



**ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES ET ENVIRONNEMENTALES  
DES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DES  
VOIRIES PARALLÈLES A L'AVENUE BABANGUIDA CAS DE LA  
RUE DE WEMTENGA**

**MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER EN SCIENCE D'INGÉNIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : GÉNIE CIVIL**

Présenté et soutenu publiquement le 23 juin 2014 par

**BEGOS GOTRAM**

**Travaux dirigés par :**

**Dr. Ismaïla GUEYE,**

Enseignant-chercheur

Chef de département génie civil à 2iE

**Mr. Dramane COULIBALY**

Ingénieur

Direction Générale des Ouvrages D'Arts

Jury d'évaluation du stage :

Président : LAWANE Abdou

Membres et correcteurs :

BOUREÏMA Amadou

KOKOLE Koffi

**Promotion : 2012/2014**





## DÉDICACE



## REMERCIEMENTS

À travers ces lignes, je voudrais traduire ma reconnaissance et ma profonde gratitude à toutes les personnes de bonne volonté, qui de près ou de loin, de façon directe ou indirecte ont contribué à la réussite de ce modeste travail.

Je tiens principalement à remercier :

- Mr. Issa S. NANA, Directeur Général des Ouvrages d'Arts, de m'avoir offert l'opportunité d'effectuer ce stage dans sa structure ;
- M. COULIBALY Dramane mon maître de stage, pour ses conseils et encouragements
- M. GUEYE Ismaïla, mon encadreur interne pour sa disponibilité et son encadrement ;
- Mr. OUÉDRAOGO Dalaki pour sa disponibilité et ses conseils ;

Je tiens aussi à remercier :

- Le corps enseignant de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement pour leur formation ;
- Tous mes camarades de classe pour leurs soutiens et éclaircissements ;
- Tous mes amis, qui ont su être à mes côtés même dans les moments les plus difficiles.

## RÉSUMÉ

Ce présent projet intitulé « **études techniques détaillées et environnementales des travaux d'aménagement et de bitumages des voies parallèle à l'Avenue Babanguida : cas de la rue de Wemtenga** » s'inscrit dans le cadre d'une stratégie nationale de fluidification du transport urbain à l'intérieur de la ville de Ouagadougou.

Le tronçon d'un linéaire total de 2554 ml, prend son origine à l'embranchement avec l'Avenue Charles De Gaulle et se termine au début de la ZAD.

Cette étude détaillée doit permettre de déterminer, de concevoir et de quantifier la nature des interventions et aménagements à appliquer à la rue de Wemtenga.

Les études hydrologiques et hydrauliques ont permis d'évaluer les débits à écouler et de quantifier les ouvrages capables d'écouler ces débits soit 5021ml de caniveaux de dimensions variables et 52 dalot à réaliser au niveau des amorces.

Le dimensionnement structural a permis d'avoir une chaussée souple constituée de trois(3) couches : 5 cm de béton bitumineux en couche de roulement, 20 cm de graveleux latéritiques améliorés au concasses ou litho stabilisation en couche de base et enfin 15 cm de graveleux latéritiques en couche de fondation.

Une étude géométrique faite à partir des données topographiques, a aussi permis d'établir les différentes pièces graphiques allant du tracé en plan aux profils en travers en passant par le profil en long. Comme aménagement il est à noter que des panneaux de signalisation, des feux tricolores, des ralentisseurs de type dos d'âne ont été implantés là où l'on a jugé nécessaire. La nature des interventions et d'aménagement ainsi quantifier a permis de faire une évaluation du cout global du projet, ce qui donne la somme de **3 395 335 404** FCFA TTC soit un cout kilométrique estimé à **1 329 418 717** FCFA.

**Mots clés : Études, Dimensionnement, Aménagement, Profil en long, ralentisseur**

---

## ABSTRACT

This present project entitled "**detailed technical studies and environmental of planning of tarring of parallel pathways to Avenue Babanguida: Case of Wemtenga Street**" is part of a national strategy thinning urban transport within the city of Ouagadougou. With a linear total 2554 ml, the learned section took its origin from the junction with the Avenue Charles De Gaulle and ends at the beginning of the ZAD. This detailed study must identify, develop and quantify the nature of the interventions and adjustments which will be applied to the street Wemtenga. Hydrological and hydraulic studies have evaluated the flows flow and quantify structures able to effuse the flows estimated at 5021ml for gutters of varying sizes and 52 culverts to achieve the level of primers. The structural design has to have a flexible pavement consists of three (3) layers: 5 cm asphalt concrete wearing course, 20 cm lateritic gravel crushed or improved stabilization litho base layer and finally 15 cm of gravel lateritic layer of foundation. A geometric study done from topographic data has also established various graphic pieces from the route plan cross sections through the longitudinal profile. As adjusting, road signs, traffic lights, speed bumps type donkey were implanted where it was deemed necessary. The nature of interventions and development thus quantified allowed to make an assessment of the overall cost of the project and gives the amount of **3,395,335,404** FCFA TTC which is equivalent to 1,329,418,828 FCFA per kilometer.

**Key words: Studies, Design, Adjustment, Longitudinal profile, speed bumps**

---

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**A.F.E** : Association Française d'éclairage

**B.B** : Béton Bitumineux

**B.A.E.L** : Béton Armé aux États Limites

**C.B.R**: Californian Bearing Ratio

**C.E.B.T.P**: Centre Expérimental de Recherche et d'Étude du Bâtiment et des Travaux Publics

**C.I.E.H** : Comité Inter-États d'Études Hydraulique

**C.P.C** : Cahier des Prescriptions Communes

**D.G.O.A** : Direction Générale des Ouvrages d'Arts

**E.L.S** : État Limite de Service

**E.L.U** : État Limite Ultime

**I.C.T.A.V.R.U** : Instruction sur les Conditions techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaine

**L.C.P.C** : Laboratoire Central de Ponts et Chaussées

**L.N.B.T.P** : Laboratoire National de Bâtiments et de Travaux Publics

**L.T.P** : Laboratoire des Travaux Publics

**M.J.A**: Moyenne Journalière Annuelle

**M.W.K**: Ministry of Work du Kenya

**O.P.M** : Optimum Proctor Modifié

**O.R.S.T.O.M**: Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer

**P.K** : Point Kilométrique

**S.E.T.R.A** : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroute

**Z.A.D.** : Zone d'Activités Diverses

## SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	iii
I. INTRODUCTION.....	1
II. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET .....	2
II.1 <u>Contexte général du projet</u> .....	2
II.2. <u>Objectifs du projet</u> .....	2
II.3 <u>Objectif spécifique du projet</u> .....	2
II.4. <u>Description de la zone du projet</u> .....	2
III. ÉTUDES GÉOTECHNIQUES ET DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE .....	4
III.1 <u>Études géotechniques</u> .....	4
1. <u>Reconnaissance de sols de plate-forme de la chaussée existante</u> .....	4
2. <u>Matériaux de viabilité pour corps de chaussée</u> .....	5
3. <u>Analyses et commentaires des données géotechniques</u> .....	6
III.2. <u>Dimensionnement de la structure de la chaussée</u> .....	7
1. <u>Méthodes pratiques de dimensionnement</u> .....	7
2. <u>Choix de la méthode de dimensionnement</u> .....	8
3. <u>Trafic</u> .....	9
4. <u>Résultat de dimensionnement de la Structure de chaussée</u> .....	10
IV. ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE.....	11
IV.1. <u>Étude hydrologique</u> .....	11
1. <u>Délimitation des bassins versants</u> .....	11
2. <u>Évaluation des débits de crues décennales</u> .....	12
3. <u>Détermination des paramètres de calcul</u> .....	13
IV.2. <u>Étude hydraulique</u> .....	15
1. <u>Dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement</u> .....	15
V. DIMENSIONNEMENT BÉTON ARMÉ DES OUVRAGES .....	18
1. <u>Normes et règlements de calcul</u> .....	18
2. <u>Caractéristiques des matériaux</u> .....	18
3. <u>Dimensionnement dalot</u> .....	19
a. <u>Évaluation des charges</u> .....	20
b. <u>Calcul des sollicitations</u> .....	21
c. <u>Calcul des armatures</u> .....	23



4.	<b><u>Dimensionnement caniveau</u></b> .....	23
a.	<b><u>Évaluation des charges</u></b> .....	23
b.	<b><u>Calcul des armatures</u></b> .....	24
VI.	<b>ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE ET AMÉNAGEMENT DE LA ROUTE</b> .....	25
VI.1.	<b><u>Étude géométrique</u></b> .....	25
1.	<b><u>Études conceptuelles et tracé de la route</u></b> .....	25
VI.2.	<b><u>Aménagements</u></b> .....	28
a.	<b><u>Aménagement des amorces</u></b> .....	28
b.	<b><u>Carrefour giratoire</u></b> .....	29
VII.	<b>SIGNALISATION ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE- ÉCLAIRAGE PUBLIC</b> .....	31
VII.1.	<b><u>Signalisation routière</u></b> .....	31
a.	<b><u>Signalisation horizontale</u></b> .....	31
b.	<b><u>Signalisation verticale</u></b> .....	32
VII.2.	<b><u>Sécurité routière</u></b> .....	32
VII.3.	<b><u>Éclairage public</u></b> .....	32
a.	<b><u>Choix des luminaires</u></b> .....	33
b.	<b><u>Type d'implantation des luminaires</u></b> .....	33
c.	<b><u>Calcul de la hauteur des feux et des espacements des supports</u></b> .....	34
VIII.	<b>ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL</b> .....	35
1.	<b><u>Les impacts potentiels identifiés</u></b> .....	35
a.	<b><u>Les impacts négatifs identifiés pendant les travaux</u></b> .....	35
b.	<b><u>Les impacts positifs</u></b> .....	35
c.	<b><u>Les mesures d'atténuations</u></b> .....	35
IX.	<b>ÉVALUATION QUANTITATIVE ET ESTIMATIVE DES TRAVAUX ET PLANNING DES TRAVAUX</b> .....	37
IX.1.	<b><u>Évaluation du coût de projet</u></b> .....	37
IX.2.	<b><u>Planning des travaux</u></b> .....	37
1.	<b><u>Éléments de base pour l'élaboration d'un planning</u></b> .....	38
2.	<b><u>Méthode d'élaboration du planning</u></b> .....	38
	<b>CONCLUSION</b> .....	39
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	40
	<b>ANNEXES</b> .....	41

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:résultats des essais géotechniques sur le sol de la plateforme.....	5
Tableau 2:synoptique des sols de la plate-forme .....	5
Tableau 3:résultats des essais effectués sur les matériaux de viabilité .....	6
Tableau 4:trafic moyen journalier annuel .....	9
Tableau 5:récapitulatif des paramètres des sous bassins versants.....	12
Tableau 6:coefficient de ruissèlement élémentaire .....	13
Tableau 7:temps de concentration pour chaque sous bassin versant .....	14
Tableau 8:coefficient de Montana pour la ville de Ouagadougou .....	15
Tableau 9:intensités de l'averse et débits décennaux.....	15
Tableau 10: dalots à réaliser .....	17
Tableau 11:récapitulatif des sollicitations.....	22
Tableau 12:ferraillage dalot .....	23
Tableau 13: récapitulatif ferraillage du caniveau .....	24
Tableau 14: Caractéristiques géométriques du carrefour giratoire .....	30
Tableau 15: caractéristiques géométriques des signalisations horizontales.....	32
Tableau 16: récapitulatif du cout des travaux par corps d'état.....	37

## LISTE DES FIGURES

Figure 1:localisation de la zone du projet .....	3
Figure 2: dalot type .....	20
Figure 3:schéma statique du dalot amorce .....	21
Figure 4:caniveau type .....	23
Figure 5: paramètres fondamentaux des projets routiers .....	26
Figure 6: plan type d'amorce .....	29
Figure 7: plan type du carrefour giratoire .....	30
Figure 8 : types d'implantation des luminaires .....	34

## I. INTRODUCTION

L'homme, pour se déplacer d'un point A vers un point B, devait toujours se frayer un chemin. Le temps mis pour parcourir ce trajet étant étroitement lié à la qualité de la route. C'est ainsi, qu'au fil du temps, des nombreuses études ont été menées, dans l'ultime objectif d'améliorer les conditions de déplacement par le bitumage des routes.

Dès lors, l'Afrique en générale et le Burkina-Faso en particulier, connaît un essor considérable dans le domaine des infrastructures routières. C'est dans cette logique que le gouvernement Burkinabé, à travers la direction générale des ouvrages d'arts à emboîter le pas en initiant le projet de l'aménagement et de bitumage des voies parallèles à l'Avenue Babanguida (l'une des Avenues les plus empruntées), dont une, fait l'objet de cette étude intitulée : « études techniques détaillées et environnementales des travaux d'aménagement et de bitumage des voies parallèles a l'Avenue Babanguida : cas de la rue de Wemtenga(rue29.13), qui une fois à terme d'exécution permettra de :

- Décongestionner le trafic sur l'Avenue Babanguida
- Relier les quartiers entre eux même en période d'hivernage

Cette étude a pour but de déterminer, concevoir, et de quantifier la nature des différentes interventions et aménagements à adopter sur cette route pour des travaux de construction et de bitumage. Elle consiste ainsi à faire une étude technique détaillée.

Pour mener à bien cette étude technique détaillée ce document est structuré comme suit :

- Une présentation du cadre d'étude et objectifs du projet, pour permettre un aperçu général sur le projet et son justification ;
- une étude géotechniques et dimensionnement de la structure de chaussée, pour optimiser les techniques à employer pour assurer la pérennité de la chaussée ;
- une étude hydrologique et hydraulique, conduisant à une évaluation de débit à écouler dans un premier temps pour ensuite proposer des dimensions des ouvrages susceptibles d'écouler ce débit sans difficulté ;
- une étude géométrique et d'aménagement de la route, pour en garantir le confort et la sécurité
- une étude d'impact environnemental
- conclusion

## **II. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET**

### **II.1 Contexte général du projet**

Dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie cohérente et dynamique du développement du secteur des transports, le gouvernement du Burkina-Faso entreprend les travaux d'aménagement et de bitumage des voiries parallèles à l'avenue Babanguida.

Ainsi, il a été prévu une étude technique détaillée et environnementale. Cette étude permet de déterminer, de concevoir et de quantifier la nature des interventions et aménagements à appliquer aux voiries retenues.

### **II.2. Objectifs du projet**

Ce projet s'intègre dans le cadre de la politique de développement socioéconomique initiée par le gouvernement du Faso. Une fois exécuté ce projet permettra d'atteindre les objectifs suivants :

- assurer une bonne structuration du réseau routier burkinabé ;
- relier les quartiers entre eux, même pendant la période d'hivernage ;
- diminuer le cout d'exploitation des véhicules et renforcer la sécurité et le confort de la population ;
- accroître les activités commerciales et génératrices de revenus

### **II.3 Objectif spécifique du projet**

Il s'agira dans le cadre de ce projet, de réaliser les études techniques détaillées des travaux d'aménagement et de bitumage la rue de Wemtenga. Cette rue appelée la rue 29.13 (selon le plan d'adressage de la ville de Ouagadougou), est longue de 2554 ml et son aménagement doit permettre le décongestionnement du trafic sur l'Avenue Babanguida souvent débordée aux heures de pointe.

### **II.4. Description de la zone du projet**

Le projet situé dans la région du plateau central au Burkina Faso concerne principalement la province du Kadiogo, plus précisément dans l'arrondissement de Bogodogo. La zone du projet est caractérisée par un climat de type soudano-sahélien a deux saisons alternées :

- Une saison sèche qui s'étale sur huit(8) mois allant d'Octobre à Mai
- Une saison humide qui durée quatre(04) mois allant de Juin à Septembre

Ce type de climat impose à la zone du projet une pluviométrie moyenne annuelle comprise dans la fourchette de 600-700 mm pour une température moyenne annuelle qui est comprise entre 20°C et 35°C. Le tronçon à étudier dénommé la rue de de Wemtenga (rue 29.13), d'un linéaire de 2554 ml prend son origine au PK0+00 au croisement avec l'avenue Charles De Gaulle et prend fin au PK2+554 au niveau de la zone d'activités diverses(ZAD). Voir le plan de situation dans la figure ci-après (Figure 1) :

**Figure 1:localisation de la zone du projet**



### **III. ÉTUDES GÉOTECHNIQUES ET DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE**

#### **III.1 Études géotechniques**

La géotechnique est une discipline que l'on peut intégrer dans le génie civil au sens large, elle étudie d'une part les caractéristiques physiques, le sol support sur lequel l'ouvrage sera construit et d'autre part les matériaux qui constitueront les différentes couches de cet ouvrage.

Les études géotechniques ont été confiées au Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP). Les études ont porté sur :

- La reconnaissance de sols de la chaussée existante par l'exécution des sondages avec prélèvement d'échantillons remaniés (10 sondages sur chaussée),
- L'établissement d'une coupe géotechnique de chaque sondage,
- La recherche et la reconnaissance des matériaux de viabilité pour corps de chaussée.

#### **1. Reconnaissance de sols de plate-forme de la chaussée existante**



Au total dix (10) sondages ont été exécutés sur le sol de plate-forme de la chaussée existante à raison d'un sondage tous les 250 mètres en moyenne, à des profondeurs variant de 0,45 m à 1m. Les échantillons ainsi prélevés ont fait l'objet d'essais au laboratoire (Analyse Granulométrique, Limites d'Atterberg, Proctor modifié et CBR) dont les principaux résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après (Tableau 1) :

**Tableau 1: résultats des essais géotechniques sur le sol de la plateforme**

N° sondage	Couche cm/cm	Analyse Granulométrique					Limites d'Atterberg			Proctor Modifié		CBR		Classe de de portance
		>0.08 mm	>0.40 mm	>2 mm	>5 mm	>10 mm	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	ω <sub>OPM</sub> (%)	γ <sub>aOPM</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	95%	98%	
1	30/65	45.0	63.5	87.0	96.0	99.0	22.0	12.0	10.0	8.0	20.1	5.0	6.0	S <sub>1</sub>
2	0/20	15.5	40.5	70.0	85.0	91.5	16.0	10.0	6.0	7.1	20.9	54.0	78.0	S <sub>5</sub>
3	0/15	14.0	44.0	70.0	88.0	93.5	16.0	10.0	6.0					
4	0/15	21.0	47.0	72.5	85.5	93.5	18.0	9.0	9.0					
5	0/20	30.5	43.0	56.5	74.0	92.0	34.0	18.0	16.0					
6	2/57	15.5	28.5	40.5	58.0	81.0	16.0	8.0	8.0					
7	0/20	18.0	32.0	47.5	67.0	84.0	20.0	9.0	11.0					
8	0/25	26.0	37.0	49.0	69.5	89.5	28.0	14.0	14.0	10.4	19.9	40.0	48.0	S <sub>5</sub>
9	0/15	23.5	38.0	54.5	75.0	93.0	19.0	10.0	9.0					
10	22/32	27.0	46.5	70.0	84.5	93.0	17.0	9.0	8.0					

Ce qui a conduit à une synoptique du sol de plate-forme de la chaussée existante dans le tableau ci-dessous (Tableau 2)

**Tableau 2: synoptique des sols de la plate-forme**

Tronçons	PK0+000	PK0+250	PK0+500	PK0+750	PK1+000	PK1+250	PK1+500	PK1+750	PK2+000	PK2+554
Type de sol rencontré										
	A.L	Graveleux Argileux Latéritique								
CBR	5	54						40		
Classe de sol	S <sub>1</sub>	S <sub>5</sub>						S <sub>5</sub>		
Profondeur de purge	25 cm									30 cm

## 2. Matériaux de viabilité pour corps de chaussée

Pour ce qui est des matériaux de viabilité pour corps de chaussée, Quatre (04) gisements de graveleux latéritique ont été repérés par le L.N.B.T.P. Des prélèvements ont été faits sur ces carrières, pour être ensuite soumis à des essais en laboratoire en vue d'en déterminer les caractéristiques géotechniques.



