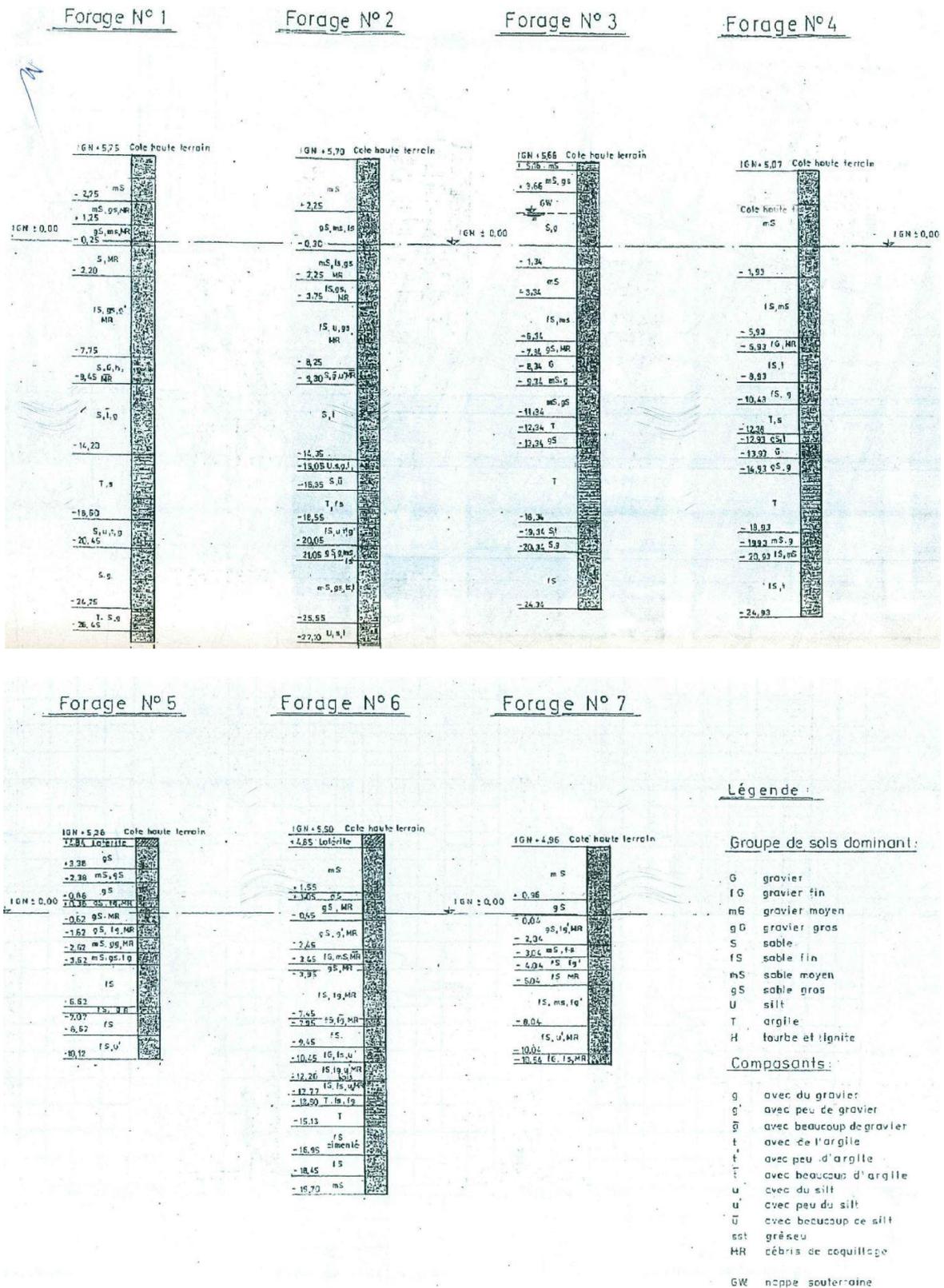


Figure 1: Forage effectué

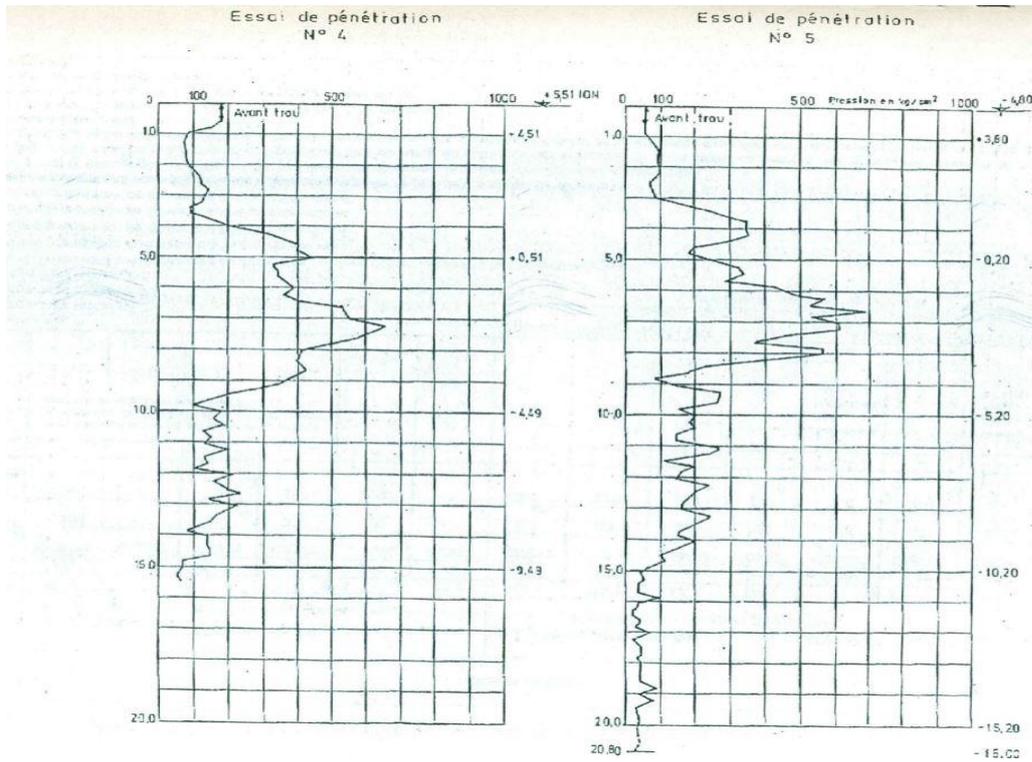
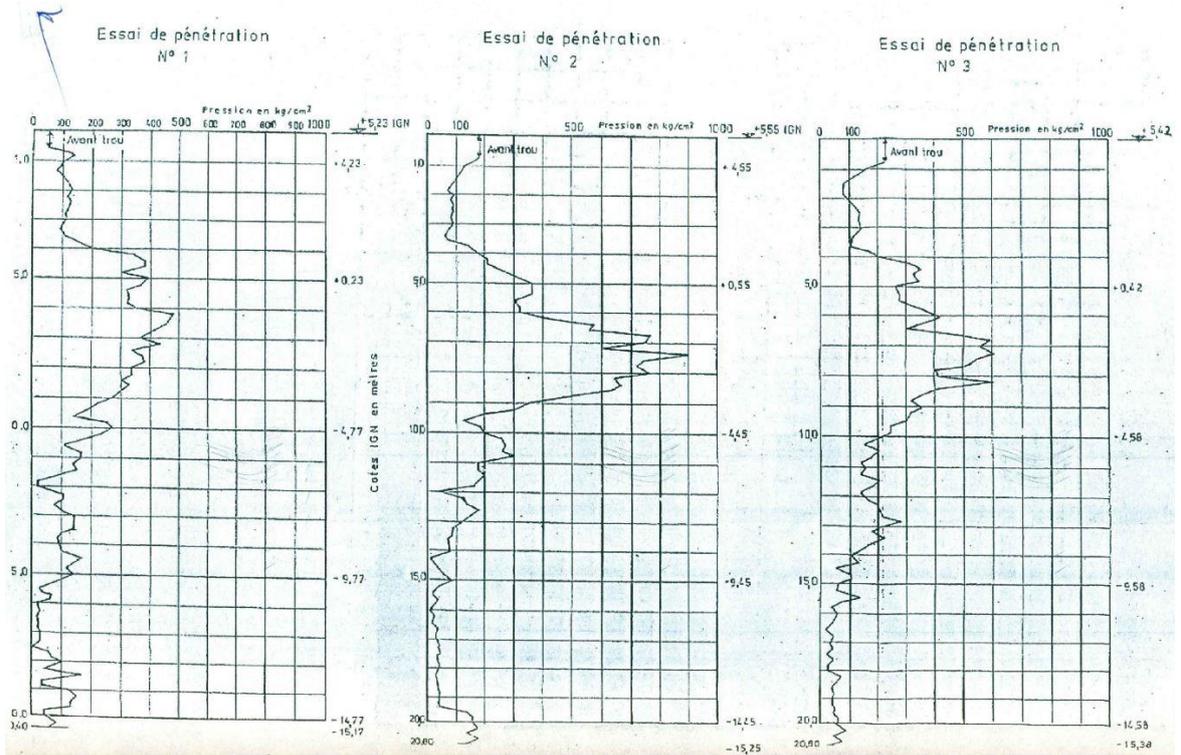


Figure 2:Essai de pénétration

Les conclusions géotechniques indiquent que le module d'élasticité des sols rencontrés, peut-être regroupés en moyenne à 50Mpa. La classe de portance à long terme de la plate forme est de PF2 selon l'échelle de portance SETRA/LCPC du tableau n°5.

Tableau n° 5:Classe de portance du sol (SETRA-LCPC).

Classe de portance à long terme de la plate-forme	PF1	PF2	PF3	PF4
Module d'élasticité (MPa)	20	50	120	200

3. Classe du béton

Les bétons routiers doivent répondre aux sollicitations répétées du trafic et des effets climatiques; leur résistance à la traction par flexion entre directement en ligne de compte pour le dimensionnement. Ces bétons doivent donc être aussi homogènes et compacts que possible et présenter des caractéristiques mécaniques adéquates; ainsi la composition des bétons doit être établie compte tenu des caractéristiques des matériaux disponibles et des résistances à atteindre. Le tableau n°6 donne les caractéristiques mécaniques conformément à la norme NF P 98170.

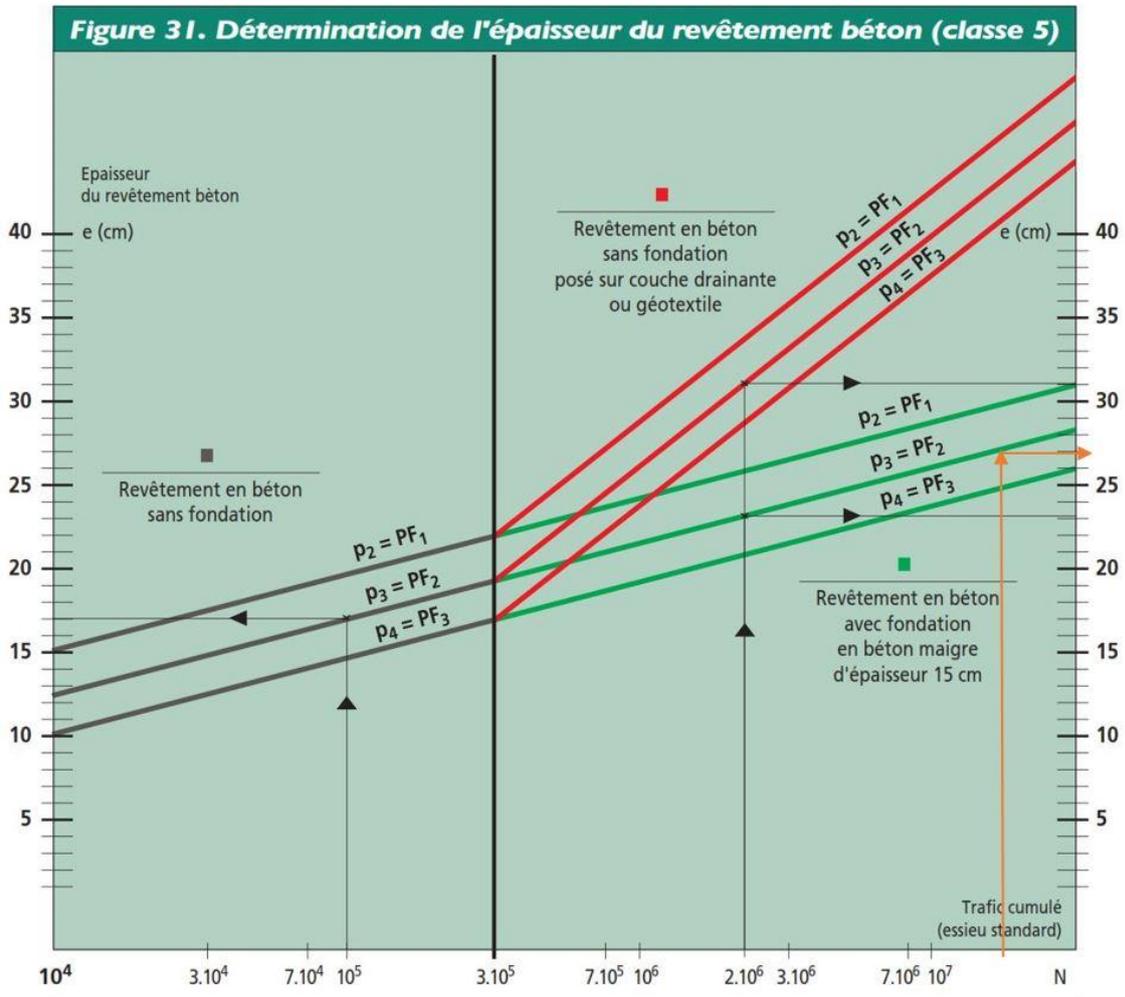
Tableau n° 6:Classe du béton

Catégorie de béton (NF P 98170)	Résistance caractéristique à 28jours (MPa)	Classe de résistance en compression (NF EN 206-1)
6-aéroport	38	C40/50
5-couche de roulement	32	C35/45
4-couche de roulement	29	C30/37
3-couche d'assise	25	C25/30
2-couche d'assise	20	C20/25

Le choix d'une classe de résistance se fait en fonction de la catégorie de la voirie et en fonction de la destination du béton (couche de fondation ou couche de roulement).

Pour le projet, le béton étant en couche de roulement, on peut donc choisir soit la classe 4 soit la classe 5. La classe 5 (C35/45) est retenue compte tenu de la résistance prescrite dans les spécifications techniques.

La structures de chaussée considérée pour le pré-dimensionnement est obtenues à l'aide de l'abaque (figure n°3) de calcul à double entrée (classe du sol support et du trafic) de la classe 5 du béton.



→ Structure déterminé

Figure 3:Abaque de calcul (SETRA-LCPC)

structure	Couche	Matériaux	Epaisseur (cm)
Revêtement en béton avec fondation en béton maigre	Revêtement	Dalle Béton	26,9 ≈ 27
	Fondation	Béton maigre	15

II. MODELISATION DES STRUCTURES DE CHAUSSEE AVEC ALIZE

Alizé-LPC - Dimensionnement des structures de chaussées

Selon la méthode rationnelle Lpc-Sétra

Calcul de Valeur admissible - matériau : sols Pf2 (sol trafics moyen et fort)

Données de trafic :

Accroissth arithm. = 6,00%

Période de calcul = 30,0 années

Trafic cumulé NPL = 21 400 000 PL

Données déduites :

MJA = 612 Pl/j/sens/voie

Trafic cumulé équivalent NE :

Coefficient CAM = 1,3

Données sur le matériau :

Coefficient A = 12000

Exposant = -0,2220

Epsilon Z admissible = **267 µdéf**

Calcul de Valeur admissible - matériau : béton(Bc5),

Données sur le matériau :

Sigma6 = 2,150 MPa ; pente inverse 1/b = -16,00 ; écart type Sh = 0,010 m

Écart type SN = 1,000 ; risque = 5,6% ; coefficient Kr = 0,8240 coefficient 1/Kd = 1,0000

Coefficient 1/Ks = 1/1,2 ; coefficient Kc = 1,5

Sigma admissible = 1,718 MPa

Sigma admissible = 0,799 MPa

Calcul de Valeur admissible - matériau : grave traité aux liants hydraulique

Données sur le matériau :

Sigma6 = 2,150 MPa ; pente inverse 1/b = -10,00 ; écart type Sh = 0,025 m

Écart type SN = 0,8 ; risque = 10,0% ; coefficient Kr = 0,7 coefficient 1/Kd = 1,0000

Coefficient 1/Ks = 1/1,2 ; coefficient Kc = 1,5

Sigma admissible = 0,187 MPa

Les figure 4-6 illustrent les résultats de simulation obtenu sur le logiciel ALIZE

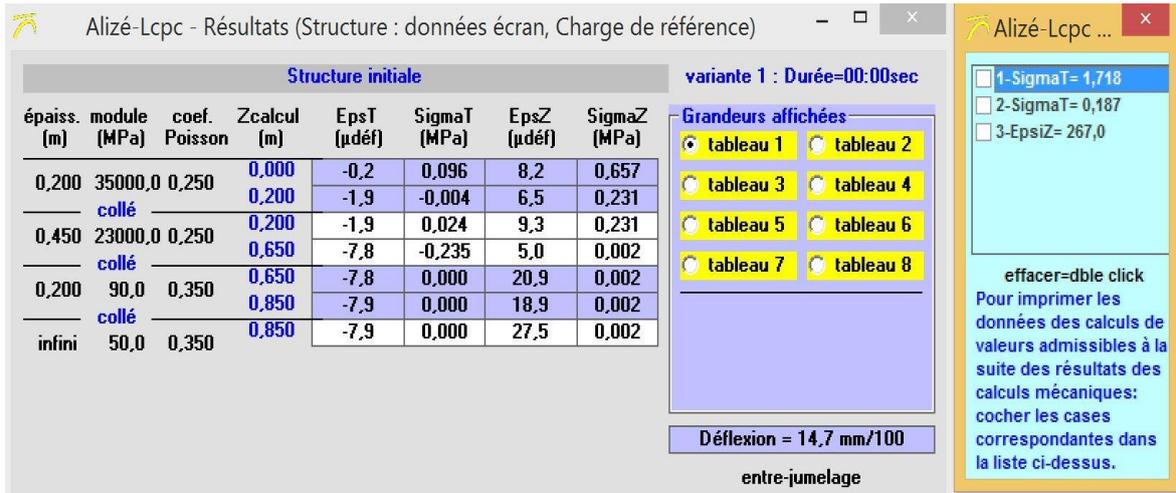


Figure 4:Résultat de la modélisation de structure initiale

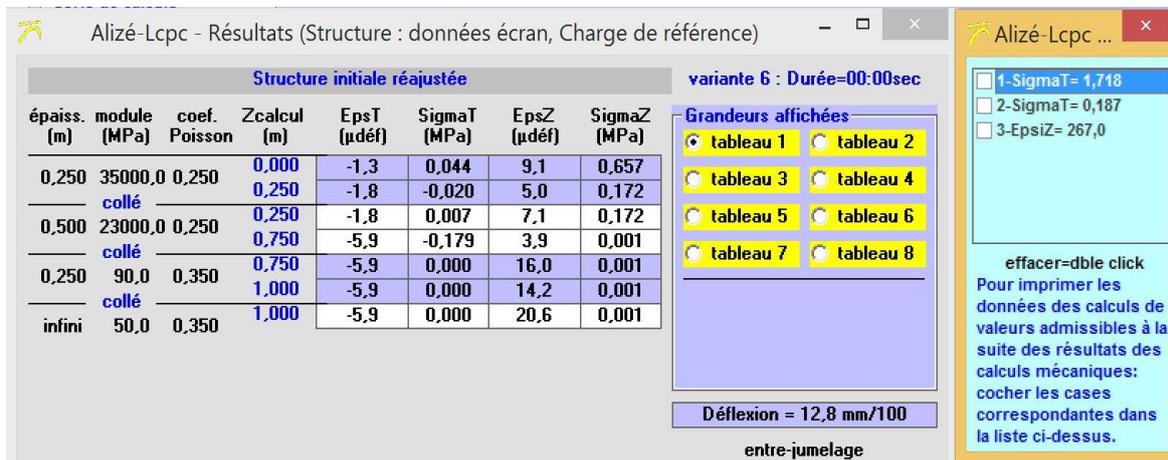


Figure 5:Résultat de la modélisation de structure initiale réajustée

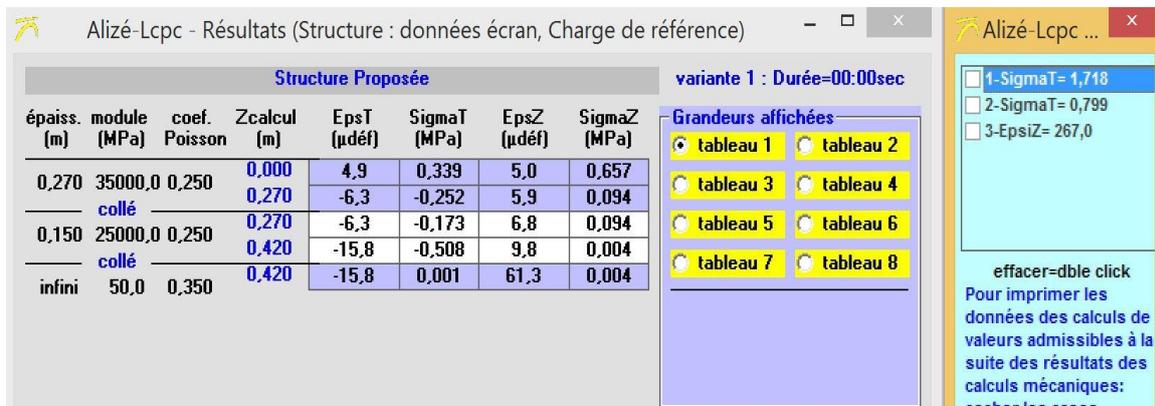


Figure 6:Résultat de la modélisation de structure proposée

ANNEXE II : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES LONGITUDINAUX (CANIVEAU) ET TRASVERSAL (TUNNEL)

ETUDE HYDRAULIQUE

L'assainissement routier ou encore l'hydraulique routière est l'ensemble des moyens et techniques utilisés pour résoudre les problèmes de collecte et d'évacuation des eaux superficielles et des eaux internes sur l'emprise de l'ouvrage. Cette forme d'hydraulique est différente de ce qu'on appelle l'hydraulique urbaine à cause du caractère particulier du bassin versant caractéristique de l'ouvrage routier, ainsi que des caractères linéaires de la plate-forme. Cependant, le calcul des ouvrages passe impérativement par l'identification des bassins versants

La délimitation des bassins versants est faite grâce à deux logiciel :

- Google Earth : pour récupération des tracées des différentes rues
- Google Mapper : pour délimitation et détermination des caractéristiques des bassins versant

La figure 7, le tableau 1 et 2, présentent respectivement la vue en plan des bassins versant, les caractéristiques des bassins et les sections hydrauliques obtenues



Figure 7: Vue en plan des bassins versants

Tableau n° 7:Caratéristiques des bassins versants

Bassins Versants	Surfaces (km ²)	Z min (m)	Z max (m)	Pente moyenne (%)	Longueur écoulement (m)
BV1	0,1	3	8	1,87	289
BV2	0,102	5	12	1,9	210
BV3	0,073	4	7	2,29	106,3
BV4	0,087	6	9	1,6	100
BV5	0,099	4	10	2,04	200,5
BV6	0,065	8	12	2,25	87

Tableau n° 8:Section obtenues

Surface	Débit (m ³ /s)	h (m)	b (m)	Section (m ²)	Débit d'érosion (Q _{er})	Vitesse (V _c) (m/s)	Revanche (m)	Sections caniveaux
BV1	1,88	1,2	0,7	0,84	2,94	1,98	0,2	70x140
BV2	2,13	1,3	0,7	0,91	3,185	2	0,2	70x150
BV3	1,97	1,25	0,7	0,75	2,625	1,83	0,2	70x145
BV4	2,26	1,3	0,7	0,91	3,185	2	0,2	70x150
BV5	2,13	1,3	0,7	0,91	3,185	2	0,2	70x150
BV6	1,87	1,2	0,7	0,84	2,94	1,98	0,2	70x140
Observation	$Q_{er} = S \times V_{max} > Q;$ $0,5 \text{ m/s} < V_c < 3,5 \text{ m/s}$ $V_{max} = 3,5 \text{ m/s}$			Il n'y aura ni érosion, ni engorgement, les sections choisies peuvent être considérées définitivement				

Nous allons uniformiser sur tout le projet des sections des caniveaux pour des raisons de sécurité. Il sera retenu la section la plus grande c'est-à-dire la section 70x150.

I. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES LONGITUDINAUX (CANIVEAU)

Le modèle de calcul est fait grâce au logiciel CYPE

1. Norme et matériaux

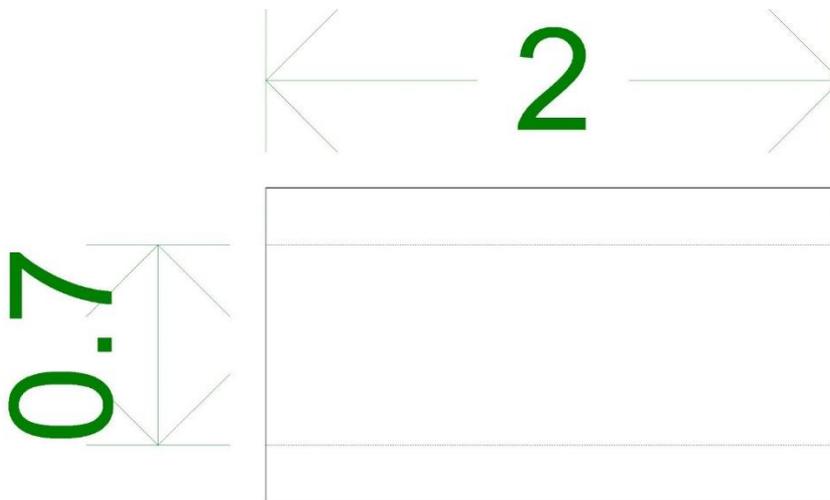
Norme : BAEL-91 (R-99) (France)

Béton : B30

Acier des barres : Fe E400

Enrobage extérieur : 5.0 cm

Enrobage intérieur : 5.0 cm



2. Géométrie

Plan supérieur module : Par gabarit (1.50 m)

MODULE	
Epaisseurs	Piédroits : 20 cm Tablier/radier: 25 cm

3. Terrains

Module de réaction : 50000.0 kN/m³

Poids volumique : 18.0 kN/m³

Angle de frottement interne : 30 degrés

Cohésion : 0.00 kN/m²

Angle de transmission des charges : 45 degrés

4. Actions

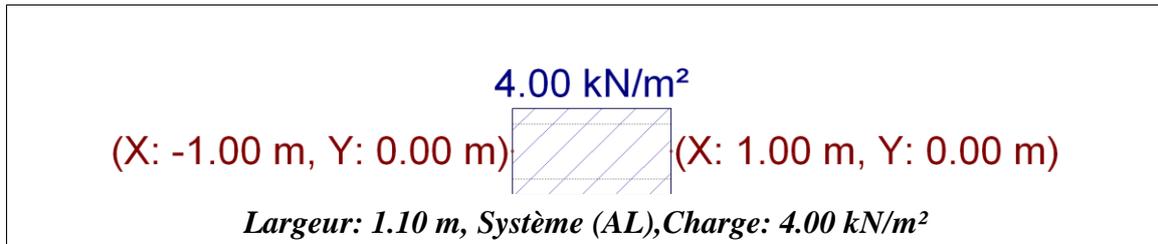
Surcharge uniforme supérieure : 10.00 kN/m²

Surcharge uniforme inférieure : 10.00 kN/m²

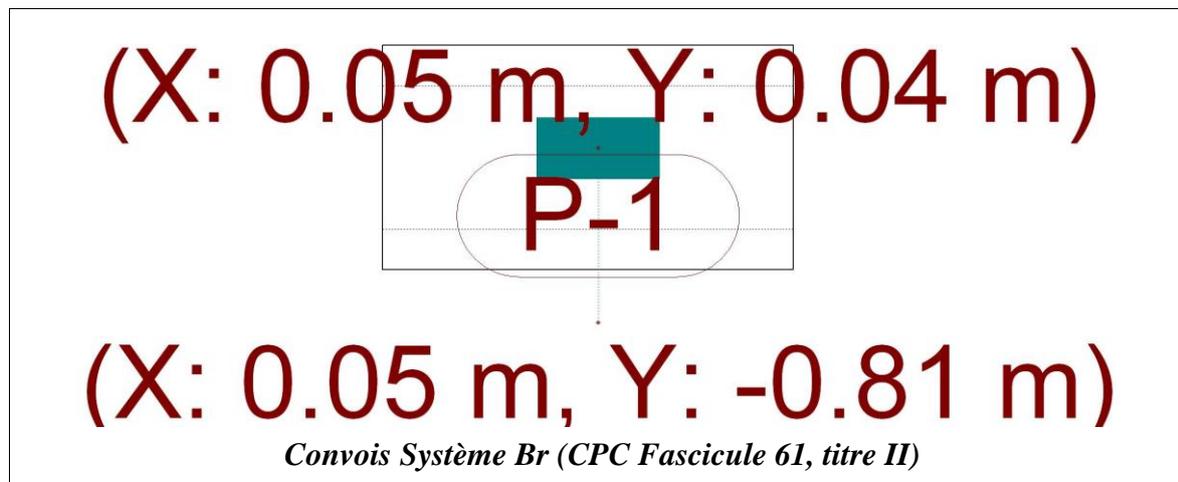
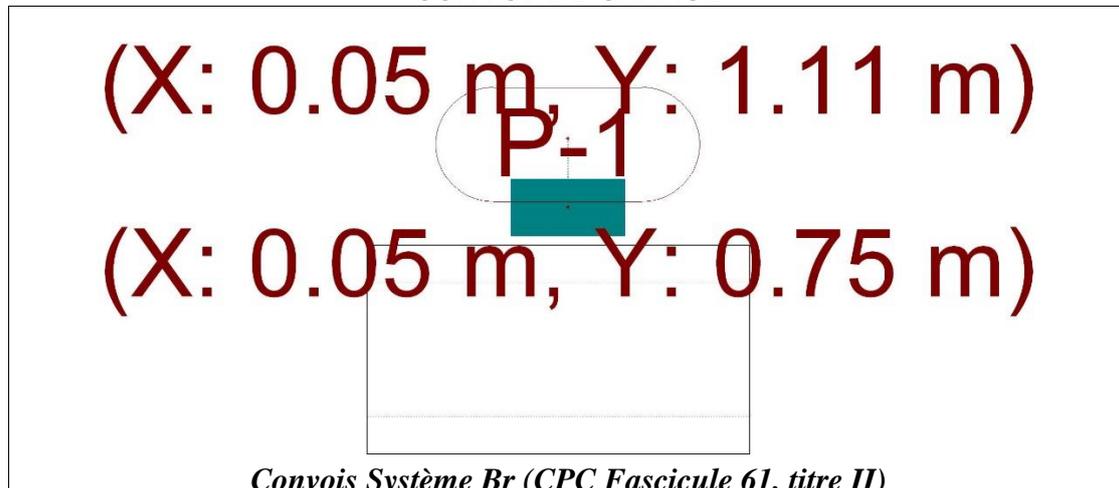
Avec charge hydraulique :

- Plan de la surface libre de l'eau : Par tirant d'eau (1.30 m)

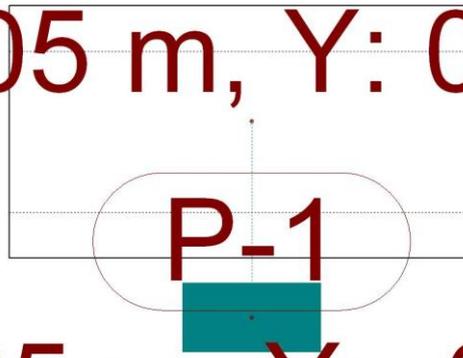
CHARGES EN BANDE



CONVOI DE CHARGE

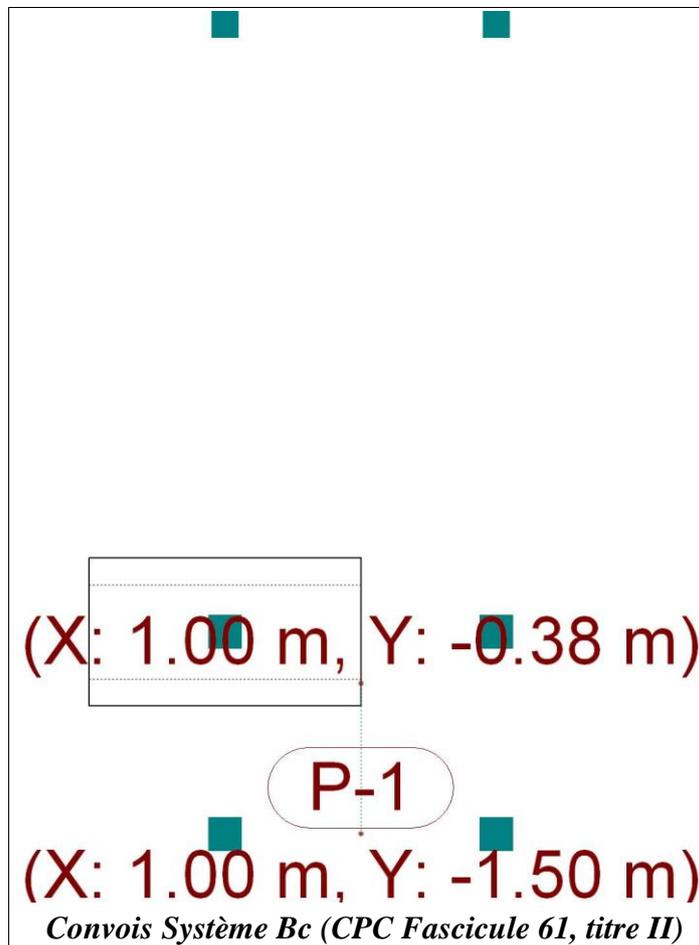


(X: 0.05 m, Y: 0.04 m)



(X: 0.05 m, Y: -0.81 m)

Convois Système Br (CPC Fascicule 61, titre II)

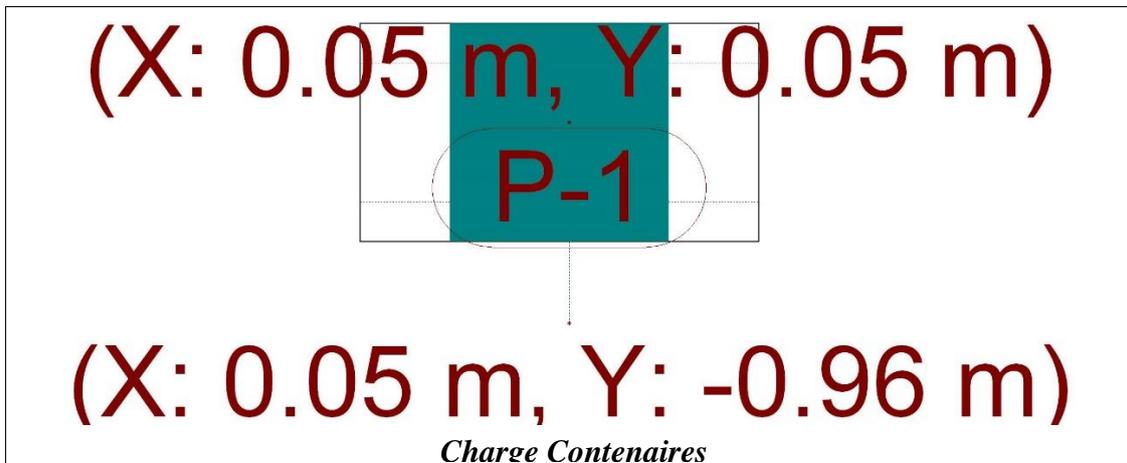
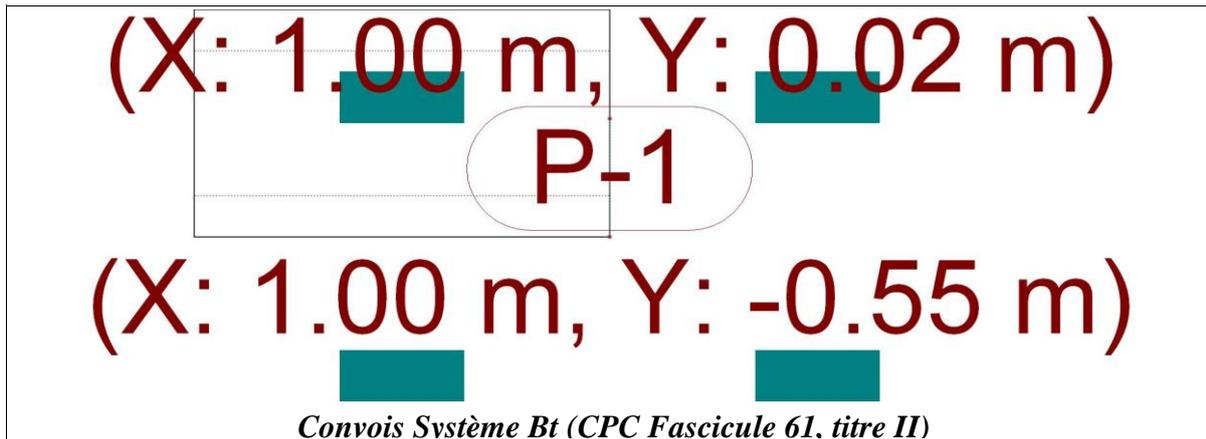


(X: 1.00 m, Y: -0.38 m)

P-1

(X: 1.00 m, Y: -1.50 m)

Convois Système Bc (CPC Fascicule 61, titre II)



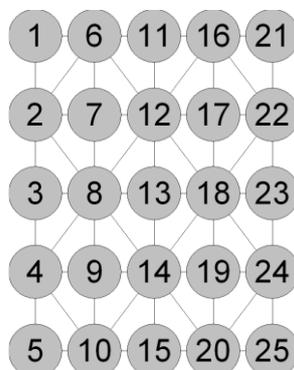
5. Méthode de calcul

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

6. Résultats

Module

❖ Piedroit gauche.