Les principaux résultats de ces essais sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3: résultats des essais effectués sur les matériaux de viabilité**

Emprunt	Analyse Granulométrique		Limites d'Atterberg			Proctor Modifié		CBR		Cubature (m <sup>3</sup> )
	<0.08 mm	<0.40 mm	W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	I <sub>P</sub>	ω <sub>OPM</sub> (%)	γ <sub>dOPM</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	95% OPM	98% OPM	
1	22	29	21	11	10	7.2	22.3	49	59	16850
2	20	25.5	22	12	10	8.7	21.8	50	66	15000
3	21	26.5	24	13	11	7.9	21.8	52	70	16000
4	14.5	20	23	12	11	7.7	22.3	66	94	21375

### **3. Analyses et commentaires des données géotechniques**

#### **Au niveau des sols de la plateforme**

D'après, les résultats des essais géotechniques sur le sol de plate-forme de la chaussée existante, on remarque que sur l'ensemble du tracé le sol de la plate-forme est de bonne portance. Les sols sont majoritairement de type graveleux latéritique à l'exception de la zone aux environs du croisement avec l'Avenue Charles De Gaulle où le sol est limoneux.

Ainsi pour palier à cette insuffisance des purges sont prévues à une profondeur d'au moins 50 cm. Des matériaux ayant un CBR > 15 à 95% de l'OPM substitueront les sols purgés, de manière à avoir une nouvelle plate-forme de classe S<sub>4</sub>.

Le long de la voie projetée, les terrassements seront exécutés de manière à disposer d'une plate-forme de classe minimale S<sub>4</sub> (15 ≤ CBR ≤ 30 à 95% de l'OPM).

Dans ce but la méthode de terrassement suivante sera mise en place :

- Les sols de découvertes seront décapés sur toutes leurs épaisseurs.
- Les sols de mauvaise qualité seront substitués par au moins 50 cm de matériaux de couche de forme de classe S<sub>4</sub>.

#### **Au niveau des matériaux d'emprunt**

Les résultats des essais effectués sur les échantillons prélevés sur les quatre (04) emprunts de graveleux latéritique sont satisfaisants. D'ailleurs le graveleux latéritique constitue le matériau des couches d'assises des chaussées par excellence, compte tenu de son disponibilité et sa résistance.

## **III.2. Dimensionnement de la structure de la chaussée**

### **1. Méthodes pratiques de dimensionnement**

De façon résumée, dimensionner une chaussée, c'est trouver les différentes épaisseurs de matériaux à mettre en œuvre sur un sol support, pour qu'au bout de N années, sous un trafic cumulé et dans une région donnée.

En matière de dimensionnement des chaussées, il n'existe pas de méthodes de calcul rigoureuses. Chaque pays a ses propres règles qui s'affinent au gré des progrès réalisés dans la connaissance des paramètres de l'environnement routier et des résultats théoriques sur les modèles mécaniques.

Aussi, existe-t-il un certain nombre de méthodes pratiques plus ou moins adaptées à chaque contexte. Ces méthodes peuvent se regrouper en deux types :

Les méthodes qui à partir d'une formule mathématique ou d'un graphique permettent de calculer, en fonction des matériaux (sol et matériaux de viabilité) et du trafic, les épaisseurs des différentes couches : méthodes CBR, abaque TRRL, méthodes dérivées des essais AASHO, méthodes Shell, etc.

Les méthodes des catalogues de structures qui mettent à la disposition des ingénieurs projeteurs des structures pré calculées et testées par l'expérience.

Il faut dire que le catalogue libère le projeteur des calculs numériques et le met à l'abri de l'illusion d'un résultat rigoureux du fait de l'application d'une formule mathématique alors que les paramètres d'entrée ne sont pas toujours précis. Dans le catalogue, les paramètres sont regroupés en classe suffisamment large. Le catalogue prend en compte l'environnement technologique, socio-économique et il permet de standardiser les structures en limitant leur nombre et autorise l'uniformisation des techniques d'étude. On peut citer :

Les catalogues français des structures types des chaussées de 1971, 1977, 1994 et 1998

Le manuel de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux en voie de développement du Centre Expérimental de Recherche et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP) de 1971, puis révisé en 1980 et intitulé « Guide Pratique de Dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux »

Le manuel pour la conception et le dimensionnement des chaussées - catalogue de structures types du Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics (LBTP) Abidjan 1977. Ce manuel est une adaptation de celui du CEBTP.

## **2. Choix de la méthode de dimensionnement**

Après le passage en revue de ces différentes méthodes, il a été proposé pour le cadre de ce projet d'adopter la méthode du guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux du CEBTP pour diverses raisons que voici :

En préface du guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux l'on pourra clairement lire que « son élaboration a bénéficié de la publication des catalogues de structures types de chaussées neuves par le LCPC-SETRA de France et par les organismes suivants, dans lesquels sont détachés des ingénieurs du CEBTP : LBTP de Cote d'Ivoire, Ministry of Works du Kenya, LTP du Cameroun ». Ensuite l'on ajoute que le guide a été établi après une large consultation des ingénieurs ayant l'expérience des chaussées des pays tropicaux. Ce document est considéré comme étant d'une application générale dans les pays tropicaux aux routes pour lesquelles la décision de bitumage a été prise, avec comme objectif à terme de faire réaliser par chaque pays, un catalogue de structures de chaussées adapté à son propre environnement géotechnique, climatique et économique.

À ce jour, le Burkina Faso ne disposant pas encore d'un catalogue qui lui est propre, il s'avère judicieux de faire recours au guide de dimensionnement du CEBTP, étant donné qu'en plus des raisons avancées plus haut :

- Cette méthode a été jusqu'ici utilisée avec succès au Burkina Faso
- Elle a l'avantage de proposer des structures qui peuvent être adaptées en fonction des ressources locales en matériaux disponibles
- Enfin la validation des structures de chaussées proposées sont de telle façon que :
- Les contraintes de compression au niveau de la plate-forme n'entraînent pas le poinçonnement de celle-ci ;
- Les contraintes de traction a la base des couches améliorées ou traitées n'entraînent leurs rupture par flexion ;
- Les déformations sous trafic restent admissibles eu égard au comportement en fatigue des matériaux ;
- Les épaisseurs des couches sont compatibles avec les technologies de mise en œuvre par les engins modernes.

### 3. Trafic

Les données de trafic, utilisées pour ce projet sont celles obtenues, lors de l'enquête de trafic réalisée dans le cadre, d'une étude de l'assainissement des quartiers périphériques de la ville de Ouagadougou. Vu qu'aucune étude de trafic propre à ce projet n'a été réalisée.

Cette enquête de trafic a concerné la rue 30.482 qui est d'ailleurs le prolongement de la rue 29.13 vers l'Est et aussi la rue Na-Roamba qui croise l'Avenue Babanguida au niveau de la pharmacie Dounia.

Le tableau ci-dessous donne les résultats de l'enquête de trafic réalisée dans le cadre de l'étude de l'assainissement des quartiers périphériques de la ville de Ouagadougou sur les rues situées dans la zone du projet.

**Tableau 4:trafic moyen journalier annuel**

Voies	Trafic normal(MJA)		Trafic induit(MJA)		Trafic total(MJA)	Classe de trafic
	Passagers	marchandises	passagers	marchandises		
Rue 48.28 son prolongement a l'Est	1360	50	408	33	1851	T3
Prolongement rue 30.482	2935	121	881	79	4016	T3
Succesion des rues 30.215,29.253 et 28.335	2881	179	864	116	4040	T3
Avenue Na-Roamba,rue Ronsin et 14.92	1331	70	399	46	1846	T3

Source : étude d'assainissement des quartiers périphériques de Ouagadougou (2012)

Vu, les données contenues dans le tableau ci-dessus, il a été adopté un trafic de classe T<sub>3</sub> pour le dimensionnement structurel de cette rue. Afin d'assurer la continuité et l'harmonisation de bitumage des voies dans la ville de Ouagadougou.

#### **4. Résultat de dimensionnement de la Structure de chaussée**

En tenant compte des données d'entrées suivantes :

- Classe de portance de la plate-forme :  $S_4$
- Classe de trafic :  $T_3$
- Durée de vie de la chaussée : 15 ans

Le guide pratique de dimensionnement a proposé la structure suivante :

- 5 cm de béton bitumineux (BB) en couche de roulement ;
- 20 cm de graveleux latéritique naturel amélioré au concassés : litho stabilisation en couche de base ;
- 15 cm de graveleux latéritique naturel en couche de fondation.

## IV. ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

L'eau constitue une des causes premières de la dégradation d'une route. Ainsi donc la durée de vie de la chaussée dépend étroitement à la fiabilité de l'étude hydrologique et hydraulique, car elle permettra d'évaluer avec précision le débit de pointe à évacuer et ensuite déterminer les ouvertures nécessaires qui permettront l'évacuation de ce débit sans risque. Cette étude se décompose normalement en deux parties à savoir :

- Une Étude hydrologique destinée à évaluer les apports d'eau et plus particulièrement les apports d'eau durant les crues exceptionnelles au niveau des ouvrages à réaliser.
- Une étude hydraulique destinée à proposer des ouvrages qui soient capables d'évacuer les apports d'eau en limitant au maximum les dégâts et les dégradations locales.

### IV.1. Étude hydrologique

L'étude hydrologique a pour objectif principal la détermination des débits maximums pouvant être observés aux lieux d'implantation des ouvrages, et qui servira au dimensionnement de ces ouvrages.

Dans le cadre précis de ce projet, le dimensionnement des ouvrages est fait avec un débit de crue décennale, compte tenu du coût de réalisation de ces ouvrages qui serait anormalement élevé si l'on considérait une crue autre que la crue décennale (supérieur à 10 ans).

#### 1. Délimitation des bassins versants

Le plan cadastral de la zone du projet, qui est mis à la disposition du consultant a servi pour la délimitation du bassin versant qui est en réalité subdivisé en plusieurs sous bassins versants. Au total huit (8) sous bassins versants ont été délimité le long de la voie.

Les sous bassins ainsi délimités sont répertoriés dans le tableau ci-dessous avec leurs caractéristiques géométriques

**Tableau 5:récapitulatif des paramètres des sous bassins versants**

Bassin versant	Sous bassins versants	Longueur (km)	largeur (km)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Pente (m/m)	Position
<b>Bassin versant de Wemtenga rue 29.13</b>	S BV <sub>1-1</sub>	0.805	0.1626087	0.1309	0.0068	Droite
	S BV <sub>1-2</sub>	0.81	0.15358025	0.1244	0.0061	Gauche
	S BV <sub>2-1</sub>	0.748	0.09117647	0.0682	0.0058	Droite
	S BV <sub>2-2</sub>	0.624	0.13413462	0.0837	0.0063	Gauche
	S BV <sub>3-1</sub>	0.531	0.0873823	0.0464	0.0024	Droite
	S BV <sub>3-2</sub>	0.508	0.11692913	0.0594	0.0011	Gauche
	S BV <sub>4-1</sub>	0.183	0.10546448	0.0193	0.0053	Droite
	S BV <sub>4-2</sub>	0.324	0.1632716	0.0529	0.0013	Gauche

## **2. Évaluation des débits de crues décennales**

L'évaluation du débit de crue décennale a été faite à partir du manuel élaboré par les équipes du CIEH, d'ORSTOM et de l'Hydraulique Routière.

Les méthodes CIEH et ORSTOM dans leurs versions actualisées, révisées et publiées en 1996, s'appliquent aux bassins versants situés entre les isohyètes compris entre 150-200 mm au Nord et 1200 mm au Sud, ayant des superficies comprises entre 0.2-2000 km<sup>2</sup>.

L'Hydraulique Routière qui prône la méthode rationnelle utilisée pour l'estimation des débits de crues des petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km<sup>2</sup>. Compte tenu de la taille des bassins versants, la méthode rationnelle a été utilisée pour l'estimation des débits de crues du projet.

### **Méthode rationnelle**

Cette méthode est appliquée exclusivement aux petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km<sup>2</sup>.

Pour une averse donnée, homogène dans le temps et dans l'espace, d'intensité I (mm/h), le débit à l'exutoire du bassin versant atteint sa valeur maximale lorsque la durée de l'averse est au moins égale au temps de concentration t<sub>c</sub> du bassin (le temps de concentration est le temps que met une goutte du point le plus éloigné de l'exutoire pour parvenir à celui-ci).

Le débit à l'exutoire est donné par la formule suivante :

$$Q_{10} = 0.278 C I A$$

Où :

C : le coefficient de ruissèlement

I : l'intensité de l'averse décennale en mm/h

A : superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>

Q<sub>10</sub>: le débit décennal en m<sup>3</sup>/s

### 3. Détermination des paramètres de calcul

#### Le coefficient de ruissèlement

Le coefficient de ruissèlement est un paramètre qui varie avec la pente du bassin versant, mais elle dépend aussi du type de terrain. Des coefficients de ruissèlement élémentaires ont été utilisés pour chaque type de terrain, et pondéré pour déterminer le coefficient de ruissèlement global pour chaque bassin. Le tableau ci-dessous donne les coefficients de ruissèlement élémentaire.

**Tableau 6:coefficient de ruissèlement élémentaire**

Coefficients de ruissèlements élémentaires	
<b>Ilots</b>	0.74
<b>Terrains vagues</b>	0.66
<b>Rues aménagées</b>	0.95
<b>Rues non aménagées</b>	0.7

#### Temps de concentration

Le temps de concentration est le temps que mets une goutte d'eau provenant d'un point le plus éloigné de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. Il est calculé par la formule de Kirpich dont l'expression s'écrit :

$$T_c = \frac{L^{1.15}}{52 \times H^{0.38}}$$

Où :

T<sub>c</sub> : le temps de concentration en minutes

L : est le plus long chemin hydraulique en mètre



H : est la dénivelée entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin versant en mètre.

Le tableau ci-dessous donne le temps de concentration pour chaque bassin versant :

**Tableau 7: temps de concentration pour chaque sous bassin versant**

Bassin versant	Sous bassins versants	Surface (km <sup>2</sup> )	Pente (m/m)	Longueur du chemin hydraulique (m)	Dénivelée (m)	Temps de concentration (mn)
<b>Bassin versant de Wemtenga rue 29.13</b>	S BV <sub>1-1</sub>	0.1309	0.0068	805	5.49	22.11
	S BV <sub>1-2</sub>	0.1244	0.0061	810	4.95	23.16
	S BV <sub>2-1</sub>	0.0682	0.0058	748	4.33	22.24
	S BV <sub>2-2</sub>	0.0837	0.0063	624	3.94	18.71
	S BV <sub>3-1</sub>	0.0464	0.0024	531	1.25	24.05
	S BV <sub>3-2</sub>	0.0594	0.0011	508	0.58	30.59
	S BV <sub>4-1</sub>	0.0193	0.0053	183	0.97	7.78
	S BV <sub>4-2</sub>	0.0529	0.0013	342	0.44	21.56

#### Intensité de l'averse

Les intensités de l'averse ont été obtenues par l'utilisation de la relation suivante :

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

Où :

a et b sont les coefficients de Montana dépendant du lieu et de la fréquence pluviométrique

$t_c$  : le temps de concentration en mn

i : l'intensité de pluie en mm/h

Les coefficients de Montana pour la ville de Ouagadougou sont donnés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 8:coefficient de Montana pour la ville de Ouagadougou**

Coefficients	Période de retour = 1an		Période de retour = 10ans	
	Durée < 1h	Durée > 2h	Durée < 1h	Durée > 2h
<b>a</b>	5.6	31	9.4	39
<b>b</b>	0.5	0.9	0.5	0.9

La génération de l'intensité de pluie ainsi que le débit de crue a été faite par un programme Excel en utilisant la méthode rationnelle. Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 9:intensités de l'averse et débits décennaux**

Bassin versant	Surface (km <sup>2</sup> )	Coefficients de Montana		Temps de concentration (mn)	Intensité de pluie (mm/h)	Coefficient de ruissellement	Débit décennal (m <sup>3</sup> /s)
		a	b				
S BV <sub>1-1</sub>	0.1309	9.4	0.5	22.11	119.94	0.73	3.19
S BV <sub>1-2</sub>	0.1244	9.4	0.5	23.18	117.15	0.74	3
S BV <sub>2-1</sub>	0.0682	9.4	0.5	22.22	119.64	0.76	1.72
S BV <sub>2-2</sub>	0.0837	9.4	0.5	18.73	130.32	0.75	2.27
S BV <sub>3-1</sub>	0.0464	9.4	0.5	23.87	115.44	0.77	1.15
S BV <sub>3-2</sub>	0.0594	9.4	0.5	31.03	101.25	0.76	1.27
S BV <sub>4-1</sub>	0.0193	9.4	0.5	7.78	202.23	0.79	0.86
S BV <sub>4-2</sub>	0.0529	9.4	0.5	21.56	121.47	0.73	1.3

## IV.2. Étude hydraulique

L'étude hydraulique est essentiellement basée sur le dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement de la route. Dans le cadre de ce projet le système d'assainissement est constitués des caniveaux et des dalots de traversé.

### 1. Dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement

Le dimensionnement hydraulique des ouvrages fait appel à plusieurs paramètres, définis en fonction du site et des normes de conception de ceux-ci.

Les paramètres suivants ont été pris en compte pour le dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement:

- Le débit du projet qui est préalablement déterminé dans l'étude hydrologique
- La pente du canal
- Le coefficient de rugosité qui est de l'ordre de 67 pour les ouvrages en béton
- La vitesse maximale de l'eau à l'entrée de l'ouvrage qui serait  $\leq 3.5$  m/s
- La vitesse minimale d'écoulement qui est de l'ordre 1 m/s pour assurer l'auto curage

Pour le calcul des sections à partir du débit de projet, diverses formules sont proposées parmi lesquelles:

- La formule Chézy
- La formule Manning-Strickler

Cependant, la plus célèbre reste celle de Manning-Strickler, et a été utilisées pour le calcul de l'ouverture.

Son expression générale s'écrit :

$$Q = K_s \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Où :

Q : débit en m<sup>3</sup>/s

K<sub>s</sub> : coefficient de rugosité

S : section mouillée en m<sup>2</sup>

R : rayon hydraulique en m ( $R = \frac{S}{p}$ )

I : pente du canal en %

#### **a. Calcul des caniveaux**

Le dimensionnement s'est fait en fixant la base et on calcul la hauteur par itération jusqu'à la convergence pour l'obtention des valeurs optimales.

Remarque : pour un bassin versant donné, le débit calculé est normalement observé à l'exutoire, il serait donc rationnel de faire varier les dimensions des caniveaux pour le drainage d'un bassin au fur et à mesure que l'on s'approche de l'exutoire. Ce qui a conduits à considérer des tranches croissantes de débits calculés pour chaque bassin pour dimensionner les caniveaux qui vont vers l'exutoire en s'agrandissant.

Les résultats de dimensionnement hydraulique de caniveaux ainsi que tous les paramètres qui ont servis à ces calculs sont récapitulés dans un tableau joint en annexe.

**b. Calcul des dalots amorces**

Les dalots sont les prolongements des caniveaux pour permettre la traversée des rues adjacentes ; du coup ces dalots auront la même section hydraulique que les caniveaux qu'ils prolongent.

Le tronçon compte 47 rues adjacentes dont 26 à droite et 21 à gauche. Pour chaque rue adjacente, il a été prévu un dalot traversée de 10m de long, sauf au niveau de l'intersection de certaines voies déjà aménagées (rue de bogodogo et la rue à gauche de début de la ZAD). Ils seront fermés avec un système hyperstatique de 20 cm d'épaisseur.

Le tableau ci-dessous donne les dimensions des dalots à réaliser avec leurs nombres :

**Tableau 10: dalots à réaliser**

Ouverture de dalot	Nombre de traversées		Longueur unitaire de traversées (m)	Longueur de traversées (m)		
	Droite	Gauche		Droite	Gauche	Totale
200 x 100	4	4	10	40	40	80
150 x 100	4	4	10	40	40	80
120 x 80	3	2	10	30	20	50
100 x 100		5	10	0	50	50
100 x 90		3	10	0	30	30
100 x 80	6		10	60	0	60
100 x 80		3	10	0	30	30
80 x 70	8	4	10	80	40	120
200 x 150	embranchement a l'Avenue Charles De Gaulle		26	26		26
120 x 80	croisement rue 29.13 et 29.38		26	26 (x2)		52

## V. DIMENSIONNEMENT BÉTON ARMÉ DES OUVRAGES

### 1. Normes et règlements de calcul

Les actions à prendre en compte dans le calcul des dalots sont définies par les textes réglementaires normatifs en particulier le titre 2 du fascicule 61 du cahier de prescriptions communes(CPC) conception, calcul et épreuves des ouvrages d'arts

Les sollicitations sont déterminées à partir des expressions de KLEINLOGEL portant sur formulaire des cadres simples.

Le calcul de ferrailage se fera suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé de la méthode des états limites dites règles BEAL 91 modifié 99.

### 2. Caractéristiques des matériaux

✚ Béton

Fissuration préjudiciable

Béton B25 de poids volumique 25 kN/m<sup>3</sup>

Résistance à la compression a 28 jours :  $f_{c28} = 25$  MPa

Résistance à la traction a 28 jours :  $f_{t28} = 0.6 + 0.06 \times f_{c28} = 2.1$  MPa

La contrainte à l'état limite du béton :  $\sigma_{bc} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5} = 14.16$  MPa

Contrainte admissible du béton :  $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 0.6 \times 25 = 15$  MPa

Enrobage :  $c = 3$  cm


✚ Acier

Nuance : acier haute adhérence Fe E 400

Limite d'élasticité  $f_e = 400$  MPa

Contrainte de calcul de l'acier :  $\sigma_s = f_e / \gamma_s = 347.83$  MPa

Contrainte admissible de l'acier :  $\bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e; \max(0.5 f_e; 110 \sqrt{\eta f_{t28}}) \right\} = 201.63$  MPa

 Remblai d'accès

Contrainte admissible :  $\sigma_{sol} = 0.15 \text{ MPa}$

Poids volumique :  $\gamma_{sol} = 20 \text{ kN/m}^3$

Coefficient de poussée :  $K_a = 0.33$

### **3. Dimensionnement dalot**

De manière générale les études sont faites par bande de 1 m de dalot ( $b=1\text{m}$ )

Pour le calcul de sollicitations dans les éléments de structure du cadre simple, des différents cas de charges ont été considérés : sous actions permanentes d'une part et sous surcharge d'exploitation d'autre part. Pour chaque cas de charge, les moments fléchissant  $M$  aux appuis A, B, C et D les moments en mi-travée dans la travée AB (piédroit gauche) ; BC (tablier) ; CD (piédroit droite) et AD (radier) ; et les efforts normaux dans ces même éléments désignés respectivement par  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $N_4$  et  $N_1$  ont été calculés sur la base de calcul en cadre simple à partir de la formule provenant de l'ouvrage de KLEINLOGEL

Les dalots ont des dimensions variables de sorte à assurer la continuité des caniveaux.

Le cas de calcul présent ne prend en compte que le dimensionnement d'un dalot dont les caractéristiques géométriques sont les suivantes :

Largeur nette de passage de l'eau :  $L=2 \text{ m}$

Hauteur nette de l'ouverture :  $H=1 \text{ m}$

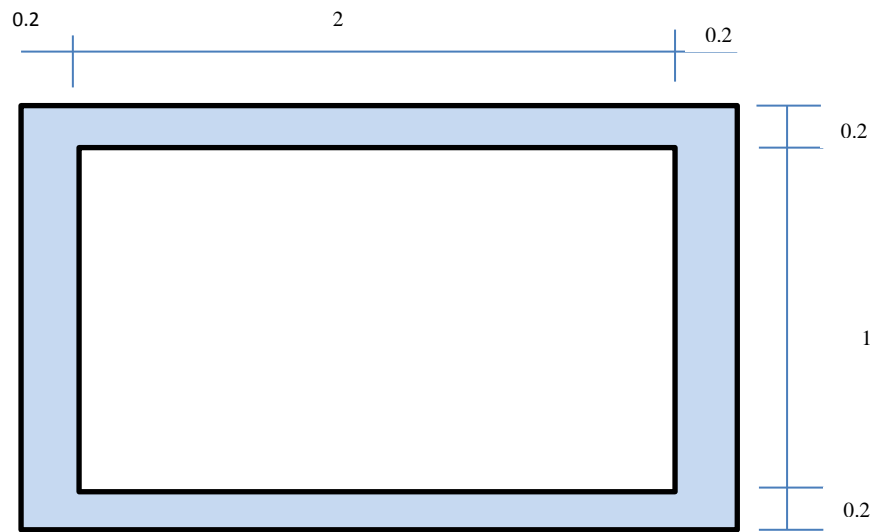
Épaisseur de tous les éléments uniformes  $e_1 = e_2 = 0.2\text{m}$

À cela il faut aussi ajouter les données suivantes :

Largeur roulable : 10 m ; nombre de voies : 2. Ce qui classe l'ouvrage en première classe

Les autres dalots ont été aussi dimensionnés selon le même principe à la seule différence où seulement les caractéristiques géométriques vont changer notamment sur la base et la hauteur.

**Figure 2: Dalot type**



**DALOT TYPE**

**a. Évaluation des charges**

**+ Charges permanentes**

- Tablier

La charge permanente appliquée au tablier est d'abord son poids propre augmenté du poids de la couche de roulement qui passe au-dessus ce qui donne un total de :  $g_1 = 6.2 \text{ kN/ml}$

- Radier :  $g_2 = 23.2 \text{ kN/ml}$

Poids propre des piédroits :  $P_p = \gamma \times e \times h = 25 \times 0.2 \times 1.2 = 6 \text{ kN/ml}$

Réaction du sol :  $R_s = \frac{2P}{l} = \frac{2 \times 6}{2.2} = 5.45 \text{ kN/ml}$

**+ Surcharges routières**

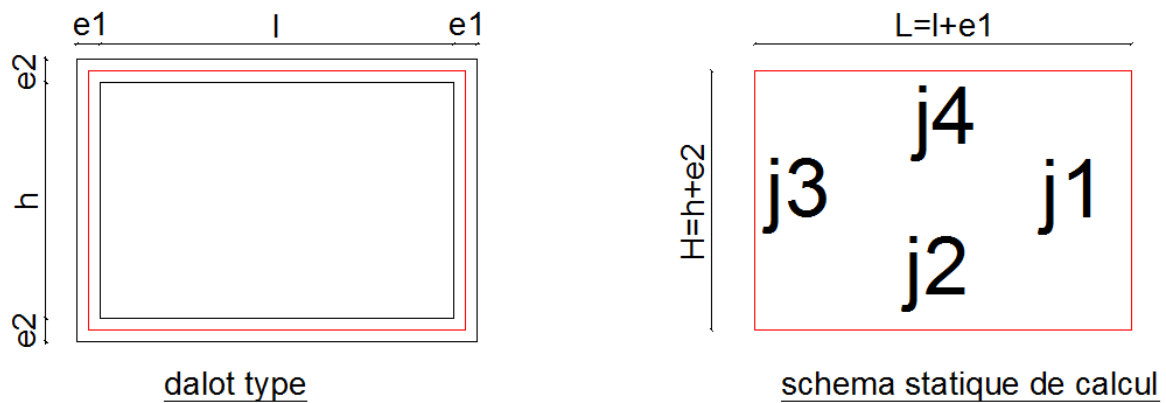
- Surcharge générée par le sous-système Bc est  $q = 70.75 \text{ kN/ml}$
- Charge générée par les remblais d'accès est  $10 \text{ kN/m}^2$

(Voir en annexe dimensionnement dalot pour les détails de calcul)

**b. Calcul des sollicitations**

Le calcul des sollicitations s'est fait sur la base de calcul en cadre simple avec des formules provenant de l'ouvrage, Cette méthode est dite de KLEINLOGEL. Le schéma statique qui a permis de calculer les sollicitations est montre sur la figure ci-dessous :

**Figure 3:schéma statique du dalot amorce**



À partir du schéma statique on a les grandeurs suivantes :

$$l = L + e_2 = 2 + 0.2 = 2.2 \quad l = 2.2\text{m}$$

$$h = H + e_1 = 1 + 0.2 = 1.2 \quad h = 1.2\text{m}$$

Calcul des moments d'inertie de chaque élément ( $J_i$ )

$$J_{AD} = J_{AB} = J_{BC} = J_{CD} = \frac{be_1^3}{12} = \frac{1 \times 0.2^3}{12} = 6.67 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

En appliquant la méthode des trois moments on obtient les sollicitations qui sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :



**Tableau 11:récapitulatif des sollicitations**

			Piedroit		Tablier		Piedroit		Radier	Radier	Piedroits		Tablier	
		MA	M(A-B)	MB	M(B-C)	MC	M(C-D)	MD	M(A-D)	N1	N2	N4	N3	
	Tablier	1	-1.62	-1.62	-1.62	2.13	-1.62	-1.62	-1.62	2.13	0	6.82	6.82	0
	Piedroits	2	-1.65	-0.92	-0.22	-0.22	-0.22	-0.92	-1.65	1.65	1.55	6	6	1.55
	Radier	3	-1.31	-1.31	-1.31	1.72	-1.31	-1.31	-1.31	1.72	0	5.5	5.5	0
	Poussée de terre	4	-0.15	0.79	-0.13	-0.13	-0.13	0.79	-0.15	-0.15	2.69	0	0	1.35
	Charge routière	5	-18.53	-18.53	-18.53	24.27	-18.53	-18.53	-18.53	24.27	0	77.82	77.82	0
	Remblai d'accès	6	-0.14	0.46	-0.14	-0.14	-0.14	0.46	-0.14	-0.14	2	0	0	2
	Freinage	7	-26.6	2.2	31	0	-31	-2.2	26.6	0	-48	-28.18	28.18	48
<b>G</b>	Charge permanente	1+2+3+4	-4.73	-3.06	-3.28	3.5	-3.28	-3.06	-4.73	5.35	4.24	18.32	18.32	2.9
<b>Q</b>	Charge d'exploitation	5+6+7	-45.27	-15.87	12.33	24.13	-49.67	-20.27	7.93	24.13	-46	49.64	106	50
	<b>sollicitions ELS</b>		<b>-59.05</b>	<b>-22.10</b>	<b>11.52</b>	<b>32.46</b>	<b>-62.88</b>	<b>-27.38</b>	<b>4.79</b>	<b>34.31</b>	<b>-50.96</b>	<b>77.89</b>	<b>145.52</b>	<b>62.90</b>

**c. Calcul des armatures**

Le calcul est mené en flexion composée, en considérant une poutre de hauteur 20 cm et de base 100 cm, soumis à un effort normal et un moment.

Après application des sollicitations répertoriées ci-haut, nous obtenons les armatures suivantes pour chaque partie du dalot :

**Tableau 12:ferrailage dalot**

Éléments de structure	Sections d'armatures (cm <sup>2</sup> )	Aciers retenus
Tablier	8.91	6HA14
Radier	9.44	7HA14
Piédroits	7.47	7HA12

**4. Dimensionnement caniveau**

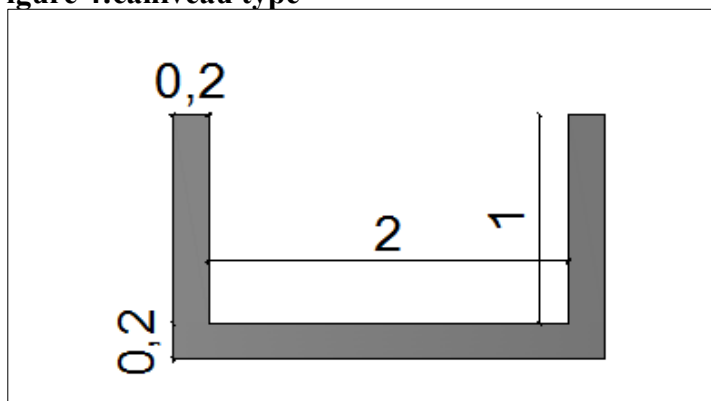
Le caniveau est de forme rectangulaire avec les dimensions suivantes :

Une base  $b= 2$  m

Une hauteur  $h=1$  m

Une épaisseur homogène  $e=0.2$ m

**Figure 4:caniveau type**



Le calcul du caniveau se fera en deux parties à savoir le calcul du radier puis celui des ailes

Le radier est calculé comme une poutre rectangulaire sur une bande de 1 m de longueur, alors que les ailes sont calculées comme des poteaux

**a. Évaluation des charges**

- Radier

Charges permanentes :  $g = 14.54 \text{ kN/ml}$

Surcharge (poids de l'eau qui coule) :  $q = 1 \text{ kN/ml}$

- Ailes

Charges permanentes :  $g = 4.54 \text{ kN/m}$

Surcharges :  $q = 6.6 \text{ kN/ml}$

### **b. Calcul des armatures**

Les armatures des éléments du caniveau sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Voir annexe pour les calculs

**Tableau 13: récapitulatif ferrailage du caniveau**

<b>Partie de l'ouvrage</b>	<b>radier</b>	<b>ailes</b>
Moment a l'ELS (kN.m)	9.52	7.57
Effort normal a l'ELS(kN)	17.31	5.4
Sections d'acier necessaires(cm <sup>2</sup> )	3.18	2.53
Section d'acier minimale(cm <sup>2</sup> )	2.17	2.17
Barres principales choisies	7HA8	6HA8/face
Barres de repartition	4HA8	4HA8/face

## **VI. ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE ET AMÉNAGEMENT DE LA ROUTE**

### **VI.1. Étude géométrique**

La conception géométrique d'une route, doit être faite de sorte qu'elle puisse répondre aux exigences et préoccupations suivantes :

- Assurer le confort et la sécurité des usagers,
- Assurer la fluidité du trafic,
- Adapter le tracé au contexte environnemental, socio-économique et financier,
- Permettre une utilisation permanente c'est à dire que la route doit être praticable en toute saison.

Il est à noter que cette étude géométrique ne pourrait être menée à bien sans une étude topographique minutieuse.

#### **1. Études conceptuelles et tracé de la route**

La route qui fait l'objet de la présente étude est classée dans la catégorie des routes urbaine compte tenu des caractéristiques suivantes :

- Relation fonctionnelle avec un site très urbanisé ;
- Trafic prépondérant ;
- Intégration éventuelle dans l'emprise, mais de façon séparée des chaussées et aménagement des pistes cyclables pour deux-roues.

La conception géométrique sera donc basée sur la norme I.C.T.A.V.R.U adaptée au contexte des routes urbaines.

Une vitesse de référence de 60 km/h a été retenue pour l'aménagement. En considérant cette vitesse de référence nous avons les caractéristiques géométriques suivantes encadrées en rouge dans le tableau ci-dessous :

Figure 5: paramètres fondamentaux des projets routiers

Tableau 2 – Paramètres fondamentaux des projets routiers									
Désignation du paramètre		Symbole et unité	Catégorie de route						
			4 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup>	Except.		
Vitesse de référence		$V_r$ (km/h)	40	60	80	100	120		
Tracé en plan	Dévers maximal		$\delta M$ (%)	7	7	7	7		
	Rayon en plan $RH$ (m)	minimal absolu (dévers $\delta M$ )	$RH_m$	40	120	240	425	665	
		minimal normal (dévers)	$RH_N$ ( $\delta$ %)	120 (5 %)	240 (5 %)	425 (5 %)	665 (4 %)	1 000 (4 %)	
		au dévers minimal (1)	$RH''$ (2,5 %) $RH''$ (2 %)	250 300	450 500	650 700	900 1 000	1 500 1 600	
		non déversé	$RH'$	400	600	900	1 300	1 800	
Profil en long	Déclivité maximale en rampe		$\pi M$ (%)	8	7	6	5	4	
	Rayon en angle saillant $RV$ (m)	Chaussée unidirectionnelle (route à 4 voies ou à 2 chaussées)	minimal absolu	$RV_{m1}$	500	1 500	3 000	6 000	12 000
			minimal normal	$RV_{N1}$	1 500	3 000	6 000	12 000	12 000
		Chaussée bidirectionnelle (route à 2 ou 3 voies)	minimal absolu	$RV_{m2}$	500	1 600	4 500	10 000	
			minimal normal	$RV_{N2}$	1 600	4 500	10 000	17 000	
	Rayon en angle rentrant $RV'$ (m)	minimal absolu		$RV_{m'}$	700	1 500	2 200	3 000	4 200
		minimal normal		$RV_{N'}$	1 500	2 200	3 000	4 200	6 000
Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route à 2 ou 3 voies		$RVD$ (m)	2 500	6 500	11 000	17 000	28 000		
Paramètres cinématiques	Vitesse du véhicule		$V$ (km/h)	40	60	80	100	120	
	Longueur de freinage		$d_0$ (m)	15	35	60	105	170	
	Distance d'arrêt en alignement		$d_1$ (m)	40	70	105	160	230	
	Distance d'arrêt en courbe		$d_2$ (m)	45	80	120	180	280	
	Distance de visibilité de dépassement	minimale	$d_d$ (m)	150	250	325	400	500	
		normale	$d_D$ (m)	250	350	500	625	800	
	Distance de visibilité de manœuvre de dépassement		$d_{Md}$ (m)	70	120	200	300	400	

(1) Le dévers minimal est 2,5 % pour une chaussée en béton bitumineux et de 2 % pour une chaussée en béton de ciment.

Source : projet et construction des routes (Jean Berthier)

### a. Tracé en plan

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement.

La combinaison de ces éléments, en coordination avec le profil en long, doit en premier lieu permettre de réserver une proportion convenable de zone où la visibilité est suffisante pour permettre le dépassement. Simultanément, on doit éviter l'effet de monotonie et réduire en conduite nocturne le temps d'éblouissement par les phares lié aux grands alignements droits

Pour ce projet le tracé en plan restera celui de la voie existante, qui est d'ailleurs conforme au plan cadastral de la ville.

Les valeurs limites à ne pas dépasser pour le tracé en plan en fonction de la vitesse de référence sont en encadres rouge sur la figure 5 ci-dessus.