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

POIDS PROPRE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-11.07	-2.72	1.33	-0.37	-0.07	0.06	0.37	-0.80	-0.00	0.00	-0.51	-0.01	0.00	-0.00
3	-10.68	-1.24	-0.00	-0.37	-0.08	0.00	0.47	-0.00	-0.00	0.00	-0.51	-0.01	-0.00	-0.00
5	-11.07	-2.72	-1.33	-0.37	-0.07	-0.06	0.37	0.80	0.00	0.00	-0.51	-0.01	-0.00	0.00
11	-6.44	0.00	-0.05	-0.17	0.00	-0.06	0.32	0.03	-0.00	0.00	-0.52	0.00	0.00	-0.00
13	-7.31	-0.22	-0.00	-0.17	-0.03	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	-0.52	0.00	0.00	-0.00
15	-6.44	0.00	0.05	-0.17	0.00	0.06	0.32	-0.03	0.00	0.00	-0.52	0.00	0.00	0.00
21	-3.48	-0.78	-0.44	0.01	0.02	-0.03	0.24	-0.31	-0.00	0.00	-0.52	0.00	-0.00	-0.00
23	-3.33	-0.28	-0.00	0.00	0.02	-0.00	0.16	-0.00	0.00	0.00	-0.52	0.00	0.00	-0.00
25	-3.48	-0.78	0.44	0.01	0.02	0.03	0.24	0.31	0.00	0.00	-0.52	0.00	0.00	0.00

POUSSÉE DES TERRES

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-42.02	-2.19	3.05	-7.50	-2.78	-0.81	37.31	1.87	-0.00	-0.01	-1.53	0.05	-0.00	0.00
3	-45.21	-2.17	-0.00	-6.93	-2.64	0.00	39.06	0.00	-0.00	-0.01	-1.53	0.04	-0.00	-0.00
5	-42.02	-2.19	-3.05	-7.50	-2.78	0.81	37.31	-1.87	0.00	-0.01	-1.53	0.05	0.00	-0.00
11	-38.34	0.01	0.00	6.62	0.78	0.15	-0.87	1.27	-0.00	-0.06	-1.53	-0.00	0.00	0.00
13	-43.78	0.15	-0.00	6.79	1.02	-0.00	-1.04	-0.00	0.00	-0.06	-1.53	-0.00	0.00	0.00
15	-38.34	0.01	-0.00	6.62	0.78	-0.15	-0.87	-1.27	0.00	-0.06	-1.53	-0.00	0.00	-0.00
21	-41.60	-1.77	-2.64	-7.44	-2.68	0.74	-34.05	1.62	-0.00	-0.01	-1.53	-0.04	0.00	0.00
23	-45.33	-2.34	-0.00	-6.91	-2.57	0.00	-35.67	0.00	0.00	-0.01	-1.53	-0.04	-0.00	-0.00
25	-41.60	-1.77	2.64	-7.44	-2.68	-0.74	-34.05	-1.62	0.00	-0.01	-1.53	-0.04	-0.00	-0.00

SURCHARGE SUPÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-5.53	-0.52	0.46	-0.82	-0.29	-0.07	3.79	0.10	-0.00	-0.00	-0.20	0.00	-0.00	0.00
3	-5.81	-0.35	-0.00	-0.76	-0.28	0.00	3.98	0.00	-0.00	-0.00	-0.20	0.00	-0.00	-0.00
5	-5.53	-0.52	-0.46	-0.82	-0.29	0.07	3.79	-0.10	0.00	-0.00	-0.20	0.00	0.00	-0.00
11	-5.01	0.00	0.00	0.68	0.08	-0.00	0.00	0.14	-0.00	-0.01	-0.20	0.00	0.00	0.00
13	-5.72	-0.01	-0.00	0.69	0.10	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.20	0.00	0.00	-0.00
15	-5.01	0.00	-0.00	0.68	0.08	0.00	0.00	-0.14	0.00	-0.01	-0.20	0.00	0.00	-0.00
21	-5.47	-0.39	-0.39	-0.82	-0.29	0.08	-3.78	0.11	-0.00	-0.00	-0.20	-0.00	0.00	0.00
23	-5.86	-0.35	-0.00	-0.76	-0.28	0.00	-3.98	0.00	0.00	-0.00	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
25	-5.47	-0.39	0.39	-0.82	-0.29	-0.08	-3.78	-0.11	0.00	-0.00	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00

SURCHARGE INFÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.01	0.27	-0.01	0.08	0.01	-0.01	-0.10	0.15	-0.00	-0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
3	-0.06	-0.00	0.00	0.08	0.02	-0.00	-0.11	0.00	0.00	-0.00	-0.13	0.00	0.00	0.00
5	-0.01	0.27	0.01	0.08	0.01	0.01	-0.10	-0.15	0.00	-0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.00
11	0.00	0.00	-0.00	0.02	-0.00	0.02	-0.09	-0.00	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
13	-0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	-0.00	-0.07	-0.00	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.00	-0.02	-0.09	0.00	0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	-0.00
21	0.01	0.02	0.01	-0.03	-0.01	0.00	-0.07	0.01	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
23	-0.01	0.01	-0.00	-0.02	-0.01	0.00	-0.06	0.00	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	-0.00	0.00
25	0.01	0.02	-0.01	-0.03	-0.01	-0.00	-0.07	-0.01	0.00	-0.00	-0.13	-0.00	-0.00	-0.00

CHARGE HYDRAULIQUE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.19	-0.87	0.30	0.87	0.36	0.15	-5.93	-0.58	0.00	0.00	-0.16	-0.01	0.00	-0.00
3	0.41	-0.36	0.00	0.78	0.34	-0.00	-6.18	-0.00	0.00	0.00	-0.16	-0.01	0.00	0.00
5	-0.19	-0.87	-0.30	0.87	0.36	-0.15	-5.93	0.58	-0.00	0.00	-0.16	-0.01	-0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	-0.85	-0.09	-0.14	0.83	-0.12	0.00	0.01	-0.16	0.00	0.00	-0.00
13	0.01	-0.15	0.00	-0.87	-0.13	0.00	1.02	0.00	-0.00	0.01	-0.16	0.00	0.00	-0.00
15	0.00	0.00	-0.00	-0.85	-0.09	0.14	0.83	0.12	-0.00	0.01	-0.16	0.00	0.00	0.00
21	-0.14	-0.62	-0.19	0.68	0.24	-0.08	2.40	-0.38	0.00	0.00	-0.16	0.01	-0.00	-0.00
23	0.28	-0.16	0.00	0.63	0.23	-0.00	2.47	-0.00	-0.00	0.00	-0.16	0.01	-0.00	0.00
25	-0.14	-0.62	0.19	0.68	0.24	0.08	2.40	0.38	-0.00	0.00	-0.16	0.01	0.00	0.00

CHARGE EN BANDE 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.09	-0.02	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
3	-0.08	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
5	-0.09	-0.02	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
11	-0.08	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
13	-0.09	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
15	-0.08	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
21	-0.09	-0.02	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
23	-0.09	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
25	-0.09	-0.02	0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00

CONVOI 1 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-1.38	-0.32	0.16	-0.08	-0.02	0.01	0.13	-0.10	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.00
3	-1.33	-0.14	-0.00	-0.08	-0.02	0.00	0.16	-0.00	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
5	-1.38	-0.32	-0.16	-0.08	-0.02	-0.01	0.13	0.10	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	0.00
11	-1.22	0.00	-0.00	-0.02	0.00	-0.01	0.05	0.01	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.00
13	-1.38	-0.04	-0.00	-0.02	-0.00	-0.00	0.04	0.00	0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.00
15	-1.22	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.01	0.05	-0.01	0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
21	-1.36	-0.29	-0.15	-0.02	-0.00	-0.01	-0.05	-0.09	-0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
23	-1.34	-0.14	-0.00	-0.02	-0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
25	-1.36	-0.29	0.15	-0.02	-0.00	0.01	-0.05	0.09	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	0.00

CONVOI 2 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-1.35	-0.33	0.16	-0.03	-0.00	0.01	0.01	-0.10	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
3	-1.30	-0.14	-0.00	-0.03	-0.01	0.00	0.03	-0.00	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
5	-1.35	-0.33	-0.16	-0.03	-0.00	-0.01	0.01	0.10	0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	0.00
11	-1.20	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
13	-1.36	-0.04	-0.00	-0.03	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
15	-1.20	0.00	-0.00	-0.03	0.00	-0.00	-0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.00
21	-1.34	-0.30	-0.15	-0.03	-0.00	-0.01	-0.01	-0.10	-0.00	0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
23	-1.31	-0.14	-0.00	-0.03	-0.01	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
25	-1.34	-0.30	0.15	-0.03	-0.00	0.01	-0.01	0.10	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00

CONVOI 3 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-1.33	-0.31	0.16	-0.00	0.00	0.01	-0.03	-0.09	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
3	-1.28	-0.14	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.02	-0.00	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
5	-1.33	-0.31	-0.16	-0.00	0.00	-0.01	-0.03	0.09	0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	0.00
11	-1.17	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.01	-0.06	0.01	-0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
13	-1.34	-0.04	-0.00	-0.03	-0.01	-0.00	-0.04	-0.00	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
15	-1.17	0.00	-0.00	-0.03	0.00	-0.01	-0.06	-0.01	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	0.00
21	-1.31	-0.29	-0.14	-0.06	-0.01	-0.01	-0.05	-0.10	-0.00	0.01	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
23	-1.30	-0.14	-0.00	-0.06	-0.01	0.00	-0.07	0.00	0.00	0.01	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
25	-1.31	-0.29	0.14	-0.06	-0.01	0.01	-0.05	0.10	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	0.00

CONVOI 4 POSITION 1

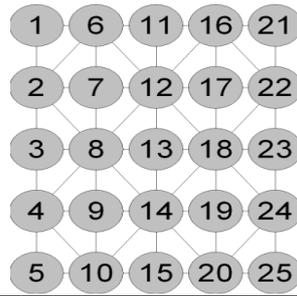
Noeud	Efforts							Déplacements						
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-3.46	-0.78	0.40	-0.25	-0.06	0.01	0.54	-0.24	-0.00	-0.01	-0.12	0.00	0.00	0.00
3	-3.36	-0.34	-0.00	-0.25	-0.06	0.00	0.61	0.00	-0.00	-0.01	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
5	-3.46	-0.78	-0.40	-0.25	-0.06	-0.01	0.54	0.24	0.00	-0.01	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
11	-3.06	0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.03	0.17	0.03	-0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	-0.00
13	-3.48	-0.09	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.13	0.00	0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	-0.00
15	-3.06	0.00	0.00	-0.00	0.01	0.03	0.17	-0.03	0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	0.00
21	-3.43	-0.68	-0.37	-0.06	-0.02	-0.01	-0.28	-0.20	-0.00	-0.02	-0.12	0.01	-0.00	0.00
23	-3.38	-0.33	-0.00	-0.06	-0.02	0.00	-0.32	0.00	0.00	-0.02	-0.12	0.01	-0.00	-0.00
25	-3.43	-0.68	0.37	-0.06	-0.02	0.01	-0.28	0.20	0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	-0.00

CONVOI 5 POSITION 1

Noeud	Efforts							Déplacements						
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-4.26	-1.01	0.52	-0.07	-0.01	0.02	-0.01	-0.31	-0.00	0.00	-0.15	-0.01	0.00	-0.00
3	-4.10	-0.44	-0.00	-0.07	-0.01	-0.00	0.04	-0.00	-0.00	0.00	-0.15	-0.01	-0.00	-0.00
5	-4.26	-1.01	-0.52	-0.07	-0.01	-0.02	-0.01	0.31	0.00	0.00	-0.15	-0.01	-0.00	0.00
11	-3.76	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.01	-0.06	0.02	-0.00	0.01	-0.15	-0.00	0.00	-0.00
13	-4.29	-0.12	-0.00	-0.10	-0.02	-0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.01	-0.15	-0.00	0.00	-0.00
15	-3.76	0.00	-0.00	-0.10	0.00	-0.01	-0.06	-0.02	0.00	0.01	-0.15	-0.00	0.00	0.00
21	-4.21	-0.93	-0.46	-0.14	-0.02	-0.03	-0.08	-0.32	-0.00	0.01	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
23	-4.14	-0.44	-0.00	-0.14	-0.03	0.00	-0.14	0.00	0.00	0.01	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
25	-4.21	-0.93	0.46	-0.14	-0.02	0.03	-0.08	0.32	0.00	0.01	-0.15	0.00	0.00	0.00

CONVOI 6 POSITION 1

Noeud	Efforts							Déplacements						
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-3.45	-0.83	0.42	-0.09	-0.01	0.02	0.04	-0.26	-0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
3	-3.32	-0.36	-0.00	-0.09	-0.01	0.00	0.08	-0.00	-0.00	0.00	-0.12	-0.00	-0.00	-0.00
5	-3.45	-0.83	-0.42	-0.09	-0.01	-0.02	0.04	0.26	0.00	0.00	-0.12	-0.00	-0.00	0.00
11	-3.05	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00	-0.00	0.02	-0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
13	-3.47	-0.10	-0.00	-0.08	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
15	-3.05	0.00	-0.00	-0.08	0.00	-0.00	-0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.00	0.00
21	-3.41	-0.75	-0.38	-0.08	-0.01	-0.02	-0.03	-0.26	-0.00	0.00	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
23	-3.35	-0.36	-0.00	-0.09	-0.01	0.00	-0.08	0.00	0.00	0.00	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
25	-3.41	-0.75	0.38	-0.08	-0.01	0.02	-0.03	0.26	0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00

❖ **Piédroit droit.**

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

POIDS PROPRE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-11.07	-2.72	1.33	-0.37	-0.07	0.06	0.37	-0.80	0.00	-0.00	-0.51	0.01	-0.00	-0.00
3	-10.68	-1.24	0.00	-0.37	-0.08	0.00	0.47	-0.00	-0.00	-0.00	-0.51	0.01	-0.00	-0.00
5	-11.07	-2.72	-1.33	-0.37	-0.07	-0.06	0.37	0.80	-0.00	-0.00	-0.51	0.01	0.00	0.00
11	-6.44	0.00	-0.05	-0.17	0.00	-0.06	0.32	0.03	0.00	-0.00	-0.52	-0.00	0.00	-0.00
13	-7.31	-0.22	-0.00	-0.17	-0.03	0.00	0.27	0.00	0.00	-0.00	-0.52	-0.00	0.00	-0.00
15	-6.44	0.00	0.05	-0.17	0.00	0.06	0.32	-0.03	-0.00	-0.00	-0.52	-0.00	0.00	0.00
21	-3.48	-0.78	-0.44	0.01	0.02	-0.03	0.24	-0.31	0.00	-0.00	-0.52	-0.00	0.00	-0.00
23	-3.33	-0.28	-0.00	0.00	0.02	0.00	0.16	-0.00	0.00	-0.00	-0.52	-0.00	0.00	-0.00
25	-3.48	-0.78	0.44	0.01	0.02	0.03	0.24	0.31	-0.00	-0.00	-0.52	-0.00	-0.00	0.00

POUSSÉE DES TERRES

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-42.02	-2.19	3.05	-7.50	-2.78	-0.81	37.31	1.87	0.00	0.01	-1.53	-0.05	0.00	0.00
3	-45.21	-2.17	0.00	-6.93	-2.64	0.00	39.06	0.00	-0.00	0.01	-1.53	-0.04	-0.00	-0.00
5	-42.02	-2.19	-3.05	-7.50	-2.78	0.81	37.31	-1.87	-0.00	0.01	-1.53	-0.05	-0.00	-0.00
11	-38.34	0.01	0.00	6.62	0.78	0.15	-0.87	1.27	0.00	0.06	-1.53	0.00	0.00	0.00
13	-43.78	0.15	-0.00	6.79	1.02	-0.00	-1.04	-0.00	-0.00	0.06	-1.53	0.00	0.00	0.00
15	-38.34	0.01	-0.00	6.62	0.78	-0.15	-0.87	-1.27	-0.00	0.06	-1.53	0.00	0.00	-0.00
21	-41.60	-1.77	-2.64	-7.44	-2.68	0.74	-34.05	1.62	0.00	0.01	-1.53	0.04	-0.00	0.00
23	-45.33	-2.34	-0.00	-6.91	-2.57	0.00	-35.67	0.00	-0.00	0.01	-1.53	0.04	-0.00	-0.00
25	-41.60	-1.77	2.64	-7.44	-2.68	-0.74	-34.05	-1.62	-0.00	0.01	-1.53	0.04	0.00	-0.00

SURCHARGE SUPÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-5.53	-0.52	0.46	-0.82	-0.29	-0.07	3.79	0.10	0.00	0.00	-0.20	-0.00	0.00	0.00
3	-5.81	-0.35	0.00	-0.76	-0.28	0.00	3.98	0.00	-0.00	0.00	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
5	-5.53	-0.52	-0.46	-0.82	-0.29	0.07	3.79	-0.10	-0.00	0.00	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
11	-5.01	0.00	0.00	0.68	0.08	-0.00	0.00	0.14	0.00	0.01	-0.20	-0.00	0.00	0.00
13	-5.72	-0.01	-0.00	0.69	0.10	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.20	-0.00	0.00	-0.00
15	-5.01	0.00	-0.00	0.68	0.08	0.00	0.00	-0.14	-0.00	0.01	-0.20	-0.00	0.00	-0.00
21	-5.47	-0.39	-0.39	-0.82	-0.29	0.08	-3.78	0.11	0.00	0.00	-0.20	0.00	-0.00	0.00
23	-5.86	-0.35	-0.00	-0.76	-0.28	0.00	-3.98	0.00	-0.00	0.00	-0.20	0.00	-0.00	-0.00
25	-5.47	-0.39	0.39	-0.82	-0.29	-0.08	-3.78	-0.11	-0.00	0.00	-0.20	0.00	0.00	-0.00

SURCHARGE INFÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.01	0.27	-0.01	0.08	0.01	-0.01	-0.10	0.15	0.00	0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
3	-0.06	-0.00	-0.00	0.08	0.02	-0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
5	-0.01	0.27	0.01	0.08	0.01	0.01	-0.10	-0.15	-0.00	0.00	-0.13	-0.00	-0.00	-0.00
11	0.00	0.00	-0.00	0.02	-0.00	0.02	-0.09	-0.00	0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	0.00
13	-0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	-0.00	-0.07	-0.00	-0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.00	-0.02	-0.09	0.00	-0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.00
21	0.01	0.02	0.01	-0.03	-0.01	0.00	-0.07	0.01	0.00	0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
23	-0.01	0.01	-0.00	-0.02	-0.01	0.00	-0.06	0.00	-0.00	0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
25	0.01	0.02	-0.01	-0.03	-0.01	-0.00	-0.07	-0.01	-0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.00

CHARGE HYDRAULIQUE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.19	-0.87	0.30	0.87	0.36	0.15	-5.93	-0.58	-0.00	-0.00	-0.16	0.01	-0.00	-0.00
3	0.41	-0.36	0.00	0.78	0.34	-0.00	-6.18	-0.00	0.00	-0.00	-0.16	0.01	0.00	0.00
5	-0.19	-0.87	-0.30	0.87	0.36	-0.15	-5.93	0.58	0.00	-0.00	-0.16	0.01	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	-0.85	-0.09	-0.14	0.83	-0.12	-0.00	-0.01	-0.16	-0.00	0.00	-0.00
13	0.01	-0.15	0.00	-0.87	-0.13	0.00	1.02	0.00	0.00	-0.01	-0.16	-0.00	0.00	-0.00
15	0.00	0.00	-0.00	-0.85	-0.09	0.14	0.83	0.12	0.00	-0.01	-0.16	-0.00	0.00	0.00
21	-0.14	-0.62	-0.19	0.68	0.24	-0.08	2.40	-0.38	-0.00	-0.00	-0.16	-0.01	0.00	-0.00
23	0.28	-0.16	0.00	0.63	0.23	-0.00	2.47	-0.00	0.00	-0.00	-0.16	-0.01	0.00	0.00
25	-0.14	-0.62	0.19	0.68	0.24	0.08	2.40	0.38	0.00	-0.00	-0.16	-0.01	-0.00	0.00

CHARGE EN BANDE 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.09	-0.02	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
3	-0.08	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
5	-0.09	-0.02	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
11	-0.08	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
13	-0.09	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
15	-0.08	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
21	-0.09	-0.02	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
23	-0.09	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
25	-0.09	-0.02	0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00

CONVOI 1 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-1.33	-0.31	0.16	-0.00	0.00	0.01	-0.03	-0.09	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
3	-1.28	-0.14	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.02	-0.00	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
5	-1.33	-0.31	-0.16	-0.00	0.00	-0.01	-0.03	0.09	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
11	-1.17	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.01	-0.05	0.01	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	-0.00
13	-1.34	-0.04	-0.00	-0.03	-0.01	0.00	-0.04	-0.00	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	-0.00
15	-1.17	0.00	-0.00	-0.03	0.00	-0.01	-0.05	-0.01	-0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	0.00
21	-1.31	-0.29	-0.14	-0.06	-0.01	-0.01	-0.05	-0.10	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	-0.00
23	-1.30	-0.14	-0.00	-0.06	-0.01	0.00	-0.07	0.00	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	-0.00
25	-1.31	-0.29	0.14	-0.06	-0.01	0.01	-0.05	0.10	-0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.00	0.00

CONVOI 2 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-1.35	-0.33	0.16	-0.03	-0.00	0.01	0.01	-0.10	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
3	-1.30	-0.14	0.00	-0.03	-0.01	-0.00	0.03	-0.00	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
5	-1.35	-0.33	-0.16	-0.03	-0.00	-0.01	0.01	0.10	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
11	-1.20	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.00
13	-1.36	-0.04	-0.00	-0.03	-0.01	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.00
15	-1.20	0.00	-0.00	-0.03	0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
21	-1.34	-0.30	-0.15	-0.03	-0.00	-0.01	-0.01	-0.10	0.00	-0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
23	-1.31	-0.14	-0.00	-0.03	-0.01	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
25	-1.34	-0.30	0.15	-0.03	-0.00	0.01	-0.01	0.10	-0.00	-0.00	-0.05	-0.00	-0.00	0.00

CONVOI 3 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-1.38	-0.32	0.16	-0.08	-0.02	0.01	0.13	-0.10	0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
3	-1.33	-0.14	0.00	-0.08	-0.02	0.00	0.16	-0.00	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
5	-1.38	-0.32	-0.16	-0.08	-0.02	-0.01	0.13	0.10	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.00
11	-1.22	0.00	-0.00	-0.02	0.00	-0.01	0.06	0.01	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
13	-1.38	-0.04	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
15	-1.22	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.01	0.06	-0.01	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.00
21	-1.36	-0.29	-0.15	-0.02	-0.00	-0.01	-0.05	-0.09	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
23	-1.34	-0.14	-0.00	-0.02	-0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
25	-1.36	-0.29	0.15	-0.02	-0.00	0.01	-0.05	0.09	-0.00	0.01	-0.05	-0.00	-0.00	0.00

CONVOI 4 POSITION 1

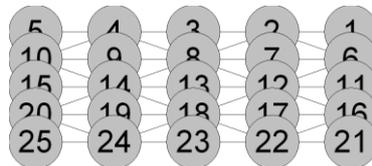
Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-3.31	-0.74	0.39	-0.00	0.00	0.01	0.02	-0.21	0.00	-0.01	-0.12	0.01	-0.00	-0.00
3	-3.22	-0.33	0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.05	-0.00	-0.00	-0.01	-0.12	0.01	-0.00	-0.00
5	-3.31	-0.74	-0.39	-0.00	0.00	-0.01	0.02	0.21	-0.00	-0.01	-0.12	0.01	0.00	0.00
11	-2.93	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.03	-0.17	0.02	0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	-0.00
13	-3.34	-0.08	-0.00	-0.05	-0.01	0.00	-0.13	-0.00	0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	-0.00
15	-2.93	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.03	-0.17	-0.02	-0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	0.00
21	-3.27	-0.69	-0.35	-0.20	-0.04	-0.02	-0.28	-0.23	0.00	-0.02	-0.12	0.00	0.00	-0.00
23	-3.24	-0.34	-0.00	-0.20	-0.05	0.00	-0.34	0.00	0.00	-0.02	-0.12	0.00	0.00	-0.00
25	-3.27	-0.69	0.35	-0.20	-0.04	0.02	-0.28	0.23	-0.00	-0.02	-0.12	0.00	-0.00	0.00

CONVOI 5 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-4.31	-1.02	0.52	-0.16	-0.03	0.02	0.17	-0.33	0.00	0.00	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
3	-4.16	-0.44	0.00	-0.16	-0.03	0.00	0.23	-0.00	-0.00	0.00	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
5	-4.31	-1.02	-0.52	-0.16	-0.03	-0.02	0.17	0.33	-0.00	0.00	-0.15	0.00	0.00	0.00
11	-3.81	0.00	0.00	-0.08	0.00	-0.01	0.06	0.02	0.00	0.00	-0.15	-0.00	0.00	-0.00
13	-4.34	-0.12	-0.00	-0.08	-0.02	-0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	-0.15	-0.00	0.00	-0.00
15	-3.81	0.00	-0.00	-0.08	0.00	0.01	0.06	-0.02	-0.00	0.00	-0.15	-0.00	0.00	0.00
21	-4.27	-0.92	-0.47	-0.09	-0.01	-0.02	-0.08	-0.31	0.00	0.01	-0.15	-0.01	0.00	-0.00
23	-4.18	-0.44	-0.00	-0.09	-0.02	0.00	-0.13	0.00	0.00	0.01	-0.15	-0.01	0.00	-0.00
25	-4.27	-0.92	0.47	-0.09	-0.01	0.02	-0.08	0.31	-0.00	0.01	-0.15	-0.01	-0.00	0.00

CONVOI 6 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-3.45	-0.83	0.42	-0.09	-0.01	0.02	0.04	-0.26	0.00	-0.00	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
3	-3.32	-0.36	0.00	-0.09	-0.01	-0.00	0.08	-0.00	-0.00	-0.00	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
5	-3.45	-0.83	-0.42	-0.09	-0.01	-0.02	0.04	0.26	-0.00	-0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
11	-3.05	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00	-0.00	0.02	0.00	-0.00	-0.12	0.00	0.00	-0.00
13	-3.47	-0.10	-0.00	-0.08	-0.01	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.12	0.00	0.00	-0.00
15	-3.05	0.00	-0.00	-0.08	0.00	-0.00	-0.00	-0.02	-0.00	-0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
21	-3.41	-0.75	-0.38	-0.08	-0.01	-0.02	-0.03	-0.26	0.00	-0.00	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
23	-3.35	-0.36	-0.00	-0.09	-0.01	0.00	-0.08	0.00	0.00	-0.00	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
25	-3.41	-0.75	0.38	-0.08	-0.01	0.02	-0.03	0.26	-0.00	-0.00	-0.12	-0.00	-0.00	0.00

❖ Tablier.


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

POIDS PROPRE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.63	0.19	0.20	0.03	-0.20	-0.07	-0.38	2.15	0.00	-0.00	-0.52	0.00	0.00	0.00
3	0.30	0.17	0.00	0.00	-0.24	0.00	-0.00	2.13	0.00	0.00	-0.52	0.00	0.00	-0.00
5	0.63	0.19	-0.20	0.03	-0.20	0.07	0.38	2.15	-0.00	-0.00	-0.52	0.00	-0.00	-0.00
11	-0.03	-0.04	0.00	-0.09	-0.70	0.00	0.04	0.00	0.00	-0.00	-0.52	0.00	-0.00	0.00
13	0.31	0.22	0.00	-0.11	-0.71	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.52	0.00	0.00	0.00
15	-0.03	-0.04	-0.00	-0.09	-0.70	-0.00	-0.04	0.00	-0.00	0.00	-0.52	0.00	0.00	0.00
21	0.63	0.19	-0.20	0.03	-0.20	0.07	-0.38	-2.15	0.00	0.00	-0.52	-0.00	0.00	-0.00
23	0.30	0.17	0.00	0.00	-0.24	0.00	-0.00	-2.13	0.00	-0.00	-0.52	-0.00	0.00	-0.00
25	0.63	0.19	0.20	0.03	-0.20	-0.07	0.38	-2.15	-0.00	0.00	-0.52	-0.00	-0.00	0.00

POUSSÉE DES TERRES

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-10.05	-34.95	-4.08	2.24	8.81	0.52	0.49	26.75	0.00	-0.00	-1.53	-0.04	-0.00	-0.00
3	-0.63	-32.86	0.00	2.23	8.46	0.00	-0.00	31.20	0.00	-0.00	-1.53	-0.04	-0.00	-0.00
5	-10.05	-34.95	4.08	2.24	8.81	-0.52	-0.49	26.75	-0.00	-0.00	-1.53	-0.04	0.00	0.00
11	-0.18	-31.92	0.00	-1.01	2.49	0.00	-1.40	0.00	0.00	-0.00	-1.53	-0.00	-0.01	0.00
13	-3.01	-32.53	-0.00	0.77	2.36	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-1.53	0.00	0.00	0.00
15	-0.18	-31.92	-0.00	-1.01	2.49	-0.00	1.40	0.00	-0.00	0.00	-1.53	0.00	0.01	0.00
21	-10.05	-34.95	4.08	2.24	8.81	-0.52	0.49	-26.75	0.00	0.00	-1.53	0.04	-0.00	0.00
23	-0.63	-32.86	-0.00	2.23	8.46	0.00	-0.00	-31.20	-0.00	0.00	-1.53	0.04	-0.00	-0.00
25	-10.05	-34.95	-4.08	2.24	8.81	0.52	-0.49	-26.75	-0.00	0.00	-1.53	0.04	0.00	-0.00

SURCHARGE SUPÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.98	-3.90	-0.42	0.26	0.93	0.04	-0.04	3.50	0.00	-0.00	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
3	-0.01	-3.68	0.00	0.25	0.89	0.00	-0.00	3.99	0.00	-0.00	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
5	-0.98	-3.90	0.42	0.26	0.93	-0.04	0.04	3.50	-0.00	-0.00	-0.20	-0.00	0.00	0.00
11	-0.03	-3.61	0.00	-0.13	0.11	0.00	-0.15	0.00	0.00	-0.00	-0.20	0.00	-0.00	0.00
13	-0.28	-3.63	0.00	0.06	0.09	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00
15	-0.03	-3.61	-0.00	-0.13	0.11	-0.00	0.15	0.00	-0.00	0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00
21	-0.98	-3.90	0.42	0.26	0.93	-0.04	-0.04	-3.50	0.00	0.00	-0.20	0.00	-0.00	0.00
23	-0.01	-3.68	-0.00	0.25	0.89	0.00	-0.00	-3.99	-0.00	0.00	-0.20	0.00	-0.00	-0.00
25	-0.98	-3.90	-0.42	0.26	0.93	0.04	0.04	-3.50	-0.00	0.00	-0.20	0.00	0.00	-0.00

SURCHARGE INFÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.03	-0.07	-0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	-0.00	-0.00
3	-0.01	-0.06	-0.00	0.01	0.03	-0.00	0.00	0.01	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	-0.00	0.00
5	-0.03	-0.07	0.01	0.01	0.03	-0.00	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
11	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.03	-0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
13	-0.01	-0.06	-0.00	0.01	0.03	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	-0.00	0.00
15	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.03	-0.00	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
21	-0.03	-0.07	0.01	0.01	0.03	-0.00	0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
23	-0.01	-0.06	0.00	0.01	0.03	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00	0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
25	-0.03	-0.07	-0.01	0.01	0.03	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.00

CHARGE HYDRAULIQUE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	1.21	2.40	0.42	-0.15	-0.88	-0.10	-0.37	0.01	0.00	0.00	-0.16	0.01	0.00	0.00
3	0.29	2.22	0.00	-0.17	-0.89	-0.00	-0.00	-0.35	-0.00	0.00	-0.16	0.01	-0.00	0.00
5	1.21	2.40	-0.42	-0.15	-0.88	0.10	0.37	0.01	-0.00	0.00	-0.16	0.01	-0.00	-0.00
11	-0.02	1.98	0.00	-0.01	-0.88	-0.00	0.16	0.00	-0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	0.00
13	0.45	2.20	0.00	-0.16	-0.87	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	0.00
15	-0.02	1.98	-0.00	-0.01	-0.88	-0.00	-0.16	-0.00	0.00	-0.00	-0.17	-0.00	-0.00	0.00
21	1.21	2.40	-0.42	-0.15	-0.88	0.10	-0.37	-0.01	0.00	-0.00	-0.16	-0.01	0.00	-0.00
23	0.29	2.22	0.00	-0.17	-0.89	-0.00	0.00	0.35	0.00	-0.00	-0.16	-0.01	0.00	0.00
25	1.21	2.40	0.42	-0.15	-0.88	-0.10	0.37	-0.01	-0.00	-0.00	-0.16	-0.01	-0.00	0.00

CHARGE EN BANDE 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.01	0.05	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.06	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
5	0.01	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.05	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
11	-0.00	-0.01	0.00	-0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
13	0.00	-0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
15	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.01	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
23	0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.06	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
25	0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00

CONVOI 1 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.17	-0.07	0.05	0.02	-0.01	-0.02	-0.12	0.86	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	0.00
3	0.09	-0.06	0.00	0.02	-0.03	0.00	-0.00	0.87	0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
5	0.17	-0.07	-0.05	0.02	-0.01	0.02	0.12	0.86	-0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
11	-0.01	-0.13	-0.00	-0.03	-0.22	-0.00	0.00	0.03	0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.00	0.00
13	0.08	-0.04	0.00	-0.03	-0.22	-0.00	0.00	0.03	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	0.00
15	-0.01	-0.13	0.00	-0.03	-0.22	0.00	-0.00	0.03	-0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	0.00
21	0.18	-0.06	-0.05	0.02	-0.03	0.02	-0.13	-0.80	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	-0.00
23	0.08	-0.07	0.00	0.01	-0.04	0.00	-0.00	-0.83	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00	-0.00
25	0.18	-0.06	0.05	0.02	-0.03	-0.02	0.13	-0.80	-0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.00	0.00

CONVOI 2 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.19	-0.03	0.06	0.02	-0.03	-0.02	-0.13	0.83	0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
3	0.09	-0.02	0.00	0.01	-0.05	0.00	-0.00	0.85	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
5	0.19	-0.03	-0.06	0.02	-0.03	0.02	0.13	0.83	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
11	-0.01	-0.10	0.00	-0.03	-0.23	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	0.00
13	0.09	-0.00	0.00	-0.03	-0.23	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
15	-0.01	-0.10	-0.00	-0.03	-0.23	-0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
21	0.19	-0.03	-0.06	0.02	-0.03	0.02	-0.13	-0.83	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
23	0.09	-0.02	0.00	0.01	-0.05	0.00	-0.00	-0.85	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
25	0.19	-0.03	0.06	0.02	-0.03	-0.02	0.13	-0.83	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	0.00

CONVOI 3 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.18	-0.06	0.05	0.02	-0.03	-0.02	-0.13	0.80	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	0.00
3	0.08	-0.07	0.00	0.01	-0.04	0.00	-0.00	0.83	0.00	0.01	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
5	0.18	-0.06	-0.05	0.02	-0.03	0.02	0.13	0.80	-0.00	0.01	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
11	-0.01	-0.13	0.00	-0.03	-0.22	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.01	-0.05	-0.00	-0.00	0.00
13	0.08	-0.04	0.00	-0.03	-0.22	-0.00	0.00	-0.03	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	0.00
15	-0.01	-0.13	-0.00	-0.03	-0.22	-0.00	-0.00	-0.03	-0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	0.00
21	0.17	-0.07	-0.05	0.02	-0.01	0.02	-0.12	-0.86	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
23	0.09	-0.06	0.00	0.02	-0.03	0.00	-0.00	-0.87	0.00	0.01	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
25	0.17	-0.07	0.05	0.02	-0.01	-0.02	0.12	-0.86	-0.00	0.01	-0.05	-0.00	-0.00	0.00

CONVOI 4 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.34	-0.33	0.09	0.07	0.02	-0.04	-0.27	2.17	0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	-0.00
3	0.22	-0.28	0.00	0.05	-0.02	0.00	-0.00	2.22	0.00	-0.02	-0.12	0.01	-0.00	-0.00
5	0.34	-0.33	-0.09	0.07	0.02	0.04	0.27	2.17	-0.00	-0.02	-0.12	0.01	-0.00	0.00
11	-0.03	-0.46	-0.01	-0.09	-0.50	-0.01	0.00	0.09	0.00	-0.02	-0.12	0.01	-0.00	0.00
13	0.18	-0.25	0.00	-0.07	-0.51	-0.00	0.00	0.09	0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	0.00
15	-0.03	-0.46	0.01	-0.09	-0.50	0.01	-0.00	0.09	-0.00	-0.02	-0.12	0.01	0.00	0.00
21	0.39	-0.31	-0.11	0.05	-0.04	0.04	-0.32	-1.99	0.00	-0.02	-0.12	0.00	0.00	-0.00
23	0.18	-0.31	0.00	0.04	-0.07	0.00	-0.00	-2.08	0.00	-0.02	-0.12	0.00	0.00	-0.00
25	0.39	-0.31	0.11	0.05	-0.04	-0.04	0.32	-1.99	-0.00	-0.02	-0.12	0.00	-0.00	0.00

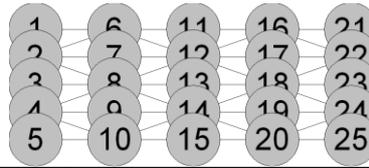
CONVOI 5 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.60	-0.12	0.17	0.06	-0.10	-0.06	-0.42	2.60	0.00	0.01	-0.15	0.00	0.00	0.00
3	0.27	-0.12	0.00	0.04	-0.15	0.00	-0.00	2.66	0.00	0.01	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
5	0.60	-0.12	-0.17	0.06	-0.10	0.06	0.42	2.60	-0.00	0.01	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
11	-0.04	-0.34	0.00	-0.11	-0.71	0.00	0.02	-0.03	0.00	0.01	-0.15	-0.00	-0.00	0.00
13	0.27	-0.05	0.00	-0.10	-0.72	-0.00	0.00	-0.03	0.00	0.01	-0.15	-0.00	0.00	0.00
15	-0.04	-0.34	-0.00	-0.11	-0.71	-0.00	-0.02	-0.03	-0.00	0.01	-0.15	-0.00	0.00	0.00
21	0.58	-0.13	-0.17	0.06	-0.08	0.06	-0.40	-2.66	0.00	0.01	-0.15	-0.01	0.00	-0.00
23	0.28	-0.11	0.00	0.04	-0.13	0.00	-0.00	-2.71	0.00	0.01	-0.15	-0.01	0.00	-0.00
25	0.58	-0.13	0.17	0.06	-0.08	-0.06	0.40	-2.66	-0.00	0.01	-0.15	-0.01	-0.00	0.00

CONVOI 6 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.49	-0.07	0.14	0.05	-0.08	-0.05	-0.33	2.12	0.00	-0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
3	0.23	-0.06	0.00	0.03	-0.12	0.00	-0.00	2.16	0.00	-0.00	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
5	0.49	-0.07	-0.14	0.05	-0.08	0.05	0.33	2.12	-0.00	-0.00	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
11	-0.03	-0.25	0.00	-0.09	-0.58	0.00	0.02	0.00	0.00	-0.00	-0.12	0.00	-0.00	0.00
13	0.22	-0.01	0.00	-0.08	-0.59	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
15	-0.03	-0.25	-0.00	-0.09	-0.58	-0.00	-0.02	0.00	-0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
21	0.49	-0.07	-0.14	0.05	-0.08	0.05	-0.33	-2.12	0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
23	0.23	-0.06	0.00	0.03	-0.12	0.00	-0.00	-2.16	0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
25	0.49	-0.07	0.14	0.05	-0.08	-0.05	0.33	-2.12	-0.00	0.00	-0.12	-0.00	-0.00	0.00

❖ Radier.