**Tableau 14: éléments du tracé en plan de l'axe de la route**

<b><i>TABULATION DE L'AXE EN PLAN</i></b>					
<b>ÉLÉMENTS</b>	<b>CARACTÉRISTIQUES</b>	<b>LONGUEUR (m)</b>	<b>ABSCISSE</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
			<b>0</b>	<b>664432.826</b>	<b>1368450.334</b>
<b>D1</b>	<b>GIS = 201.858g</b>	<b>1942.806</b>			
			<b>1942.806</b>	<b>664376.147</b>	<b>1366508.355</b>
<b>C1</b>	<b>XC= 664326.168</b>				
	<b>YC= 1366509.814</b>				
	<b>R = -50.000</b>	<b>27.345</b>			
			<b>1970.151</b>	<b>664368.098</b>	<b>1366482.577</b>
<b>D2</b>	<b>GIS = 236.674g</b>	<b>233.707</b>			
			<b>2203.858</b>	<b>664240.791</b>	<b>1366286.588</b>
<b>DF</b>	<b>GIS = 236.919g</b>	<b>354.512</b>			
			<b>2558.37</b>	<b>664046.53</b>	<b>1365990.038</b>
<b>LONGUEUR DE L'AXE</b>			<b>2558.370 m</b>		

**b. Profil en long**

Le profil en long est le développement du cylindre vertical sur lequel est tracé l'axe de la route. Il est constitué de segments de droite raccordés par des arcs de cercle caractérisés par leur rayon.

Pour les segments de droite, on parle de pente ou de rampe suivant que la route descend ou monte dans le sens de la marche.

L'allure de la ligne rouge suivra la forme actuelle du profil en long de la chaussée existante. Néanmoins, des rehaussements seront prévus dans les zones basses et dans les zones où sont prévus des ouvrages transversaux pour l'assainissement transversal des rues

### **c. Profil en travers**

Le profil en travers est une coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. C'est l'élément clés d'un projet routier qui définit l'état de service de la chaussée, il a aussi un impact direct sur le coût du projet.

Pour cette rue le profil en travers retenu est le suivant avec toutes ses caractéristiques géométriques :

- Pente transversale de 2.5% (profil en toit)
- Chaussée de 2×2 voies chacune de 7 m en béton bitumineux
- Terre-plein central de 2.5 m de large en pavé
- Piste cyclable de 3 m de large sur chaque côté de la voie en béton bitumineux
- Stabilisation des bords de caniveau (pour éviter le ravinement)
- Drainage latéral : caniveaux rectangulaires de dimensions variables

## **VI.2. Aménagements**

Les aménagements prévus dans le cadre de ce projet, concernent principalement la construction d'une chaussée et ses ouvrages connexes.

Outre, ces aménagements principaux, il existe aussi des aménagements particuliers à savoir :

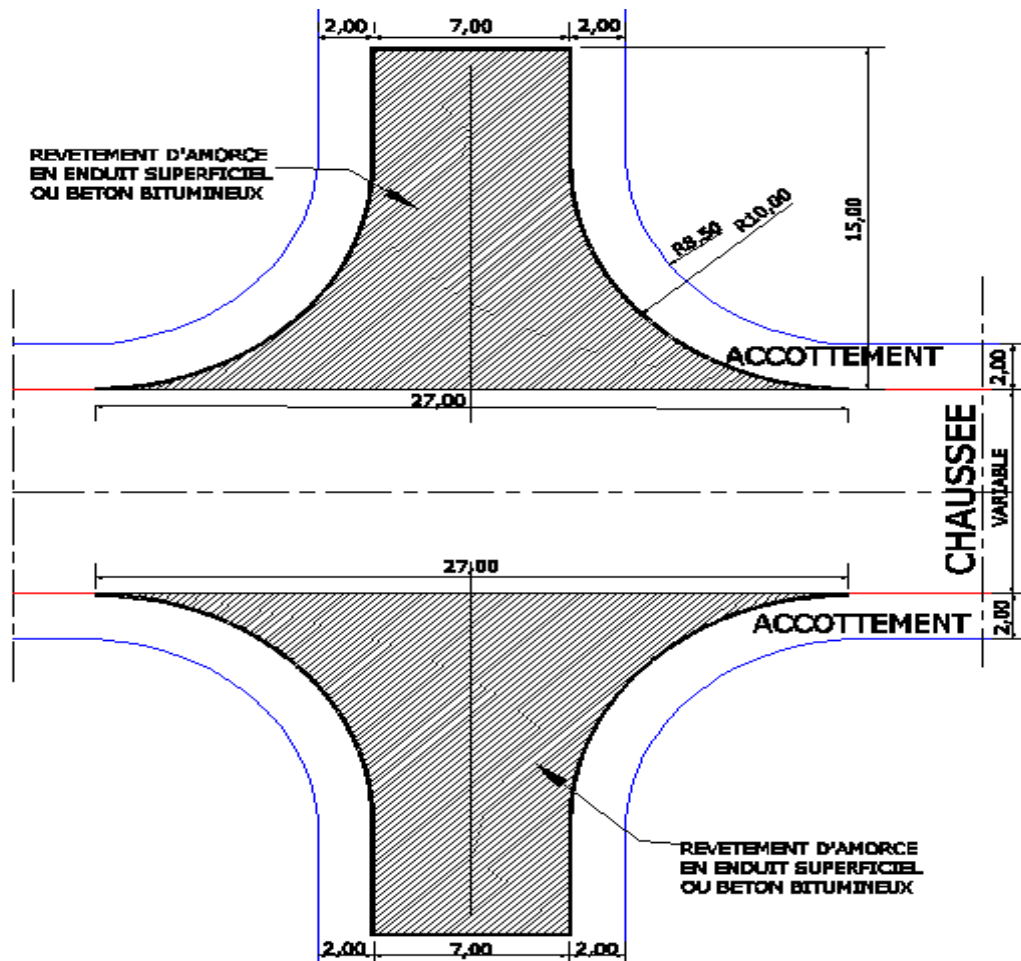
- Les amorces
- Le carrefour giratoire

### **a. Aménagement des amorces**

Les amorces sont des voies secondaires qui se raccordent à la voie principale au moyen de quelques aménagements prévus à cet effet. Elles sont revêtues sur 15 m pour permettre une bonne transition.

La figure ci-dessous donne un plan type d'amorce :

Figure 6: plan type d'amorce



### b. Carrefour giratoire

À l'intersection de la rue 29.13 et la rue 29.38 qui est une zone de conflit, il a été prévu un carrefour giratoire.

Le carrefour giratoire, est le carrefour plan qui offre le meilleur niveau de sécurité.

Toutefois, cette performance peut être dégradée si certaines précautions ne sont pas prises tant au niveau de la conception générale que de la réalisation de détail.

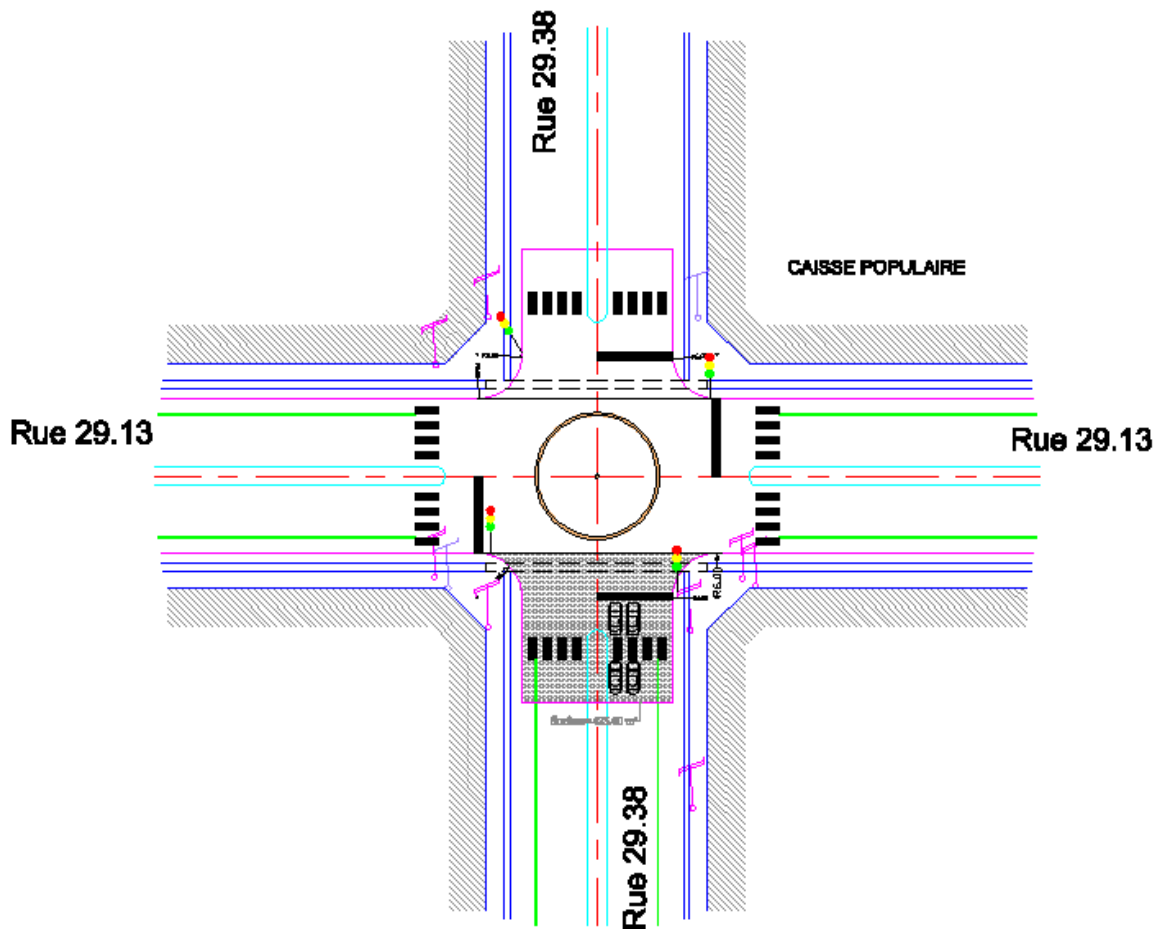
Les dimensions de ce carrefour giratoire ont été prises conformément aux recommandations faites par le SETRA dans son guide pratique (Aménagement des Carrefours Interurbains sur les routes principales : carrefours plans de décembre 1998). Ces différentes dimensions sont regroupées dans le tableau ci-dessous :



**Tableau 15: Caractéristiques géométriques du carrefour giratoire**

Carrefour giratoire	Notations	Dimensions (m)	Justifications
Rayon du giratoire	$R_g$	20	Routes a 2 chaussées $15 \leq R_g \leq 25$
Largeur de l'anneau	$l_a$	8.5	Valeur courante pour les carrefours susceptibles d'accueillir des semi-remorques
Rayon intérieur	$R_i$	11.5	$R_i = R_g - l_a$
Rayon d'entrée	$R_e$	15	$10m \leq R_g \leq 15m$ et $\leq R_g$
Largeur de la voie entrante	$l_e$	7	Pour les entrées a 2 voies
Rayon de sortie	$R_s$	15	$10m \leq R_s \leq 30m$ et $> R_i$
Largeur de la voie sortante	$l_s$	7	Pour les sorties a 2 voies
Rayon de raccordement	$R_r$	80	

**Figure 7: plan type du carrefour giratoire**



## VII. SIGNALISATION ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE- ÉCLAIRAGE PUBLIC

La route une fois réalisée doit être “habillée” des équipements adéquats qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, pour d'autres d'informer et des guider les usagers.

### VII.1. Signalisation routière

La signalisation routière a pour objectif de :

- Faciliter et rendre plus sûr la circulation routière
- Rappeler ou indiquer diverses prescriptions de police
- Donner des informations relatives à l'usage de la route

On distingue principalement deux types de signalisation : la signalisation horizontale et la signalisation verticale

#### a. Signalisation horizontale

Généralement, la signalisation horizontale comporte les lignes longitudinales, les marquages transversaux et d'autres marquages et indication dans des cas exceptionnel.

Ce type de signalisation est définitivement graver sur la chaussée et permet aux usagers de prendre connaissance pendant leurs déplacements.

La signalisation horizontale est prévue conformément aux dispositions de la réglementation en vigueur au moyen des produits adéquats.

On distingue essentiellement :

- Des lignes d'axe continues d'épaisseur 10cm obligeant les usagers à circuler uniquement sur une voie c'est-à-dire que le dépassement est prohibé dans cette zone ;
- Des lignes d'axe discontinues de type T<sub>1</sub> d'épaisseur 15 cm autorisant le dépassement ;
- Des lignes de rive discontinues de type T<sub>2</sub> d'une épaisseur de 15 cm marquant la fin des chaussées ;
- Des lignes transversales (lignes complétant les panneaux “ stop” et “cédez le passage” ;
- Des marquages des passages cloutés à l'approche des zones abritant des structures socio-collectifs (écoles, marchés etc...)

- Des zébras, des flèches de direction et de sélection etc...

Les caractéristiques des différentes signalisations horizontales sont consignées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 16: caractéristiques géométriques des signalisations horizontales**

Type de signalisation	Longueur du trait(m)	Longueur du vide(m)	Rapport plein/vide
T <sub>1</sub>	3	10	1/3
T <sub>2</sub>	3	3.5	1
T <sub>3</sub>	3	1.33	3
T <sub>3</sub> '	20	6	3.33

### **b. Signalisation verticale**

La signalisation verticale est constituée des panneaux de différentes catégories (panneaux de danger, panneaux d'interdiction et de restriction, panneaux de direction, panneaux d'indication, feux tricolores etc...).

Dans le cadre de ce projet, les signalisations verticales à mettre en place sera constitué en grande partie des panneaux "stop" de type AB4 implantés au niveau des croisements avec les rues adjacentes.

### **VII.2. Sécurité routière**

L'objectif principal d'un concepteur dans le domaine de sécurité routière est de prémunir au mieux la chaussée des dispositifs sécuritaires afin de réduire considérablement les risques d'accident. Pour ce faire, il est impératif de tenir compte des exigences de visibilité.

Ainsi donc, pour ce projet il a été recommandé : des ralentisseurs de type dos-d'âne au niveau des écoles et des centres de santé, des feux tricolore au niveau des intersections ; notamment à l'intersection avec la rue 29.38 et la rue 29.68.

### **VII.3. Éclairage public**

L'éclairage public joue un rôle important dans la perception nocturne des espaces publics à différents niveaux. D'un point de vue sécuritaire il révèle les espaces de circulation et leurs abords immédiats. Il peut aussi signaler la présence d'équipement important.

Le principal but de l'éclairage public est de :

- Favoriser la sécurité routière
- Diminuer l'éblouissement dû aux feux des véhicules d'en face
- Valoriser les espaces publics
- Réduire les risques de banditisme

**a. Choix des luminaires**

Pour le choix des luminaires, deux possibilités s'offrent à nous :

- Lampes à vapeur de sodium basse pression ;
- Lampes à vapeur de sodium haute pression.

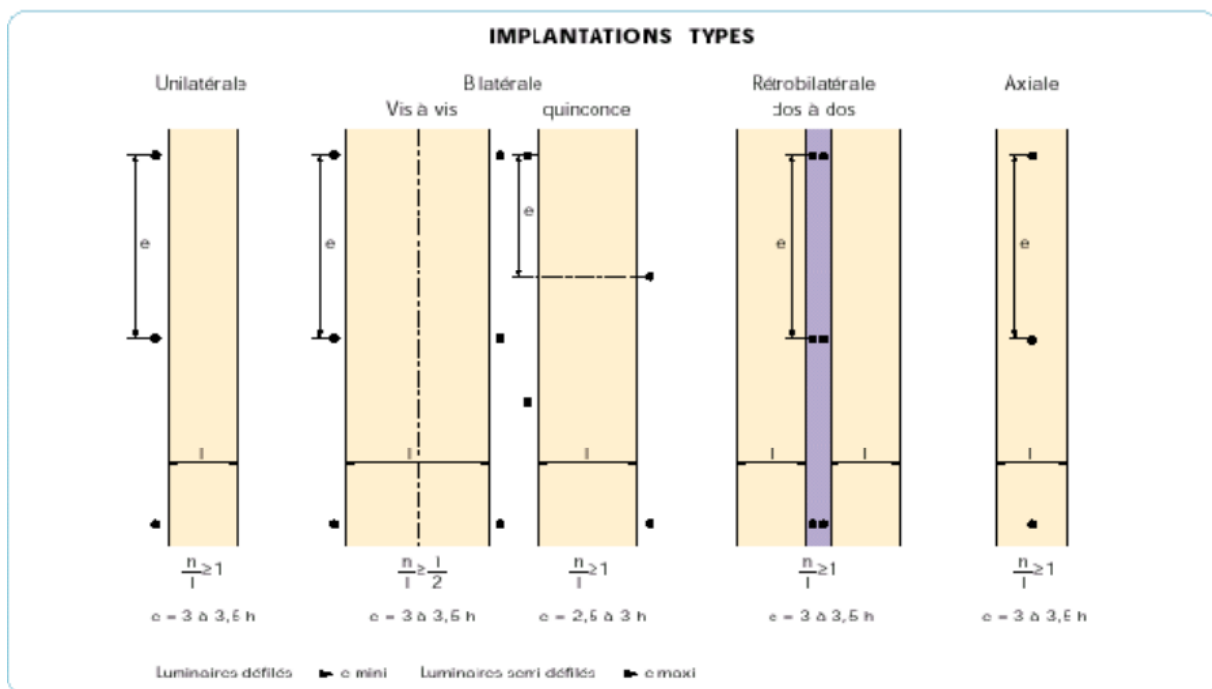
Pour les raisons de rendement, des lampes à vapeur de sodium basse pression ont été choisies. Ce choix peut être encore justifié par le fait que les lampes à vapeur de sodium basse pression ont une durée de vie dans l'ordre de 14000 heures ce qui est nettement supérieure à celle des lampes à vapeur de sodium haute pression qui est dans l'ordre de 12000 heures.

**b. Type d'implantation des luminaires**

Les supports des luminaires sont des candélabres double crosse en acier galvanisé.

Leurs implantations est fonction du profil en travers de la chaussée selon que la chaussée dispose d'un terre-plein central ou non. La figure ci-dessous montre les différents types d'implantation possibles :

**Figure 8 : types d'implantation des luminaires**



Source : Association française de l'éclairage (AFE)

Vu, la figure 8 une implantation retro bilatérale est judicieuse, puisqu'elle est appropriée aux chaussées disposant de terre-plein central comme dans le cas actuel.

**c. Calcul de la hauteur des feux et des espacements des supports**

Si la hauteur du feu  $H=12$  m alors,  $H/L > 1$   $L$  étant la largeur de la voie de part et d'autre du terre-plein central qui est de 7 m.

$H/L = 12/7 = 1.71 > 1$ . Condition vérifiée

L'espacement est fonction du type d'implantation choisie.

Pour une implantation retro bilatérale :  $e/H \leq 3.5$  m, ce qui nous donne un espacement de :

$e = 12 \times 3.5 = 42$  m.

Vu, le calcul qui précède et le linéaire du tronçon, un espacement de 40 m a été retenu.

## VIII. ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Les évaluations des impacts environnementaux préalables ou en cours d'exécution des projets et des politiques de développement apparaissent aujourd'hui comme un moyen incontournable de s'assurer que ces impacts sont maîtrisables pour ensuite identifier des mesures d'atténuation.

La démarche méthodologique adoptée dans le cadre de ce projet pour l'étude de l'impact environnemental est celle qui intègre la participation des populations de toutes couches sociales du site de projet. C'est la meilleure façon de procéder à une évaluation des impacts sur l'environnement et la société pour en retour faire des propositions de mesures d'atténuation, de compensation et de bonification.