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

POIDS PROPRE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	1.61	-0.50	-0.46	-0.20	0.15	-0.14	-0.86	-6.79	-0.00	-0.00	-0.51	-0.01	0.00	-0.00
3	-0.10	-1.13	0.00	0.28	1.75	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.51	0.00	-0.00	0.00
5	1.61	-0.50	0.46	-0.20	0.15	0.14	-0.86	6.79	-0.00	0.00	-0.51	0.01	0.00	0.00
11	0.72	-0.38	-0.00	-0.13	0.27	0.00	-0.00	-6.94	-0.00	-0.00	-0.51	-0.01	-0.00	-0.00
13	0.69	-0.25	0.00	0.23	1.78	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.51	-0.00	0.00	0.00
15	0.72	-0.38	-0.00	-0.13	0.27	0.00	-0.00	6.94	0.00	0.00	-0.51	0.01	-0.00	-0.00
21	1.61	-0.50	0.46	-0.20	0.15	0.14	0.86	-6.79	0.00	-0.00	-0.51	-0.01	-0.00	0.00
23	-0.10	-1.13	0.00	0.28	1.75	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.51	-0.00	0.00	0.00
25	1.61	-0.50	-0.46	-0.20	0.15	-0.14	0.86	6.79	0.00	0.00	-0.51	0.01	-0.00	-0.00

POUSSÉE DES TERRES

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-10.99	-38.51	4.44	-2.40	-9.33	0.61	1.33	-26.93	-0.00	-0.00	-1.53	0.05	-0.00	0.00
3	-0.18	-35.27	0.00	1.01	-2.97	0.00	-1.54	-0.00	-0.00	-0.00	-1.54	0.00	-0.01	0.00
5	-10.99	-38.51	-4.44	-2.40	-9.33	-0.61	1.33	26.93	-0.00	0.00	-1.53	-0.05	-0.00	-0.00
11	-0.67	-36.28	-0.00	-2.33	-8.99	0.00	-0.00	-31.48	-0.00	-0.00	-1.53	0.04	-0.00	-0.00
13	-3.36	-36.01	0.00	-0.86	-2.87	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-1.53	-0.00	0.00	0.00
15	-0.67	-36.28	-0.00	-2.33	-8.99	0.00	-0.00	31.48	0.00	0.00	-1.53	-0.04	-0.00	-0.00
21	-10.99	-38.51	-4.44	-2.40	-9.33	-0.61	-1.33	-26.93	0.00	-0.00	-1.53	0.05	0.00	-0.00
23	-0.18	-35.27	0.00	1.01	-2.97	-0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	-1.54	-0.00	0.01	0.00
25	-10.99	-38.51	4.44	-2.40	-9.33	0.61	-1.33	26.93	0.00	0.00	-1.53	-0.05	0.00	0.00

SURCHARGE SUPÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.92	-3.91	0.39	-0.27	-0.93	0.05	0.03	-3.51	-0.00	-0.00	-0.20	0.00	-0.00	0.00
3	-0.03	-3.66	0.00	0.13	-0.11	0.00	-0.16	-0.00	-0.00	-0.00	-0.20	0.00	-0.00	0.00
5	-0.92	-3.91	-0.39	-0.27	-0.93	-0.05	0.03	3.51	-0.00	0.00	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
11	0.02	-3.67	-0.00	-0.25	-0.89	0.00	-0.00	-3.99	-0.00	-0.00	-0.20	0.00	-0.00	-0.00
13	-0.25	-3.63	0.00	-0.06	-0.09	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.20	-0.00	0.00	0.00
15	0.02	-3.67	-0.00	-0.25	-0.89	0.00	-0.00	3.99	0.00	0.00	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
21	-0.92	-3.91	-0.39	-0.27	-0.93	-0.05	-0.03	-3.51	0.00	-0.00	-0.20	0.00	0.00	-0.00
23	-0.03	-3.66	0.00	0.13	-0.11	-0.00	0.16	-0.00	0.00	0.00	-0.20	-0.00	0.00	0.00
25	-0.92	-3.91	0.39	-0.27	-0.93	0.05	-0.03	3.51	0.00	0.00	-0.20	-0.00	0.00	0.00

SURCHARGE INFÉRIEURE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	-0.18	0.10	0.01	0.04	-0.02	0.03	0.01	1.30	0.00	0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
3	0.02	0.08	-0.00	-0.05	-0.32	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
5	-0.18	0.10	-0.01	0.04	-0.02	-0.03	0.01	-1.30	0.00	-0.00	-0.13	-0.00	-0.00	-0.00
11	0.01	0.12	0.00	0.03	-0.04	-0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	0.00
13	-0.00	0.11	-0.00	-0.04	-0.32	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
15	0.01	0.12	0.00	0.03	-0.04	-0.00	0.00	-1.32	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00
21	-0.18	0.10	-0.01	0.04	-0.02	-0.03	-0.01	1.30	-0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.00
23	0.02	0.08	-0.00	-0.05	-0.32	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.13	0.00	-0.00	0.00
25	-0.18	0.10	0.01	0.04	-0.02	0.03	-0.01	-1.30	-0.00	-0.00	-0.13	-0.00	0.00	0.00

CHARGE HYDRAULIQUE

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	2.50	6.13	-0.98	0.29	1.42	-0.14	-0.73	1.71	-0.00	0.00	-0.16	-0.01	0.00	-0.00
3	-0.01	5.19	-0.00	-0.05	1.03	-0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	-0.16	-0.00	0.00	0.00
5	2.50	6.13	0.98	0.29	1.42	0.14	-0.73	-1.71	-0.00	-0.00	-0.16	0.01	0.00	0.00
11	0.55	5.95	0.00	0.30	1.42	-0.00	0.00	2.31	0.00	0.00	-0.16	-0.01	0.00	0.00
13	0.98	5.98	-0.00	0.21	1.03	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.16	0.00	-0.00	0.00
15	0.55	5.95	0.00	0.30	1.42	-0.00	-0.00	-2.31	-0.00	-0.00	-0.16	0.01	0.00	0.00
21	2.50	6.13	0.98	0.29	1.42	0.14	0.73	1.71	0.00	0.00	-0.16	-0.01	-0.00	0.00
23	-0.01	5.19	-0.00	-0.05	1.03	-0.00	-0.22	-0.00	-0.00	-0.00	-0.16	0.00	-0.00	0.00
25	2.50	6.13	-0.98	0.29	1.42	-0.14	0.73	-1.71	0.00	-0.00	-0.16	0.01	-0.00	-0.00

CHARGE EN BANDE 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.01	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.01	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
3	-0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
5	0.01	-0.01	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.01	0.05	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
11	0.01	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.06	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
13	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
15	0.01	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.06	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
21	0.01	-0.01	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.01	-0.05	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
23	-0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
25	0.01	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00

CONVOI 1 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.17	-0.15	-0.05	-0.03	0.01	-0.02	-0.11	-0.86	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.00
3	-0.01	-0.14	-0.00	0.03	0.22	-0.01	0.00	-0.04	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	0.00
5	0.20	0.01	0.06	-0.02	0.03	0.02	-0.11	0.80	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
11	0.08	-0.14	-0.00	-0.02	0.02	0.00	-0.00	-0.89	-0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
13	0.09	-0.04	0.00	0.03	0.22	-0.00	0.00	-0.04	0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
15	0.10	0.03	0.00	-0.01	0.05	0.00	-0.00	0.81	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
21	0.17	-0.15	0.05	-0.03	0.01	0.02	0.11	-0.86	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	0.00
23	-0.01	-0.14	0.00	0.03	0.22	0.01	-0.00	-0.04	0.00	-0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
25	0.20	0.01	-0.06	-0.02	0.03	-0.02	0.11	0.80	0.00	-0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00

CONVOI 2 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.21	-0.03	-0.06	-0.02	0.03	-0.02	-0.12	-0.83	-0.00	-0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
3	-0.01	-0.11	0.00	0.03	0.23	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.05	0.00	-0.00	0.00
5	0.21	-0.03	0.06	-0.02	0.03	0.02	-0.12	0.83	-0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
11	0.10	-0.02	-0.00	-0.01	0.05	0.00	-0.00	-0.84	-0.00	-0.00	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
13	0.09	-0.00	0.00	0.03	0.23	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.00
15	0.10	-0.02	-0.00	-0.01	0.05	0.00	-0.00	0.84	0.00	0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
21	0.21	-0.03	0.06	-0.02	0.03	0.02	0.12	-0.83	0.00	-0.00	-0.05	-0.00	-0.00	0.00
23	-0.01	-0.11	0.00	0.03	0.23	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.00
25	0.21	-0.03	-0.06	-0.02	0.03	-0.02	0.12	0.83	0.00	0.00	-0.05	0.00	-0.00	-0.00

CONVOI 3 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.20	0.01	-0.06	-0.02	0.03	-0.02	-0.11	-0.80	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	-0.00
3	-0.01	-0.14	0.00	0.03	0.22	0.01	0.00	0.04	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	0.00
5	0.17	-0.15	0.05	-0.03	0.01	0.02	-0.11	0.86	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.00
11	0.10	0.03	-0.00	-0.01	0.05	0.00	-0.00	-0.81	-0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
13	0.09	-0.04	0.00	0.03	0.22	-0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.00
15	0.08	-0.14	-0.00	-0.02	0.02	0.00	-0.00	0.89	0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00
21	0.20	0.01	0.06	-0.02	0.03	0.02	0.11	-0.80	0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	0.00
23	-0.01	-0.14	-0.00	0.03	0.22	-0.01	-0.00	0.04	0.00	0.00	-0.05	-0.00	0.00	0.00
25	0.17	-0.15	-0.05	-0.03	0.01	-0.02	0.11	0.86	0.00	0.00	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00

CONVOI 4 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.36	-0.57	-0.09	-0.08	-0.03	-0.04	-0.26	-2.19	-0.00	-0.01	-0.12	0.00	0.00	0.00
3	-0.03	-0.49	-0.01	0.09	0.50	-0.02	-0.00	-0.11	-0.00	-0.01	-0.12	0.01	-0.00	0.00
5	0.45	-0.07	0.13	-0.05	0.05	0.04	-0.25	1.98	-0.00	-0.01	-0.12	0.01	0.00	0.00
11	0.18	-0.55	-0.00	-0.06	0.01	0.00	-0.00	-2.26	-0.00	-0.01	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
13	0.19	-0.25	0.00	0.07	0.51	-0.00	0.00	-0.13	0.00	-0.01	-0.12	0.01	0.00	0.00
15	0.24	-0.02	-0.00	-0.03	0.09	0.00	-0.00	2.03	0.00	-0.01	-0.12	0.01	-0.00	-0.00
21	0.36	-0.57	0.09	-0.08	-0.03	0.04	0.26	-2.19	0.00	-0.01	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
23	-0.03	-0.49	0.01	0.09	0.50	0.02	0.00	-0.11	0.00	-0.01	-0.12	0.01	0.00	0.00
25	0.45	-0.07	-0.13	-0.05	0.05	-0.04	0.25	1.98	0.00	-0.01	-0.12	0.01	-0.00	-0.00

CONVOI 5 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.65	-0.05	-0.19	-0.06	0.11	-0.06	-0.36	-2.59	-0.00	0.00	-0.15	-0.01	0.00	-0.00
3	-0.04	-0.38	0.00	0.11	0.71	0.01	0.01	0.04	-0.00	0.00	-0.15	-0.00	-0.00	0.00
5	0.62	-0.22	0.18	-0.07	0.08	0.06	-0.36	2.67	-0.00	0.00	-0.15	0.00	0.00	0.00
11	0.31	-0.01	-0.00	-0.04	0.15	0.00	-0.00	-2.63	-0.00	0.00	-0.15	-0.01	-0.00	-0.00
13	0.29	-0.05	0.00	0.10	0.72	-0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	-0.15	-0.00	0.00	0.00
15	0.29	-0.20	-0.00	-0.05	0.12	0.00	-0.00	2.72	0.00	0.00	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
21	0.65	-0.05	0.19	-0.06	0.11	0.06	0.36	-2.59	0.00	0.00	-0.15	-0.01	-0.00	0.00
23	-0.04	-0.38	-0.00	0.11	0.71	-0.01	-0.01	0.04	0.00	0.00	-0.15	-0.00	0.00	0.00
25	0.62	-0.22	-0.18	-0.07	0.08	-0.06	0.36	2.67	0.00	0.00	-0.15	0.00	-0.00	-0.00

CONVOI 6 POSITION 1

Noeud	Efforts								Déplacements					
	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	Dx	Dy	Dz	Gx	Gy	Gz
1	0.53	-0.08	-0.16	-0.05	0.08	-0.05	-0.29	-2.12	-0.00	-0.00	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
3	-0.03	-0.28	0.00	0.09	0.58	0.00	0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.12	0.00	-0.00	0.00
5	0.53	-0.08	0.16	-0.05	0.08	0.05	-0.29	2.12	-0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
11	0.24	-0.05	-0.00	-0.03	0.12	0.00	-0.00	-2.15	-0.00	-0.00	-0.12	-0.00	-0.00	-0.00
13	0.24	-0.01	0.00	0.08	0.59	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.00	0.00
15	0.24	-0.05	-0.00	-0.03	0.12	0.00	-0.00	2.15	0.00	0.00	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
21	0.53	-0.08	0.16	-0.05	0.08	0.05	0.29	-2.12	0.00	-0.00	-0.12	-0.00	-0.00	0.00
23	-0.03	-0.28	0.00	0.09	0.58	-0.00	-0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.00	0.00
25	0.53	-0.08	-0.16	-0.05	0.08	-0.05	0.29	2.12	0.00	0.00	-0.12	0.00	-0.00	-0.00

7. Description de l'armature

Panneau	Position	Direction	Armature de base
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 12cm
	Inférieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 12 cm
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 10 cm
	Supérieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 10 cm
Piédroit gauche	Arrière et Avant	Vertical	HA12 ; e = 20 cm
		Horizontal	HA8 ; e = 20 cm
	Acier d'encrage piédroit-radier	Vertical	HA12 ; e = 20 cm
Piédroit droit	Arrière et Avant	Vertical	HA12 ; e= 20cm
		Horizontal	HA8 ; e=20 cm
	Acier d'encrage piédroit-radier	Vertical	HA12 ; e=20 cm

8. Vérification

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
Tablier:		
-Armature (Longitudinal):		
-Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Armature (Transversal):		
-Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 2.56 mm	Vérifiée
-Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 24698	Vérifiée
-Flèche relative:	Minimum: 250	
-Longitudinal:	Calculé: 779	Vérifiée
-Transversal:	Calculé: 272	Vérifiée
-Elancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 15	Vérifiée
-Longueur d'ancrage: <i>RAFI. 91 Article</i>		
-Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 0.2 m Calculé: 0.2 m	Vérifiée
-Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 0.11 m Calculé: 0.11 m	Vérifiée
-Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 0.3 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée
-Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 0.3 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée
-Séparation minimale entre barres: <i>RAFI. 91 Article A 7 2 5</i>	Minimum: 3.7 cm	
-Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
-Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
-Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
-Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
-Armature extérieure - intérieure:	Calculé: 11 cm	Vérifiée
-Séparation maximale entre barres: <i>RAFI. 91 Article A 4 5 3d</i>	Maximum: 20 cm	

-Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
-Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
-Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
-Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Radier:		
-Armature (Longitudinal):		
-Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Armature (Transversal):		
-Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 2.55 mm	Vérifiée
-Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 20002	Vérifiée
-Flèche relative:	Minimum: 250	
-Longitudinal:	Calculé: 273	Vérifiée
-Transversal:	Calculé: 781	Vérifiée
-Elancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 15	Vérifiée
-Longueur d'ancrage: <i>RAFI. 91 Article</i>		
-Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 0.26 m Calculé: 0.26 m	Vérifiée
-Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 0.13 m Calculé: 0.13 m	Vérifiée
-Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 0.37 m Calculé: 0.37 m	Vérifiée
-Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 0.37 m Calculé: 0.37 m	Vérifiée
-Séparation minimale entre barres: <i>RAFI. 91 Article A 7 2 5</i>	Minimum: 3.7 cm	
-Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 18.8 cm	Vérifiée
-Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 18.8 cm	Vérifiée
-Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 18.8 cm	Vérifiée
-Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 18.8 cm	Vérifiée
-Armature extérieure - intérieure:	Calculé: 10.2 cm	Vérifiée
-Séparation maximale entre barres: <i>RAFI. 91 Article A 4 5 34</i>	Maximum: 20 cm	

-Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
-Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
-Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
-Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Piédroit gauche et droit :		
-Armature (Vertical):		
-Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Armature (Horizontal):		
-Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
-Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.08 mm	Vérifiée
-Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 7368	Vérifiée
-Flèche relative:		
-Vertical:	Minimum: 250 Calculé: 23820	Vérifiée
-Horizontal:	Calculé: 17865	Vérifiée
-Elancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 34	Vérifiée

Tableau n° 9:Résumé des quantitatifs (pertes d'acier incluses)

Élément	Fe E400 (kg)				Béton (m ³)
	HA8	HA12	HA16	Total	B30
Total	62.43	133.62	168.03	364.08	2.30

II. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE OUVRAGE TRANSVERSAL (TUNNEL)

1. Hypothèses de base

1.1. Règlements et instructions

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91. Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) Français en la matière. L'ouvrage sera calculé par rapport aux systèmes de charges B (Bc, Bt et Br).

a/ Géométrie

- Epaisseur piédroit : 25 cm
- Epaisseur Tablier / Radier : 25 cm
- Gabarit : 1,7 m
- Largeur : 2,7 m

b/ Matériaux:

- Béton :
- $f_{c28} = 30$ Mpa
- $f_{t28} = 2,4$ Mpa
- $f_{bu} = 17$ Mpa

$$\sigma_{bc} = 18$$

$$\rho_b = 2,5 \text{ t/m}^2$$

c/Armatures:

Fissuration très préjudiciable

$$f_{eE} = 400 \text{ Mpa}$$

$$f_{ed} = 347,83 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = 176,36 \text{ Mpa}$$

$$\text{Enrobage} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Poids volumique du sol} = 2.0 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Angle de frottement interne} = 30^\circ$$

$$\text{Coefficient de poussée des terres} = 0,33$$

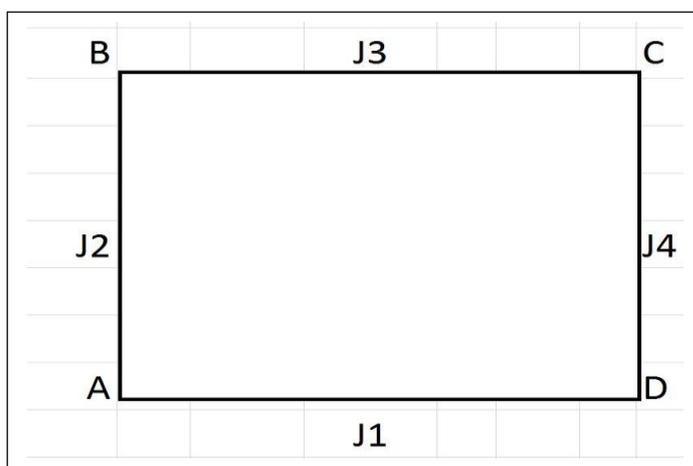
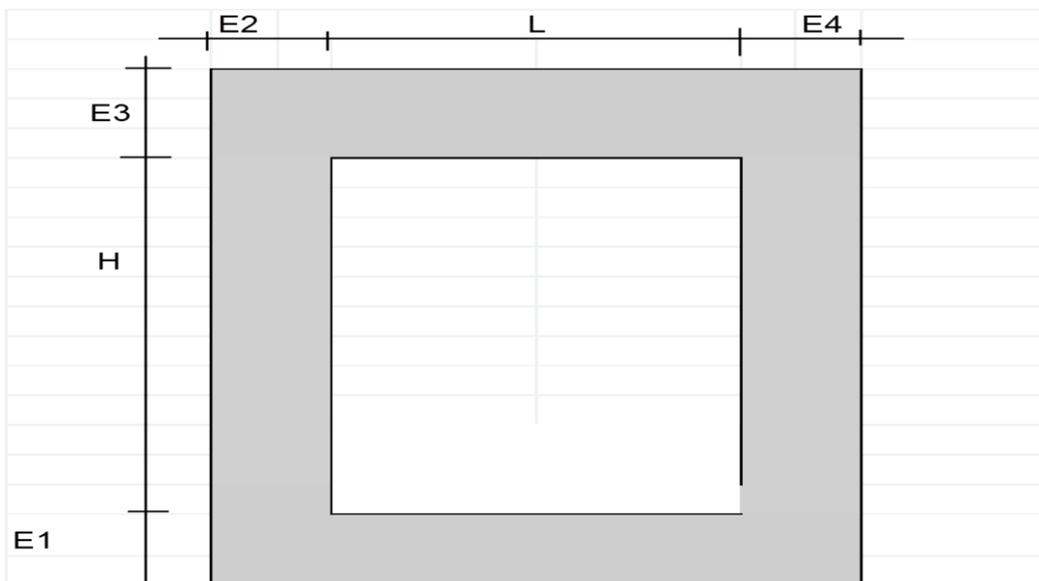
$$\text{Contrainte admissible} = 1,5 \text{ bar}$$

d/ Donnée divers :

- Largeur roulable = 20 m ; largeur chargeable = 18,5 m
- Nombre de voie de circulation : $N = \frac{L_c}{3} = \frac{18,5}{3} = 6,167$
 $N = 6 \text{ voies}$
- Classe : la largeur roulable est supérieur à 7 => le pont est de première classe
- Coefficient bc = 0,7 ; bt = 1

1.2.Principe de calcul des efforts et sollicitations

De manière générale, on mènera les calculs par bande de 1,00m mètre de largeur de tunnel. Les valeurs des efforts et sollicitations M et N (moments et efforts normaux) seront déterminés sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage « formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL.

1.3. Schéma statique de calcul du cadre simple

$$J_i = \frac{b_i * E_i^3}{12}$$

Avec $b_i = 1 \text{ m}$

J_i = inertie de l'élément i

E_i = épaisseur de l'élément i

h = hauteur entre fibres moyennes

l = longueur entre fibres moyennes

1.4. Définitions des constantes

$$k1 = \frac{J_3}{J_1} ; k2 = \frac{J_3}{J_2} * \frac{h}{l}$$

$$K_1 = 2k_2 + 3$$

$$K_2 = 3k_1 + 2k_2$$

$$K_3 = 3k_2 + 1 - k_1/5$$

$$K_4 = 6k_1/5 + 3k_2$$

$$F_1 = K_1 \times K_2 - k_2$$

$$F_2 = 1 + k_1 + 6k_2$$

1.5 Conventions

Les moments fléchissant sont positifs quand ils provoquent de la traction dans la partie interne du cadre.

N1 = effort normal dans le radier

N2 = effort normal dans le piédroit de gauche

N2b = effort normal dans le piédroit de droite

N3 = effort normal dans le tablier

Si $N > 0$, c'est un effort normal de compression

Si $N < 0$, c'est un effort normal de traction.

2. Calcul des sollicitations

b	1
E1	0,25
E2	0,25
E3	0,25
E4	0,25
h =	1,725
l =	2,725
J1 =	0,0013
J2 =	0,0013
J3 =	0,0013
J4 =	0,0013

2.1 Calcul des constantes

k1	1	K1	4,266	K3	2,699	F1	17,566
k2	0,63	K2	4,266	K4	3,099	F2	5,798

2.2 Détermination des charges, efforts et sollicitations

2.2.1 Sous actions permanentes au niveau du tablier

a) charges permanentes dues au tablier

$$\text{Poids mort du tablier} = 0.25 \times 2.5 \times 1 = 0.625 \text{ t/ml} = g_1$$

b) détermination des moments aux appuis

$$M_A = M_D = - \frac{g_1 \cdot l^2 \cdot (k_1 \cdot K_1 - k_2)}{4F_1} = -0.24 \text{ t.m/ml}$$

$$M_B = M_C = - \frac{g_1 \cdot l^2 \cdot (K_2 - k_1 \cdot k_2)}{4F_1} = -0.24 \text{ t.m/ml}$$

c) Détermination des efforts normaux

$$N_1 = \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l} ; N_3 = \frac{M_C - M_B}{l} + \frac{M_A - M_B}{h}$$

$$N_2 = \frac{M_C - M_B}{l} + \frac{M_A - M_B}{h} + \frac{g_1 \cdot l}{2} ; N_{2b} = \frac{M_B - M_C}{l} + \frac{M_D - M_C}{h} + \frac{g_1 \cdot l}{2}$$

$$N_1 = 0,00 \text{ t}$$

$$N_3 = 0,00 \text{ t}$$

$$N_2 = 0,852 \text{ t}$$

$$N_{2b} = 0,852 \text{ t}$$

d) Détermination des moments à mi- porté

$$M_{BC} (\text{tablier}) = \frac{M_B + M_C}{2} + \frac{g_1 \cdot l^2}{8}$$

$$M_{AD} (\text{radier}) = \frac{M_A + M_D}{2} + \frac{g_1 \cdot l^2}{8}$$

$$M_{AB} (\text{piedroit gauche}) = \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$M_{CD} (\text{piedroit droit}) = \frac{M_C + M_D}{2}$$

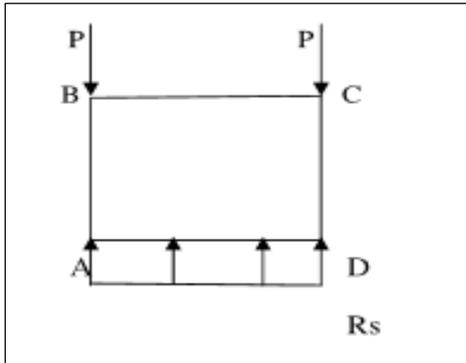
$$M_{BC} = 0,34 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AD} = 0,34 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AB} = -0,24 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{CD} = -0,0106 \text{ t.m/ml}$$

2.2.2- Sous poids mort des piédroits



$$P = 2,5 \times Exh = 2,5 \times 0,25 \times 1,725 = 1,078t$$

$$R_s = 2P/l = 2 \times 1,078 / 2,725 = 0,791t/ml$$

a) Moment aux appuis

$$M_A = M_D = - \frac{P \cdot l \cdot k_1 \cdot K_1}{2F_1} = -0,357 \text{ t.m/ml}$$

$$M_C = M_B = - \frac{P \cdot l \cdot k_1 \cdot k_2}{2F_1} = -0,053 \text{ t.m/ml}$$

b) Efforts normaux

$$N_1 = -N_3 = \frac{3 \cdot P \cdot l \cdot k_1 (1+k_2)}{2 \cdot h \cdot F_1} = 0,237$$

$$N_2 = N_2b = P = 1,078t$$

c) Moments à mi-porté

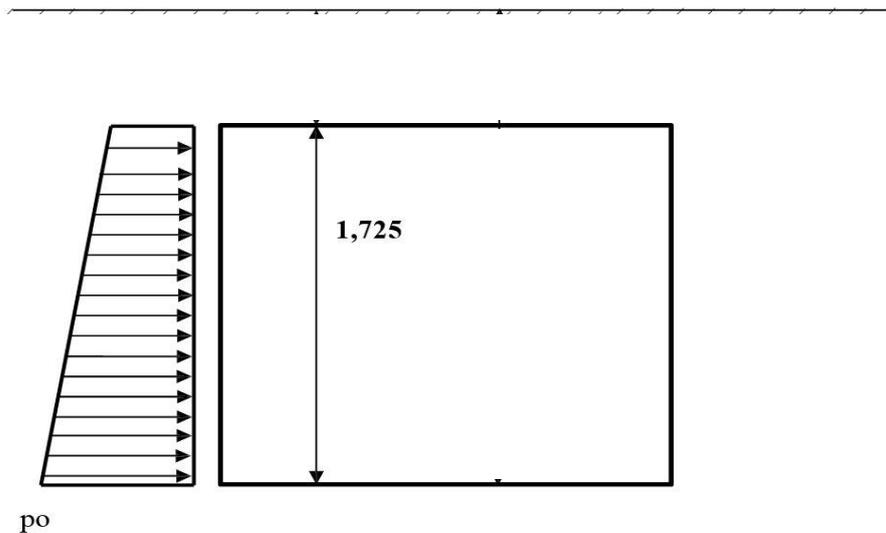
$$M_{BC} \text{ (tablier)} = \frac{M_B + M_C}{2} = -0,053 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AD} \text{ (radier)} = \frac{M_A + M_D}{2} + \frac{R_s \cdot l^2}{8} = 0,378 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AB} \text{ (piédroit gauche)} = \frac{M_A + M_B}{2} = -0,205 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{CD} \text{ (piédroit droit)} = \frac{M_C + M_D}{2} = -0,205 \text{ t.m/ml}$$

2.2.3 Sous l'action de la poussée des terres



$$P_o = 0.33 \times 2 \times 1,725 = 1.1387 \text{ t/m}^2$$

a) Moments aux appuis

$$M_A = M_D = - \frac{k_2 \cdot (3 \cdot k_2 + 8) \cdot P_o \cdot h^2}{20 F_1} = -0.06 \text{ t.m/ml}$$

$$M_C = M_B = - \frac{k_2 \cdot (7 \cdot k_1 + 2 \cdot k_2) \cdot P_o \cdot h^2}{20 F_1} = -0.05 \text{ t.m/ml}$$

b) Moments à mi-portée

$$M_{BC} \text{ (tablier)} = \frac{M_B + M_C}{2} = -0.05 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AD} \text{ (radier)} = \frac{M_A + M_D}{2} = -0.06 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AB} \text{ (piédroit gauche)} = \frac{M_A + M_B}{2} + \frac{P_o \cdot h^2}{12} = 0.2269 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{CD} \text{ (piédroit droit)} = 0.2269 \text{ t.m/ml}$$

c) Efforts normaux

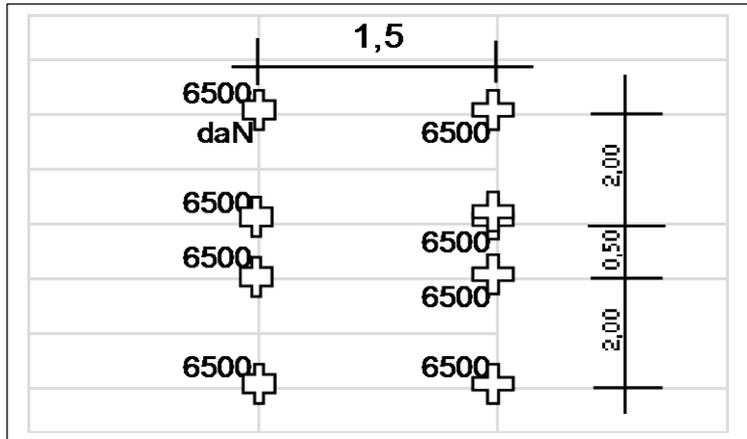
$$N_1 = \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l} + \frac{2 P_o \cdot h}{6} = 0,66 \text{ t}$$

$$N_3 = \frac{M_C - M_B}{l} + \frac{M_A - M_B}{h} + \frac{P_o \cdot h}{6} = 0.32 \text{ t}$$

$$N_2 = N_{2b} = 0 \text{ t}$$

2.2.4 Sous l'action du convoi de camions de type B

- Sous système Bc NIGER



La répartition à 45° : $t_x = 0.25 + 0.3/2 + 0.3/2 = 0.55$

$t_y = 0.25 + 0.3/2 + 0.3/2 = 0.55$

Coefficient à affecter au système Bc

$B_c = 0,7$; $\text{Gama}Q = 1.2$

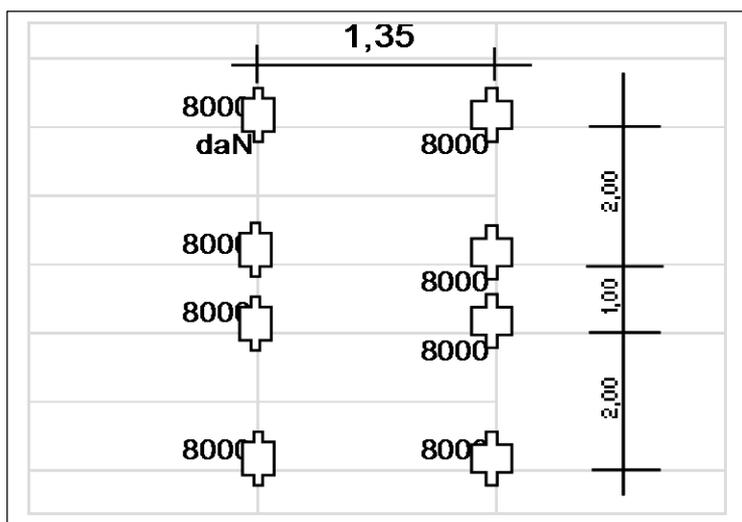
Coefficient de majoration dynamique

$$\Delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 * l} + \frac{0.6}{1 + 4 \frac{G}{S}} = 1,69$$

$S = 6.5t$; $l = 0.9$, $G = 0.625t$

$P_{bc} = 43,63t/m^2$

- Sous système Bt



La répartition à 45° : $t_x = 0.25/2 + 0.25/2 + 0.6 = 0.85$

$t_y = 0.25/2 + 0.25/2 + 0.25 = 0.50$

Coefficient à affecter au système Bt

$$B_t = 1 ; \text{Gama}Q = 1.2$$

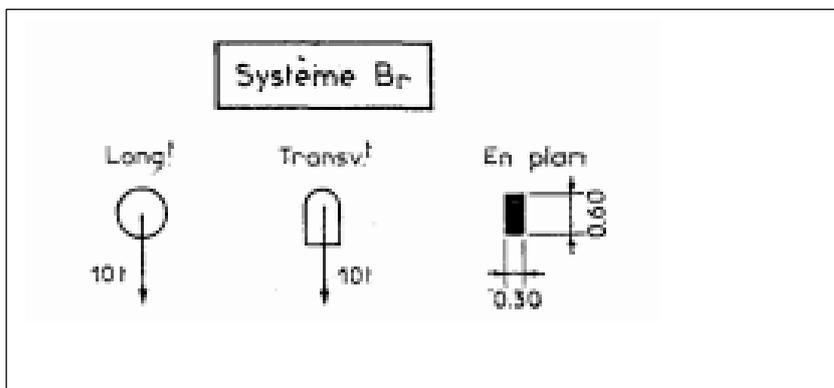
Coefficient de majoration dynamique

$$\Delta = 1 + \frac{0.4}{1+0.2 \cdot l} + \frac{0.6}{1+4 \frac{G}{S}} = 1.716$$

$$S = 8t ; l = 0.9 \quad G = 0.625t$$

$$P_{bt} = 38,76t/m^2$$

- **Sous système Br**



La répartition à 45° : $t_x = 0.25/2 + 0.25/2 + 0.6 = 0.85$

$$t_y = 0.25/2 + 0.25/2 + 0.3 = 0.55$$

Coefficient à affecter au système Br

$$B_r = 1 ; \text{Gama}Q = 1.2$$

Coefficient de majoration dynamique

$$\Delta = 1 + \frac{0.4}{1+0.2 \cdot l} + \frac{0.6}{1+4 \frac{G}{S}} = 1.819$$

$$S = 10t ; l = 0.9 \quad G = 0.625t$$

$$P_{br} = 44,6t/m^2$$

$$Q_1 = \max (P_{bc} ; P_{bt} ; P_{br}) = 44,6t/m^2$$

a) Moment aux appuis

$$M_A = M_D = - \frac{Q_1 \cdot l^2 \cdot (k_1 \cdot K_1 - k_2)}{4F_1} = -1,713 \text{ t.m/ml}$$

$$MB = MC = - \frac{Q1 \cdot l^2 \cdot (K2 - k1 \cdot k2)}{4F_1} = -1,713 \text{ t.m/ml}$$

b) Détermination des efforts normaux

$$N1 = \frac{MB - MA}{h} + \frac{MD - MA}{l} = 0 \text{ t}$$

$$N3 = \frac{MC - MB}{l} + \frac{MA - MB}{h} = 0 \text{ t}$$

$$N2 = \frac{MC - MB}{l} + \frac{MA - MB}{h} + \frac{Q1 \cdot l}{2} = 6,081 \text{ t}$$

$$N2b = \frac{MB - MC}{l} + \frac{MD - MC}{h} + \frac{Q1 \cdot l}{2} = 6,081 \text{ t}$$

c) Détermination des moments à mi-porté

$$M_{BC} (\text{tablier}) = \frac{MB + MC}{2} + \frac{Q1 \cdot l^2}{8} = 2,429 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AD} (\text{radier}) = \frac{MA + MD}{2} + \frac{Q1 \cdot l^2}{8} = 2,429 \text{ t.m/ml}$$