Ainsi ces différentes étapes ont permis de faire des observations et de proposer des mesures subséquentes dont les principaux points focaux se présentent comme suit :

### 1. Les impacts potentiels identifiés

Au niveau des impacts identifiés nous retiendront ce qui suit :

#### a. Les impacts négatifs identifiés pendant les travaux

Comme impact négatifs on peut retenir :

- La destruction des espèces ligneuses situées sur les voies d'accès aux emprunts et les zones d'emprunts.
- Les problèmes de santé et de nuisances diverses liés à la pollution de l'air par les poussières, les bruits et les fumées des engins de terrassement et les véhicules de liaison ;
- Les déchets liquides et solides des chantiers entraînant un risque faible de pollution des eaux de surface et des eaux souterraines.

#### b. Les impacts positifs

Au niveau de l'impact positif l'essentiel se résume autour :

- De la création d'emploi ;
- De la circulation qui sera améliorée ;
- Des activités économiques, échanges commerciaux, activités artisanales, culturelles et touristiques

#### c. Les mesures d'atténuations

On peut citer un certain nombre de mesure d'atténuations citées ci-dessous :

La plantation des arbres d'alignement et d'ombrage tout au long de la rue aménagée, pour compenser les éventuels arbres abattus sur l'emprise de la rue, des zones d'emprunts et des carrières ;

L'aménagement des carrières exploitées en mare au profit de l'élevage (abreuvement des bétails) ; la revalorisation des sites d'emprunts en vue de remettre le terrain en état de culture ;

Arrosage de la chaussée et les voies de déviation pendant les travaux

L'embauche de la main d'œuvre locale pendant les travaux ;

La sensibilisation des ouvriers et de la population riveraine sur les I.S.T et VIH/Sida ;

La construction des ralentisseurs au niveau des zones fréquentées par les élèves.

## IX. ÉVALUATION QUANTITATIVE ET ESTIMATIVE DES TRAVAUX ET PLANNING DES TRAVAUX

### IX.1. Évaluation du coût de projet

Le métré est une technique, qui permet de quantifier et d'estimer les quantités des matériaux et leurs coûts pour la réalisation d'un projet. Compte tenu des variations des prix sur le marché, ce métré est loin d'être une réponse scientifique. Toutefois il donne une idée assez claire sur le cout global du projet.

Sur les lignes suivantes il est donné un aperçu du cout du projet, mais regroupe en corps d'état. Les détails du devis sont consignés en annexe

**Tableau 17: récapitulatif du cout des travaux par corps d'état**

<b>RÉCAPITULATIF</b>		
	Désignations	Prix total en FCFA
I	Travaux préparatoires	50 324 000
II	Terrassements	238064000
III	Revêtements	874 247 200
IV	Assainissements	503 882 000
V	Dalots	942 970 000
VI	Signalisation et sécurité	59 361 500
VII	Étude d'impact environnemental et social	128 724 360
VIII	Total hors taxes	2 703 211 560
IX	TVA (18%)	486 578 080
X	Total TTC	3 189 789 641

### IX.2. Planning des travaux

Le planning des travaux est une opération qui consiste à représenter graphiquement toutes les activités (taches) d'un projet dans le temps.

Le planning est un élément nécessaire qui permet à l'entrepreneur de savoir s'il est performant et s'il peut livrer (achever) les travaux dans le délai contractuel. Il permet aussi au maitre d'œuvre et le maitre d'ouvrage de suivre l'évolution des travaux et de pouvoir prendre des mesures adéquates contre des cas de dérapage.



## **1. Éléments de base pour l'élaboration d'un planning**

Les éléments de base qui entrent dans l'élaboration d'un planning sont ;

- Le délai global ou partiel
- Le rendement le quel dépend des moyens mis en œuvre
- Le début et la fin du projet

À ceux-là peut s'ajouter la décomposition des ouvrages en tâches élémentaires, la composition des équipes types capables de relever le défi

## **2. Méthode d'élaboration du planning**

Il existe plusieurs méthodes d'élaboration d'un planning à savoir :

- La méthode de GANTT
- La méthode PERT
- La méthode chemin de fer etc...

Mais la méthode retenue dans le cas présent est celle de GANTT, pour le fait qu'elle est facile à établir ; facile à lire et à interpréter sans formation spéciale.

Le graphique est consigné en annexe.

## CONCLUSION

L'État Burkinabé, en initiant ce projet de bitumage et d'aménagement de la rue de Wemtenga, n'a fait que conforter le fait qu'une route est un facteur indéniable dans le développement socio-économique d'un pays. Mais faut-il seulement des routes sans en assurer la pérennité ?

C'est dans le souci d'assurer cette pérennité que des études techniques détaillées ont été faites. Les études ainsi menées ont permis d'aboutir à des propositions de structures de la chaussée et le niveau d'aménagement à appliquer sur la rue de Wemtenga par lesquelles on retiendra :

- Une chaussée souple constituées des différentes couches dont 5 cm de béton bitumineux en couche de base ; 20 cm de graveleux latéritiques litho stabilisé en couche de base et enfin 15 cm de graveleux latéritiques en couche de fondation
- La construction des ouvrages d'assainissement, constitués des caniveaux et des dalots de traversé. Puisque l'eau reste tout de même l'ennemi de la route.
- L'aménagement d'un carrefour giratoire et la construction des ralentisseurs (type dos d'âne) pour la sécurité d'usagers

Tous ces aménagements ont permis d'arrêter le coût du projet qui s'élève à la somme de **3 395 335 404 FCFA** soit un coût kilométrique de **1 329 418 717 FCFA**.

Enfin, ce projet de fin d'étude a permis d'asseoir les connaissances en matière d'étude d'avant-projet détaillé d'une route tout en tenant compte des impacts que ce dernier peut avoir sur la nature.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. DIABATÉ lanciné, support pédagogique : cours de routes
2. OLIVIER GAGLIARDI NI(2004), support pédagogique : cours de béton armé
3. Jean BERTHIER, techniques de l'ingénieur: projet et construction des routes
4. Direction des Routes Française (1990) : instruction sur les conditions techniques d'aménagement de voies rapides
5. Direction des transports Français(1980), Fascicule 61 titre 2 : Programmes des charges et épreuves des ponts routes
6. Samy LEBELLE(2012), support pédagogique : l'essentiel du béton armé selon le BEAL 91 additif 99
7. Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux
8. Ismaïla GUEYE(2011) support pédagogique : cours de géotechnique routière
9. Dramane COULIBALY(2012), support pédagogique : cours de programmation et gestion de chantiers

### **Sites internet**

[www.genie-civil.com](http://www.genie-civil.com) : visité le 17 Mai 2014

[www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr) : visité le 28 Mai 2014

[www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr) : visité le 20 Mai 2014

# **ANNEXES**

## SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE 1:RÉSULTATS DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUES DES CANIVEAUX .....	43
ANNEXE 2:NOTE DE CALCUL DALOT-CANIVEAU.....	44
ANNEXE 3:PLANS DE FERRAILLAGES DALOT .....	66
ANNEXE 4:PLAN TYPE FERRAILLAGE CANIVEAU.....	67
ANNEXE 5:PROFIL EN LONG DU PK 0+000 AU PK 0+300.....	68
ANNEXE 6:TRACÉ EN PLAN DU PK 0+000 AU PK 0+300 .....	69
ANNEXE 7:PROFIL EN LONG DU PK 0+300 AU PK 0+600.....	70
ANNEXE 8:TRACÉ EN PLAN DU PK 0+300 AU PK 0+600 .....	71
ANNEXE 9:PROFIL EN LONG DU PK 0+600 AU PK 0+900.....	72
ANNEXE 10:TRACÉ EN PLAN DU PK 0+600 AU PK 0+900 .....	73
ANNEXE 11:PROFIL EN LONG DU PK 0+900 AU PK 1+200.....	74
ANNEXE 12:TRACÉ EN PLAN DU PK 0+900 AU PK 1+200 .....	75
ANNEXE 13:PROFIL EN LONG DU PK 1+200 AU PK 1+500.....	76
ANNEXE 14:TRACÉ EN PLAN DU PK 1+200 AU PK 1+500 .....	77
ANNEXE 15:PROFIL EN LONG DU PK 1+500 AU PK 1+800.....	78
ANNEXE 16:TRACÉ EN PLAN DU PK 1+500 AU PK 1+800 .....	79
ANNEXE 17:PROFIL EN LONG DU PK 1+800 AU PK 2+100.....	80
ANNEXE 18 : TRACÉ EN PLAN DU PK 1+800 AU PK 2+100 .....	81
ANNEXE 19: PROFIL EN LONG DU PK 2+100 AU PK 2+400.....	82
ANNEXE 20: TRACÉ EN PLAN DU PK 2+100 AU PK 2+400 .....	83
ANNEXE 21: PROFIL EN LONG DU PK 2+400 AU PK 2+554.....	84
ANNEXE 22: TRACÉ EN PLAN DU PK 2+400 AU PK 2+554.....	85
ANNEXE 23: PROFIL EN TRAVERS TYPE.....	86
ANNEXE 24: VOLUME TERRASSEMENT.....	87
ANNEXE 25:SIGNALISATION VERTICALE .....	88
ANNEXE 26:SIGNALISATION HORIZONTALE .....	89
ANNEXE 27:CADRE DE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF .....	90
ANNEXE 28: PLANNING DES TRAVAUX.....	92

**ANNEXE 1: RÉSULTATS DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUES DES CANIVEAUX**

Bassin versant	Débit à évacuer	PK début	PK fin	Position	Largeur	hauteur	Surface	Perimètre	Rayon hydraulique	Pente	Débitance	Q/Nl	Difference	Choix des caniveaux	Vitesse
BWAM1 1	4.91	0.00	0.300	Droite	1.71	0.90	1.539	3.51	0.44	0.0068	59.5115267	59.542496	0.0309693	200 x 100	2.46
	3.68	0.300	0.615	Droite	1.36	0.92	1.24576	3.192	0.39	0.0068	44.5748802	44.626555	0.0516748	150 x 100	2.45
BWAM2 1	1.84	0.615	0.890	Droite	1.06	0.7	0.742	2.46	0.30	0.0068	22.3592847	22.313278	-0.046007	120 x 80	1.92
BWAM1 2	5.29	0.00	0.300	Gauche	1.884	0.9	1.6956	3.684	0.46	0.0061	67.7226694	67.731509	0.0088401	200 x 100	2.65
	3.97	0.300	0.625	Gauche	1.49	0.92	1.3708	3.33	0.41	0.0061	50.8239958	50.830641	0.0066455	150 x 100	2.65
BWAM2 2	1.99	0.625	0.900	Gauche	1.15	0.71	0.8165	2.57	0.32	0.0061	25.4710219	25.479339	0.0083172	120 x 80	2.07
BWAM2 1	1.72	0.890	1.265	Droite	1.04	0.72	0.7488	2.48	0.30	0.0058	22.5796259	22.584706	0.0050806	100 x 80	2.15
	0.86	1.265	1.649	Droite	0.716	0.63	0.45108	1.976	0.23	0.0058	11.2885838	11.292353	0.0037694	80 x 70	1.54
BWAM2 2	2.28	0.900	1.265	Gauche	0.99	0.92	0.9108	2.83	0.32	0.0063	28.6586381	28.7253	0.0666618	100 x 100	2.28
	1.14	1.265	1.636	Gauche	0.77	0.704	0.54208	2.178	0.25	0.0063	14.3706097	14.36265	-0.00796	80 x 80	1.78
BWAM3 1	0.57	1.649	1.919	Droite	0.706	0.6	0.4236	1.906	0.22	0.003	10.4132459	10.406729	-0.006517	80 x 70	1.02
	1.15	1.919	2.193	Droite	1	0.71	0.71	2.42	0.29	0.003	21.0036678	20.996031	-0.007636	100 x 80	1.44
BWAM3 2	0.64	1.691	1.919	Gauche	0.766	0.6	0.4596	1.966	0.23	0.003	11.6856398	11.684748	-0.000892	80 x 70	1.14
	1.28	1.919	2.193	Gauche	0.948	0.82	0.77736	2.588	0.30	0.003	23.3597902	23.369496	0.0097056	100 x 90	1.42
BWAM4 1	0.86	2.209	2.554	Droite	0.761	0.61	0.46421	1.981	0.23	0.0053	11.8215922	11.813008	-0.008584	80 x 70	1.54
BWAM4 2	1.31	2.193	2.374	Gauche	0.944	0.84	0.79296	2.624	0.30	0.003	23.9249506	23.917218	-0.007732	100 x 90	1.46
	0.66	2.374	2.554	Gauche	0.783	0.6	0.4698	1.983	0.24	0.003	12.0516917	12.049896	-0.001795	80 x 70	1.18

## ANNEXE 2:NOTE DE CALCUL DALOT-CANIVEAU

### A. HYPOTHÈSES ET BASE DE CALCUL

#### A.1. NORMES ET RÈGLEMENT DE CALCUL

Les actions à prendre en compte dans le calcul des dalots sont définies par les textes réglementaires normatifs en particulier le titre 2 du fascicule 61 du cahier de prescriptions communes(CPC) conception, calcul et épreuves des ouvrages d'arts

Les sollicitations sont déterminées à partir des expressions de KLEINLOGEL portant sur formulaire des cadres simples.

Le calcul de ferrailage se fera suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton arme de la méthode des états limites dites règles BEAL 91 modifié 99.

#### A.2. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX

##### a. Béton

Fissuration préjudiciable

Béton B25 de poids volumique  $25 \text{ kN/m}^3$

Résistance à la compression a 28 jours :  $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$

Résistance à la traction a 28 jours :  $f_{t28} = 0.6 + 0.06 \times f_{c28} = 2.1 \text{ MPa}$

La contrainte à l'état limite du béton :  $\sigma_{bc} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5} = 14.16 \text{ MPa}$

Contrainte admissible du béton :  $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 0.6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$

Enrobage :  $c = 3 \text{ cm}$

##### b. Acier

Nuance : acier haute adhérence Fe E 400

Limite d'élasticité  $f_e = 400 \text{ MPa}$

Contrainte de calcul de l'acier :  $\sigma_s = f_e / \gamma_s = 347.83 \text{ MPa}$

Contrainte admissible de l'acier :  $\bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e; \max(0.5 f_e; 110 \sqrt{\eta f_{t28}}) \right\} = 201.63 \text{ MPa}$

##### c. remblai

Contrainte admissible :  $\sigma_{sol} = 0.15 \text{ MPa}$

Poids volumique :  $\gamma_{sol} = 20 \text{ kN/m}^3$

Coefficient de poussée :  $K_a = 0.33$

### A.3. PRINCIPE ET MÉTHODE DE CALCUL DES SOLLICITATIONS

De manière générale les études seront faites par bande de 1 m de dalot (b=1m)

Pour le calcul de sollicitations dans les éléments de structure du cadre simple ; nous considérerons les différents cas de charges : sous actions permanentes d'une part et sous surcharge d'exploitation d'autre part. Pour chaque cas de charge, nous calculerons les moments fléchissant M aux appuis A, B, C et D les moments en mi-travée dans la travée AB (piédroit gauche) ; BC (tablier) ; CD (piédroit droite) et AD (radier) ; et les efforts normaux dans ces mêmes éléments désignés respectivement par  $N_2, N_3, N_4$  et  $N_1$ .

Les valeurs des sollicitations seront déterminées sur la base d'un calcul en cadre simple à partir de la formule provenant de l'ouvrage de KLEINLOGEL

#### a. Données diverses

La largeur roulable et la largeur chargeable sont identiques et égale à 10 m ainsi on aura :

- Classe du pont : première classe
- Nombre de voies : 2
- $B_t=1$  et  $b_c=1.1$
- Le coefficient de majoration dynamique

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

#### b. Convention des signes

- Les moments fléchissant sont positifs lorsqu'ils entraînent la traction dans la partie interne du cadre.
- Pour l'effort normal, nous considérerons qu'il y'a compression s'il est positif et traction s'il est négatif

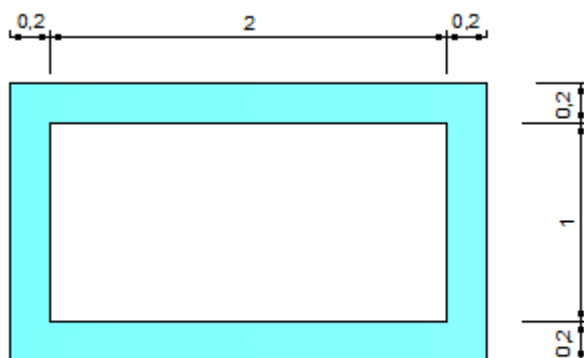
### B. DIMENSIONNEMENT DU DALOT

Récapitulatif des données

Largeur nette de passage de l'eau :  $L=2$  m

Hauteur nette de l'ouverture :  $H=2$  m

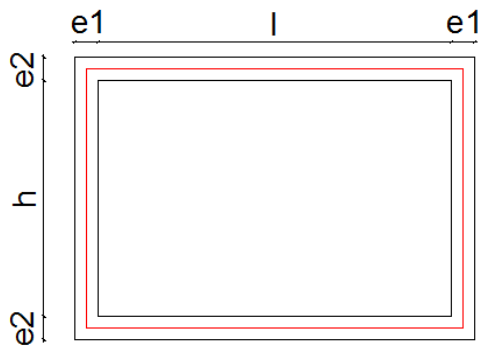
Épaisseur de tous les éléments uniforme  $e_1=e_2=0.2$ m



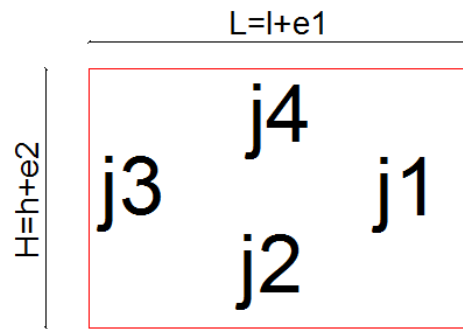
dalot type



### Schéma statique



dalot type



schema statique de calcul

$$L = l + e_2 = 2 + 0.2 = 2.2 \quad l = 2.2 \text{ m}$$

$$H = h + e_1 = 1 + 0.2 = 1.2 \quad h = 1.2 \text{ m}$$

Calcul des moments d'inertie de chaque élément

$$J_{AD} = J_{AB} = J_{BC} = J_{CD} = \frac{be_1^3}{12} = \frac{1 \times 0.2^3}{12} = 6.67 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Définition et calcul des constants

$$k_1 = \frac{J_{BC}}{J_{AC}} = 1$$

$$k_2 = \frac{J_{BC}}{J_{AB}} \times \frac{h}{l} = 1 \times \frac{1.2}{2.2} = 0.54$$

$$K_1 = 2k_2 + 3 = 2 \times 0.54 + 3 = 4.08$$

$$K_2 = 3k_1 + 2k_2 = 3 \times 1 + 2 \times 0.54 = 4.08$$

$$K_3 = 3k_2 + 1 - \frac{k_1}{5} = 3 \times 0.54 + 1 - \frac{1}{5} = 2.42$$

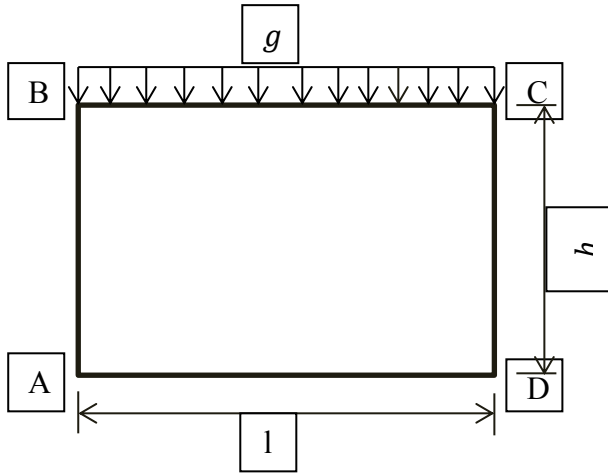
$$K_4 = \frac{6}{5}k_1 + 3k_2 = \frac{6}{5} \times 1 + 3 \times 0.54 = 2.82$$

$$F_1 = K_1 \cdot K_2 - k_2^2 = 4.08 \times 4.08 - 0.54^2 = 16.35$$

$$F_2 = 1 + k_1 + 6k_2 = 1 + 1 + 6 \times 0.54 = 5.24$$

$J_1 = J_3$	0.000667	$K_1$	4.08
$J_2 = J_4$	0.000667	$K_2$	4.08
$k_1$	1	$K_3$	2.42
$k_2$	0.54	$K_4$	2.82
$F_1$	16.35	$F_2$	5.24