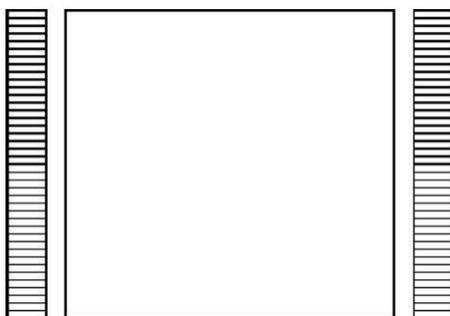
$$M_{AB} (\text{piédroit gauche}) = \frac{MA + MB}{2} = -1,713 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{CD} (\text{piédroit droit}) = \frac{MC + MD}{2} = -1,713 \text{ t.m/ml}$$

2.2.5 Surcharge routière et remblais

Pression de surface $q = 1 \text{ t/m}^2$

La répartition des poussées de la roue le long du piédroit est comme suit :



$$\sigma = Kq = 0,33 \times 1 = 0,33 \text{ t/m}^2$$

$$R = \sigma \times h = 0,33 \times 1,725 = 0,569 \text{ t/ml}$$

a) Moment aux appuis

$$MA = MD = \frac{\sigma \cdot h^2 \cdot (k1+3) \cdot k2}{4F_1} = 0,032 \text{ t.m/ml}$$

$$MB = MC = - \frac{\sigma \cdot h^2 \cdot (3K1+k2) \cdot k2}{4F_1} = -0,032 \text{ t.m/ml}$$

b) Détermination des efforts normaux

$$N1 = N3 = \frac{\sigma \cdot h}{2} = 0,285 \text{ t}$$

$$N2 = N2b = 0 \text{ t}$$

c) Détermination des moments à mi- porté

$$M_{BC} \text{ (tablier)} = \frac{MB+MC}{2} = -0,032 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AD} \text{ (radier)} = \frac{MA+MD}{2} = 0,032 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{AB} \text{ (piédroit gauche)} = \frac{\sigma \cdot h^2}{8} + \frac{MA+MB}{2} = 0,12 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{CD} \text{ (piédroit droit)} = M_{AB} \text{ (piédroit gauche)} = 0,12 \text{ t.m/ml}$$

2.2.6 Sous l'action des forces de freinage

On admet le freinage d'une roue $Br = 10t$

$$F = 10t/ml$$

a) Moments aux appuis

$$MA = MD = \frac{F \cdot h \cdot k3}{2F_2} = 4,01 \text{ t.m/ml}$$

$$MB = MC = - \frac{F \cdot h \cdot k4}{2F_2} = -4,6t.m/ml$$

b) Moment à mi- portée

$$M_{AB} = M_{CD} = \frac{MA+MB}{2} = 4,61 \text{ t.m/ml}$$

$$M_{BC} = M_{AD} = 0 \text{ t.m/ml}$$

c) Efforts tranchants

$$N1 = - N3 = F/2 = 5 \text{ t}$$

$$N2 = N2b = 0 \text{ t}$$

Tableau n° 10: Tableau récapitulatif des sollicitations

	MA	MAB	MB	MBC	MC	MAD	MD	N1	N2	N2B	N3
1	-0,24	-0,24	-0,24	0,34	-0,24	0,34	-0,24	0	0,852	0,852	0
2	-0,357	-0,205	-0,053	-0,053	-0,053	0,378	-0,357	0,237	1,078	1,078	-0,237
3	-0,06	0,23	-0,05	-0,05	-0,05	-0,06	-0,06	0,66	0	0	0,32
4	-1,713	-1,713	-1,713	2,429	-1,713	2,429	-1,713	0	6,081	6,081	0
5	0,032	0,12	-0,032	-0,032	-0,032	0,032	0,032	0,285	0	0	0,285
6	4,01	4,61	4,6	0	4,6	0	4,01	5	0	0	-5
G = 1+2+3	-0,657	-0,215	-0,343	0,237	-0,343	0,658	-0,657	0,897	1,930	1,930	0,083
Q = 4+5+6	2,329	3,017	2,855	2,397	2,855	2,461	2,329	5,285	6,081	6,081	-4,715
1,35G+1,5Q	2,607	4,235	3,819	3,915	3,819	4,580	2,607	9,138	11,727	11,727	-6,960
G+Q	1,672	2,802	2,512	2,634	2,512	3,119	1,672	6,182	8,011	8,011	-4,632

G = les sollicitations permanentes

Q = les surcharges routières

On retient les sollicitations prépondérantes suivantes pour le calcul des armatures :

- Pour le radier : $M_{gmax} = 0,658 \text{ t.m/ml}$; $M_{qmax} = 2,461 \text{ t.m/ml}$; $N_g = 0,897 \text{ t}$; $N_q = 5,285 \text{ t}$
- Pour le tablier ou la dalle : $M_{gmax} = 0,343 \text{ t.m/ml}$; $M_{qmax} = 2,855 \text{ t.m/ml}$; $N_g = 0,083 \text{ t}$; $N_q = 4,715 \text{ t}$
- Pour les Piédroits : $M_{gmax} = 0,657 \text{ t.m/ml}$; $M_{qmax} = 2,855 \text{ t.m/ml}$; $N_g = 1,93 \text{ t}$; $N_q = 93,82 \text{ t}$

Les calculs de l'excentricité montre que $e = \frac{M_u}{N_u} \geq h_o \Rightarrow$ les sections sont partiellement comprimés ; donc les calculs se feront en flexion simple

3. Calcul des aciers

3.1- Calcul des armatures du Radier

a) lit supérieur (mi- travée AD)

ELU

Hypothèses d'études	
Poutre soumise à la flexion simple	
Dimensions de la poutre données	
Sollicitations aux ELU connues	
Allongement des aciers limités à 1 %	
Raccourcissement du béton limité à 0.35 %	
Pas de glissement entre acier et béton	

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,225 m
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	d' = 0,05 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 30 MPa
Moment ultime	1.35 G + 1.5 Q	Mu = 0,0458 MN.m
Moment réduit ultime		μ_l = 0,34
Conditions de fissuration		Très préjudiciable

Contraintes de calcul		
Contrainte de compression du béton à l' ELU	$(0.85 \times F_{c28}) / 1.5$	Fbu = 17,00 MPa
Contrainte de traction des aciers	$(F_e / 1.15)$	Fsu = 347,83 MPa
Contrainte de compression du béton à l' ELS	$0.6 \times F_{c28}$	σ_{bc} = 18 MPa
Résistance du béton en traction	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	Ft28 = 2,40 MPa

Calcul des moments réduits		
Moment ultime réduit	$M_u / (b \times d^2 \times F_{bu})$	$\mu\mu = 0,052$
Etat limite de compression du béton	si $\mu\mu < \mu_l \Rightarrow$	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	Pas d'aciers comprimés	
	si $\mu\mu > \mu_l \Rightarrow$	
	Aciers comprimés nécessaires	

Calcul des paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$1.25 \times (1 - (1 - (2 \times \mu\mu))^{1/2})$	$\alpha = 0,062$
Ordonnée de la fibre neutre	$\alpha \times d$	$y = 0,02 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d \times (1 - (0.4 \times \alpha))$	$Z_b = 0,22 \text{ m}$

Détermination de la section théorique des aciers tendus		
Section théorique d' acier	$M_u / (Z_b \times F_{su})$	$A_{st} = 5,91 \text{ cm}^2$

ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,225 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,05 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 30 \text{ MPa}$
Moment de service		$M_{ser} = 0,0312 \text{ MN.m}$
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times F_{c28})$	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,40 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} (2/3 F_e ; \text{maxi} (1/2 F_e ; 110 \times ((\eta \times F_{tj})^{1/2})))$	$\sigma_{st} = 172,44 \text{ MPa}$
	$FTP = 0.80 \times \sigma_{st} (FP)$	

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,610$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0,137 \text{ m}$

Bras de levier du couple interne	$d - (y / 3)$	$Z_b = 0,179 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0,22 \text{ MN.m}$
Etat limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$ ==> Pas d'aciers comprimés si $M_{rbser} < M_{ser}$ ==> Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers

Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés ==> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires ==> $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	$A_{st} = 10,09 \text{ cm}^2$
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00 \text{ MPa}$
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} = 0,00 \text{ cm}^2$
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

b) lit inférieure (au bout de A et D)

ELU

Hypothèses d'études
Poutre soumise à la flexion simple
Dimensions de la poutre données
Sollicitations aux ELU connues
Allongement des aciers limités à 1 %
Raccourcissement du béton limité à 0.35 %
Pas de glissement entre acier et béton

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,225 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,05 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 30 \text{ MPa}$
Moment ultime	$1.35 G + 1.5 Q$	$M_u = 0,02607 \text{ MN.m}$

Moment réduit ultime	$\mu_l = 0,38$
Conditions de fissuration	Très préjudiciable

Contraintes de calcul		
Contrainte de compression du béton à l' ELU	$(0.85 \times F_{c28}) / 1.5$	$F_{bu} = 17,00 \text{ MPa}$
Contrainte de traction des aciers	$(F_e / 1.15)$	$F_{su} = 347,83 \text{ MPa}$
Contrainte de compression du béton à l' ELS	$0.6 \times F_{c28}$	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Résistance du béton en traction	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,40 \text{ MPa}$
Calcul des moments réduits		
Moment ultime réduit	$M_u / (b \times d^2 \times F_{bu})$	$\mu_\mu = 0,03$
Etat limite de compression du béton	si $\mu_\mu < \mu_l \Rightarrow$ Pas d'aciers comprimés si $\mu_\mu > \mu_l \Rightarrow$ Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Calcul des paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$1.25 \times (1 - (1 - (2 \times \mu_\mu))^{1/2})$	$\alpha = 0,038$
Ordonnée de la fibre neutre	$\alpha \times d$	$y = 0,01 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d \times (1 - (0.4 \times \alpha))$	$Z_b = 0,22 \text{ m}$

Détermination de la section théorique des aciers tendus		
Section théorique d' acier	$M_u / (Z_b \times F_{su})$	$A_{st} = 3,38 \text{ cm}^2$

ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,225 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,05 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 30 \text{ MPa}$
Moment de service		$M_{ser} = 0,0167 \text{ MN.m}$
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times F_{c28})$	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,40 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} (2/3 F_e ; \text{maxi} (1/2 F_e ; 110 \times ((\eta \times F_{tj})^{1/2})))$	
	$FTP = 0.80 \times \sigma_{st} (FP)$	$\sigma_{st} = 172,44 \text{ MPa}$

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,610$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0,137 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d - (y / 3)$	$Z_b = 0,179 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0,22 \text{ MN.m}$
Etat limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$ =>> Pas d'aciers comprimés si $M_{rbser} < M_{ser}$ =>> Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires =>> $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	$A_{st} = 5,41 \text{ cm}^2$
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00 \text{ MPa}$
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} = 0,00 \text{ cm}^2$
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

3.2- Calcul des armatures du Tablier

a) lit supérieur (au bout de B et C)

ELU

Hypothèses d'études	
Poutre soumise à la flexion simple	
Dimensions de la poutre données	
Sollicitations aux ELU connues	
Allongement des aciers limités à 1 %	
Raccourcissement du béton limité à 0.35 %	
Pas de glissement entre acier et béton	

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,225 m
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	d' = 0,05 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 30 MPa
Moment ultime	1.35 G + 1.5 Q	Mu = 0,0382 MN.m
Moment réduit ultime		$\mu_l = 0,37$
Conditions de fissuration		Très préjudiciable

Contraintes de calcul		
Contrainte de compression du béton à l' ELU	$(0.85 \times F_{c28}) / 1.5$	Fbu = 17,00 MPa
Contrainte de traction des aciers	$(F_e / 1.15)$	Fsu = 347,83 MPa
Contrainte de compression du béton à l' ELS	0.6 x Fc28	$\sigma_{bc} = 18$ MPa
Résistance du béton en traction	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	Ft28 = 2,40 MPa

Calcul des moments réduits		
Moment ultime réduit	$M_u / (b \times d^2 \times F_{bu})$	$\mu_\mu = 0,044$
Etat limite de compression du béton	si $\mu_\mu < \mu_l \Rightarrow$	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	Pas d'aciers comprimés	
	si $\mu_\mu > \mu_l \Rightarrow$	
	Aciers comprimés nécessaires	Pas d'aciers comprimés

Calcul des paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$1.25 \times (1 - (1 - (2 \times \mu\mu))^{\wedge} 1/2)$	$\alpha = 0,206$
Ordonnée de la fibre neutre	$\alpha \times d$	$y = 0,04 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d \times (1 - (0.4 \times \alpha))$	$Z_b = 0,17 \text{ m}$

Détermination de la section théorique des aciers tendus		
Section théorique d'acier	$M_u / (Z_b \times F_{su})$	$A_{st} = 4,99 \text{ cm}^2$

ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,18 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,05 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 30 \text{ MPa}$
Moment de service		$M_{ser} = 0,0251 \text{ MN.m}$
Conditions de fissuration (1) FP, (2) FTP		Type : 2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times F_{c28})$	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,40 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} (2/3 F_e ; \text{maxi} (1/2 F_e ; 110 \times ((\eta \times F_{tj})^{\wedge} 1/2)))$	
	$FTP = 0.80 \times \sigma_{st} (FP)$	$\sigma_{st} = 172,44 \text{ MPa}$

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,610$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0,137 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d - (y / 3)$	$Z_b = 0,179 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0,22 \text{ MN.m}$
Etat limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$ ==> Pas d'aciers comprimés si $M_{rbser} < M_{ser}$ ==> Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires =>> $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	$A_{st} = 8,12 \text{ cm}^2$
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00 \text{ MPa}$
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} = 0,00 \text{ cm}^2$
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

b) lit inférieur (mi- travée BC)

ELU

Hypothèses d'études
Poutre soumise à la flexion simple
Dimensions de la poutre données
Sollicitations aux ELU connues
Allongement des aciers limités à 1 %
Raccourcissement du béton limité à 0.35 %
Pas de glissement entre acier et béton

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,225 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,05 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 30 \text{ MPa}$
Moment ultime	1.35 G + 1.5 Q	$M_u = 0,0392 \text{ MN.m}$
Moment réduit ultime		$\mu_l = 0,35$
Conditions de fissuration		Très préjudiciable

Contraintes de calcul		
Contrainte de compression du béton à l' ELU	$(0.85 \times F_{c28}) / 1.5$	$F_{bu} = 17,00 \text{ MPa}$
Contrainte de traction des aciers	$(F_e / 1.15)$	$F_{su} = 347,83 \text{ MPa}$

Contrainte de compression du béton à l' ELS	$0.6 \times F_{c28}$	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Résistance du béton en traction	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,40 \text{ MPa}$

Calcul des moments réduits		
Moment ultime réduit	$M_u / (b \times d^2 \times F_{bu})$	$\mu\mu = 0,045$
Etat limite de compression du béton	si $\mu\mu < \mu_l \Rightarrow$ Pas d'aciers comprimés	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	si $\mu\mu > \mu_l \Rightarrow$ Aciers comprimés nécessaires	

Calcul des paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$1.25 \times (1 - (1 - (2 \times \mu\mu))^{1/2})$	$\alpha = 0,058$
Ordonnée de la fibre neutre	$\alpha \times d$	$y = 0,01 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d \times (1 - (0.4 \times \alpha))$	$Z_b = 0,22 \text{ m}$

Détermination de la section théorique des aciers tendus		
Section théorique d' acier	$M_u / (Z_b \times F_{su})$	$A_{st} = 5,12 \text{ cm}^2$

ELLS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,18 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,05 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 30 \text{ MPa}$
Moment de service		$M_{ser} = 0,0263 \text{ MN.m}$
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times F_{c28})$	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,40 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} (2/3 F_e ; \text{maxi} (1/2 F_e ; 110 \times ((\eta \times F_t)^{1/2})))$	$\sigma_{st} = 172,44 \text{ MPa}$
	$FTP = 0.80 \times \sigma_{st} (FP)$	

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,610$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0,137 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d - (y / 3)$	$Z_b = 0,179 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0,22 \text{ MN.m}$
Etat limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$ ==> Pas d'aciers comprimés si $M_{rbser} < M_{ser}$ ==> Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés ==> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires ==> $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	$A_{st} = 8,52 \text{ cm}^2$
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00 \text{ MPa}$
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} = 0,00 \text{ cm}^2$
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

3.3- Calcul des armatures des piédroits

ELU

Hypothèses d'études	
Poutre soumise à la flexion simple	
Dimensions de la poutre données	
Sollicitations aux ELU connues	
Allongement des aciers limités à 1 %	
Raccourcissement du béton limité à 0.35 %	
Pas de glissement entre acier et béton	

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,225 m
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	d' = 0,05 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 30 MPa
Moment ultime	1.35 G + 1.5 Q	Mu = 0,0423 MN.m
Moment réduit ultime		$\mu_l = 0,36$
Conditions de fissuration		Très préjudiciable

Contraintes de calcul		
Contrainte de compression du béton à l' ELU	$(0.85 \times F_{c28}) / 1.5$	Fbu = 17,00 MPa
Contrainte de traction des aciers	$(F_e / 1.15)$	Fsu = 347,83 MPa
Contrainte de compression du béton à l' ELS	0.6 x Fc28	$\sigma_{bc} = 18$ MPa
Résistance du béton en traction	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	Ft28 = 2,40 MPa

Calcul des moments réduits		
Moment ultime réduit	$M_u / (b \times d^2 \times F_{bu})$	$\mu_\mu = 0,049$
Etat limite de compression du béton	si $\mu_\mu < \mu_l \Rightarrow$	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	Pas d'aciers comprimés	
	si $\mu_\mu > \mu_l \Rightarrow$	
	Aciers comprimés nécessaires	Pas d'aciers comprimés

Calcul des paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$1.25 \times (1 - (1 - (2 \times \mu\mu))^{1/2})$	$\alpha = 0,063$
Ordonnée de la fibre neutre	$\alpha \times d$	$y = 0,01 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d \times (1 - (0.4 \times \alpha))$	$Z_b = 0,22 \text{ m}$

Détermination de la section théorique des aciers tendus		
Section théorique d'acier	$M_u / (Z_b \times F_{su})$	$A_{st} = 5,55 \text{ cm}^2$

ELLS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,18 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,05 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 30 \text{ MPa}$
Moment de service		$M_{ser} = 0,0280 \text{ MN.m}$
Conditions de fissuration (1) FP, (2) FTP		Type : 2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times F_{c28})$	$\sigma_{bc} = 18 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,40 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \min(2/3 F_e ; \max(1/2 F_e ; 110 \times ((\eta \times F_{tj})^{1/2})))$	
	$FTP = 0.80 \times \sigma_{st} (FP)$	$\sigma_{st} = 172,44 \text{ MPa}$

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,610$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0,137 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d - (y / 3)$	$Z_b = 0,179 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0,22 \text{ MN.m}$
Etat limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	=>> Pas d'aciers comprimés	
	si $M_{rbser} < M_{ser}$	
	=>> Aciers comprimés nécessaires	

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires =>> $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	$A_{st} = 9,07 \text{ cm}^2$
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00 \text{ MPa}$
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} = 0,00 \text{ cm}^2$
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

Tableau n° 11: Tableau récapitulatif des section d'aciers

Panneau	Position	Direction	Armature de base
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 20cm
	Inférieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 20cm
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 15cm
	Supérieur	Longitudinal	HA8 ; e = 20 cm
		Transversal	HA16 ; e = 15cm
Piédroit gauche	Arrière et Avant	Vertical	HA14 ; e = 15 cm
		Horizontal	HA8 ; e = 15 cm
Piédroit droit	Arrière et Avant	Vertical	HA14 ; e = 15 cm
		Horizontal	HA8 ; e = 15 cm

ANNEXE III : CARACTERISTIQUES DE L'AXE EN PLAN DES RUES

Axe en plan rue Môle entrée

Abcisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,136.7927m	309,727.0081m		7.0611
			98.213m	
0+098.21	679,200.7660m	309,652.4879m		396.7836

Axe en plan rue Môle sortie

Abcisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,223.1325m	309,705.6203m		396.0880
			88.012m	
0+088.01	679,165.6511m	309,772.2689m		4.5545

Axe en plan rue A2 section 1

Abcisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	678,987.6427m	308,945.8054m		198.0600
			285.993m	
0+285.99	679,063.9288m	0+285.99		26.4651

Axe en plan rue A2 section 2

Abcisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,083.6349m	309,263.2020m		392.6834
			401.470m	
0+401.47	679,203.7223m	309,646.2910m		396.1296

Axe en plan rue A3

Abcisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,160.0294m	309,173.8711m		290.1154
			81.599m	
0+081.60	679,098.9737m	309,228.0060m		339.8738

Axe en plan rue E1

Abcisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,690.3158m	310,797.3582m		391.9635
			159.097m	
0+159.10	679,690.3158m	310,638.2608m		389.5697

Axe en plan rue F0

Abcisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,210.7738m	309,609.7372m		393.4241
			394.325m	
0+394.33	679,523.5213m	309,369.5677m		336.6652

Axe en plan rue B2 section 2

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	680,001.5945m	310,461.6790m		374.9081
			38.350m	
0+038.35	679,994.2331m	310,499.3156m		376.0710
			206.395m	
0+244.64	679,992.8265m	310,705.7055m		380.4219
			52.466m	
0+296.82	679,978.5851m	310,756.2016m		382.0245
			59.730m	
0+355.47	679,933.9081m	310,795.8455m		384.1096
			61.221m	
0+414.46	679,872.9565m	310,801.5791m		386.1110
			211.461m	
0+625.89	679,661.5372m	310,797.3582m		392.9710

Axe en plan rue B2 section 1

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	680,186.2456m	310,401.6500m		367.7306
			186.963m	
0+186.96	680,003.3334m	310,440.3599m		374.3227

Axe en plan rue F1

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,207.2337m	309,660.9457m		396.2843
			248.910m	
0+248.91	679,290.6882m	309,895.4485m		395.5449
			70.942m	
0+319.65	679,332.0290m	309,953.0999m		393.8170
			71.245m	
0+390.90	679,374.9642m	310,009.9539m		391.1439
			90.129m	
0+475.36	679,463.7051m	309,994.1953m		385.8228

Axe en plan rue F12

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,779.9938m	309,933.7052m		366.0998
			463.817m	
0+463.82	679,928.0007m	310,373.2737m		374.8882
			90.033m	
0+551.92	679,993.0924m	310,435.4754m		374.5371

Axe en plan rue F13

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	680,012.5292m	310,092.5209m		363.4902
			171.738m	
0+171.74	679,843.9272m	310,125.1926m		370.8683

Axe en plan rue F2

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,220.7920m	309,658.4629m		394.4336
			167.470m	
0+167.47	679,386.4645m	309,633.9888m		375.0781
			435.679m	
0+603.15	679,813.9748m	309,550.0157m		342.7211

Axe en plan rue F3

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,472.9127m	309,993.1659m		385.1951
			312.785m	
0+312.78	679,779.9940m	309,933.7059m		366.0998

Axe en plan rue F4

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,348.5136m	309,639.5951m		378.4688
			367.890m	
0+367.89	679,466.1025m	309,988.1868m		385.4670

Axe en plan rue F5

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,501.6588m	309,611.3619m		362.8737
			372.687m	
0+372.69	679,620.5360m	309,964.5817m		375.3307

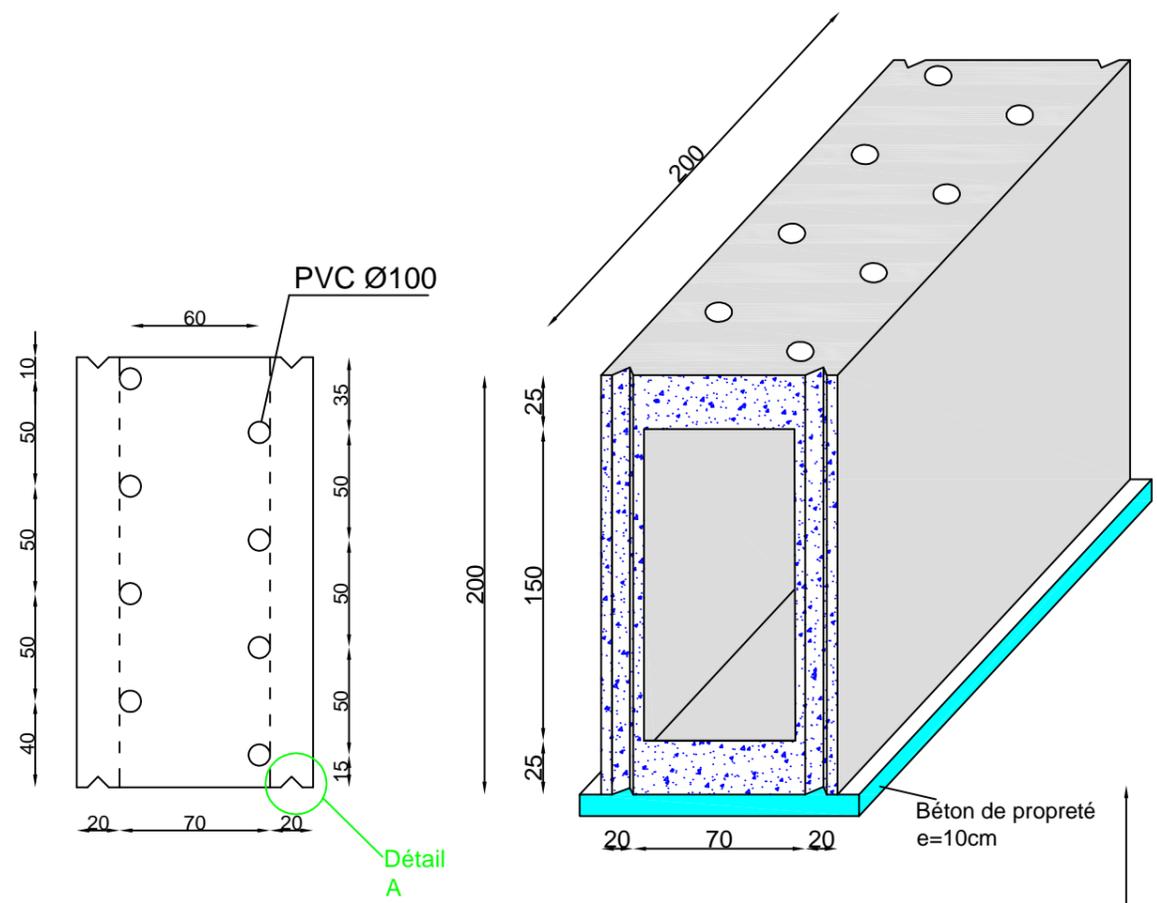
Axe en plan rue F8

Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,662.8828m	309,579.6938m		350.8173
			372.880m	
0+372.88	679,779.9940m	309,933.7059m		366.0998

Axe en plan rue F9

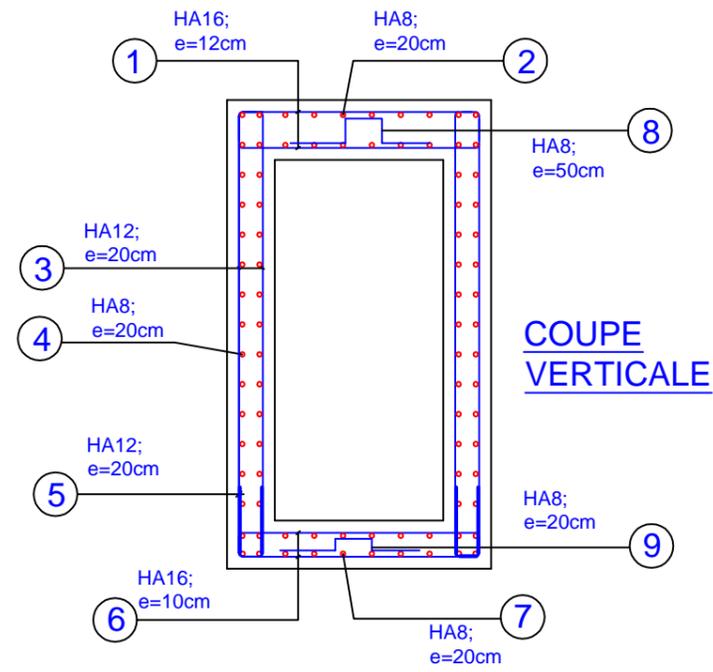
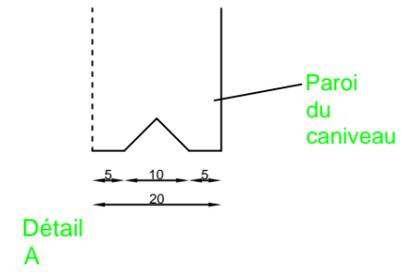
Abscisse	Y	X	Distance	Gis (gr)
0+000.00	679,813.9710m	309,550.0044m		342.7204
			368.812m	
0+368.81	679,929.3841m	309,900.2930m		358.6100

ANNEXE IV : PANLS DE COFFRAGES DE FERRAILLAGES DES OUVRAGES (CANIVEAU ET TUNNEL)

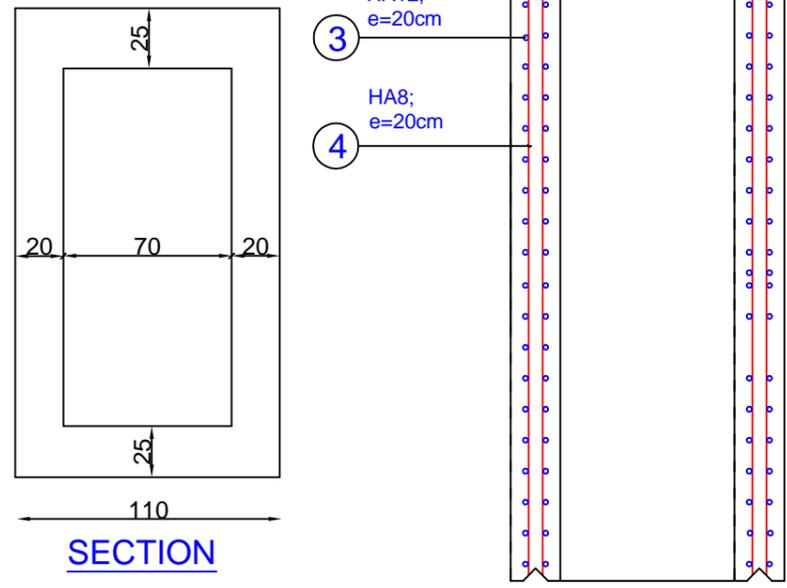


VUE DE DESSUS

PERSPECTIVE



COUPE VERTICALE



SECTION

Nomenclature						
Barre	Long.	Forme	Nbre	Long.totale(m)	Poids(kg)	
1	HA16	242		18	43,56	68,74
2	HA8	190		12	22,8	9,01
3	HA12	390		24	93,6	83,12
4	HA8	190		44	83,6	33,02
5	HA12	180		24	43,2	38,36
6	HA16	242		22	53,24	84,01
7	HA8	190		12	22,8	9,01
8	HA8	90,4		5	4,52	1,79
9	HA8	90,4		11	9,94	3,93
			HA8	84	143,66	56,75
			HA12	48	136,8	121,48
			HA16	40	96,8	152,75
FeE400 B30 e= 5 cm				Poids total		330,98
section béton : 2,3 m³				Poids total avec chutes (10%)		364,08
Ratio : 158,29 Kg/m³						

COUPE HORIZONTALE



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ (TOGO)

Page

Mangamana AMOUZOU
Master 2 Génie-Civil

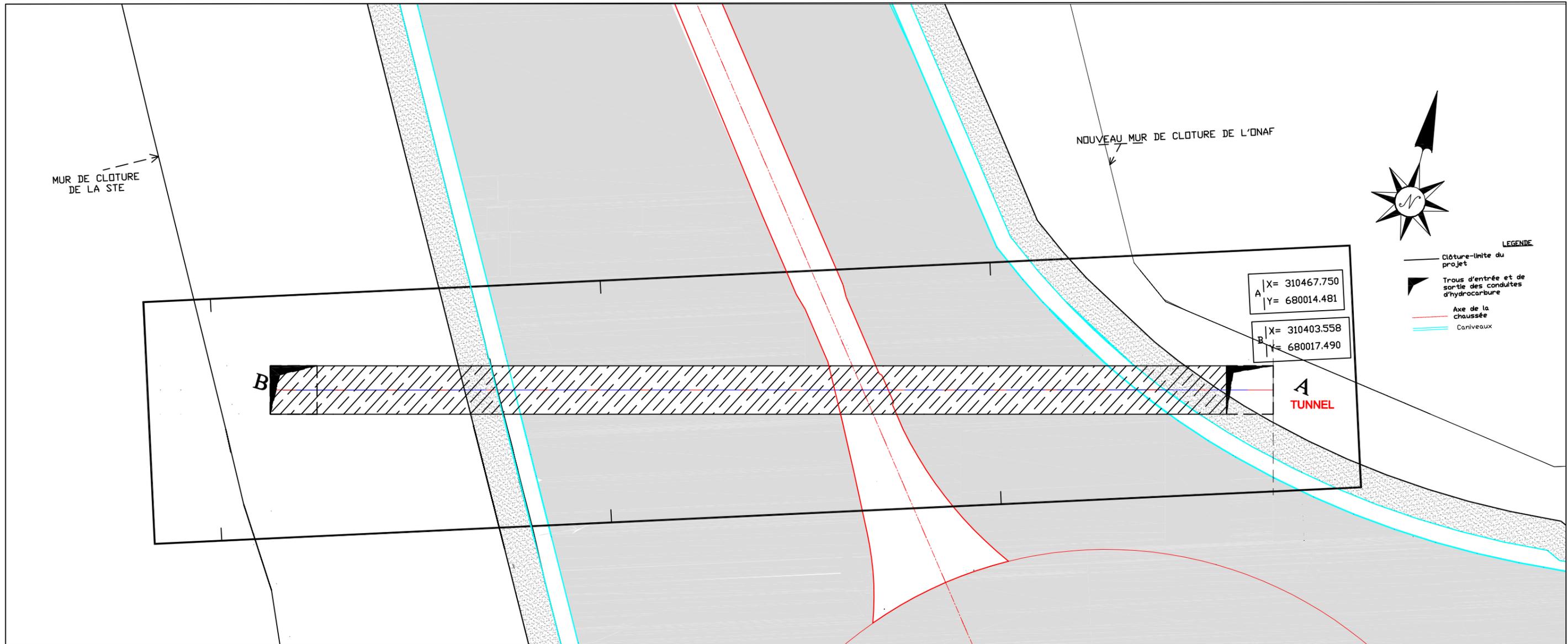
Canivaux 70 X 150

ENTREPRISE: CECO SA



PLAN DE COFFRAGE, ET DE
FERRAILLAGE DU CANIVAUX

115



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUE ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME



Mangamana AMOUZOU
Master 2 Génie-Civil

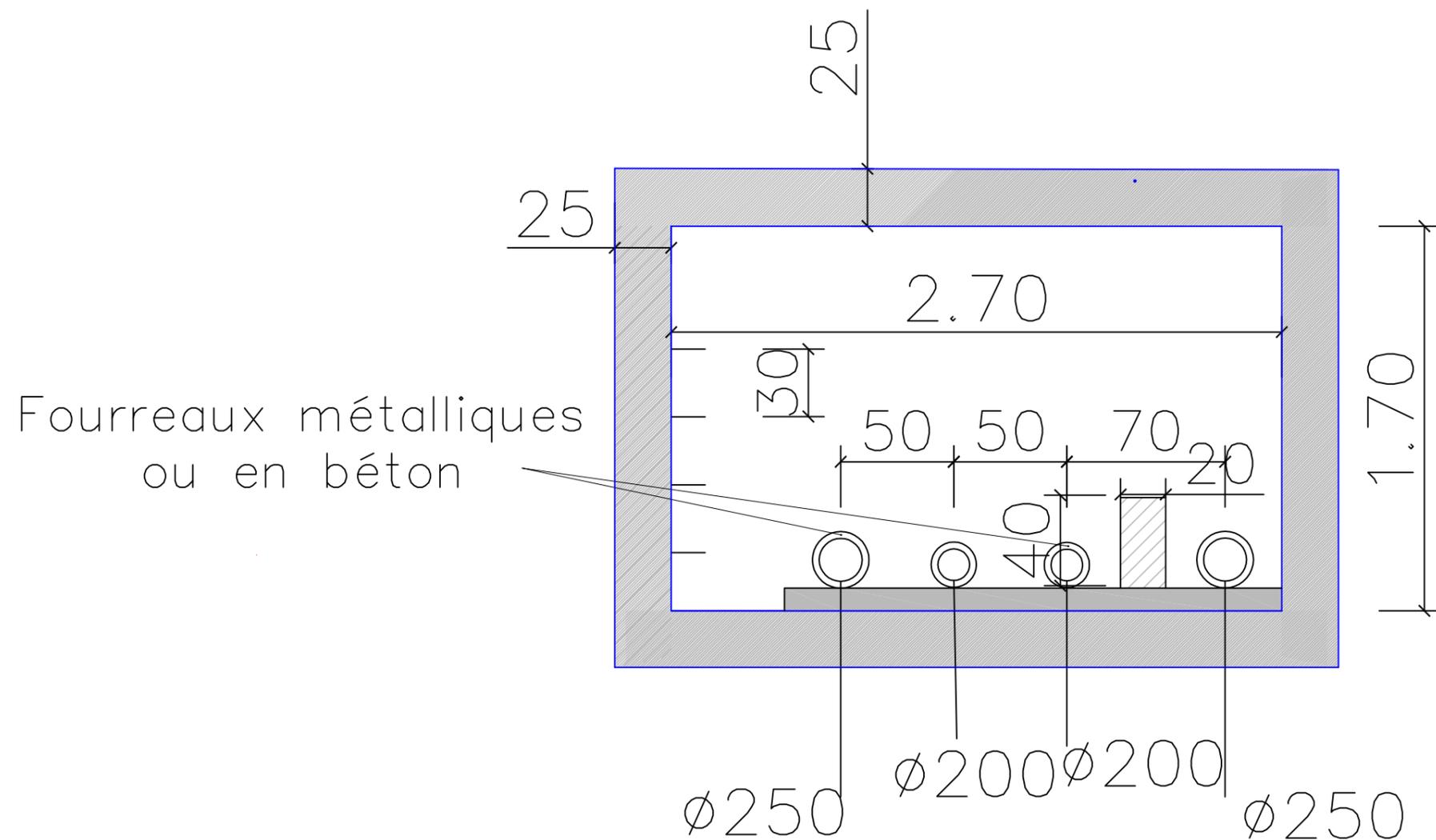
CONSTRUCTION DU TUNNEL
170 x 270



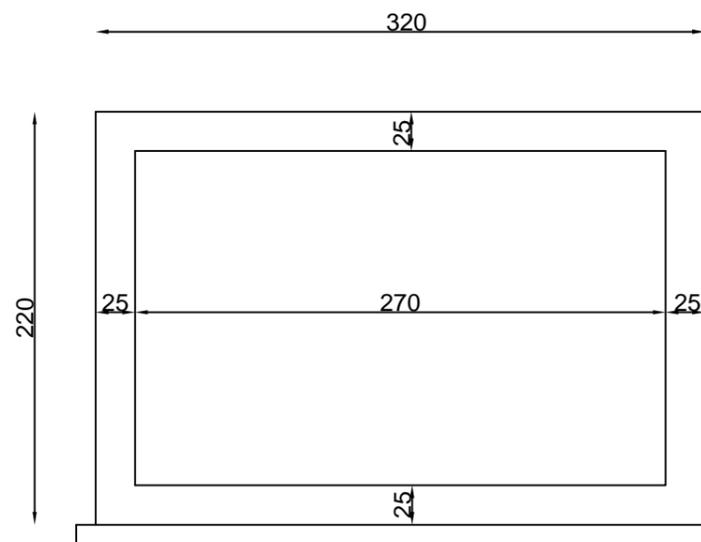
VUE EN PLAN

Page

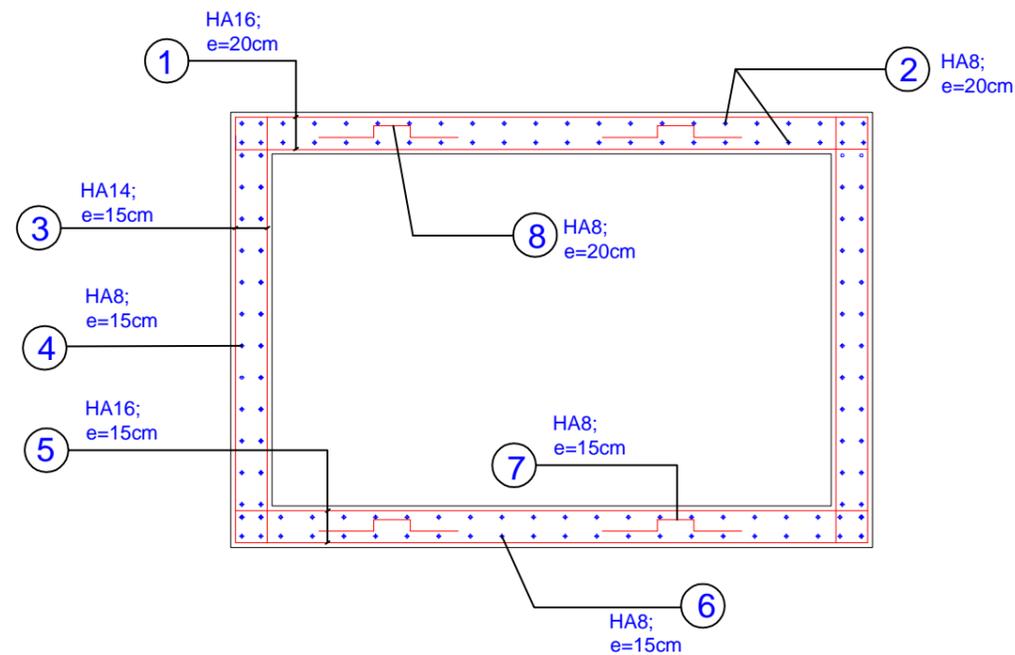
116



COUPE TRANSVERSALE DANS LA PARTIE COURANTE DU TUNNEL



SECTION COURANTE



COUPE VERTICALE



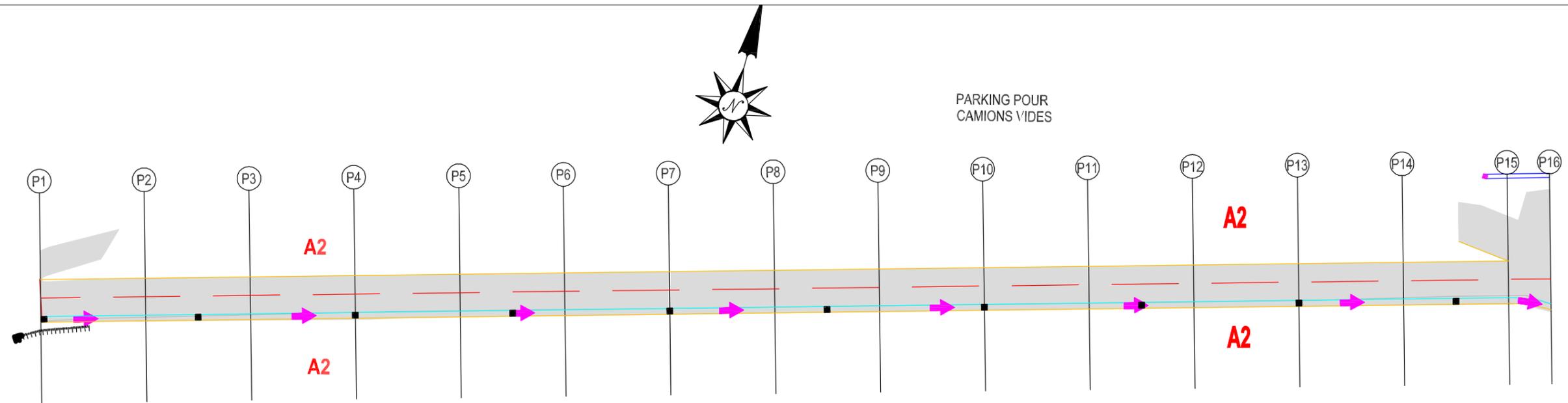
COUPE HORIZONTALE sur 1ml

Nomenclature						
Barre	Long.	Forme	Nbre	Long.totale(m)	Poids(kg)	
1	HA16	662		6	39,72	62,68
2	HA8	95		32	30,4	12,01
3	HA14	435		14	60,9	73,57
4	HA8	95		60	57	22,52
5	HA16	662		7	46,34	73,12
6	HA8	95		42	39,9	15,76
7	HA8	90,4		14	12,66	5
8	HA8	90,4		10	9,04	3,57
			HA8	158	148,97	58,85
			HA14	14	60,9	73,57
			HA16	13	86,06	135,8
FeE400 B30 e= 5 cm				Poids total		268,2
section béton : 2,45 m³				Poids total avec chutes (10%)		295,0
Ratio : 120,43 Kg/m³						

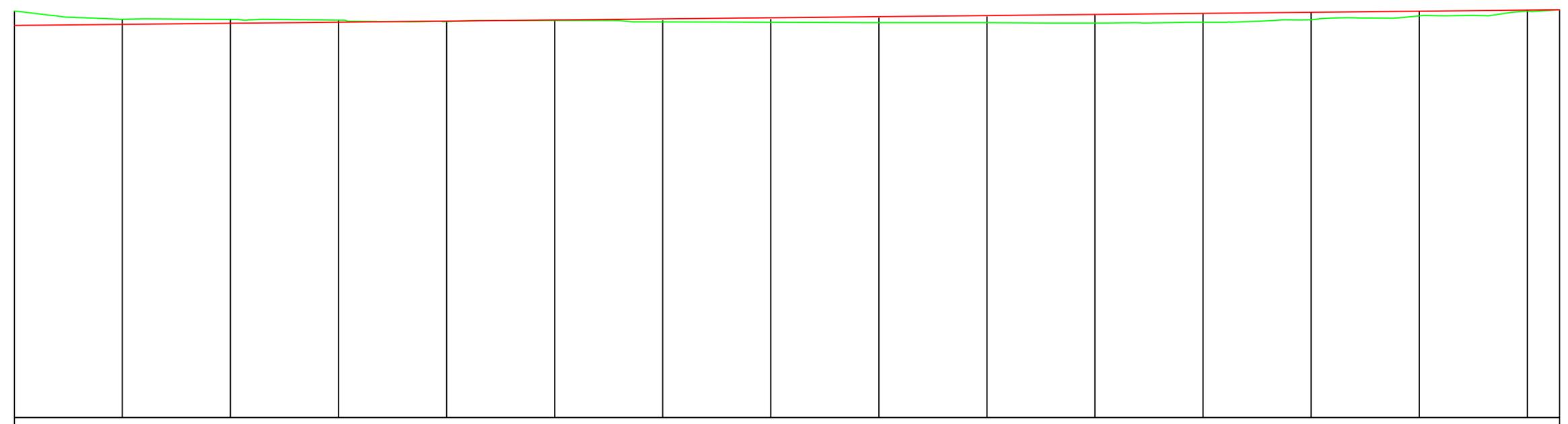
ANNEXE V : TRACES COMBINES (TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG) DES RUES

Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- Sens de l'écoulement des eaux
- || Collecteur existant



PL : Axe Rue A2
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0



Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
Cotes Terrain	4.39	4.73	4.73	4.70	4.65	4.69	4.63	4.62	4.60	4.61	4.59	4.62	4.71	4.66	5.03	5.08
Cotes Projet	4.39	4.44	4.49	4.53	4.58	4.63	4.68	4.73	4.78	4.82	4.87	4.92	4.97	5.02	5.07	5.08
TN - Projet	0.65	0.29	0.24	0.16	0.07	0.06	0.05	0.11	0.17	0.22	0.28	0.33	0.24	0.15	0.05	0.01
Distances Cumulées	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	285.99
Alignements et Courbes																
Diagramme des Dévers																
Déclivité Projet	P=0.2% L=285.99															

ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ



Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue A2 section 1

ENTREPRISE: CECO SA

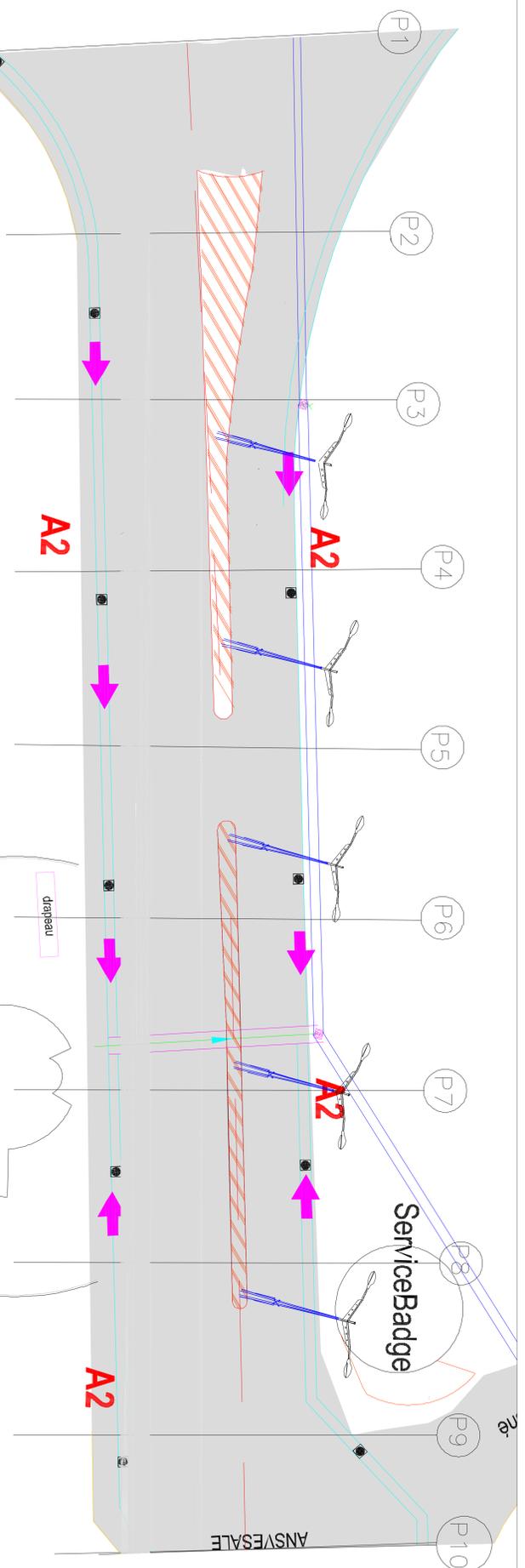


TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page

120

- Légende
- Axe projet
 - Limite projet
 - Caniveau
 - Ligne projet
 - Ligne TN
 - Sens de l'écoulement des eaux
 - Collecteur existant
 - Lampadaire



PL : Rue A2 Section 2
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

Cotes Terrain	
Cotes Projet	
TN – Projet	
Distances Cumulées	
Déclivité Projet	

Alignements et Courbes
 Diagramme des Dévers

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Cotes Terrain	4.86	4.89	4.84	4.87	4.87	4.71	4.62	4.71	4.80	4.80
Cotes Projet	4.86	4.89	4.84	4.87	4.87	4.71	4.62	4.71	4.80	4.80
TN – Projet	4.86	4.89	4.84	4.87	4.87	4.71	4.62	4.71	4.80	4.80
Distances Cumulées	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	170.00
Déclivité Projet	P=-0.1% L=170									

ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamama AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue A2
 section 2

ENTREPRISE: CECO SA

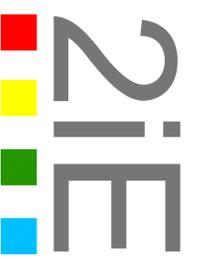


TRACE COMBINE

(TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

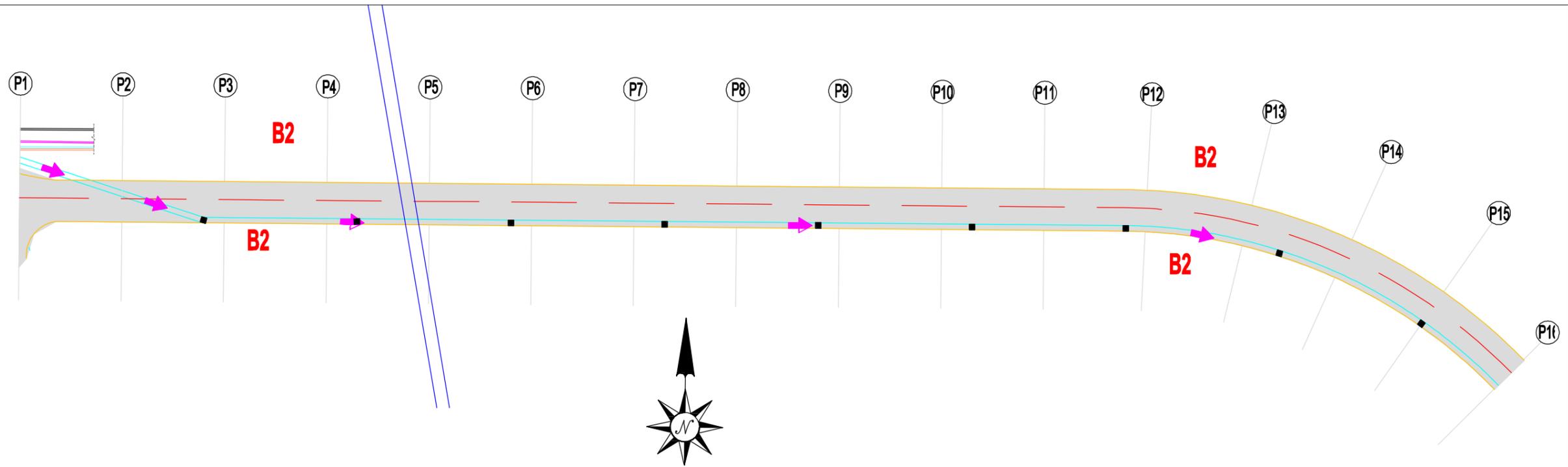
Page

121



Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant
- Lampadaires



PL : Axe Rue B2 section 2
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
Cotes Terrain	5.93	5.89	5.85	5.87	5.81	5.77	5.72	5.67	5.63	5.60	5.54	5.48	5.43	5.37	5.26	5.34
Cotes Projet	5.83	5.89	5.85	5.81	5.77	5.75	5.69	5.65	5.62	5.58	5.54	5.50	5.46	5.42	5.38	5.34
TN - Projet	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	-0.01	-0.03	-0.05	-0.11	0.00
Distances Cumulées	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00
Déclivité Projet	-0.03															
Alignements et Courbes																
Diagramme des Dévers																



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue B2 Section 2
 (P1-P16)

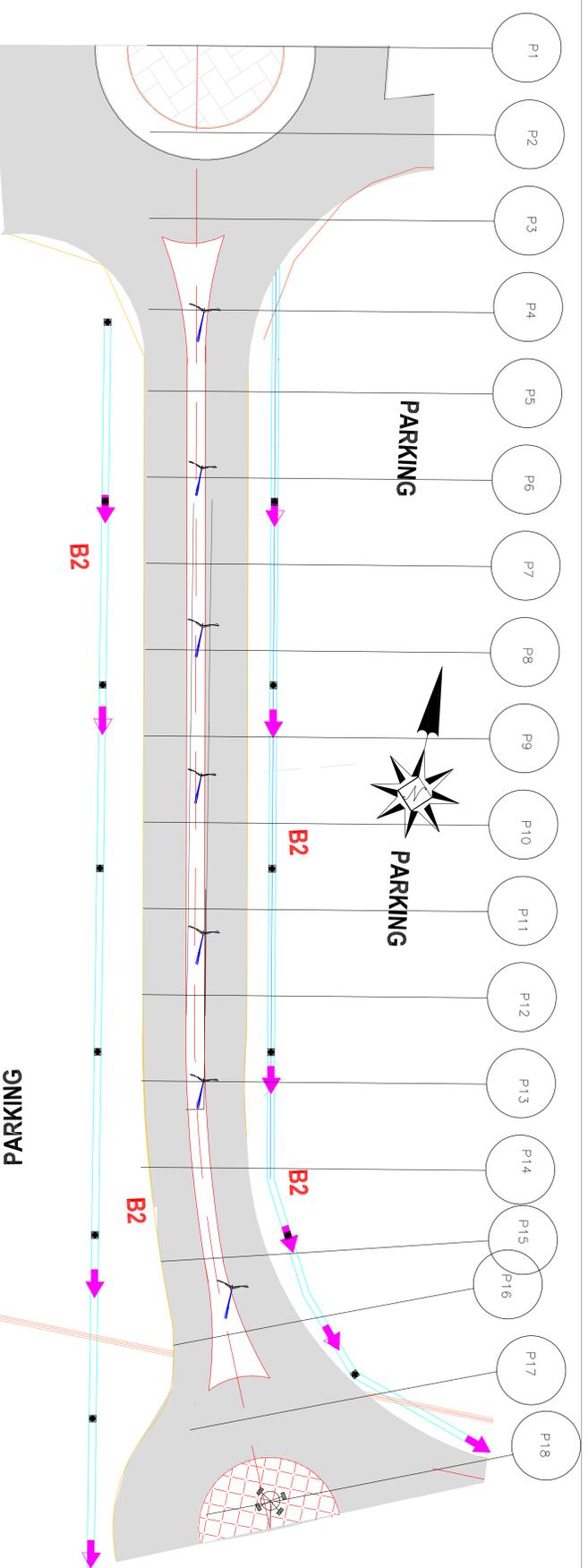
ENTREPRISE: CECO SA

TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page
 122

Légende

-  Axe projet
-  Limite projet
-  Carrievau
-  Ligne projet
-  Ligne TN
-  Sens de l'écoulement des eaux
-  Collecteur existant
-  Lampodaires



PL : Rue B2 section 1
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -5.0

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
Cotes Terrain	6.42	6.22	6.10	5.96	6.02	6.02	5.96	5.88	5.86	5.85	5.88	5.95	6.02	6.02	5.93	5.98	6.01	6.04
Cotes Projet	6.17	6.17	6.16	6.16	6.15	6.15	6.14	6.13	6.13	6.12	6.12	6.11	6.11	6.10	6.09	6.09	6.08	6.08
TN – Projet	0.24	0.05	-0.07	-0.20	-0.13	-0.12	-0.18	-0.25	-0.27	-0.27	-0.23	-0.16	-0.09	-0.08	-0.16	-0.11	-0.07	-0.03
Distances Cumulées	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00	150.00	160.00	170.00
Déclivité Projet																		
Alignements et Courbes																		
Diagramme des Dévers																		

P=-0.1%

L=170

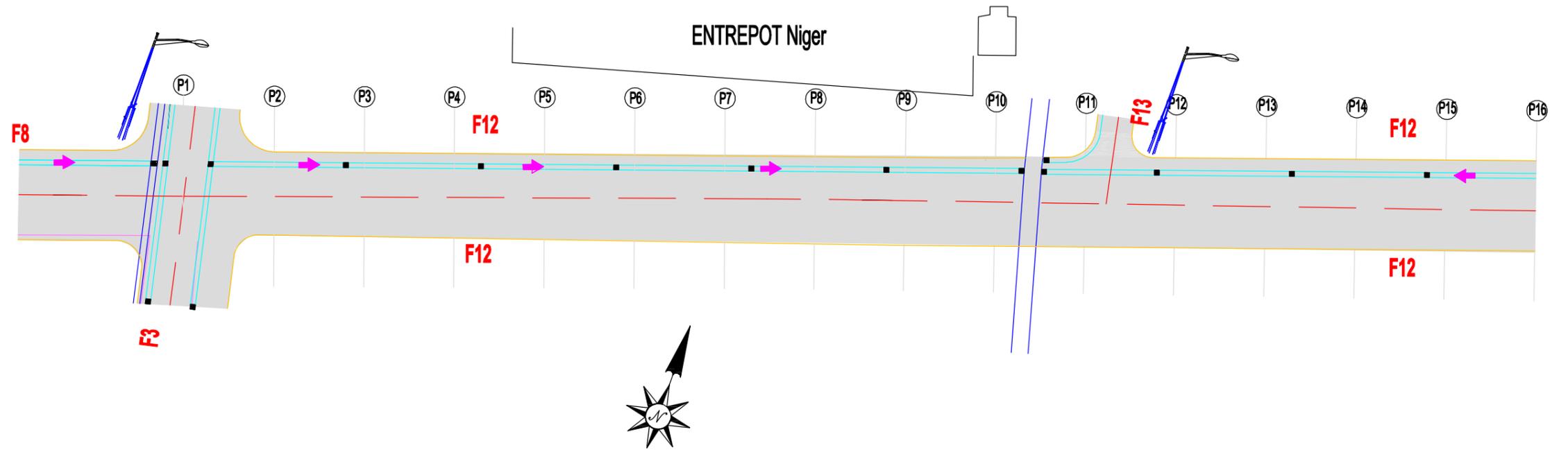
Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- - - Ligne projet
- Ligne TN

← Sens de l'écoulement des eaux

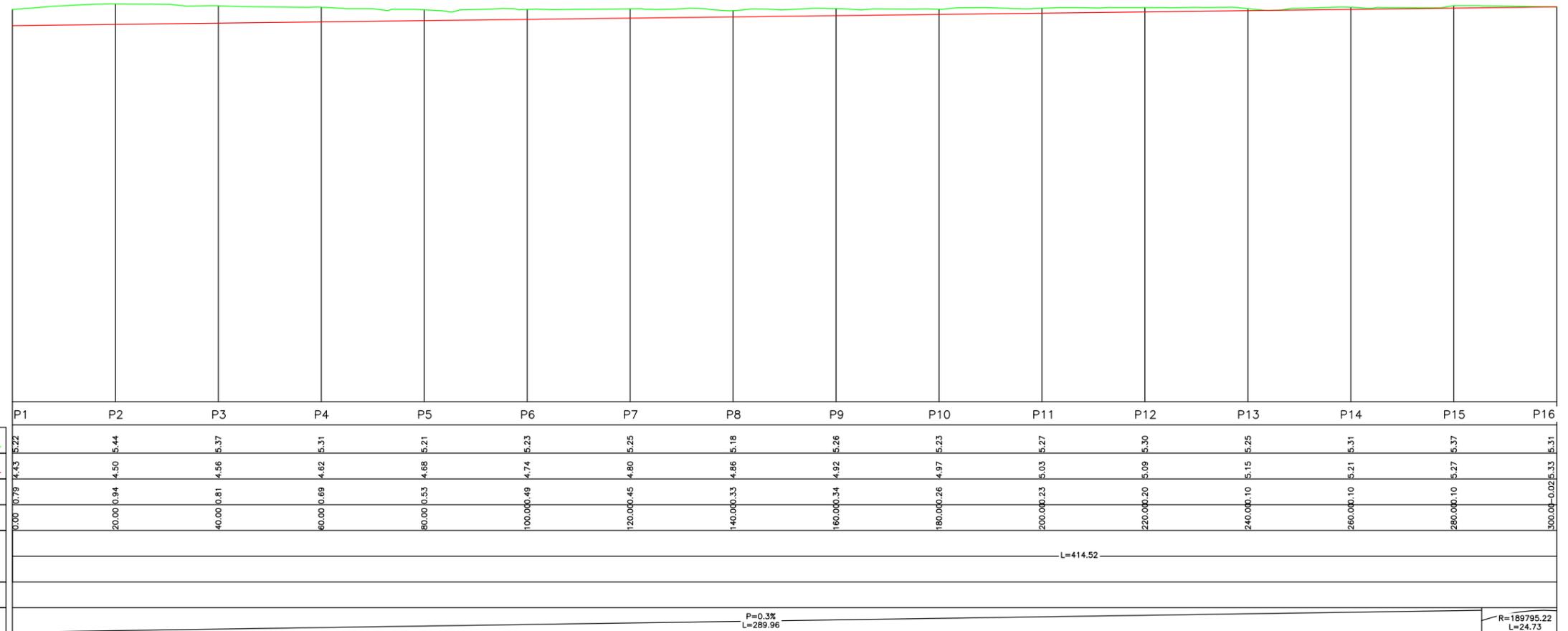
|| Collecteur existant

L Lampadaires



PL : Axe Rue F12
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue F12
 (P1-P16)

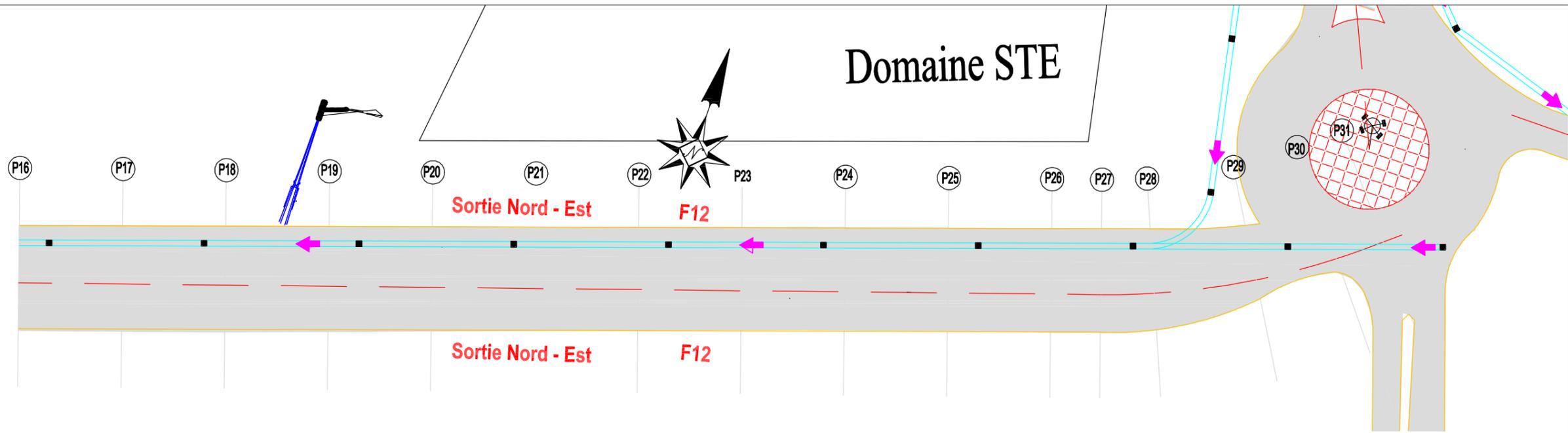
ENTREPRISE: CECO SA

TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page
 125

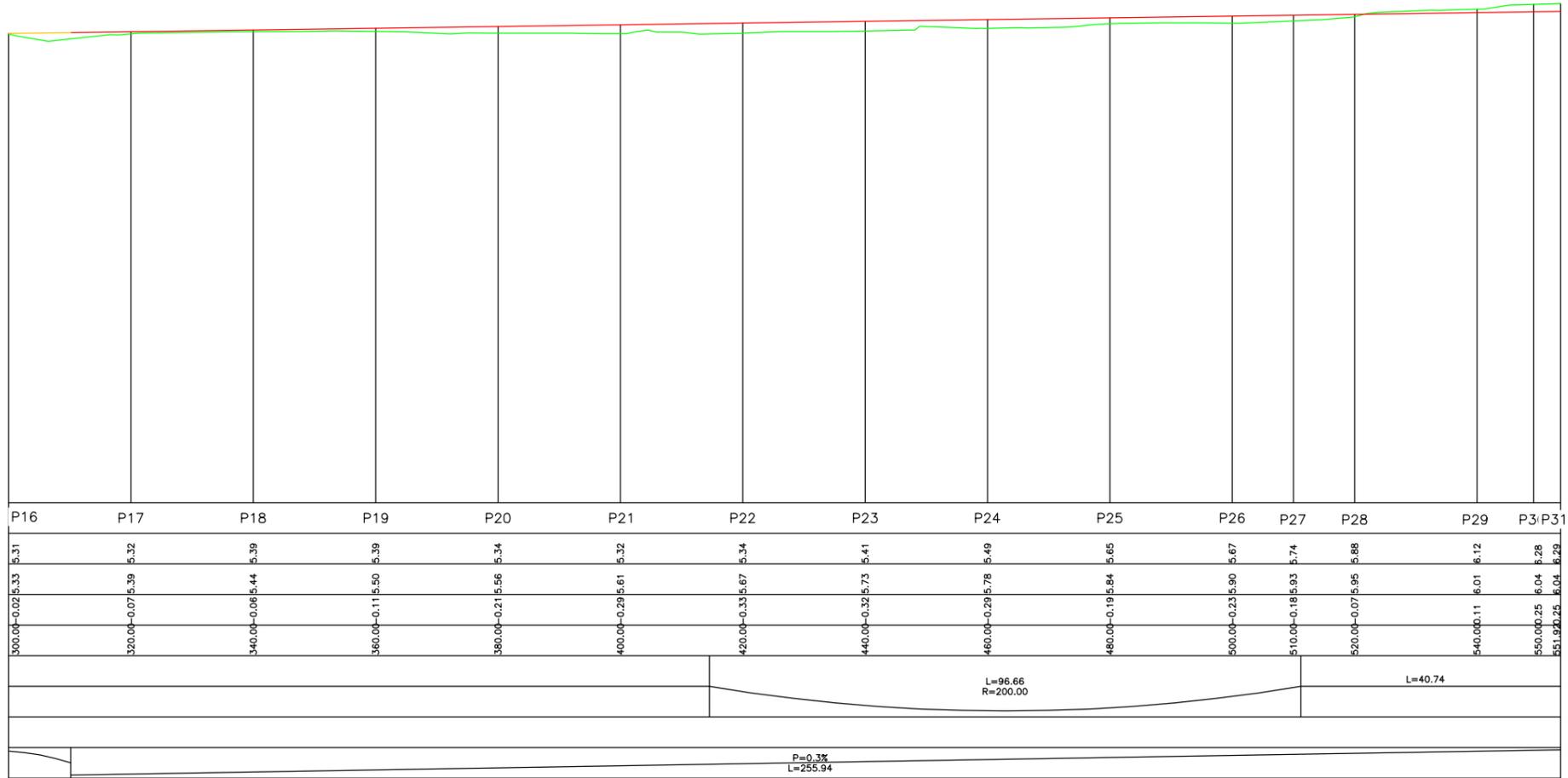
Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant
- L Lampadaires



PL : Axe Rue F12
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue F12
 (P16-P31)

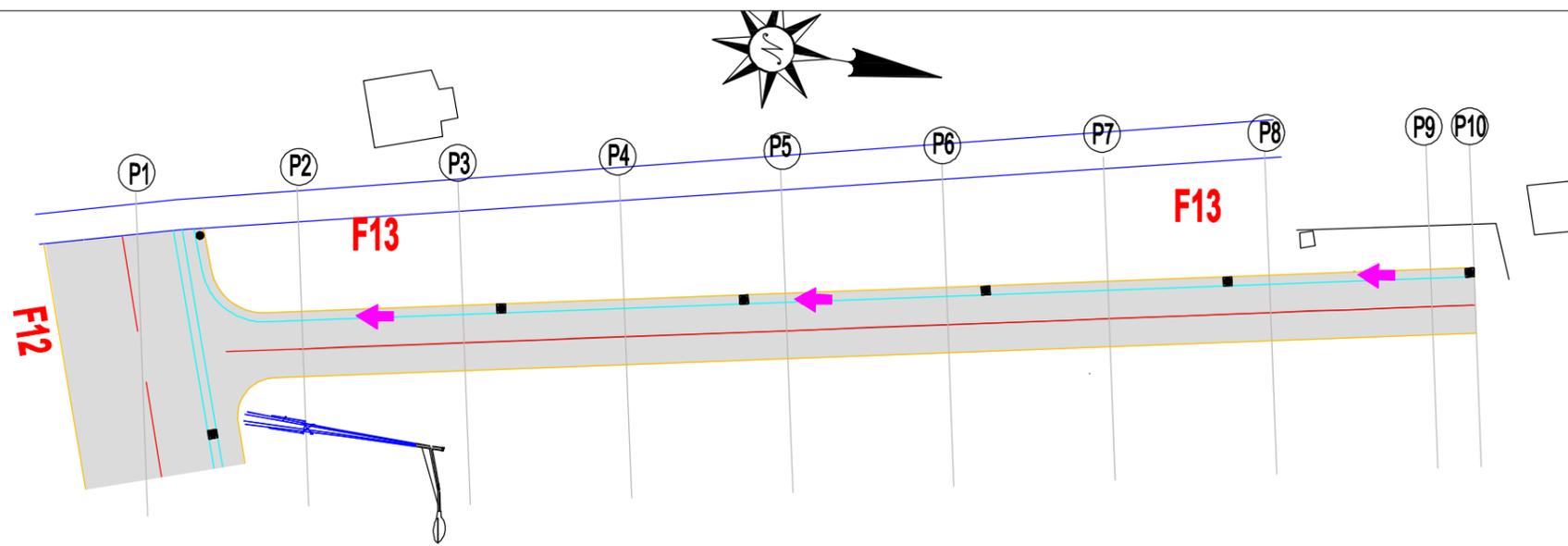
ENTREPRISE: CECO SA

TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

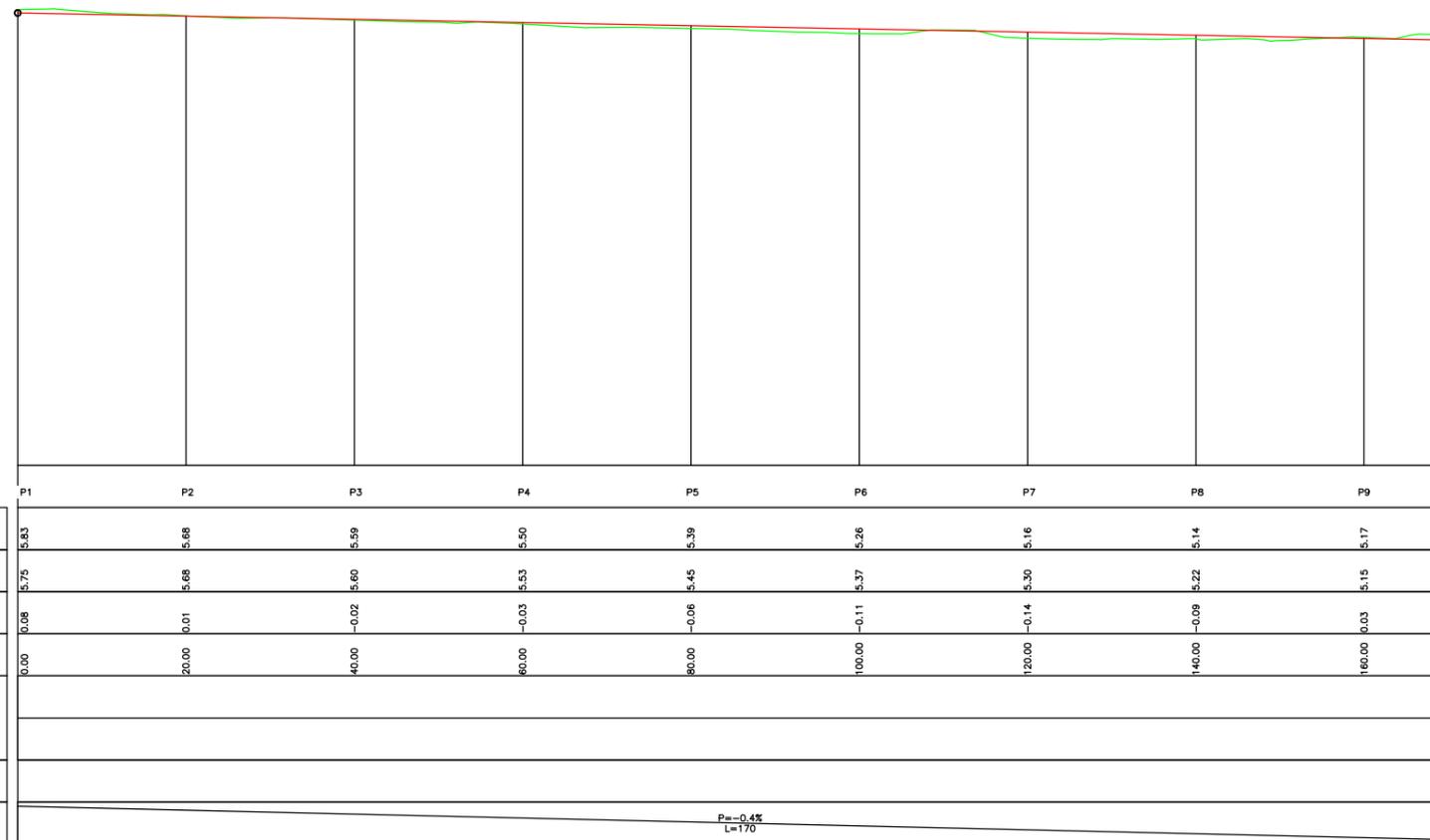
Page
 126

Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant
- └ Lampadaire



PL : Axe Rue F13
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -5.0



Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ (TOGO)