### B.1. CALCUL DES SOLLICITATION SOUS L'ACTION DES CHARGES PERMANENTES DUES AU TABLIER

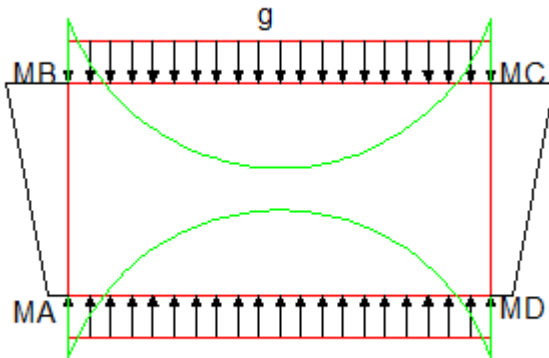


Poids propre du tablier :  $25 \times 0.2 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$

Poids de la couche de roulement :  $24 \times 0.05 \times 1 = 1.2 \text{ kN/ml}$

Donc  $g = 5 + 1.2 = 6.2 \text{ kN/ml}$

**a. Moment aux appuis**



$$M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4F_1} (k_1 K_2 - k_2) = -\frac{6.2 \times 2.2^2}{4 \times 16.35} (1 \times 4.08 - 0.54) = -1.62 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_A = M_D = -1.62 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = -\frac{gl^2}{4F_1} (K_2 - k_1 k_2) = -\frac{6.2 \times 2.2^2}{4 \times 16.35} (4.08 - 1 \times 0.54) = -1.62 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = -1.62 \text{ kN.m/ml}$$

**b. Moments à mi-travée**

$$M_{(A,D)} = \frac{gl^2}{8} + M_A = \frac{6.2 \times 2.2^2}{8} - 1.62 = 2.13 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(A,D)} = 2.13 \text{ kN. m/ml}}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{gl^2}{8} + M_B = \frac{6.2 \times 2.2^2}{8} - 1.62 = 2.13 \text{ kN. m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(B,C)} = 2.13 \text{ kN. m/ml}}$$

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{M_A + M_B}{2} = -1.62 \text{ kN. m/ml}$$

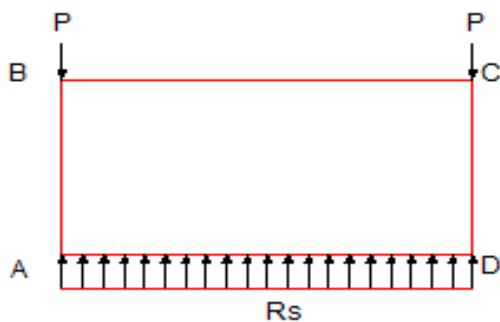
$$\mathbf{M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = -1.62 \text{ kN. m/ml}}$$

### c. Efforts normaux

$$N_1 = -N_3 = \frac{M_B - M_A}{h} = 0$$

$$N_2 = N_4 = \frac{gl}{2} = \frac{6.2 \times 2.2}{2} = 6.82 \text{ kN}$$

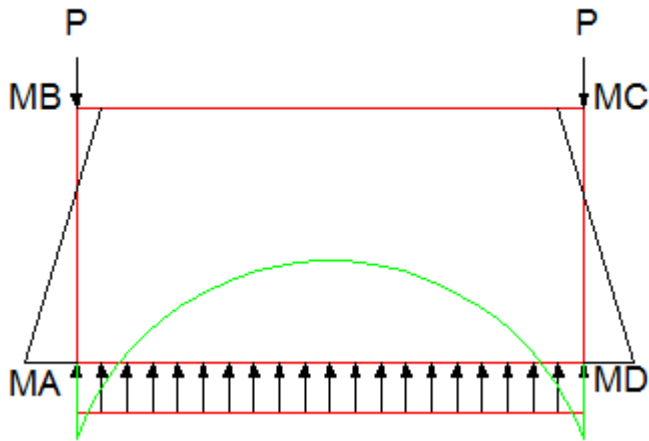
## B.2. CHARGES PERMANENTE DUES AUX PIÉDROITS



Poids propre des piédroits=  $25 \times 1.2 \times 0.2 \times 1 = 6 \text{ kN}$

Réaction sol:  $R_S = \frac{2P}{l} = \frac{2 \times 6}{2.2} = 5.45 \text{ kN/ml}$

**a. Moments aux appuis**



$$M_A = M_D = -\frac{Plk_1K_1}{2F_1} = -\frac{6 \times 2.2 \times 1 \times 4.08}{2 \times 16.35} = -1.65 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_A = M_D = -1.65 \text{ kN.m/ml}}$$

$$M_B = M_C = -\frac{Plk_1k_2}{2F_1} = \frac{6 \times 2.2 \times 1 \times 0.54}{2 \times 16.35} = -0.22 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_B = M_C = -0.22 \text{ kN.m/ml}}$$

**b. Moments a mi travée**

$$M_{(A,D)} = \frac{R_S l^2}{8} + M_A = \frac{5.45 \times 2.2^2}{8} - 1.65 = 1.65 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(A,D)} = 1.65 \text{ kN.m/ml}}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{-0.22 - 0.22}{2} = -0.22 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(B,C)} = -0.22 \text{ kN.m/ml}}$$

$$M_{(A,B)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-1.65 - 0.22}{2} = -0.72 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(A,B)} = -0.72 \text{ kN.m/ml}}$$

$$M_{(C,D)} = \frac{M_C + M_D}{2} = \frac{-0.22 - 1.65}{2} = -0.92 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(C,D)} = -0.72 \text{ kN.m/ml}}$$

**c. Efforts normaux**

$$N_1 = N_3 = \frac{3Plk_1(1+k_2)}{2hF_1} = \frac{3 \times 6 \times 2.2 \times 1 \times (1+0.54)}{2 \times 1.2 \times 16.35} = 1.55 \text{ kN}$$

$$N_1 = N_3 = 1.55 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = P = 6 \text{ kN}$$

### B.3. CALCUL DES SOLLICITATIONS SOUS L'ACTION DES POUSSÉES DES TERRES

#### a. Calcul des contraintes $\sigma_1, \sigma_2$ et $\Delta\sigma$



$$\sigma_2 = K \cdot \gamma_d \times h = 0.333 \times 20 \times 1 = 6.66 \text{ kN/m}^2$$

#### b. Moments aux appuis



$$M_A = M_D = - \left( \frac{k_2(3k_2+8)}{20F_1} \times \sigma h^2 \right) = - \frac{1.2^2}{16.35} \left( \frac{0.54(3 \times 0.54 + 8)}{20} \times 6.66 \right) = -0.15 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_A = M_D = -0.15 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = - \frac{k_2(7k_1+2k_2)}{20F_1} \times \sigma h^2 = - \frac{1.2^2}{16.35} \left( \frac{0.54(7+2 \times 0.54)}{20} \times 6.66 \right) = -0.13 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = -0.13 \text{ kN.m/ml}$$

#### c. Efforts normaux

$$N_1 = \frac{2\sigma}{6} \times h + \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l} = \frac{2 \times 6.66 \times 1.2}{6} + \frac{-0.13 + 0.15}{1.2} + \frac{-0.15 + 0.15}{2.2} = 2.69 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = 0$$

$$N_3 = \frac{\sigma \times h}{6} + \frac{M_A - M_B}{h} + \frac{M_C - M_D}{l} = \frac{6.66 \times 1.2}{6} + \frac{-0.15 + 0.13}{1.2} = 1.35 \text{ kN}$$

**d. Moment a mi-travée**

$$M_{(A,B)} = \frac{\sigma h^2}{12} + \frac{M_A - M_B}{2} = \frac{6.66 \times 1.2^2}{12} + \frac{-0.15 + 0.13}{2} = 0.79 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(A,B)} = 0.79 \text{ kN.m/ml}}$$

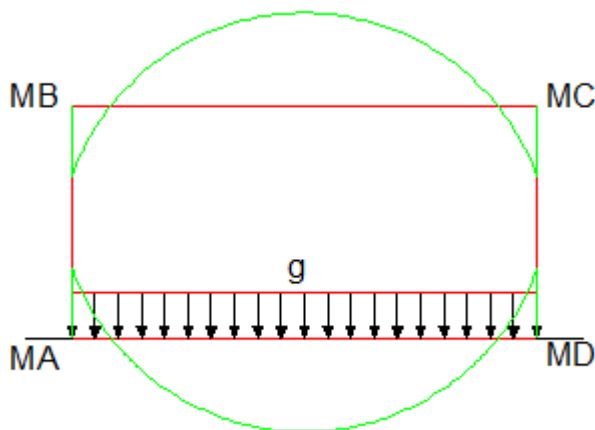
$$\mathbf{M_{(C,D)} = M_{(A,B)} = 0.79 \text{ kN.m/ml}}$$

$$M_{(A,D)} = \frac{M_A + M_D}{2} = -0.15 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = -0.13 \text{ kN.m/ml}$$

**B.4. CHARGES PERMANENTS SUR LE RADIER**

Poids propre du radier:  $25 \times 0.2 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$   $g = 5 \text{ kN/ml}$



**a. Moments aux appuis**

$$M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4F_1} (k_1 K_1 - k_2) = -\frac{5 \times 2.2^2}{4 \times 16.35} (1 \times 4.08 - 0.54) = -1.31 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_A = M_D = -1.31 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = -1.31 \text{ kN.m/ml}$$

**b. Moments à mi- travée**

$$M_{(A,D)} = \frac{gl^2}{8} + M_A = \frac{5 \times 2.2^2}{8} - 1.31 = 1.72 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(A,D)} = 1.72 \text{ kN.m/ml}}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{gl^2}{8} + M_B = \frac{5 \times 2.2^2}{8} - 1.31 = 1.72 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B,C)} = 1.72 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{M_A + M_B}{2} = -1.31 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M}_{(A,B)} = \mathbf{M}_{(C,D)} = \mathbf{-1.31 \text{ kN.m/ml}}$$

### c. Efforts normaux

$$N_1 = -N_3 = \frac{M_B - M_A}{h} = 0$$

$$N_2 = N_4 = \frac{gl}{2} = \frac{5 \times 2.2}{2} = 5.5 \text{ kN}$$

## B.5. CALCUL DES SOLLICITATIONS SOUS L'ACTION DES CHARGES ROUTIÈRES

### a. Détermination de la charge d'exploitation maximale

- ✚ Calcul de charge sous l'action du convoi de camion type B<sub>c</sub> de 30 tonnes
  - On peut disposer transversalement sur le tablier deux files de deux essieux chacun 12 tonnes cote à cote soit 48 tonnes ou 480 kN.
  - Le coefficient majorateur de la charge b<sub>c</sub>=1.1, car ouvrage de première classe avec deux voies.

La surface la plus contraignante d'encombrement de la surcharge a la surface du tablier est de :  $A = 5 \times 2.2 = 11 \text{ m}^2$ : correspondant a la charge de 480 kN.

La charge répartie est de :  $q_{bc} = \frac{480}{A} \times bc = \frac{480}{11} \times 1.1 = 52.8 \text{ kN/m}^2$

$$\mathbf{q_{bc} = 52.8 \text{ kN/m}^2}$$

- ✚ Calcul de la charge sous l'action du convoi type B<sub>t</sub> de 32 tonne
  - On peut disposer transversalement sur le tablier deux files d'un tandem chacun de 32 tonnes cote à cote soit 64t au total ou 640 kN.
  - Le coefficient majorateur de la charge, b<sub>t</sub>=1 ; car ouvrage de première classe.

La surface la plus contraignante d'encombrement de la surcharge a la surface de roulement est de :  $A = 6 \times l = 6 \times 2.2 = 13.2 \text{ m}^2$ :correspondant a une charge de 640 kN.

La charge répartie est de :  $q_{bt} = \frac{640}{A} \times bt = \frac{640}{13.2} \times 1 = 48.48 \text{ kN/m}^2$

$$\mathbf{q_{bt} = 48.48 \text{ kN/m}^2}$$

- ✚ Calcul de la charge sous l'action de la roue isole B<sub>r</sub> de 10 tonnes

Il s'agit d'une roue isolée de 10 tonnes pour un impact de 0.3×0.6 m à la surface du tablier. Ainsi, on aura a la fibre moyenne une surface de :

$$A = (0.3 + 1.5 + e_1/2)(0.6 + 1.5 + e_1/2) = 4.18 \text{ m}^2$$

La charge répartie est de  $q_{Br} = \frac{100}{4.18} = 23.92 \text{ kN/m}^2$

$$q_{Br} = 23.92 \text{ kN/m}^2$$

Après comparaison nous constatons que le système  $B_C$  produit l'effet le plus défavorable pour la structure. Ainsi la charge retenue pour le dimensionnement est :  $q_{bc} = 52.8 \text{ kN/m}^2$ .

✚ Le coefficient de majoration dynamique est :  $\delta = 1 + \frac{0.4}{1+0.2L} + \frac{0.6}{1+\frac{4G}{Q}}$

$$G = g \times l \times L_R = 20 \times 2 \times 10 = 400 \text{ kN};$$

$$Q = \max(Q_{bc}; Q_{bt}; Q_{br}) = 640 \text{ kN}$$

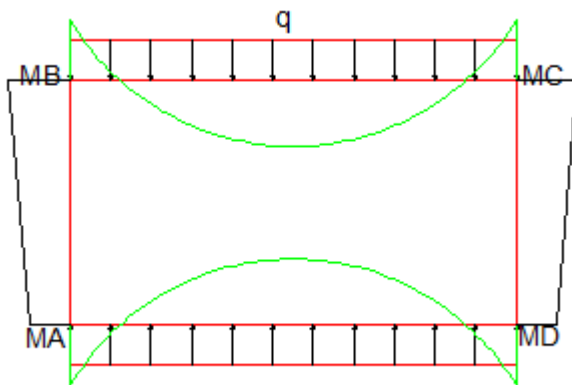
$$L = 7 \text{ m}$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 7} + \frac{0.6}{1 + \frac{4 \times 400}{640}} = 1.34$$

La charge par mètre de longueur est alors :  $q = \delta \times q_{bc} = 1.34 \times 52.8 = 70.75 \text{ kN/ml}$

### b. Calcul des sollicitations sous l'action de la charge d'exploitation maximale

#### ✚ Moments sur appuis



$$M_A = M_D = \frac{-ql^2}{4 \times F_1} (k_1 \times K_1 - k_2) = \frac{-70.75 \times 2.2^2}{4 \times 16.35} \times (1 \times 4.08 - 0.54) = -18.53 \text{ kN.m}$$

$$M_A = M_D = -18.53 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = \frac{-ql^2}{4 \times F_1} (K_2 - k_1 k_2) = -\frac{70.75 \times 2.2^2}{4 \times 16.35} \times (4.08 - 1 \times 0.54) = -18.53 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_C = -18.53 \text{ kN.m}$$

#### ✚ Moments à mi-travée



$$M_{(A;D)} = \frac{ql^2}{8} + M_A = \frac{70.75 \times 2.2^2}{8} - 18.53 = 24.27 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(A;D)} = 24.27 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B;C)} = \frac{ql^2}{8} + M_B = \frac{70.75 \times 2.2^2}{8} - 18.53 = 24.27 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B;C)} = 24.27 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(A;B)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-18.53 - 18.53}{2} = -18.53 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(C;D)} = \frac{M_C + M_D}{2} = \frac{-18.53 - 18.53}{2} = -18.53 \text{ kN.m/ml}$$

### ✚ Efforts normaux

$$N_1 = N_3 = \frac{M_B - M_A}{h} = 0$$

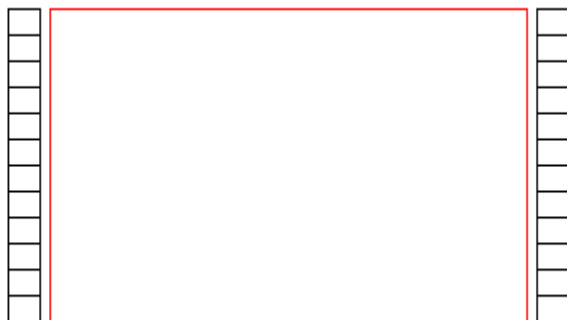
$$N_1 = N_3 = 0$$

$$N_2 = N_4 = \frac{ql}{2} = \frac{70.75 \times 2.2}{2} = 77.82 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = 77.82 \text{ kN}$$

### B.6. SOLLICITATIONS SOUS L'ACTION DES SURCHARGES DU REMBLAI D'ACCÈS

La valeur de cette surcharge est de 10 kN/m<sup>2</sup>

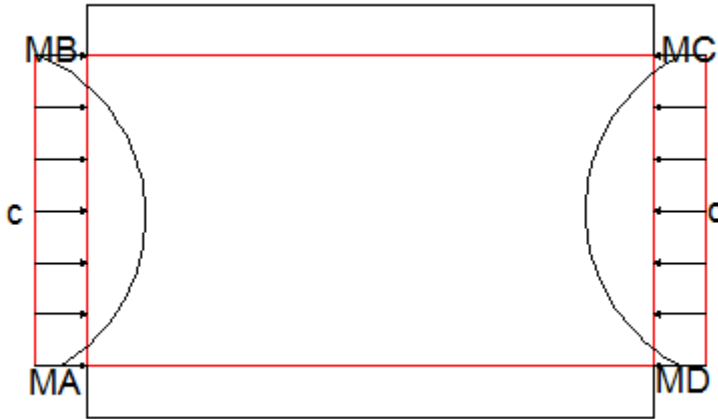


#### a. Calcul de la contrainte

La contrainte horizontale est :  $\sigma = K \times q = 0.333 \times 10 = 3.33 \text{ kN/m}^2$

La résultante est :  $R = \sigma \times h = 3.33 \times 1.2 = 4 \text{ kN/m}$

**b. Moments aux appuis**



$$M_A = M_D = -\frac{k_2(k_2 + 3)}{4 \times F_1} \times \sigma \times h^2 = -\frac{0.54(0.54 + 3)}{4 \times 16.35} \times 3.33 \times 1.2^2 = -0.14 \text{ kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{ml}}$$

$$\mathbf{M_A = M_D = M_B = M_C = -0.14 \text{ kN} \cdot \text{m/ml}}$$

**c. Moments à mi-travée**

$$M_{(A,B)} = \frac{\sigma \times h^2}{8} + \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{3.33 \times 1.2^2}{8} - 0.14 = 0.46 \text{ kN} \cdot \text{m/ml}$$

$$M_{(A,D)} = \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{-0.14 - 0.14}{2} = -0.14 \text{ kN} \cdot \text{m/ml}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{-0.14 - 0.14}{2} = -0.14 \text{ kN} \cdot \text{m/ml}$$

**d. Efforts normaux**

$$N_1 = N_3 = \frac{\sigma \times h}{2} = \frac{3.33 \times 1.2}{2} = 2 \text{ kN}$$

$$N_1 = N_3 = 2 \text{ kN}$$

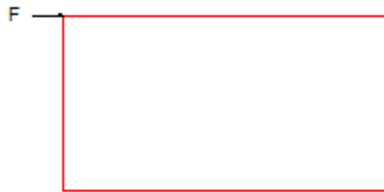
$$N_2 = N_4 = 0$$

**B.7. SOLLICITATIONS SOUS L'ACTION DES FORCES DE FREINAGE**

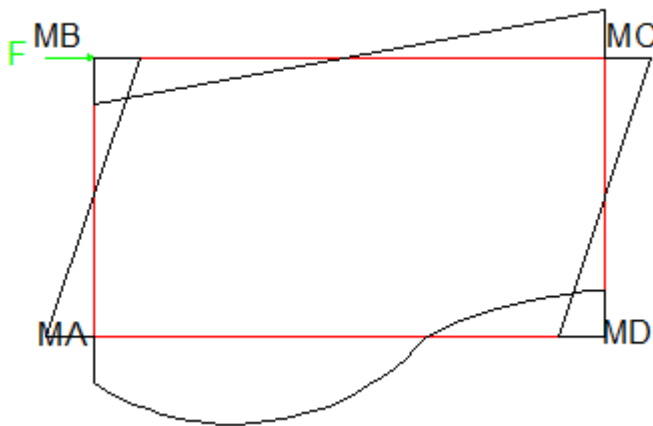
**a. Calcul de la force de freinage**

Pour les surcharges de type B<sub>C</sub>, le fascicule 61 titre 2 précise bien qu'un camion au maximum peut freiner sur le pont. L'effort horizontal correspondant à prendre en compte est égale à son poids, soit 30 t. en fonction des dimensions de notre ouvrage, seuls les deux essieux arrière de 12 t chacun (cas le plus défavorable) peuvent être disposés en même temps, soit environ 24 t = 240 kN

La force de freinage est :  $F = \frac{240}{2.5} = 96 \text{ kN/ml}$



### b. Moments aux appuis



$$M_A = -M_D = -\frac{F \times h}{2F_2} K_3 = -\frac{96 \times 1.2 \times 2.42}{2 \times 5.24} = -26.60 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_A = -M_D = -26.60 \text{ kN.m/ml}}$$

$$M_B = -M_C = -\frac{F \times h}{2F_2} K_4 = \frac{96 \times 1.2 \times 2.82}{2 \times 5.24} = 31 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_B = -M_C = 31 \text{ kN.m/ml}}$$

### c. Efforts normaux

$$N_4 = -N_2 = \frac{FhK_4}{lF_2} = \frac{96 \times 1.2 \times 2.82}{2.2 \times 5.24} = 28.18 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_4 = -N_2 = 28.18 \text{ kN}}$$

$$N_3 = -N_1 = \frac{F}{2} = \frac{96}{2} = 48 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_3 = -N_1 = 48 \text{ kN}}$$

#### d. Moments à mi- travée

$$M_{(A,B)} = -M_{(C,D)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-26.60 + 31}{2} = 2.2 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(A,B)} = -M_{(C,D)} = 2.2 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mathbf{M_{(B,C)} = -M_{(A,D)} = 0}$$

### B.8. CALCUL DES ARMATURES

#### a. Calcul des armatures du tablier

Données de calcul :

$$F_{c28} = 25 \text{ MPa}; f_{t28} = 2.1; \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}; \bar{\sigma}_s = 201.63; F_e = 400 \text{ MPa}$$

Élément a calculé		tablier		
Section considérée		En B	En C	À mi- travée
<b>Données</b>	M <sub>G</sub> en MN.m	-0.00022	-0.00022	0.00394
	M <sub>Q</sub> en MN.m	0.01233	-0.04967	0.02413
	N <sub>G</sub> en MN	0.0029	0.0029	0.0029
	N <sub>Q</sub> en MN	0.05	0.5	0.05
	Géométrie	h = 0.20 m	b = 1 m	h = 0.18 m
<b>A P'ELU</b>	M <sub>U</sub> en MN.m	0.018198	-0.074802	0.041514
	N <sub>U</sub> en MN	0.078915	0.078915	0.078915
<b>A P'ELS</b>	M <sub>ser</sub> en MN.m	0.01458	-0.05982	0.0329
	N <sub>ser</sub> en MN	0.0629	0.0629	0.0629
<b>L'excentricité</b>	M <sub>ser</sub> /N <sub>ser</sub>	0.231796502	0.951033386	0.523052464
<b>Type de calcul a faire</b>	calcul en	Flexion composée partiellement comprimée	Flexion composée partiellement comprimée	Flexion composée partiellement comprimée

Calcul des armatures en flexion composée avec section partiellement comprimée			
$\alpha_{RB} = \frac{\bar{\sigma}_{bc} \bar{\sigma}_s}{\bar{\sigma}_{bc} + \frac{f_c}{15}}$	0.53		
$M_{RB} = \frac{\alpha_{RB} \cdot b \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_{bc}}{2} \left[ 1 - \frac{\alpha_{RB}}{3} \right]$	0.106		
$M_{ser/A} = M_{ser} + N_{ser} \left[ d - \frac{h}{2} \right]$	0.02	-0.055	0.038
Type de section	Sans armatures comprimées	Sans armatures comprimées	Sans armatures comprimées
$\lambda = 1 + \frac{2 \cdot n \cdot M_{ser/A}}{b d^2 \cdot \bar{\sigma}_s}$	1.09	1.25	1.17
$\varphi = \text{Arcos} \left[ \lambda^{-\frac{3}{2}} \right]$	0.5	0.77	0.66
$\alpha_{ser} = 1 + 2 \cdot \sqrt{\lambda} \cdot \cos \left[ \frac{4\pi}{3} + \frac{\varphi}{3} \right]$	0.27	0.41	0.35
$A_{sc} = \frac{b \cdot d \cdot \alpha_{ser}}{2 \times 15 \times (1 - \alpha_{ser})} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_s}$	3.62	3.62	8.91
Condition de non fragilité	$A \geq 0.23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}$	2.17 cm <sup>2</sup>	2.17 cm <sup>2</sup>
Choix des aciers		4HA12	6HA14

### b. Calcul des armatures du radier

Données de calcul :

$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ ;  $f_{t28} = 2.1$ ;  $\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$ ;  $\bar{\sigma}_s = 201.63$ ;  $f_e = 400 \text{ MPa}$

Élément a calculé		Radier		
Section considérée		En A	En D	À mi- travée
Données	$M_G$ en MN.m	-0.00473	-0.00473	0.00553
	$M_Q$ en MN.m	-0.04527	0.00793	0.02413
	$N_G$ en MN	0.00424	0.00424	0.00424
	$N_Q$ en MN	-0.046	-0.046	-0.046
	Géométrie	$h = 0.20 \text{ m}$	$b = 1 \text{ m}$	$h = 0.18 \text{ m}$
A PELU	$M_U$ en MN.m	-0.0743	0.0055	0.0434
	$N_U$ en MN	-0.0632	-0.0632	-0.0632
A PELS	$M_{ser}$ en MN.m	-0.059	0.00479	0.0343
	$N_{ser}$ en MN	-0.051	-0.051	-0.051
L'excentricité	$M_{ser}/N_{ser}$	1.156862745	0.093921569	-0.67254902
Type de calcul a faire	calcul en	Flexion composée partiellement tendue	Flexion composée partiellement tendue	Flexion composée partiellement tendue

Calcul des armatures en flexion composée avec section partiellement comprimée			
$\alpha_{RB} = \frac{\bar{\sigma}_{bc}}{\bar{\sigma}_{bc} + \frac{\sigma_s}{15}}$	0.53		
$M_{RB} = \frac{\alpha_{RB} \cdot b \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_{bc}}{2} \left[ 1 - \frac{\alpha_{RB}}{3} \right]$	0.106		
$M_{ser/A} = M_{ser} + N_{ser} \left[ d - \frac{h}{2} \right]$	-0.063	0.00071	0.0302
Type de section	Sans armatures comprimées	Sans armatures comprimées	Sans armatures comprimées
$\lambda = 1 + \frac{2 \cdot n \cdot M_{ser/A}}{b d^2 \cdot \bar{\sigma}_s}$	1.2	1.06	1.14
$\varphi = \text{Arcos} \left[ \lambda^{-\frac{3}{2}} \right]$	0.7	1.05	0.66
$\alpha_{ser} = 1 + 2 \cdot \sqrt{\lambda} \cdot \cos \left[ \frac{4\pi}{3} + \frac{\varphi}{3} \right]$	0.37	0.64	0.36
$A_{st} = \frac{b \cdot d \cdot \alpha_{ser}^2}{2 \times 15 \times (1 - \alpha_{ser})} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_s}$	3.62	3.62	9.44
Condition de non fragilité	$A \geq 0.23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}$	2.17 cm <sup>2</sup>	2.17 cm <sup>2</sup>
Choix des aciers		4HA12	4HA12
			7HA14

### c. Calcul des armatures du piedroit gauche

Données de calcul :

$F_{c28} = 25 \text{ MPa}$ ;  $f_{t28} = 2.1$ ;  $\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$ ;  $\bar{\sigma}_s = 201.63$ ;  $F_e = 400 \text{ MPa}$

Élément à calculé		Piedroit gauche		
Section considérée		En A	En B	À mi- travée
Données	$M_G$ en MN.m	-0.00473	-0.00022	-0.00286
	$M_Q$ en MN.m	-0.04527	0.01233	0.00266
	$N_G$ en MN	0.01832	0.01832	0.01832
	$N_Q$ en MN	0.04964	0.04964	0.04964
	Géométrie	$h = 0.20 \text{ m}$	$b = 1 \text{ m}$	$h = 0.18 \text{ m}$
A l'ELU	$M_U$ en MN.m	-0.0743	0.018198	0.000129
	$N_U$ en MN	0.099	0.099	0.099
A l'ELS	$M_{ser}$ en MN.m	-0.059	0.01458	0.00033
	$N_{ser}$ en MN	0.07789	0.07789	0.07789
L'excentricité	$M_{ser}/N_{ser}$	-0.757478495	0.187187059	0.004236744
Type de calcul à faire	calcul en	Flexion composée partiellement tendue	Flexion composée partiellement tendue	Flexion composée partiellement tendue

Calcul des armatures en flexion composée avec section partiellement comprimée			
$\alpha_{RB} = \frac{\bar{\sigma}_{bc}}{\bar{\sigma}_{bc} + \frac{\sigma_s}{15}}$	0.53		
$M_{RB} = \frac{\alpha_{RB} \cdot b \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_{bc}}{2} \left[ 1 - \frac{\alpha_{RB}}{3} \right]$	0.106		
$M_{ser/A} = M_{ser} + N_{ser} \left[ d - \frac{h}{2} \right]$	-0.053	0.021	0.0066
Type de section	Sans armatures comprimées	Sans armatures comprimées	Sans armatures comprimées
$\lambda = 1 + \frac{2 \cdot n \cdot M_{ser/A}}{b d^2 \cdot \bar{\sigma}_s}$	1.3	1.09	1.03
$\varphi = \text{Arcos} \left[ \lambda^{-\frac{3}{2}} \right]$	0.83	0.49	0.3
$\alpha_{ser} = 1 + 2 \cdot \sqrt{\lambda} \cdot \cos \left[ \frac{4\pi}{3} + \frac{\varphi}{3} \right]$	0.44	0.26	0.17
$A_{st} = \frac{b \cdot d \cdot \alpha_{ser}^2}{2 \times 15 \times (1 - \alpha_{ser})} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_s}$	3.62	3.62	7.47
Condition de non fragilité	$A \geq 0.23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}$	2.17 cm <sup>2</sup>	2.17 cm <sup>2</sup>
Choix des aciers		4HA12	7HA12

#### d. Calcul des armatures du piedroit droit

Données de calcul :

$F_{c28} = 25 \text{ MPa}$  ;  $f_{t28} = 2.1$  ;  $\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$  ;  $\bar{\sigma}_s = 201.63$  ;  $f_e = 400 \text{ MPa}$

Élément a calculé		Piedroit droit		
Section considérée		En C	En D	À mi- travée
Données	$M_G$ en MN.m	-0.00022	-0.00473	-0.00286
	$M_Q$ en MN.m	-0.04967	0.00793	-0.00174
	$N_G$ en MN	0.01832	0.01832	0.01832
	$N_Q$ en MN	0.106	0.106	0.106
	Géométrie	$h = 0.20 \text{ m}$	$b = 1 \text{ m}$	$h = 0.18 \text{ m}$
A PELU	$M_U$ en MN.m	-0.0748	0.0055	0.0063
	$N_U$ en MN	0.184	0.184	0.184
A PELS	$M_{ser}$ en MN.m	-0.0598	0.00479	0.00495
	$N_{ser}$ en MN	0.1455	0.1455	0.1455
L'excentricité	$M_{ser}/N_{ser}$	-0.410996564	0.032920962	0.034020619
Type de calcul a faire	calcul en	Flexion composée armature partiellement comprimée	Flexion composée armature partiellement comprimée	Flexion composée armature partiellement comprimée

Calcul des armatures en flexion composée avec section partiellement comprimée			
$\alpha_{RB} = \frac{\bar{\sigma}_{bc}}{\bar{\sigma}_{bc} + \frac{\sigma_s}{15}}$	0.53		
$M_{RB} = \frac{\alpha_{RB} \cdot b \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_{bc}}{2} \left[ 1 - \frac{\alpha_{RB}}{3} \right]$	0.106		
$M_{ser/A} = M_{ser} + N_{ser} \left[ d - \frac{h}{2} \right]$	-0.0482	0.0164	0.0166
Type de section	Sans armatures comprimées	Sans armatures comprimées	Sans armatures comprimées
$\lambda = 1 + \frac{2 \cdot n \cdot M_{ser/A}}{b d^2 \cdot \bar{\sigma}_s}$	1.1	1.07	1.08
$\varphi = \text{Arcos} \left[ \lambda^{-\frac{3}{2}} \right]$	0.52	0.44	0.47
$\alpha_{ser} = 1 + 2 \cdot \sqrt{\lambda} \cdot \cos \left[ \frac{4\pi}{3} + \frac{\varphi}{3} \right]$	0.28	0.24	0.25
$A_{sc} = \frac{b \cdot d \cdot \alpha_{ser}^2}{2 \times 15 \times (1 - \alpha_{ser})} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_s}$	3.62	3.62	7.47
Condition de non fragilité	$A \geq 0.23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}$	2.17 cm <sup>2</sup>	2.17 cm <sup>2</sup>
Choix des aciers		4HA12	4HA12
			7HA12

Pour des raisons pratiques de facilitation de la mise en œuvre nous allons :

- Uniformiser les armatures des deux piédroits
- Les armatures d'appui de même seront prises égales à la plus grande section (tablier/radier et piédroit).
- Le tablier et le radier seront armés suivant les sections calculées ci-haut

Pour le ferrailage du dalot les sections d'armatures suivantes ont été retenues:

Élément de structures	sections d'armatures calculées(cm <sup>2</sup> )	Aciers retenus
Tablier	8.91	6HA14
Radier	9.44	7HA14
Piédroits	7.47	7HA12



### C. DIMENSIONNEMENT DES CANIVEAUX

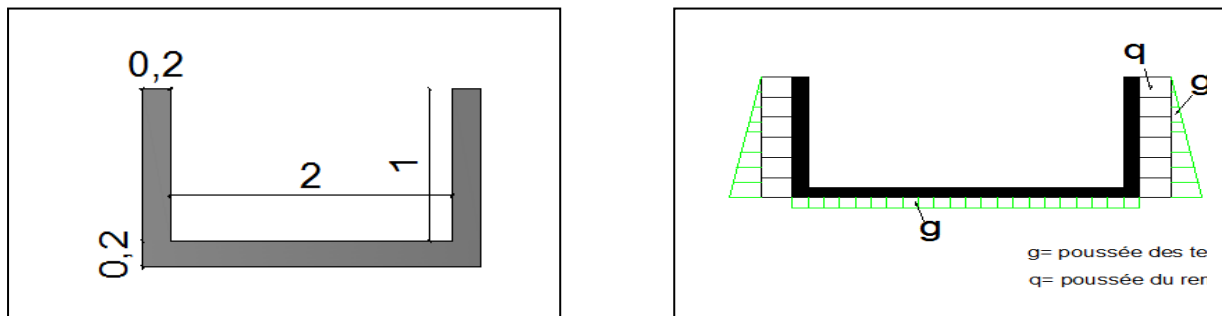
Les caniveaux sont de forme rectangulaire avec les caractéristiques suivantes :

$$b = 2 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$e = 0.2 \text{ m}$$

**Figure 4 : caractéristiques géométriques et charges appliquées à un caniveau**



#### C.1. CALCUL DU RADIER

Le radier sera calculé comme une poutre rectangulaire sur une bande de 1 m.