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue F13

ENTREPRISE: CECO SA



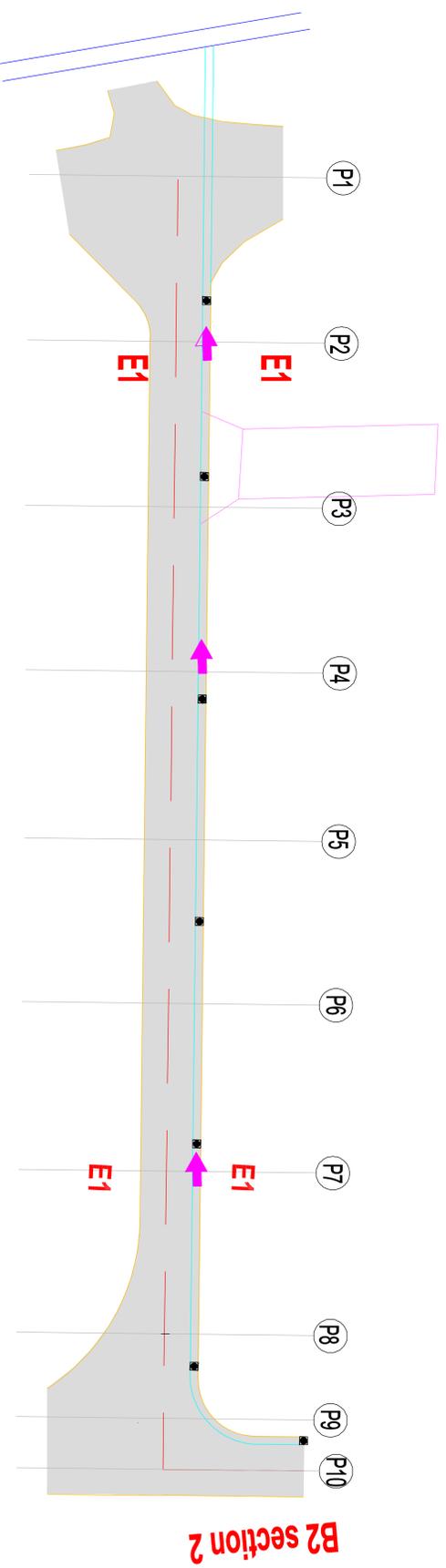
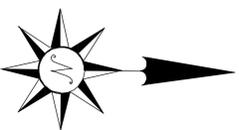
TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page

127

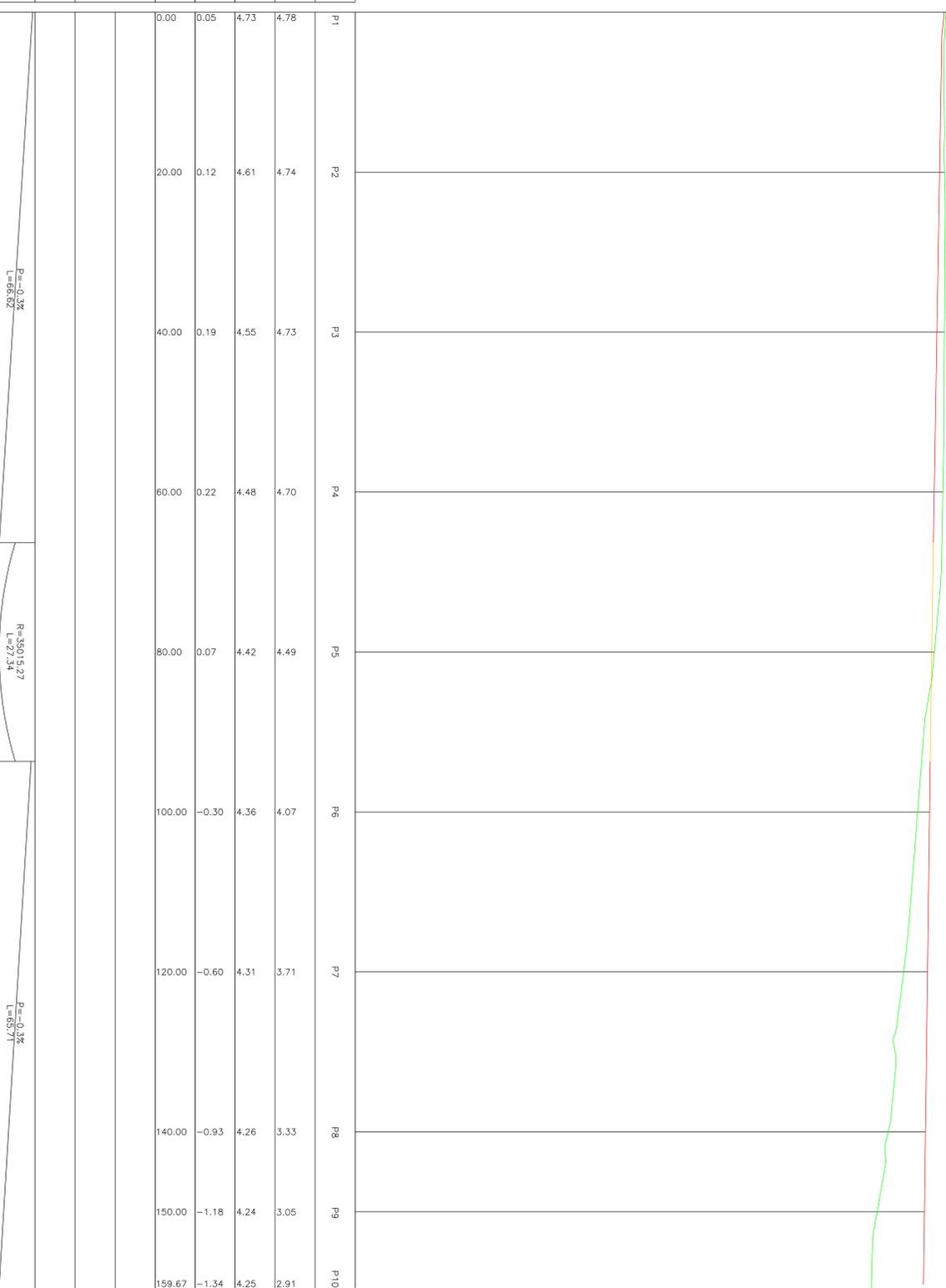
Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Cariveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ➔ Sens de l'écoulement des eaux
- // Collecteur existant



PL : Axe Rue E1
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

N° Profil	
Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN – Projet	
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

Rue E1

ENTREPRISE: CECO SA

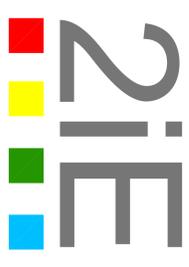


TRACE COMBINE

(TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

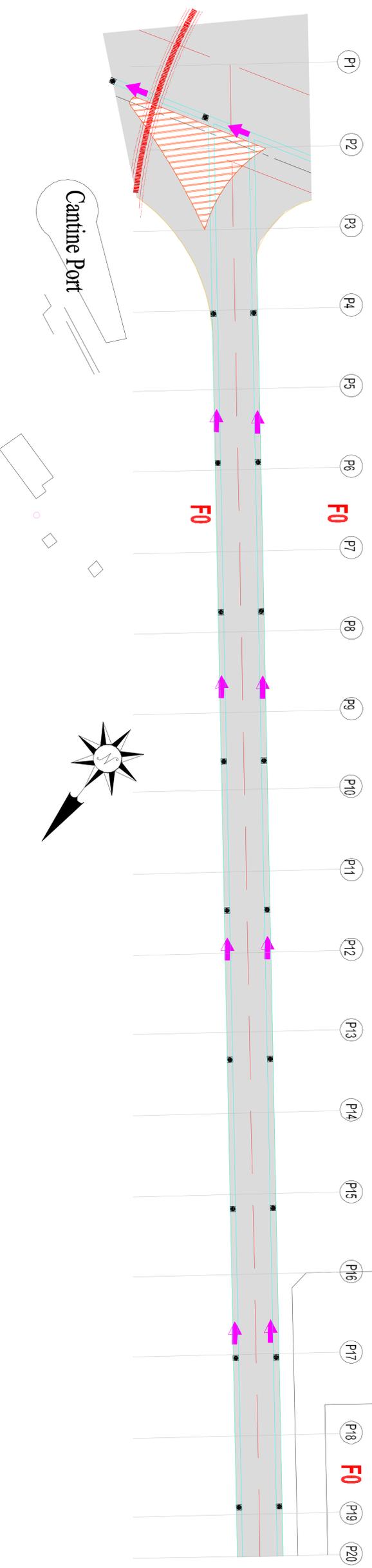
Page

128



Légende

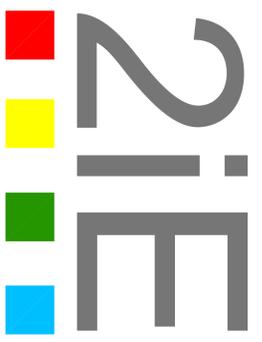
-  Axe projet
-  Limite projet
-  Caniveau
-  Ligne projet
-  Ligne TN
-  Sens de l'écoulement des eaux
- 



PL : Axe Rue F0
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10,0

N° Profil	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
Cotes Terrain	4.63	4.27	4.30	4.49	4.56	4.80	4.59	4.68	4.74	4.94	4.91	4.87	4.70	4.75	4.93	4.93	4.99	5.01	4.78	4.84
Cotes Projet	4.20	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45	4.49	4.52	4.55	4.58	4.62	4.65	4.68	4.71	4.74	4.78	4.79
TN - Projet	0.43	0.05	0.04	0.19	0.23	0.44	0.20	0.26	0.29	0.45	0.39	0.32	0.11	0.14	0.28	0.25	0.28	0.26	0.11	0.05
Distances Cumulées	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00	320.00	340.00	360.00	370.00
Alignements et Courbes																				
Diagramme des Dévers																				
Déclivité Projet																				

ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ



Mangamama AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

Rue F0

ENTREPRISE: CECO SA



TRACE COMBINE

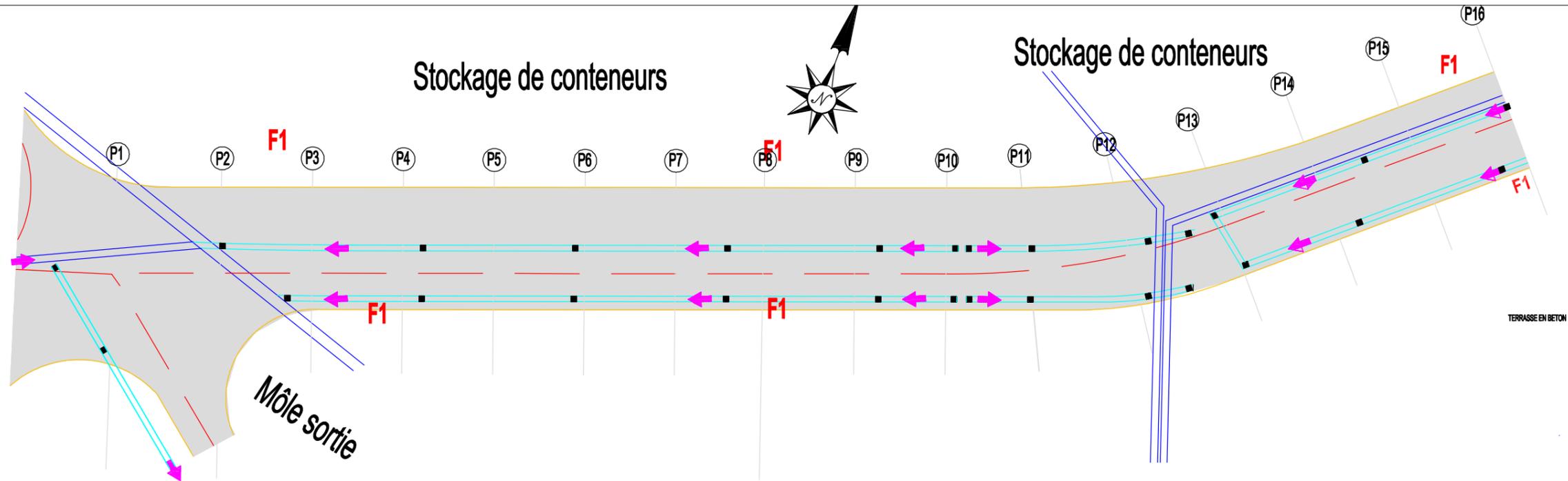
(TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page

129

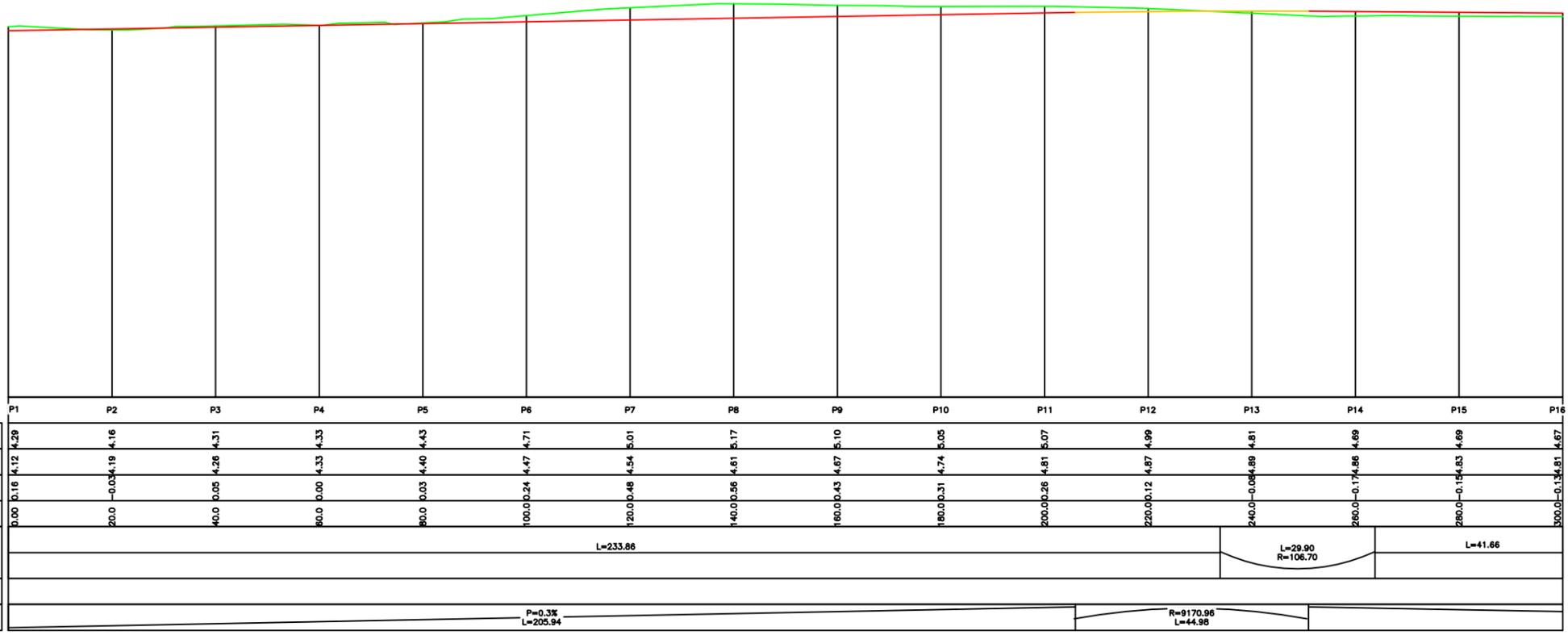
Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- - - Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant
- └ Lampadaire



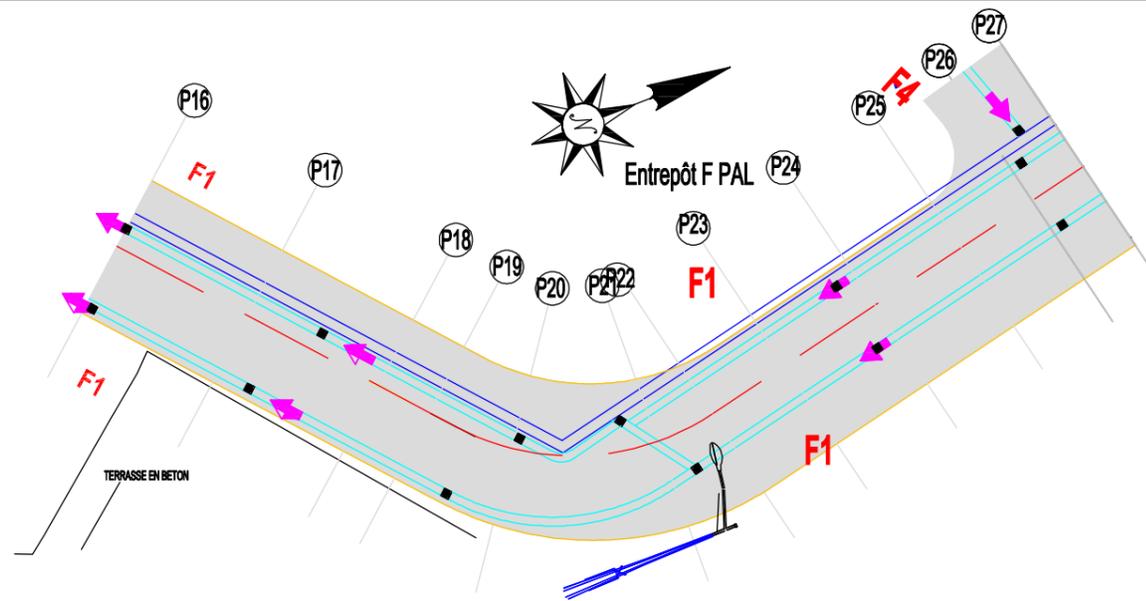
PL : Axe Rue F1
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	

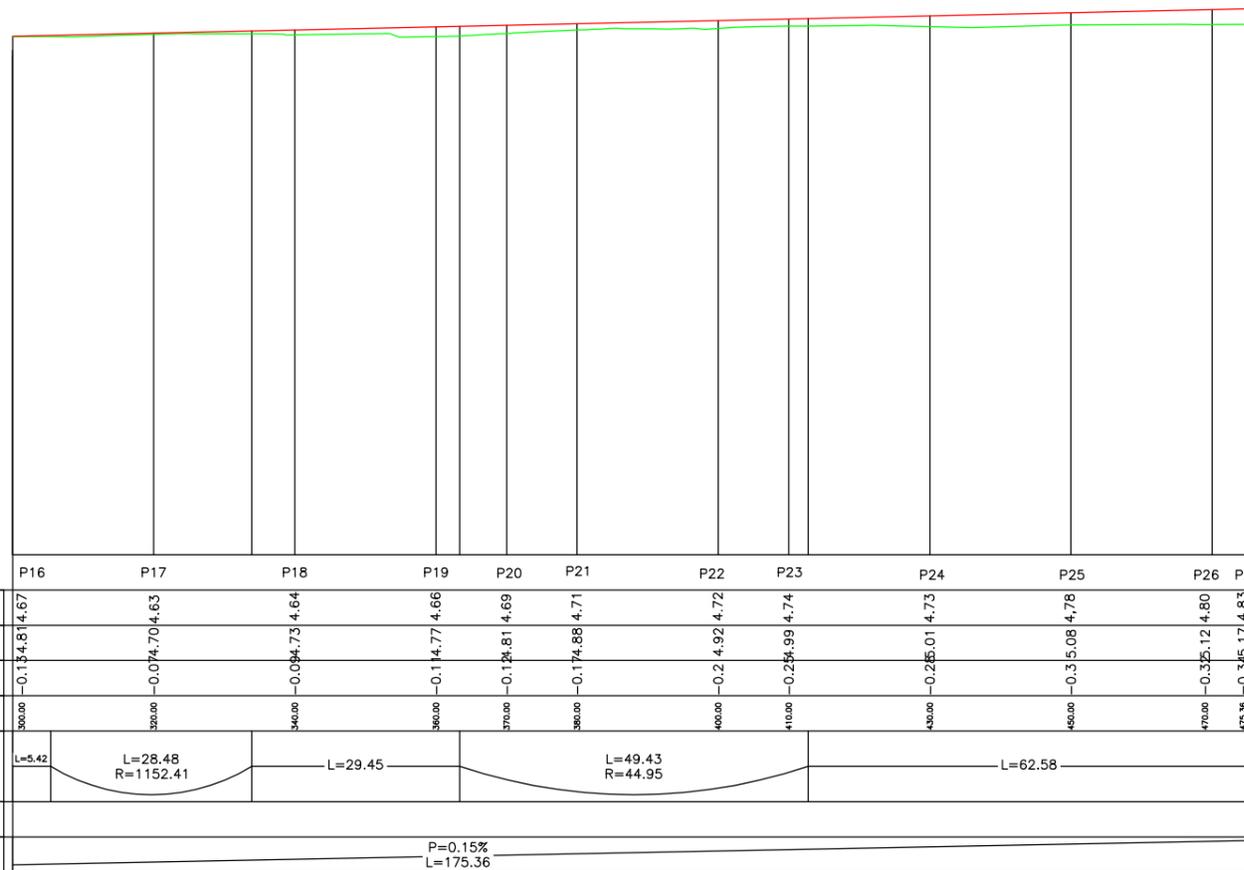


Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant
- ⊥ Lampadaire

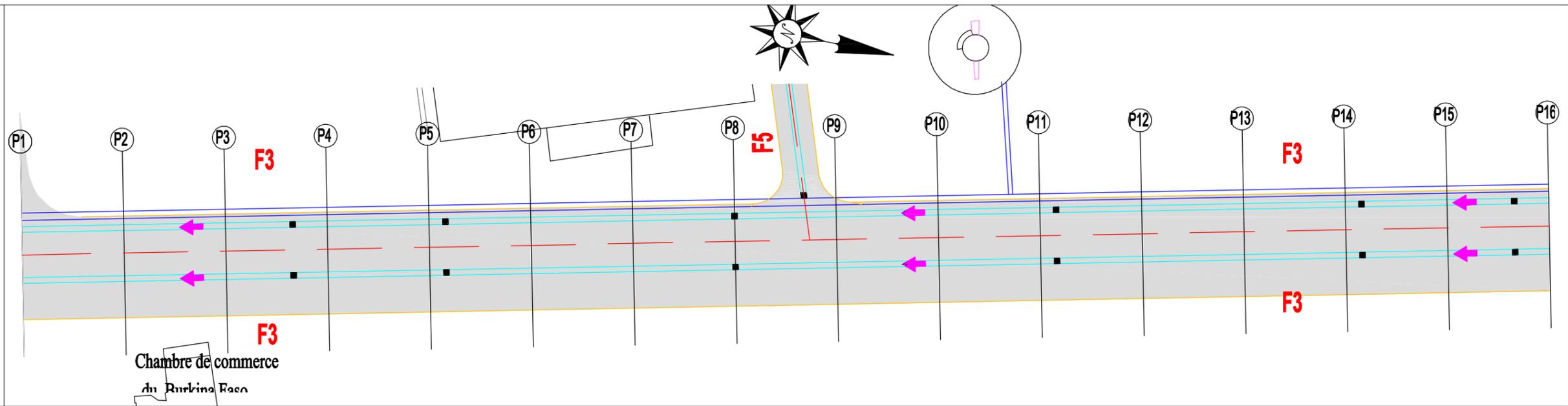


PL : Axe Rue F1
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

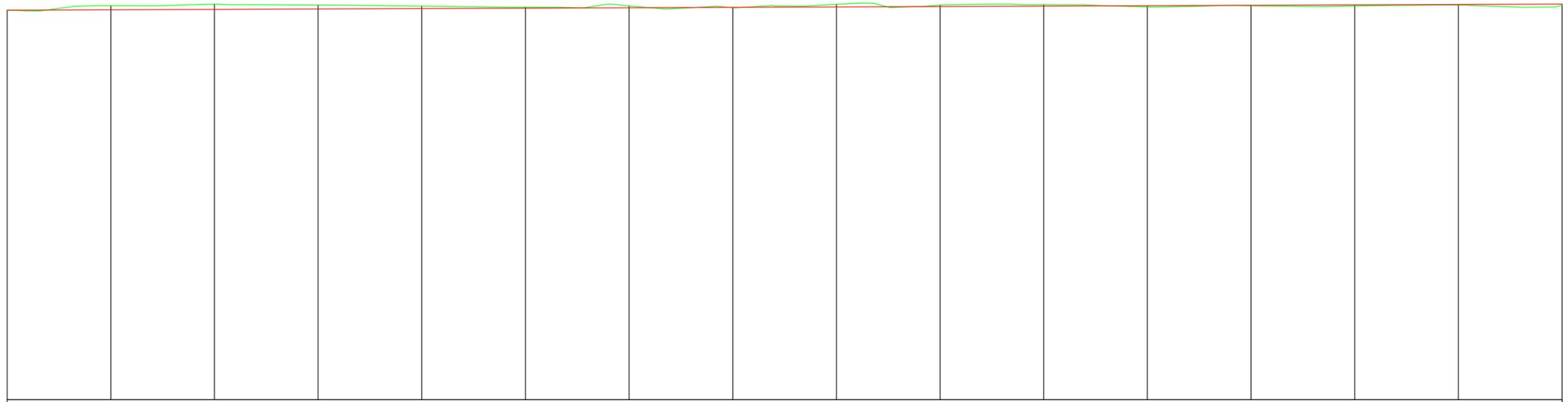


Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant



PL : Axe Rue F3
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
Cotes Terrain	15.03	15.20	15.26	15.23	15.18	15.14	15.19	14.12	15.26	15.22	15.24	15.15	15.20	15.19	15.23	15.21
Cotes Projet	15.03	15.04	15.06	15.08	15.09	15.11	15.12	14.14	15.16	15.17	15.19	15.20	15.22	15.24	15.25	15.27
TN - Projet	0.01	0.16	0.20	0.15	0.09	0.04	0.07	-0.02	0.10	0.05	0.05	-0.05	-0.02	-0.04	-0.02	-0.05
Distances Cumulées	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00
Alignements et Courbes																
Diagramme des Dévers																
Déclivité Projet	P=0.1% L=300															



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue F3

ENTREPRISE: CECO SA



TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page

132

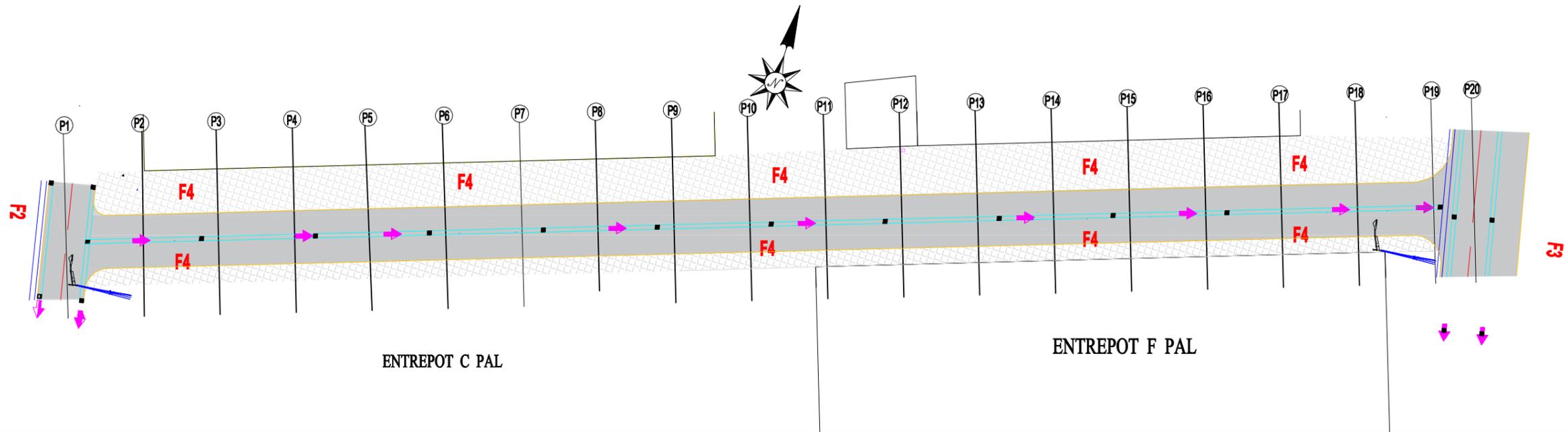
Légende

-  Axe projet
-  Limite projet
-  Caniveau
-  Ligne projet
-  Ligne TN

 Sens de l'écoulement des eaux

 Collecteur existant

 Lampadaires



PL : Axe Rue F4
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
Cotes Terrain	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Cotes Projet	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
TN - Projet	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Distances Cumulées	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00	320.00	340.00	360.00	380.00
Alignements et Courbes																				
Diagramme des Dévers																				
Déclivité Projet																				



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

Rue F4

ENTREPRISE: CECO SA



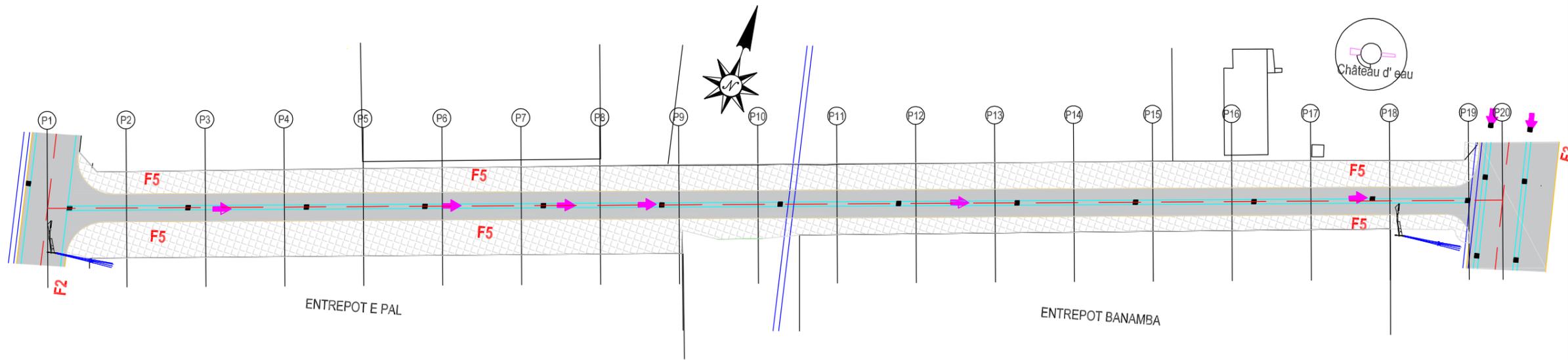
TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page

133

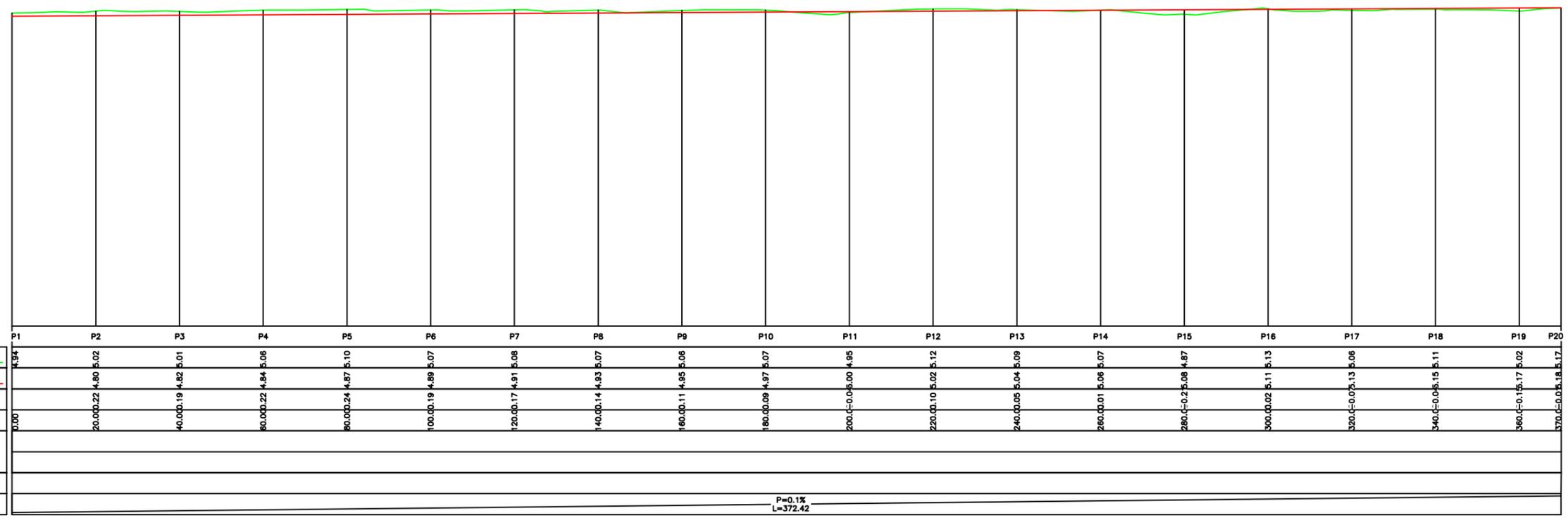
Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant
- └ Lampadaires



PL : Axe Rue F5
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	



P=0.1%
 L=372.42



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue F5

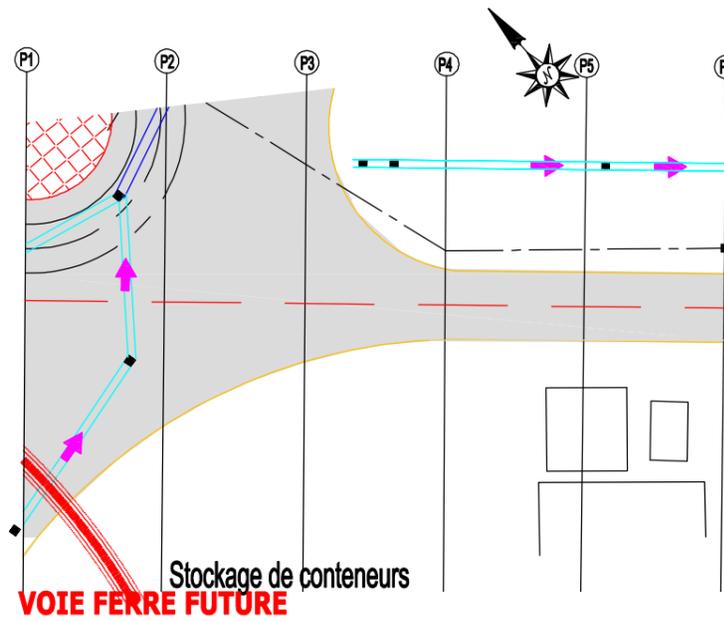
ENTREPRISE: CECO SA

TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page
 134

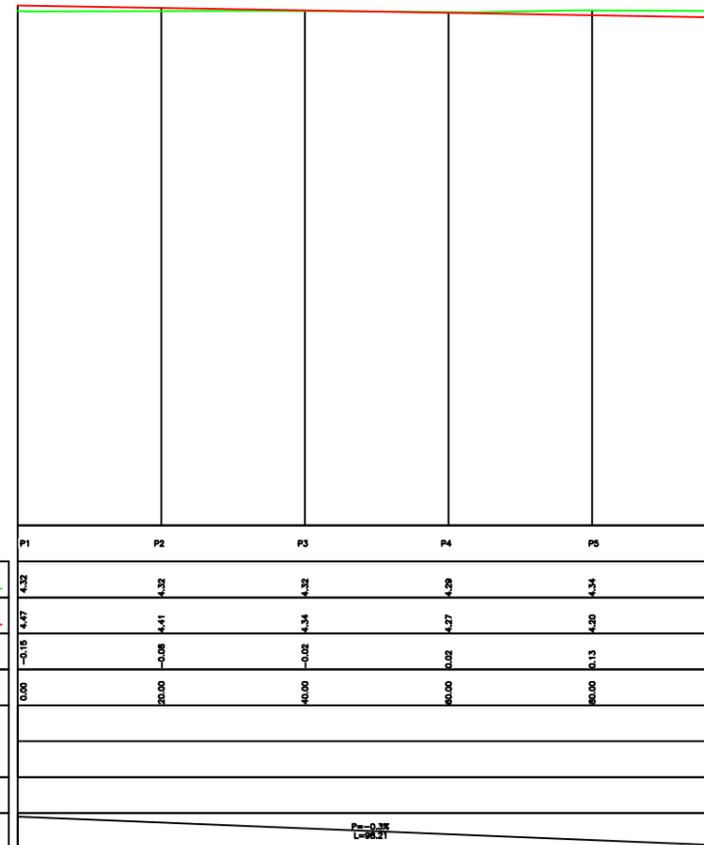
Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- || Collecteur existant
- ⊥ Lampadaires



PL : Axe môle entrée
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue Môle entrée
 PQ1

ENTREPRISE: CECO SA



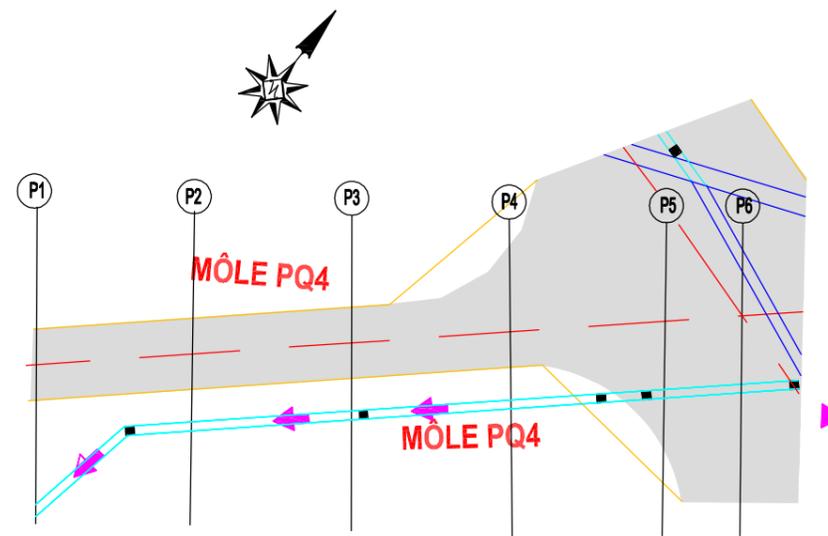
TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page

135

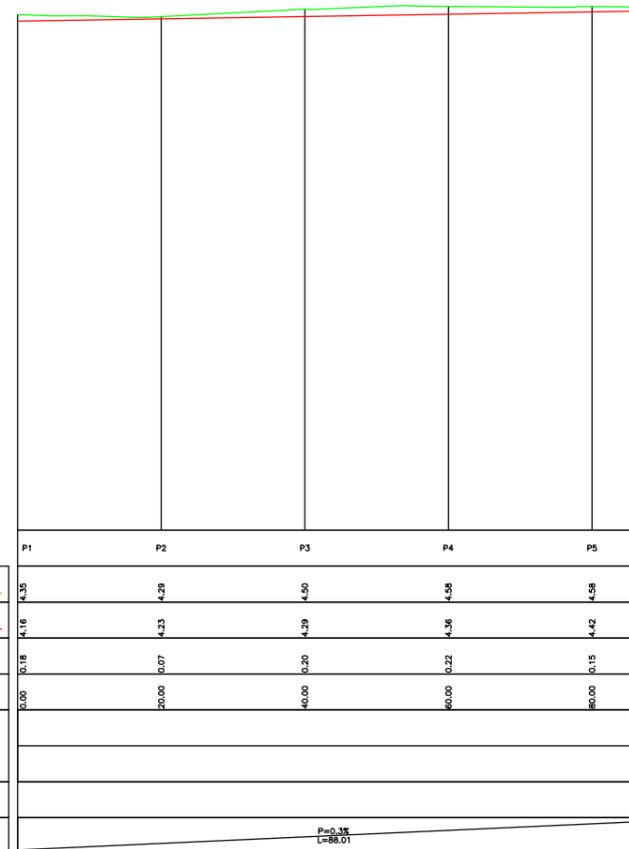
Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- || Collecteur existant
- ⌋ Lampadaires



PL : Axe môle sortie
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN – Projet	
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ (TOGO)

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue Môle sortie
 PQ4

ENTREPRISE: CECO SA

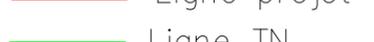


TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Page

136

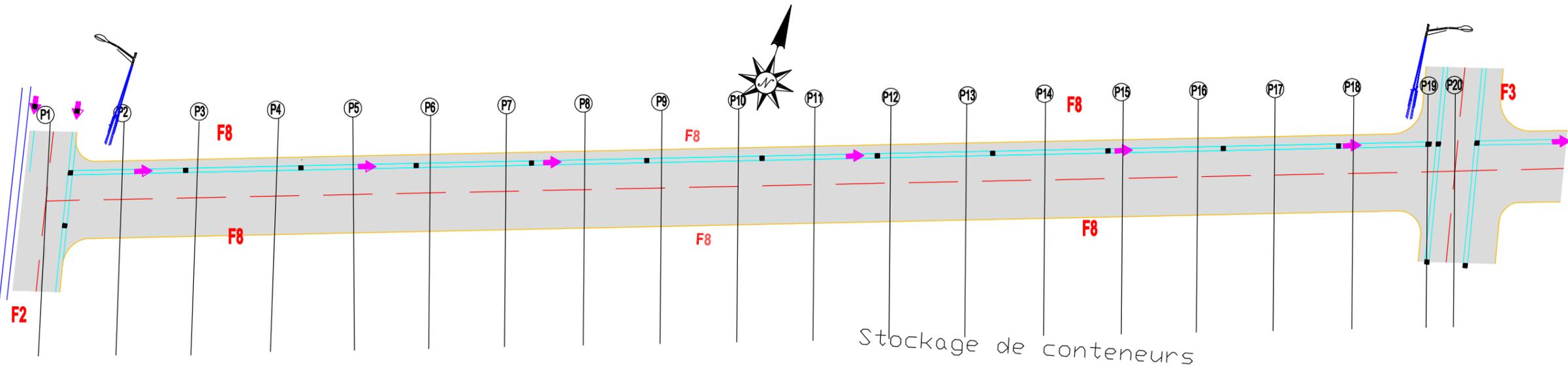
Légende

-  Axe projet
-  Limite projet
-  Caniveau
-  Ligne projet
-  Ligne TN

 Sens de l'écoulement des eaux

 Collecteur existant

 Lampadaires



PL : Axe Rue F8
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
Cotes Terrain	5.31	5.44	5.14	5.22	5.09	5.21	5.26	5.31	5.14	5.16	5.30	5.28	5.20	5.18	5.16	5.17	5.18	4.96	5.08	5.18
Cotes Projet	5.31	5.28	5.28	5.27	5.25	5.24	5.22	5.21	5.19	5.18	5.17	5.15	5.14	5.12	5.11	5.10	5.08	5.07	5.05	5.05
TN - Projet	0.00	0.14	-0.16	-0.05	-0.16	-0.02	0.04	0.11	-0.05	-0.02	0.14	0.12	0.06	0.05	0.05	0.08	0.10	0.15	0.02	0.14
Distances Cumulées	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00	320.00	340.00	360.00	370.00
Alignements et Courbes																				
Diagramme des Dévers																				
Déclivité Projet	P=-0.1% L=370.0																			



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ (TOGO)

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue F8

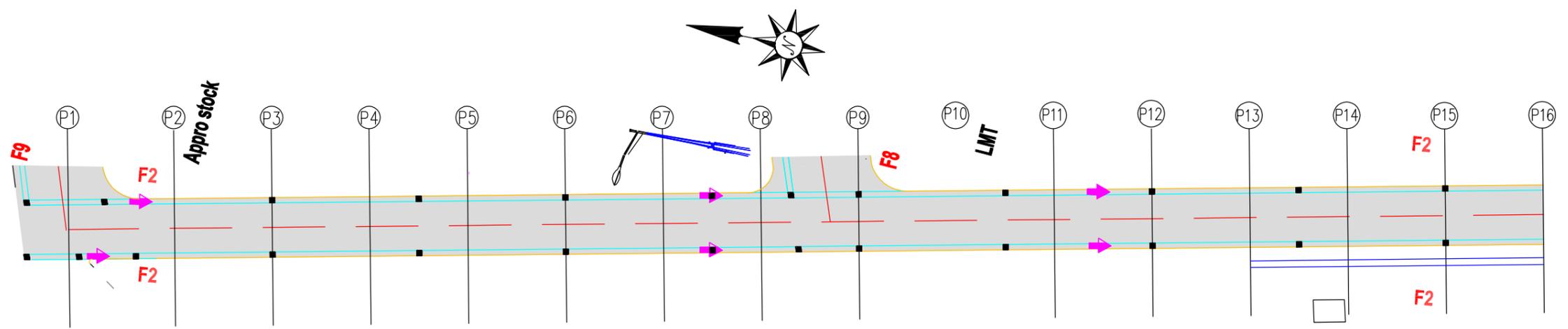
ENTREPRISE: CECO SA



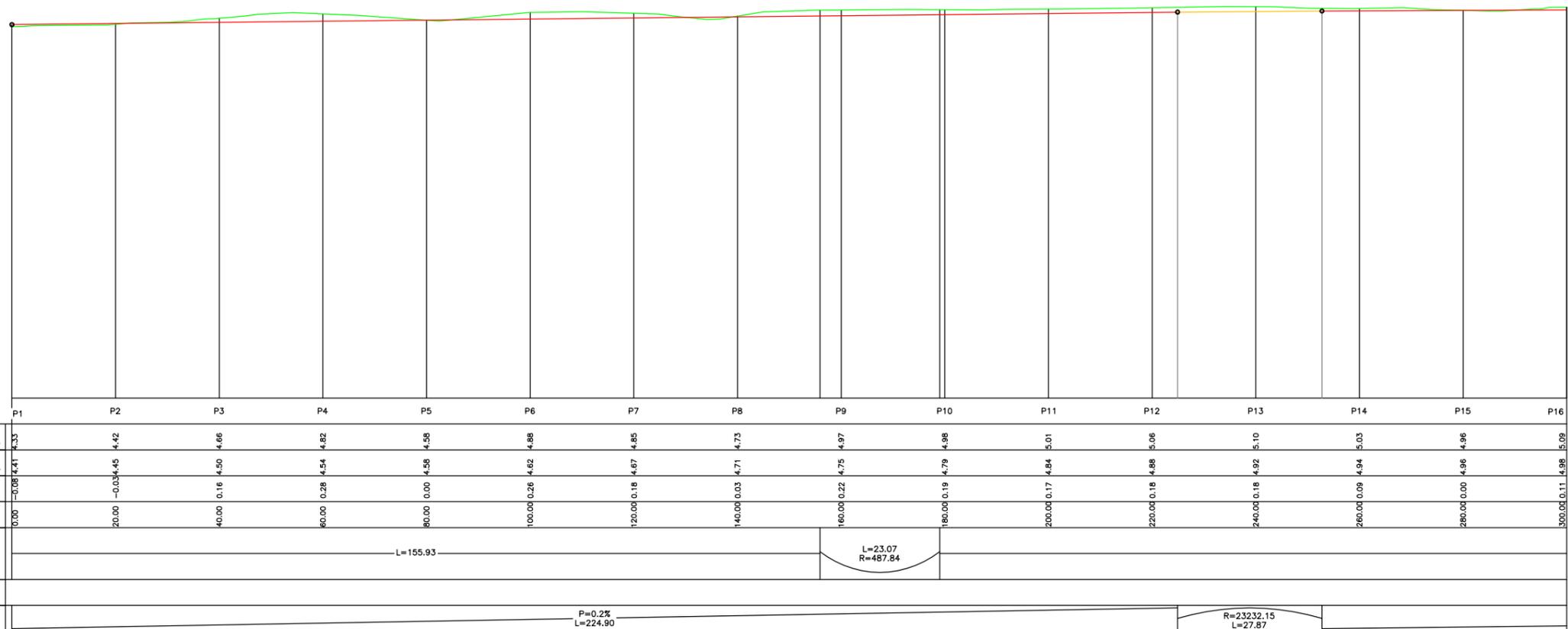
TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant
- ⊥ Lampadaire



PL : Axe Rue F2
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOMÉ (TOGO)

Page

Mangamana AMOUZOU
 Master 2 Génie-Civil

Rue F2
 (P1-P16)

ENTREPRISE: CECO SA

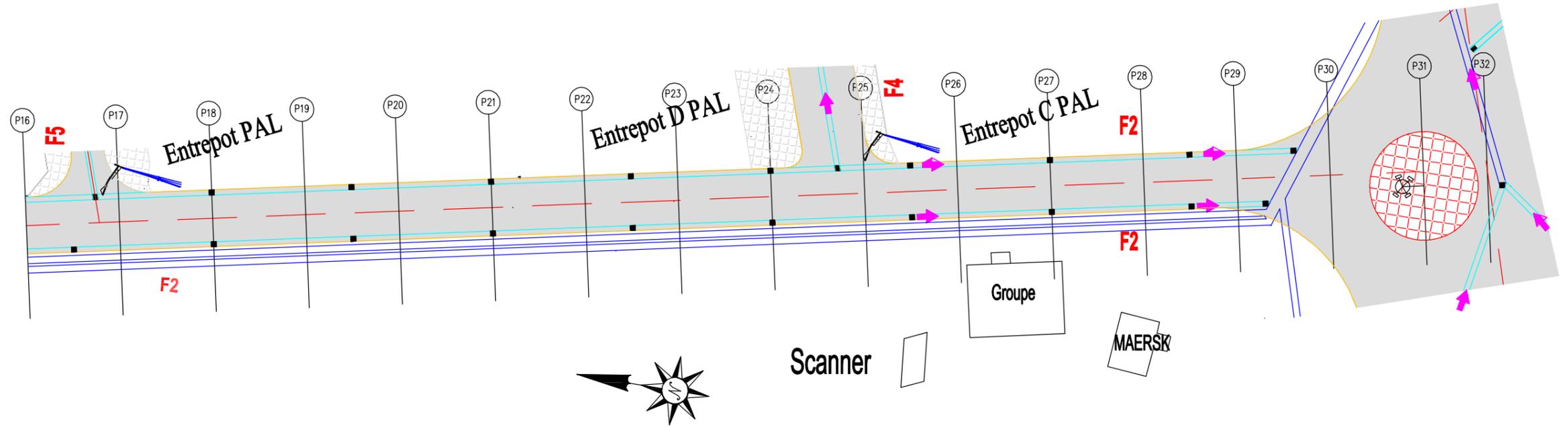


TRACE COMBINE
 (TRACE EN PLAN ; PROFIL EN LONG)

138

Légende

- Axe projet
- Limite projet
- Caniveau
- Ligne projet
- Ligne TN
- ← Sens de l'écoulement des eaux
- Collecteur existant
- └ Lampadaire



PL : Axe Rue F2
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/100
 PC : -10.0

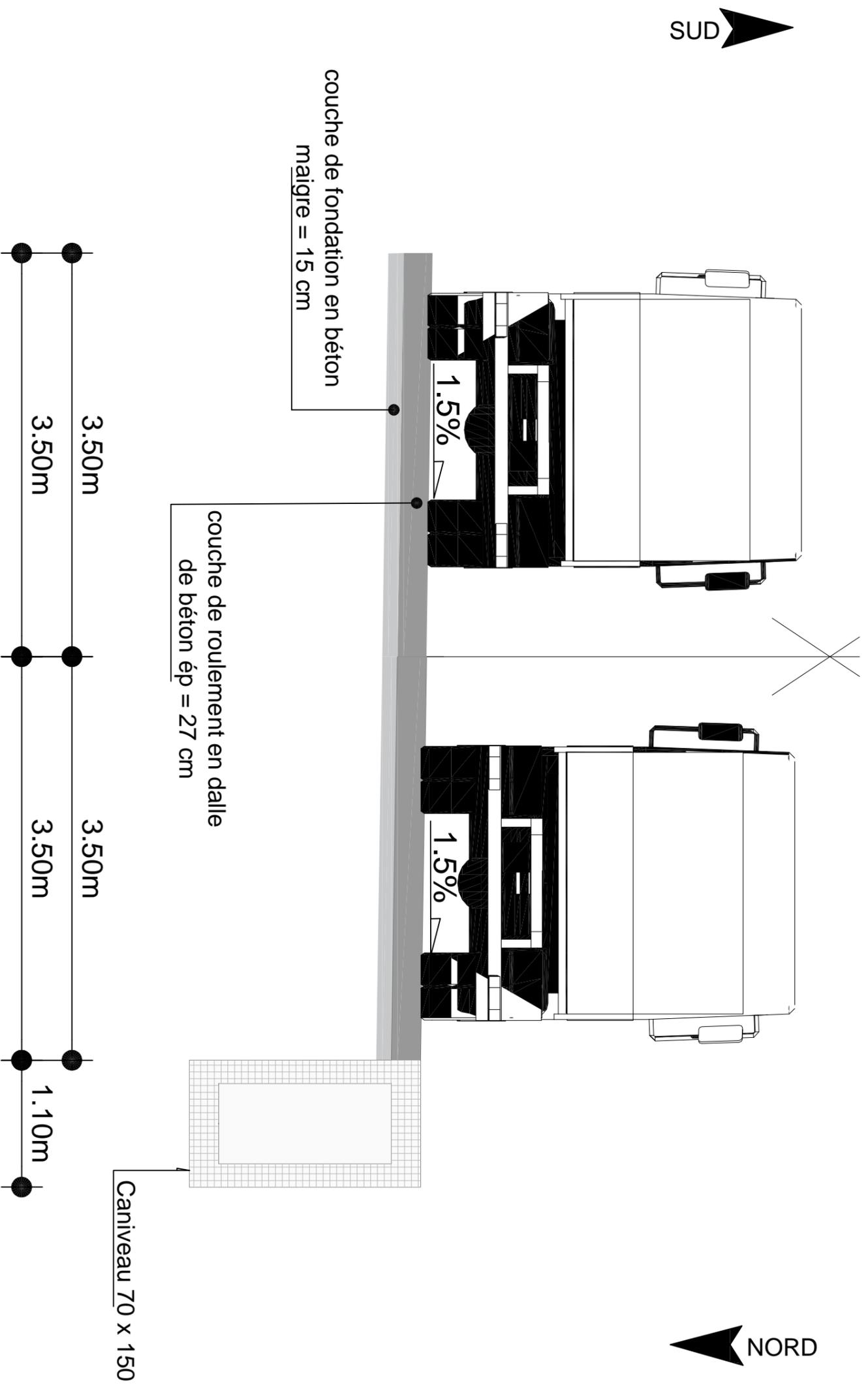
Cotes Terrain	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Distances Cumulées	
Alignements et Courbes	
Diagramme des Dévers	
Déclivité Projet	

	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32
Cotes Terrain	5.09	5.12	5.16	5.06	5.17	5.18	5.13	5.14	5.22	5.32	5.34	5.40	5.39	5.40	5.41	5.46	5.47
Cotes Projet	5.09	5.12	5.16	5.06	5.17	5.18	5.13	5.14	5.22	5.32	5.34	5.40	5.39	5.40	5.41	5.46	5.47
TN - Projet	5.09	5.12	5.16	5.06	5.17	5.18	5.13	5.14	5.22	5.32	5.34	5.40	5.39	5.40	5.41	5.46	5.47
Distances Cumulées	300.00	320.00	340.00	360.00	380.00	400.00	420.00	440.00	460.00	480.00	500.00	520.00	540.00	560.00	580.00	600.00	610.00
Alignements et Courbes	L=414.14																
Diagramme des Dévers	P=0.2% L=348.1																
Déclivité Projet	P=0.2% L=348.1																



ANNEXE VI : PROFIL EN TRAVERS DES RUES

PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE A2 section1
(coupe au profil 03)



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE A2 SECTION 1

ENTREPRISE: CECO SA



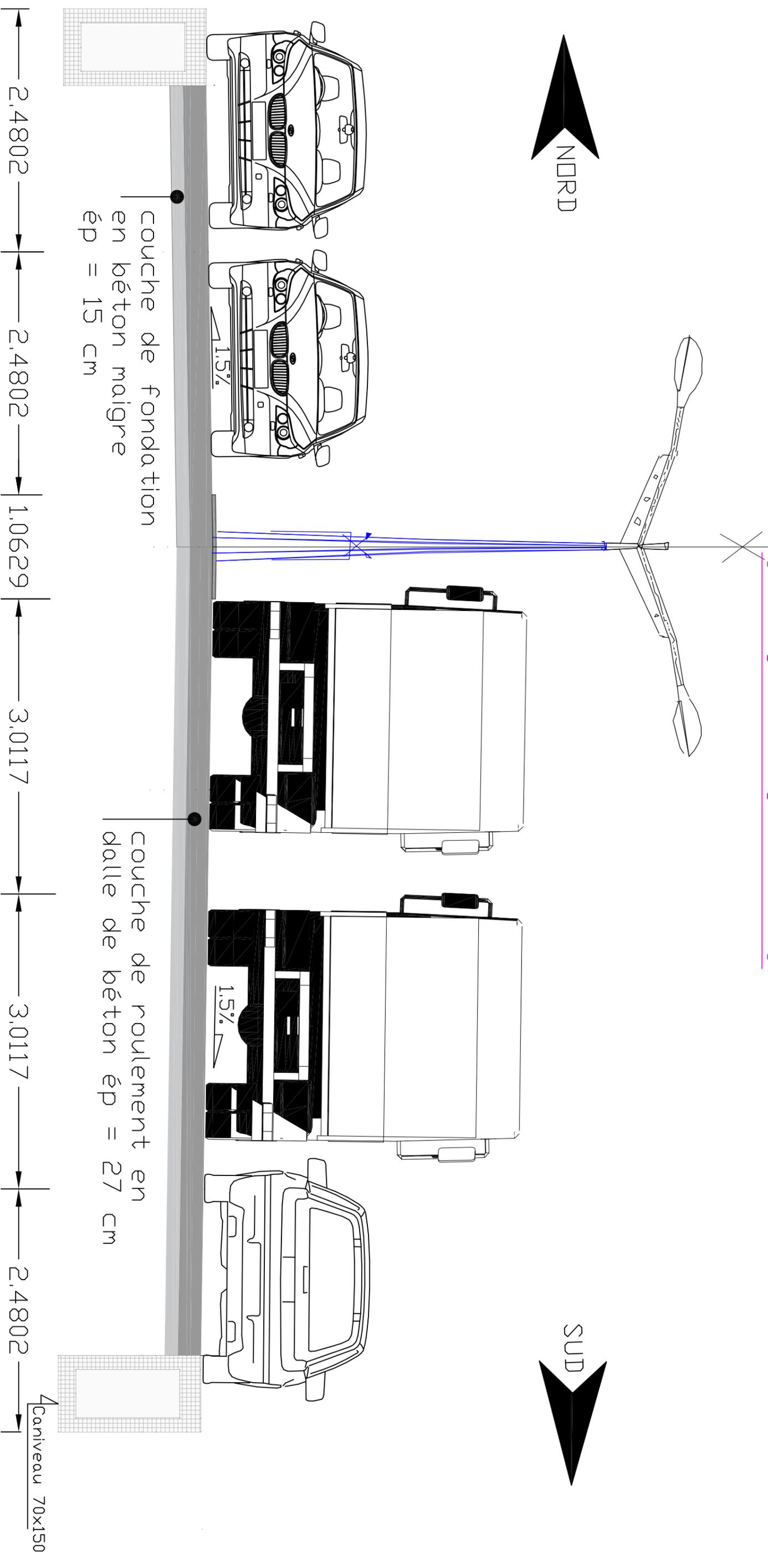
Profil en travers type de
la rue A2 section 1

Page

141



PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE A2 SECTION 2 (coupe au profil 7)



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTIION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE A2 SECTION 2

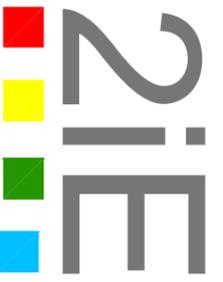
ENTREPRISE: CECO SA



Profil en travers type de
la rue A2 section 2

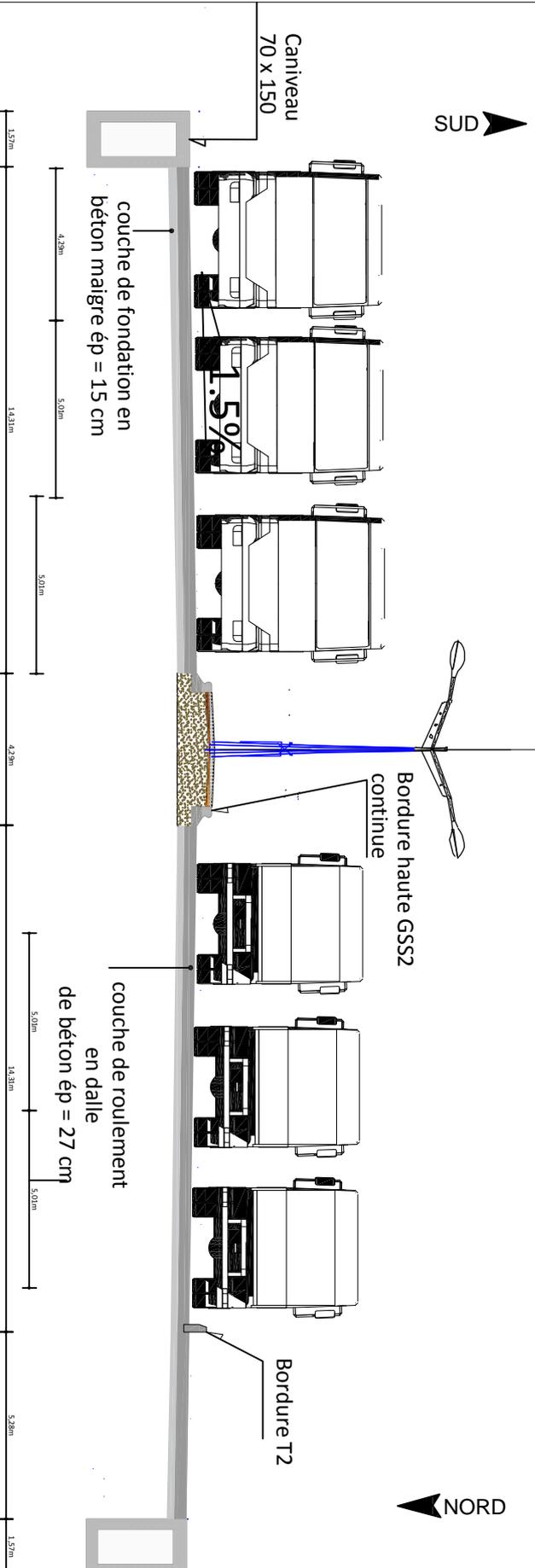
Page

142



PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE B2 SECTION 1

(coupe au profil 5)



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LON

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE B2

ENTREPRISE: CECO SA



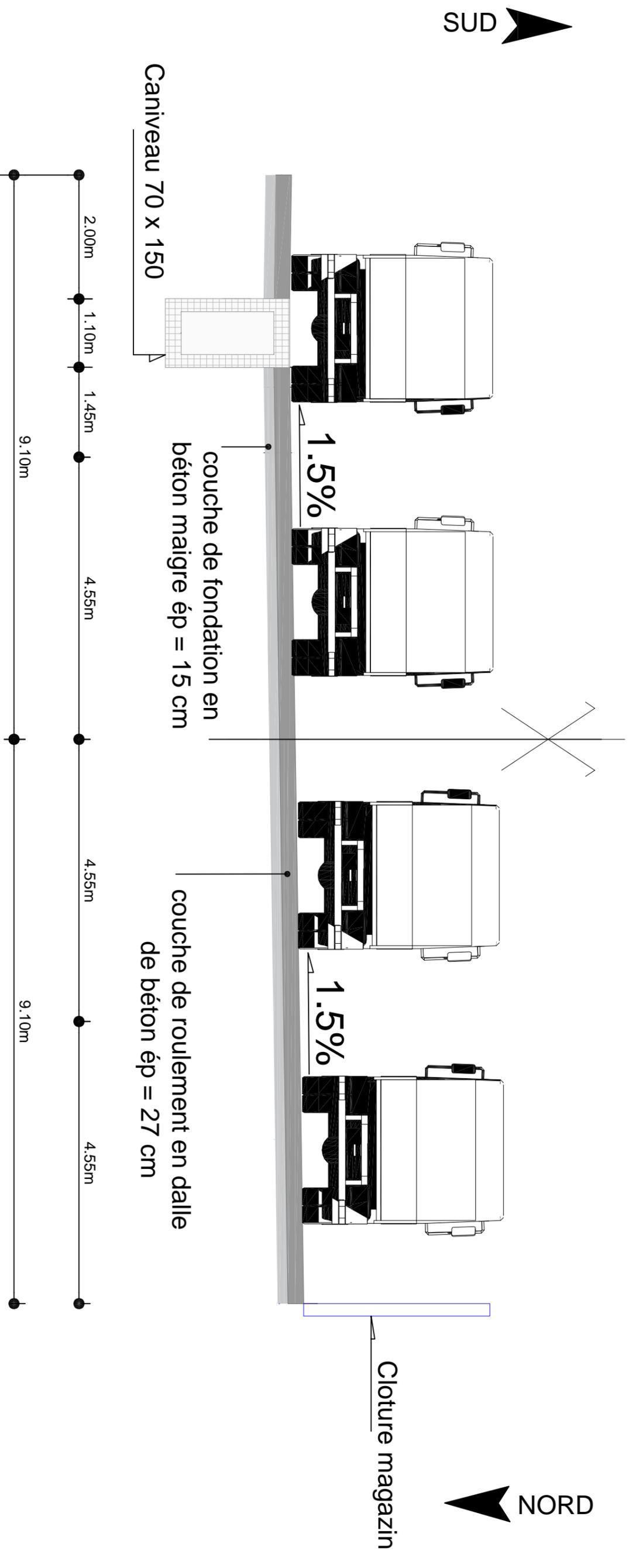
Profil en travers type de
la rue B2

Page

143



**PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE F12
(coupe au profil 15)**



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE F12

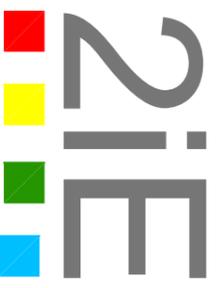
ENTREPRISE: CECO SA



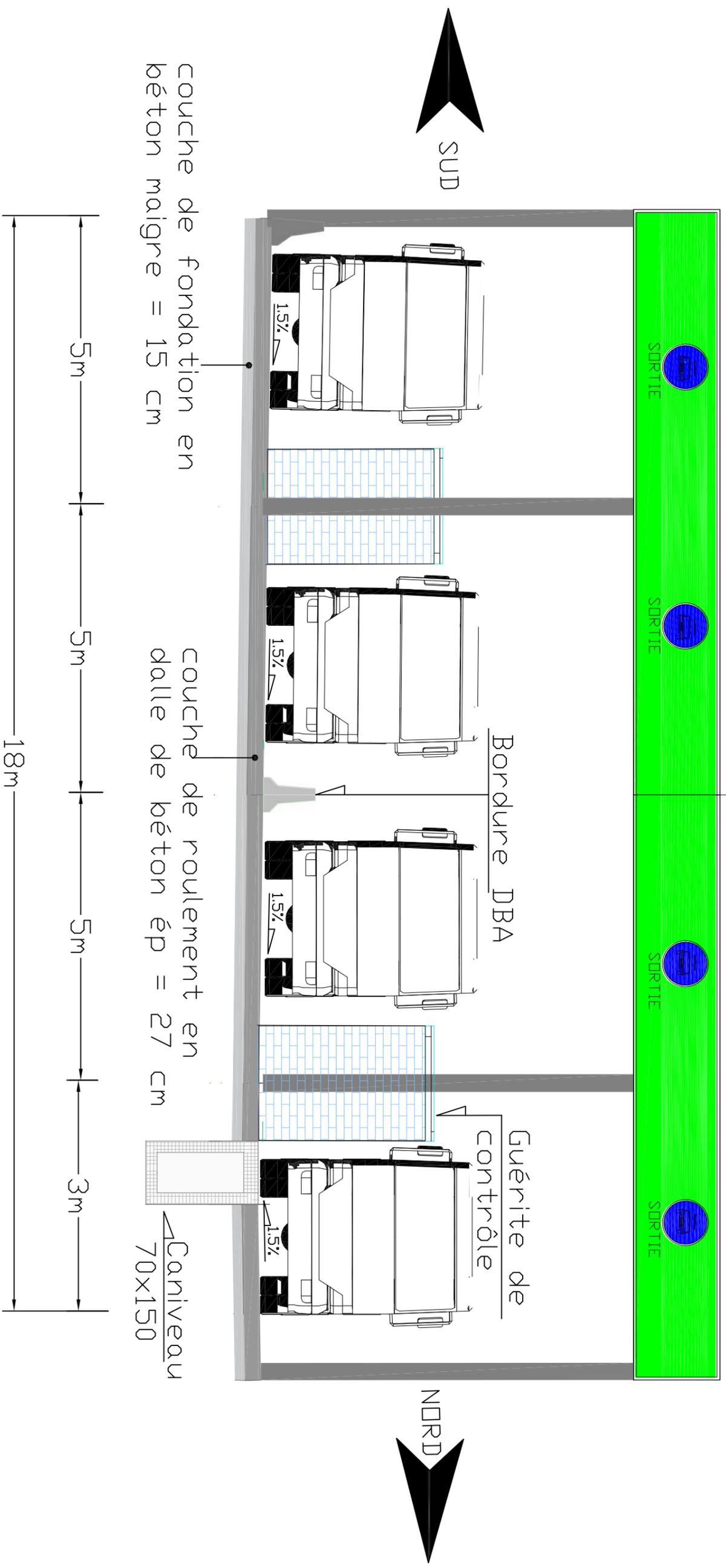
Profil en travers type de la rue F12

Page

144



PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE F12 (coupe au profil 23)



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE F12

ENTREPRISE: CECO SA



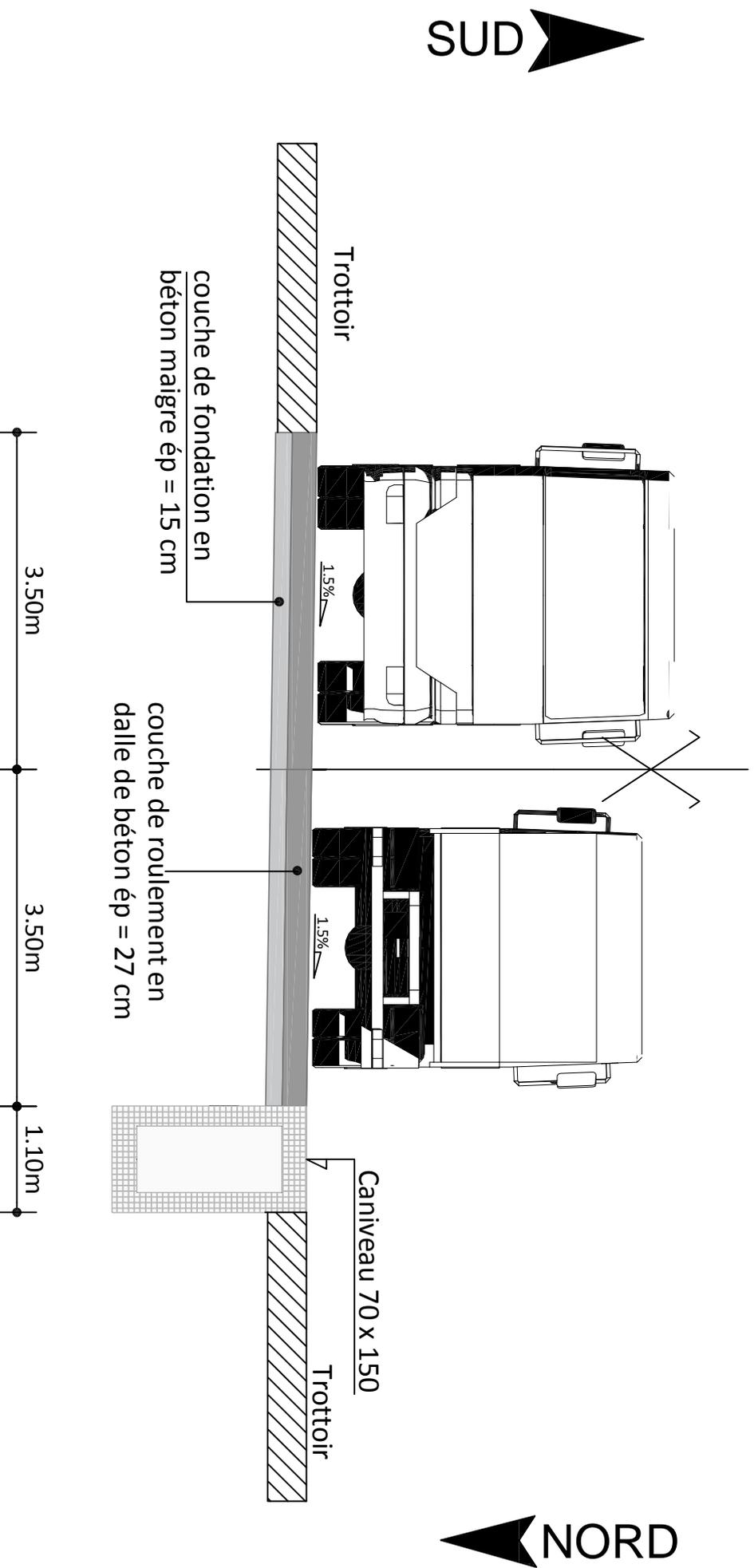
Profil en travers type de la rue F12

Page

145



PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE F13 (coupe au profil 3)



ETUDES TECHNIICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE F13

ENTREPRISE: CECO SA

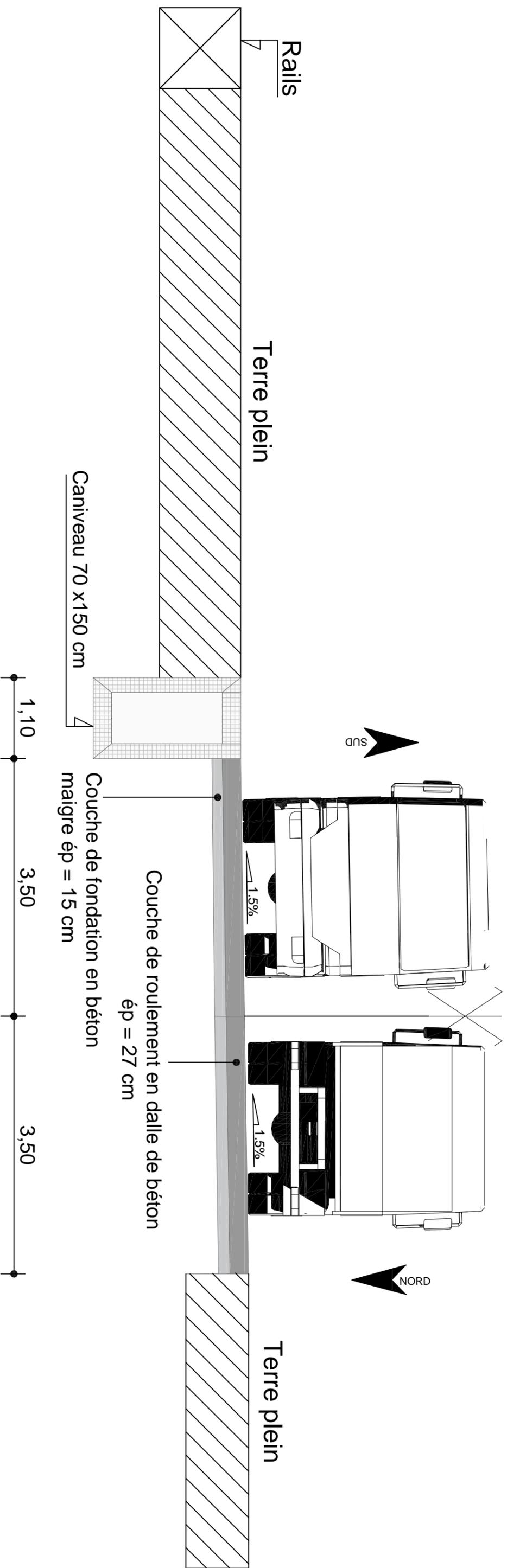


Profil en travers type de
la rue F13

Page

146

PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE FO (coupe au profil 10)



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE FO

ENTREPRISE: CECO SA

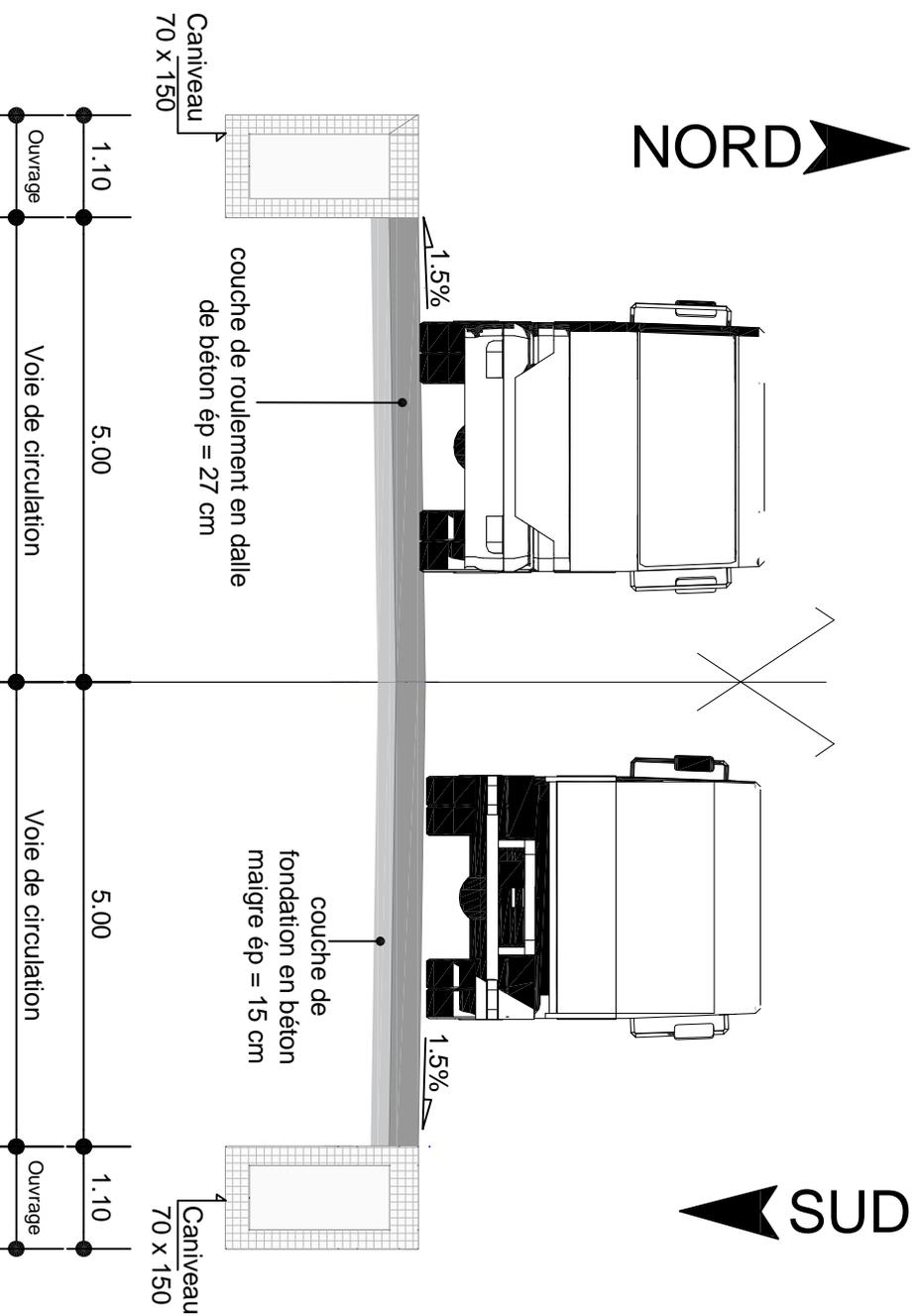


Profil en travers type
de la rue FO

Page

147

PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE F2 (coupe au profil 14)



ETUDES TECHNIICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE F2

ENTREPRISE: CECO SA

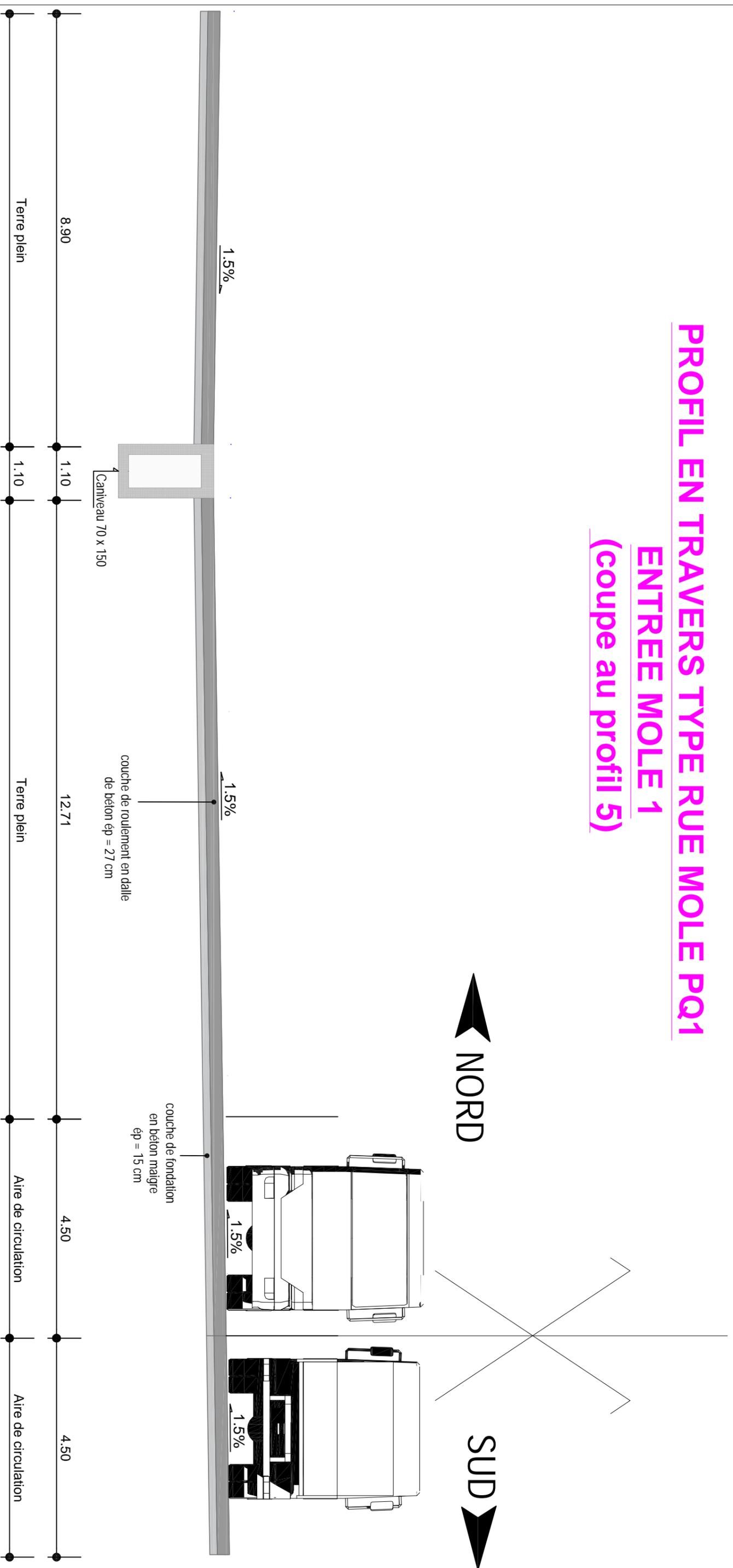


Profil en travers
type de la rue F2

Page

148

PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE MOLE PQ1 ENTREE MOLE 1 (coupe au profil 5)



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU
Master 2 Génie-Civil

RUE Mole PQ1
SORTIE MOLE

ENTREPRISE: CECO SA



Profil en travers type de
la rue PQ1 sortie Môle

Page

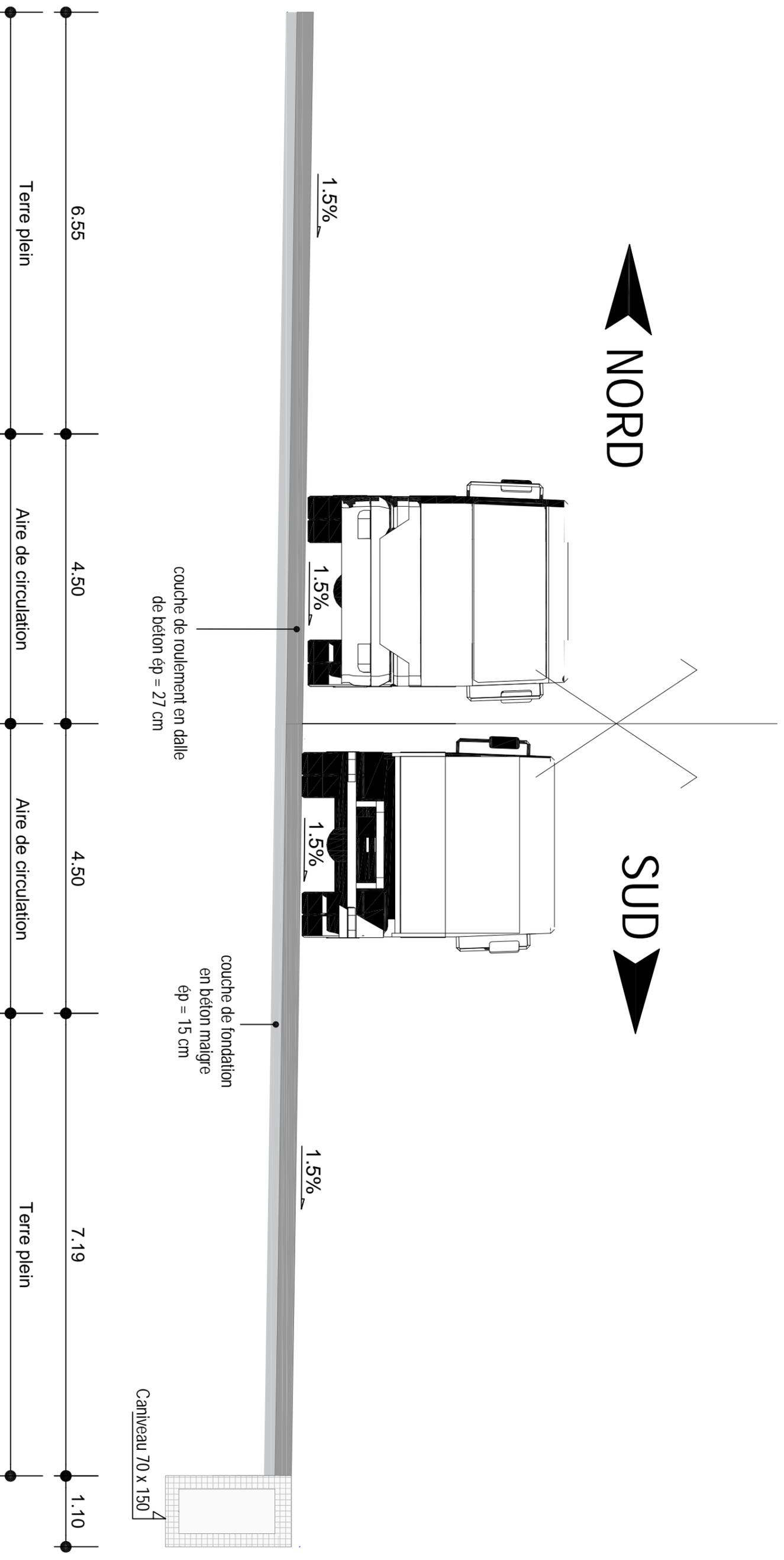
149



PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE MOLE PQ4

ENTREE MOLE 1

(coupe au profil 5)



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE Mole PQ4

ENTREE MOLE 1

ENTREPRISE: CECO SA



Profil en travers type de la rue PQ4 entrée Môle

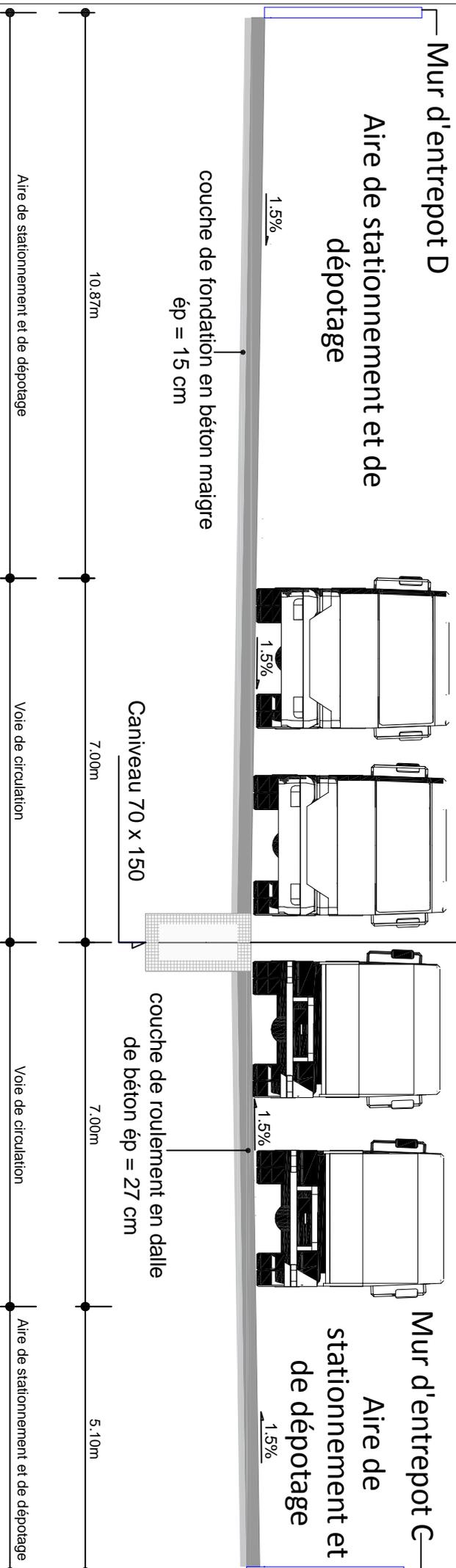
Page

150

PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE F4 (coupe au profil 9)

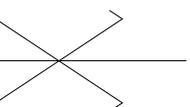
NORD

SUD

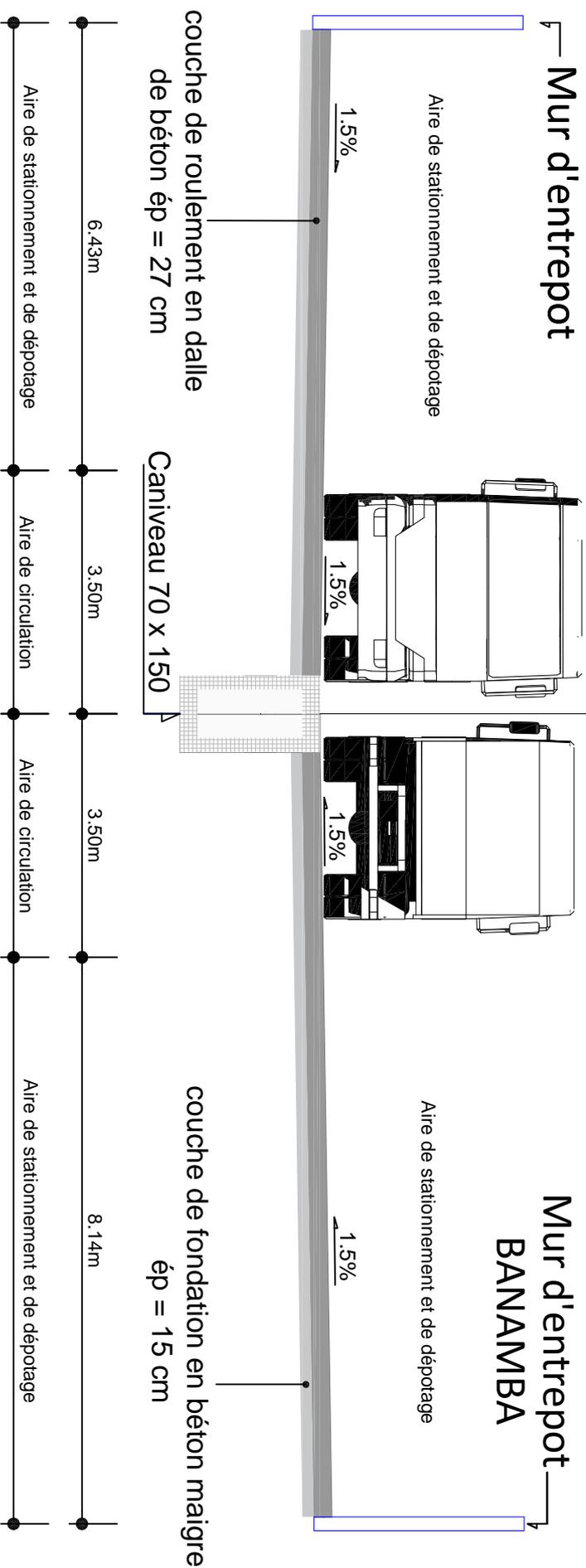


PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE F5 (coupe au profil 7)

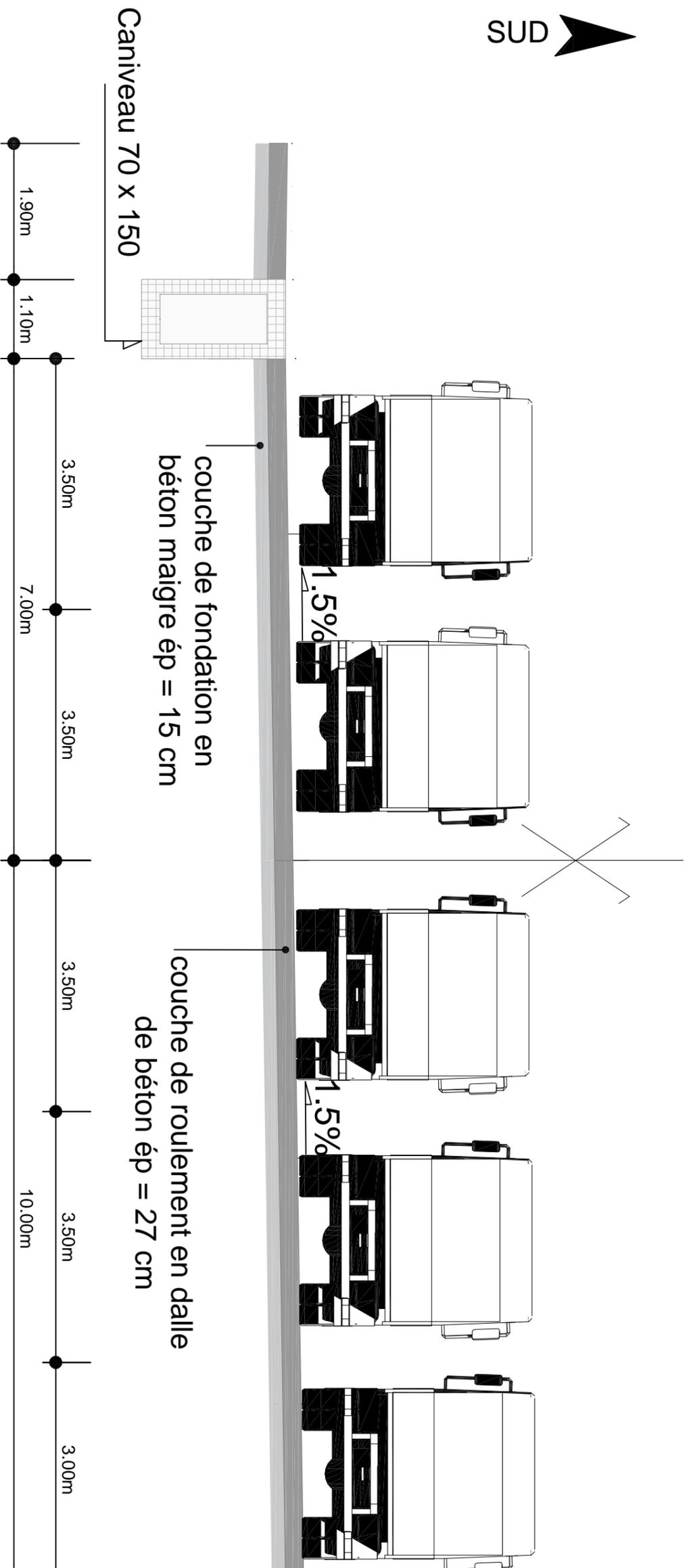
NORD



SUD



**PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE F8
(coupe au profil 10)**



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE F8

ENTREPRISE: CECO SA



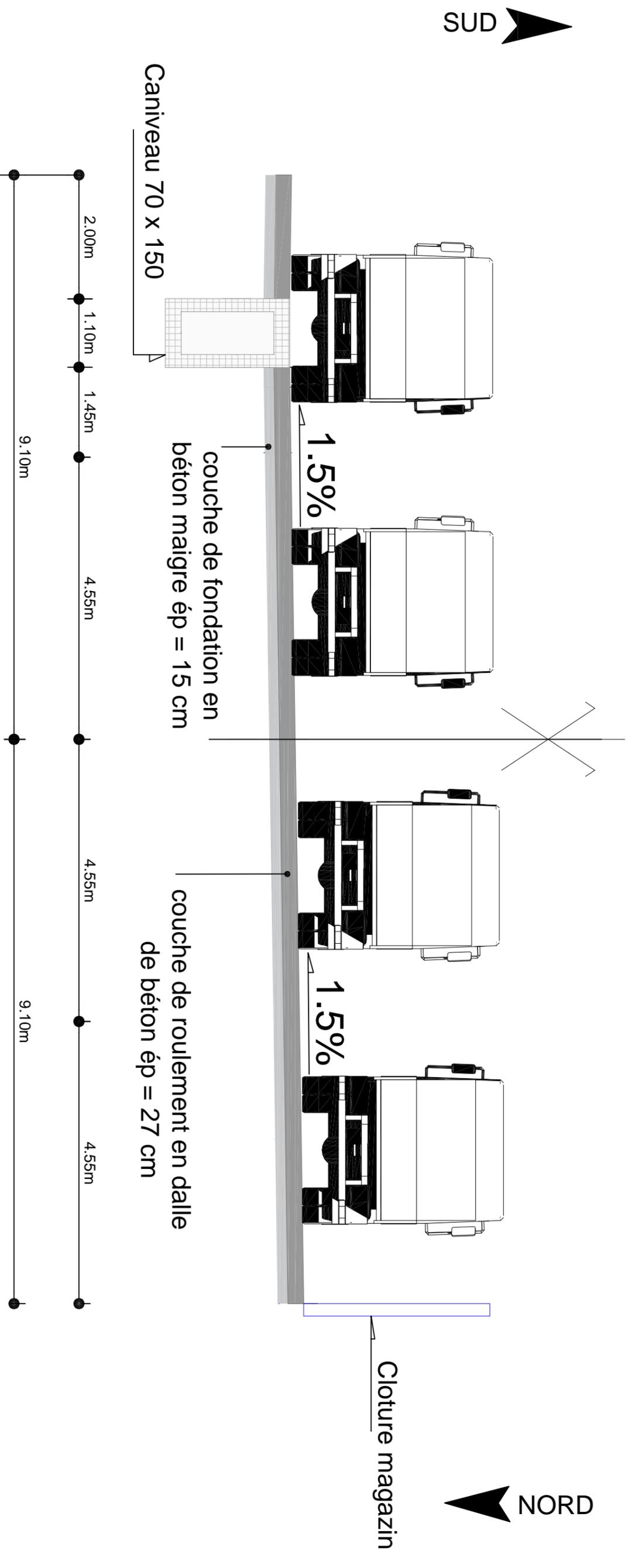
Profil en travers type de
la rue F8

Page

153



**PROFIL EN TRAVERS TYPE RUE F9
(coupe au profil 15)**



ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES ET DETAILLEES DES TRAVAUX DE REFECTION DE LA VOIRIE INTERNE DU PORT AUTONOME DE LOME

Mangamana AMOUZOU

Master 2 Génie-Civil

RUE F9

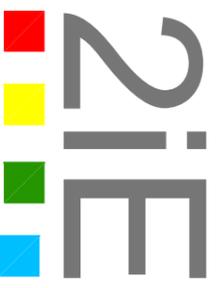
ENTREPRISE: CECO SA



Profil en travers type de la rue F9

Page

154



ANNEXE VII : PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE

Tableau n° 12: Plan de gestion environnementale

PERIODE	MESURE D'ATTENUATION	ORGANE/SERVICE RESPONSABLE	COUTS DES MESURES D'ATTENUATION	OBSERVATIONS
			Financement sur provision du devis des travaux	
Avant les travaux et dès l'installation de chantier	Reconstruction de la clôture BOLLORE à démolir	- Ministère de l'Environnement	5 400 000	L'indemnisation doit se faire selon un dossier d'expropriation élaboré
	Reconstruction de la clôture ONAF à démolir	- Cellule du Contrôle Environnemental de la DGTP		
	Sensibilisation des ouvrier et des riverain sur le VIH-SIDA.	Ministère de la santé	4 000 000	
	Sensibilisation des transporteurs sur les mesures de prudence sur les rues en chantier.	- Direction des Transports Routiers - Direction des TP - Contrôle des Travaux	3 000 000	Associés Les syndicats des transporteurs à la sensibilisation.
Pendant les travaux	Application des mesures relatives à l'atténuation de l'impact négatif sur les sols, les eau marine, sur la qualité de l'air	- Contrôle des Travaux - Cellule Environnementale de la DGTP	15 000 000	Il s'agit de vérifier si les mesures environnementales inscrites aux clauses du marché de l'entreprise sont suivies.
Pendant les travaux et au fur et à mesure de l'achèvement des tronçons.	Reboisement le long des rues A2 et B2.	- Ministère de l'Environnement - ODEF	14 600 000	confier l'exécution des travaux (plantation et entretien) aux communautés riveraines moyennant une rémunération.
Après les travaux et pendant la durée de garantie d'un an.	Sensibilisation des transporteurs et des travailleurs sur l'entretien des rues	- Ministère de la Santé - ONG	5 000 000	Action de sensibilisation intensive à mener dans le cadre du projet
TOTAL			47 000 000	

ANNEXE VIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Tableau n° 13: Bordereau de prix sous-lot 1

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (Fcfa)	Montant en Fcfa
2	Terrassement				
2,1	Décapage de terrain naturel	m ³	17532	1250	21915000
2,2	Finition et réglage de la plate-forme	m ³	12202	500	6101000
2,3	Fossé pour caniveaux	m ³	9098	3800	34572400
Sous-Total section 2					62588400
3	Chaussé				
3,1	Fourniture et mise en œuvre de la Dalle béton	m ³	18474	130 142	2404245155
3,2	Fourniture et mise en œuvre de la Couche de Fondation en béton maigre	m ³	11154	102 111	1138949440
3,3	Fourniture et pose de bordure GSS2	ml	1130	6 000	6780000
3,4	Fourniture et bordure haute T2	ml	575	4 000	2300000
Sous-Total section 3					3552274596
4	Ouvrages d'art				
4,1	Caniveau rectangulaire en béton 70x150	ml	5510	174 000	958740000
4,2	Fourniture et Pose de tampons ronds avec trous d'évacuation pour regards et caniveaux	u	31	1 080 000	33480000
4,3	Tunnel	ml	64,31	600 000	38586000
Sous-Total section 4					1030806000
5	Signalisation				
5,1	Marquage	ml	4530	1 650	7474500
5,2	Fourniture et pose du portique	U	2	12 700 000	25400000
5,3	Panneaux	U	39	650 000	25350000
Sous-Total section 5					58224500
6	Eclairage public				
6,1	fourniture et pose Mât à projecteur	U	10	4500000	45000000
6,2	Eclairage	U	18	895 000	16110000
Sous-Total section 6					61110000
TOTAL HTVA					4 765 003 496
TVA(18%)					857 700 629,2
TOTAL TTC					5 622 704 125

Tableau n° 14: Borderau de prix sous-lots 2

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (Fcfa)	Montant en Fcfa
2	Terrassement				
2,1	Décapage de terrain naturel	m ³	4325	1250	5406250
2,2	Finition et réglage de la plate-forme	m ³	2108	500	1054000
2,3	Fossé pour caniveaux	m ³	1820	3800	6916000
Sous-Total section 1					13376250
3	Chaussé				
3,1	Fourniture et mise en œuvre de la Dalle béton	m ³	6552	130 142	852691039
3,2	Fourniture et mise en œuvre de la Couche de Fondation en béton maigre	m ³	4015	102 111	409976870
3,3	Fourniture et pose de bordure GSS2	ml		6 000	0
3,4	Fourniture et bordure haute T2	ml		4 000	0
Sous-Total section 2					1262667909
4	Ouvrages d'art				
4,1	Caniveau rectangulaire en béton 70x150	ml	1090	174 000	189660000
4,2	Fourniture et Pose de tampons ronds avec trous d'évacuation pour regards et caniveaux	U	13	1 080 000	14040000
Sous-Total section 3					203700000
5	Signalisation				
5,1	marquage	ml	633	1 650	1044450
5,2	panneaux	U	6	650 000	3900000
Sous-Total section 4					4944450
6	Eclairage public				
6,1	fourniture et pose Mât à projecteur	U		4500000	0
6,2	Eclairage	U	1	895 000	895000
Sous-Total section 5					895000
TOTAL HTVA					1 485 583 609
TVA(18%)					267 405 049,6
TOTAL TTC					1 752 988 659

Tableau n° 15: Bordereau de prix sous-lot 3

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (Fcfa)	Montant en Fcfa
2	Terrassement				
2,1	Décapage de terrain naturel	m ³	5750	1250	7187500
2,2	Finition et réglage de la plate-forme	m ³	3476	500	1738000
2,3	Fossé pour caniveaux	m ³	4815	3800	18297000
Sous-Total section 2					27222500
3	Chaussé				
3,1	Fourniture et mise en œuvre de la Dalle béton	m ³	7400	130 142	963051540
3,2	Fourniture et mise en œuvre de la Couche de Fondation en béton maigre	m ³	5605	102 111	572333837
3,3	Fourniture et pose de bordure GSS2	ml		6 000	0
3,4	Fourniture et bordure haute T2	ml		4 000	0
Sous-Total section 3					1535385377
4	Ouvrages d'art				
4,1	Caniveau rectangulaire en béton 70x150	ml	2900	174 000	504600000
4,2	Fourniture et Pose de tampons ronds avec trous d'évacuation pour regards et caniveaux	u	23	1 080 000	24840000
4,3	Tunnel	ml		600 000	0
Sous-Total section 4					529440000
5	Signalisation				
5,1	marquage	ml	673	1 650	1110450
5,2	panneaux	U	16	650 000	10400000
Sous-Total section 5					11510450
6	Eclairage public				
6,1	fourniture et pose Mât à projecteur	U	3	4500000	13500000
6,2	Eclairage	U	2	895 000	1790000
Sous-Total section 6					15290000
TOTAL HTVA					2 118 848 327
TVA(18%)					381 392 698,8
TOTAL TTC					2 500 241 026

Tableau n° 16:Récapitulatif général

N°	Désignation	Montant en Fcfa
1	Installation du chantier	4 184 717 715
2	Terrassement	103 187 150
3	Chaussée	6 350 327 881
4	Ouvrage d'art	1 763 946 000
5	signalisation	74 679 400
6	Eclairage public	77 295 000
7	Mesures environnementales et social	47 000 000
TOTAL HTVA		12 601 153 146
TVA(18%)		2 268 207 566
TOTAL TTC		14 869 360 713

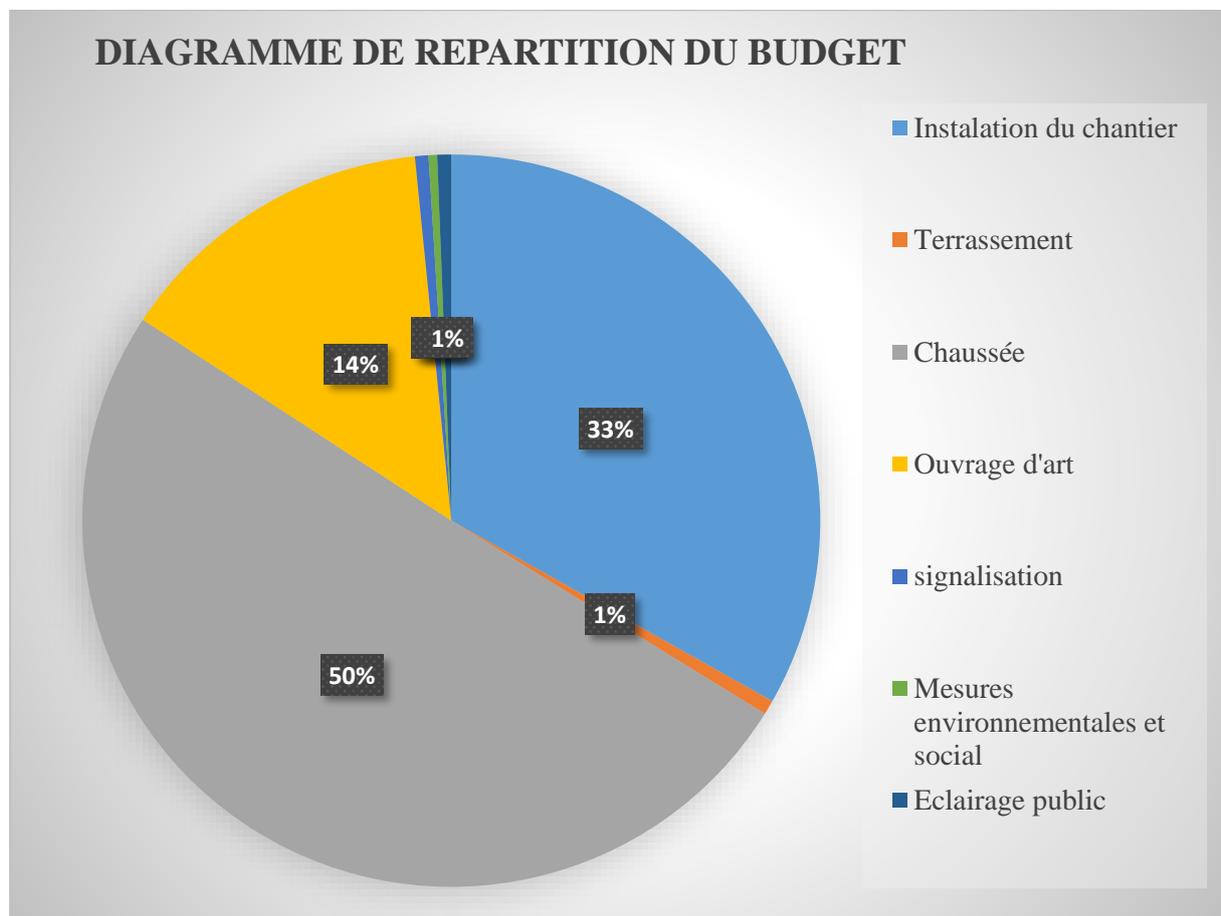


Figure 8:Diagramme de répartition du budget

Tableau n° 17:Récapitulatif du coût de la chaussée initiale

N°	Désignation	Montant en Fcfa
1	Fourniture et mise en œuvre de la Dalle béton	3 365 474 706
2	Fourniture et mise en œuvre de la Couche de base en grave ciment	4 472 697 849
3	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation en sable silteux	206 880 000
4	Fourniture et pose de bordure GSS2	6 780 000
5	Fourniture et bordure haute T2	2 300 000
TOTAL HTVA		8 054 132 555
TVA(18%)		1 449 743 860
TOTAL TTC		9 503 876 415

Tableau n° 18:Récapitulatif du coût de la chaussée proposée

N°	Désignation	Montant en Fcfa
1	Fourniture et mise en œuvre de la Dalle béton	4 219 987 735
3	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation en béton maigre	2 121 260 146
4	Fourniture et pose de bordure GSS2	6 780 000
5	Fourniture et bordure haute T2	2 300 000
TOTAL HTVA		6 350 327 881
TVA(18%)		1 143 059 019
TOTAL TTC		7 493 386 899