##### a. Évaluation des charges

###### - Charges permanentes

$$\text{Poids propre du radier : } P_p = 0.2 \times 25 \times 1 = 5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Poids des ailes : } P_a = \frac{1 \times 2 \times 0.2 \times 25}{2.2} = 4.54 \text{ kN/m}$$

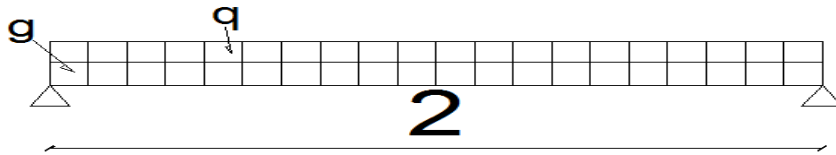
$$\text{Poids propre de la dalle : } P_d = 0.2 \times 25 \times 1 = 5 \text{ kN/m}$$

$$g = 5 + 4.54 + 5 = 14.54 \text{ kN/m}$$

###### - Surcharge

La surcharge est considérée comme le poids de l'eau qui passe sur la radier

$$q = 1 \times 1 \times 1 = 1 \text{ kN/m}$$



### b. Combinaison des charges a l'ELS

$$q_1 = g + 1.2 \times q = 14.54 + 1.2 \times 1 = 15.74 \text{ kN/m}$$

$$M_1 = \frac{q_1 \cdot l^2}{8} = \frac{15.74 \cdot 2.2^2}{8} = 9.52 \text{ kN.m}$$

$$M_1 = 9.52 \text{ kN.m}$$

$$V_A = \frac{q_1 \cdot l}{2} = \frac{15.74 \cdot 2.2}{2} = 17.31 \text{ kN}$$

### c. Calcul des armatures

Données de calcul:  $b=100 \text{ cm}$ ;  $h=20 \text{ cm}$ ;  $d=18 \text{ cm}$

Déterminons le moment résistant de béton  $M_{RB}$  seul, moment maximum que peut reprendre la section sans acier comprimé. Dans ce cas, mettons les deux matériaux à fond :

$$\sigma_{bc} = \overline{\sigma}_{bc}$$

$$\frac{\overline{\sigma}_{bc}}{y_{RB}} = \frac{\overline{\sigma}_s/15}{d - y_{RB}} \rightarrow y_{RB} = d \times \frac{\overline{\sigma}_{bc}}{\frac{\overline{\sigma}_s}{15} + \overline{\sigma}_{bc}} = 18 \times \frac{15}{\frac{201.63}{15} + 15} = 9.49 \text{ cm} \rightarrow y_{RB} = 9.49 \text{ cm}$$

$$M_{RB} = \frac{1}{2} b_0 \cdot y_{RB} \cdot \overline{\sigma}_{bc} \left( d - \frac{y_{RB}}{3} \right) = \frac{1}{2} \cdot 0.0949 \cdot 15 \cdot 10^3 \left( 0.18 - \frac{0.0949}{3} \right) = 105.6 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{RB} = 105.6 \text{ kN.m}}$$

$M_1 < M_{RB}$  , pas d'aciers comprimés

$$A_s = \frac{M_1}{\delta_s \left( d - \frac{y_{RB}}{3} \right)} = \frac{9.52}{201.63 \cdot 10^3 \left( 0.18 - \frac{0.0949}{3} \right)} = 3.18 \text{ cm}^2 \rightarrow \mathbf{A_s = 3.18 \text{ cm}^2/\text{ml}}$$

Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0.23 \cdot F_{t28} \cdot b \cdot d}{F_e} = \frac{0.23 \cdot 2.1 \cdot 100 \cdot 18}{400} = 2.17 \text{ cm}^2$$

$A_{min} < A_{ser} \rightarrow \text{Condition Vérifiée}$

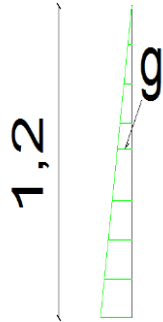
Choix des armatures: **7HA8 = 3.52cm<sup>2</sup>/ml**

## C.2. CALCUL DES AILES

### a. Calcul des sollicitations

#### - Sous charges permanentes

Moment dû à la poussée des terres

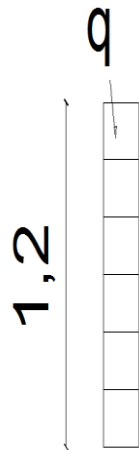


$$M = \gamma * h^3 * \frac{k_a}{6} \text{ Avec } \gamma = 19 \text{ kN/m}^3; k_a = 0.333$$

$$M_t = 20 * 0.333 * \frac{1.2^3}{6} * 1 = 1.91 \text{ kN.m}$$

#### - Sous charges du remblai

Moment dû à la surcharge de remblai ( $\sigma = 10 \text{ kN/m}^2$ )



$$M_r = K_a * \sigma * h^2 = 0.333 * 10 * 1.2^2 = 4.79 \text{ kN.m}$$

### b. Combinaison à ELS

$$M_1 = 1.91 + 1.2 * 4.79 = 7.65 \text{ kN.m}$$

### c. Calcul des armatures

Données de calcul :  $b=100\text{cm}$  ;  $h=15\text{cm}$  ;  $d=18\text{ cm}$

Déterminons le moment résistant de béton  $M_{RB}$  seul, moment maximum que peut reprendre la section sans acier comprimé. Dans ce cas, mettons les deux matériaux à fond :

$$\sigma_{bc} = \overline{\sigma}_{bc}$$

$$\frac{\overline{\sigma}_{bc}}{y_{RB}} = \frac{\overline{\sigma}_s/15}{d-y_{RB}} \rightarrow y_{RB} = d * \frac{\overline{\sigma}_{bc}}{\frac{\overline{\sigma}_s}{15} + \overline{\sigma}_{bc}} = 18 * \frac{15}{\frac{201.63}{15} + 15} = 9.49 \text{ cm} \rightarrow y_{RB} = 9.49 \text{ cm}$$

$$M_{RB} = \frac{1}{2} b_0 * y_{RB} * \overline{\sigma}_{bc} \left( d - \frac{y_{RB}}{3} \right) = \frac{1}{2} * 1.00 * 0.0949 * 15 * 10^3 \left( 0.18 - \frac{0.0949}{3} \right) = 105.59 \text{ kN.m}$$

$$\rightarrow M_{RB} = 105.59 \text{ kN.m}$$

$M_1 < M_{RB}$  , pas d'aciers comprimés

$$A_s = \frac{M_1}{\overline{\sigma}_s \left( d - \frac{y_{RB}}{3} \right)} = \frac{7.57}{201.63 * 10^3 \left( 0.18 - \frac{0.0949}{3} \right)} = 2.53 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_s = 2.53 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

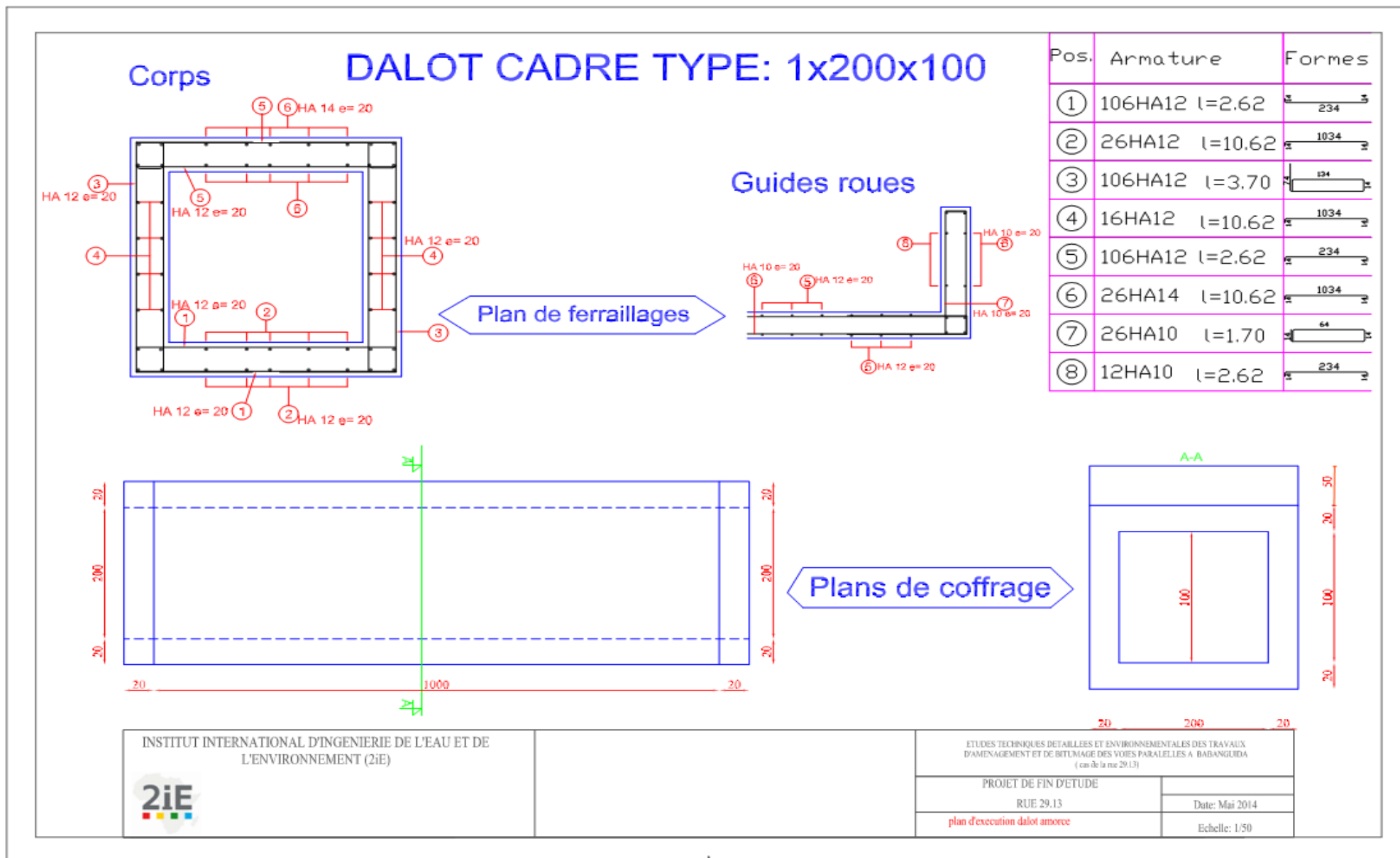
$$A_{min} = \frac{0.23 * F_{t28} * b * d}{F_e} = \frac{0.23 * 2.1 * 100 * 18}{400} = 2.17 \text{ cm}^2$$

$A_{min} < A_{ser} \rightarrow$  **Condition Vérifiée**

Choix des armatures :  $A_s = 5HA8 = 2.51 \text{ cm}^2/\text{ml}$

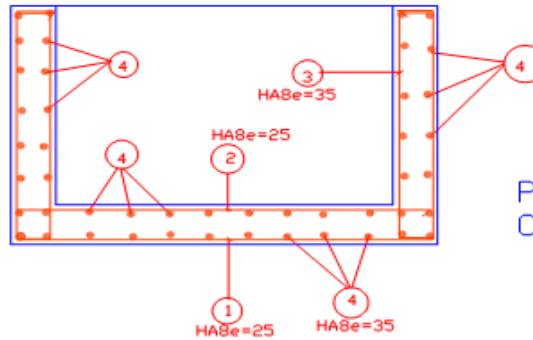
Partie de l'ouvrage	radier	ails
Moment a l'ELS (kN.m)	9.52	7.57
Effort normal a l'ELS(kN)	17.31	5.4
Sections d'acier necessaires(cm <sup>2</sup> )	3.18	2.53
Section d'acier minimale(cm <sup>2</sup> )	2.17	2.17
Barres principales choisies	7HA8	6HA8/face
Barres de repartition	4HA8	4HA8/face

### ANNEXE 3: PLANS DE FERRAILLAGES DALOT

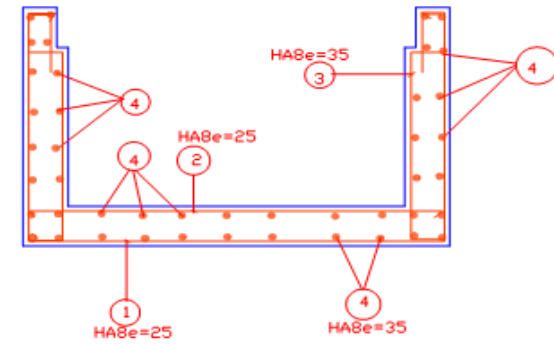


**ANNEXE 4:PLAN TYPE FERRAILLAGE CANIVEAU**

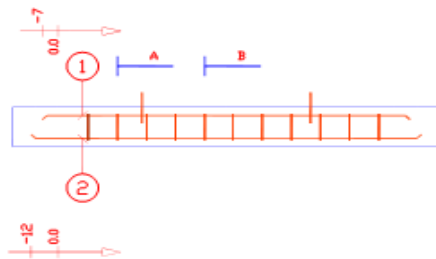
PLAN DE FERRAILLAGE TYPE  
CANIVEAU SECTION COURANTE



PLAN DE FERRAILLAGE TYPE  
CANIVEAU SECTION COUVERTE



PLAN DE FERRAILLAGE TYPE  
DALLETTE DE COUVERTURE



INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE  
L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX  
D'AMENAGEMENT ET DE BETUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA  
( cas de la rue 29.13 )

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13

plan type ferrailage caniveau

Date: Mai 2014

Echelle: 1/100

## ANNEXE 5:PROFIL EN LONG DU PK 0+000 AU PK 0+300

PLANCHE 1/ 9  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	283.94	283.72	284.10	284.84	285.06	285.32	285.75
DISTANCES PARTIELLES	50	50	50	50	50	50	50
DISTANCES CUMULEES	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00
COTES PROJET	283.54	283.66	284.98	284.77	285.18	285.69	286.00
DECLIVITES PROJET	P=0,82%						
ALIGNEMENTS ET COURBES	R=201.910 L=300						
DEVERS GAUCHE	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
DEVERS DROIT	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%

INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE  
 L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX  
 D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA  
 (côté de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13:LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml

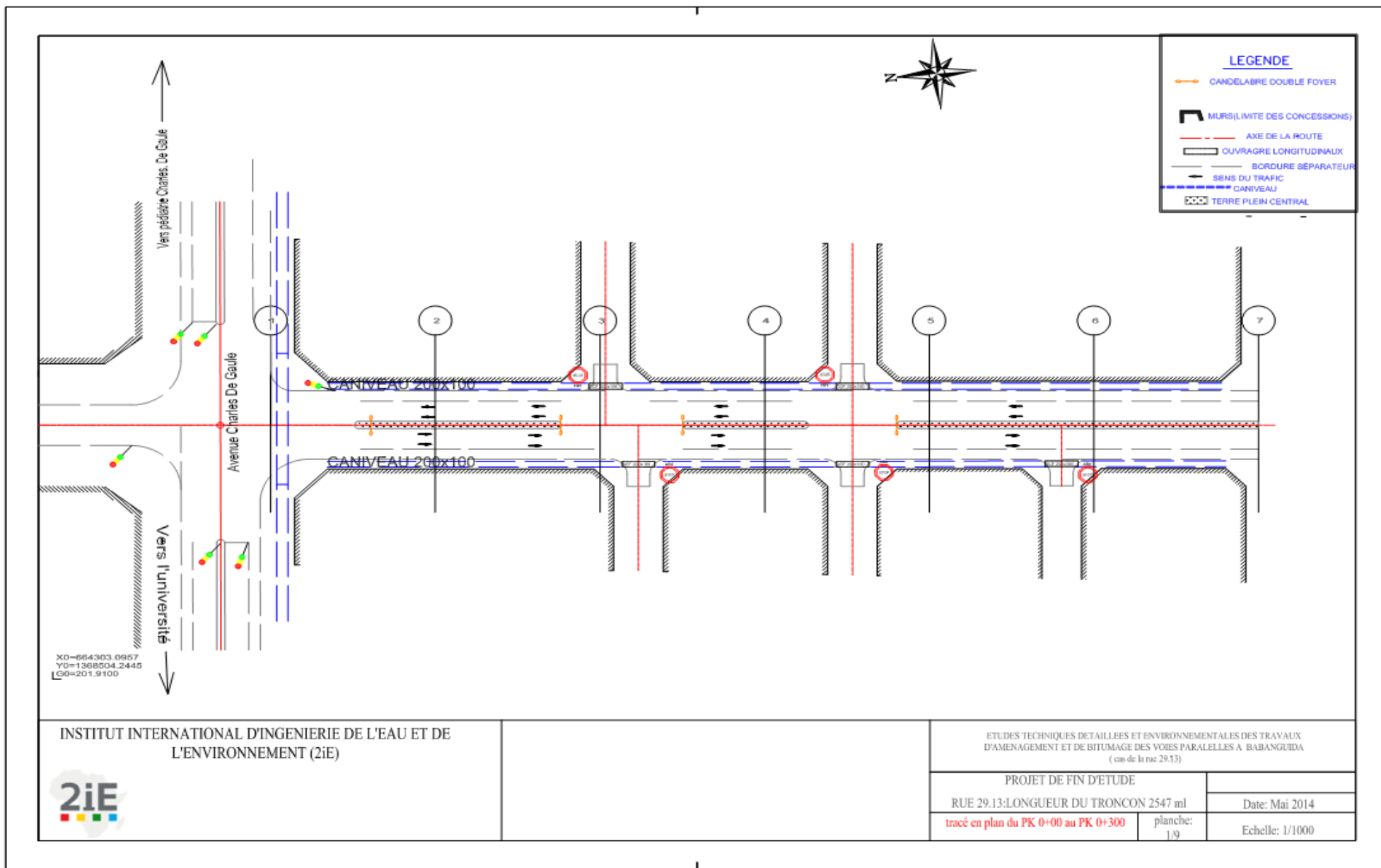
profil en long du PK 0+00 au PK 0+300

planche:  
1/9

Date: Mai 2014

Echelle: 1/1000

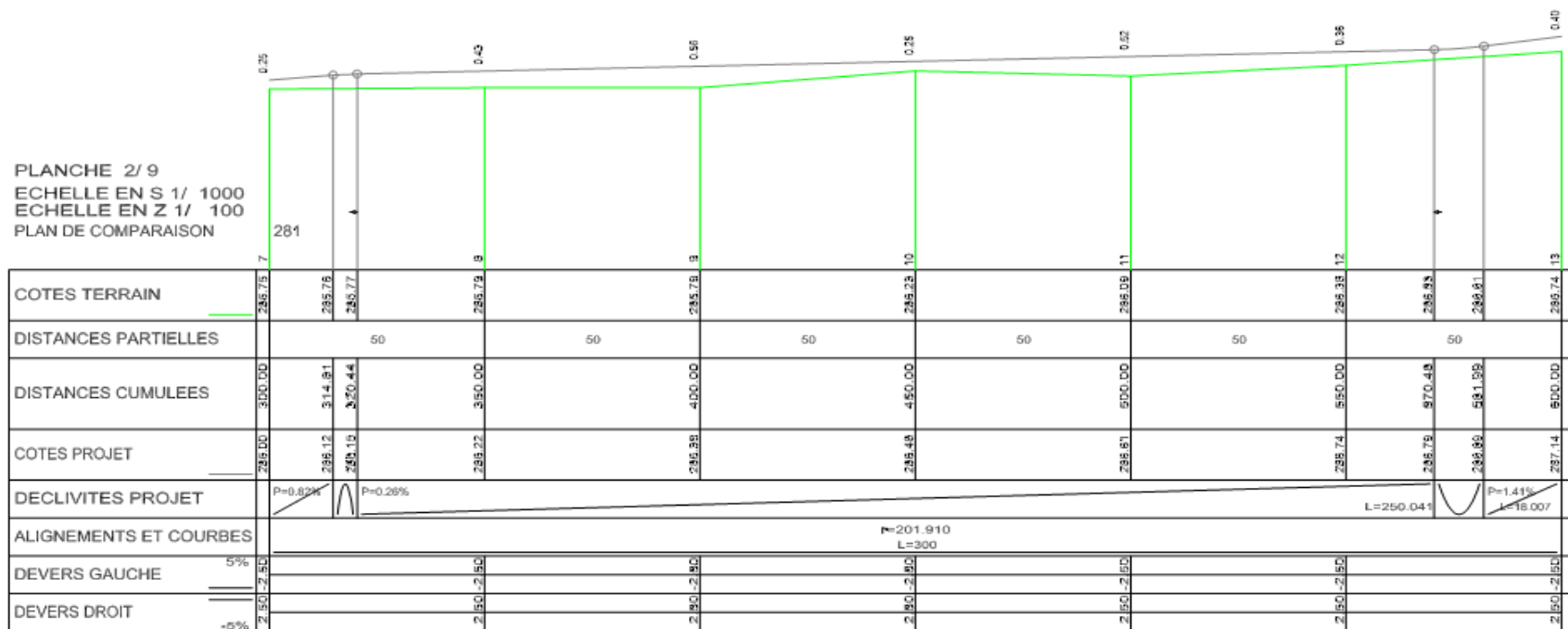
# ANNEXE 6: TRACÉ EN PLAN DU PK 0+000 AU PK 0+300





# ANNEXE 7:PROFIL EN LONG DU PK 0+300 AU PK 0+600

PLANCHE 2/9  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON



INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA ( cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13:LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml

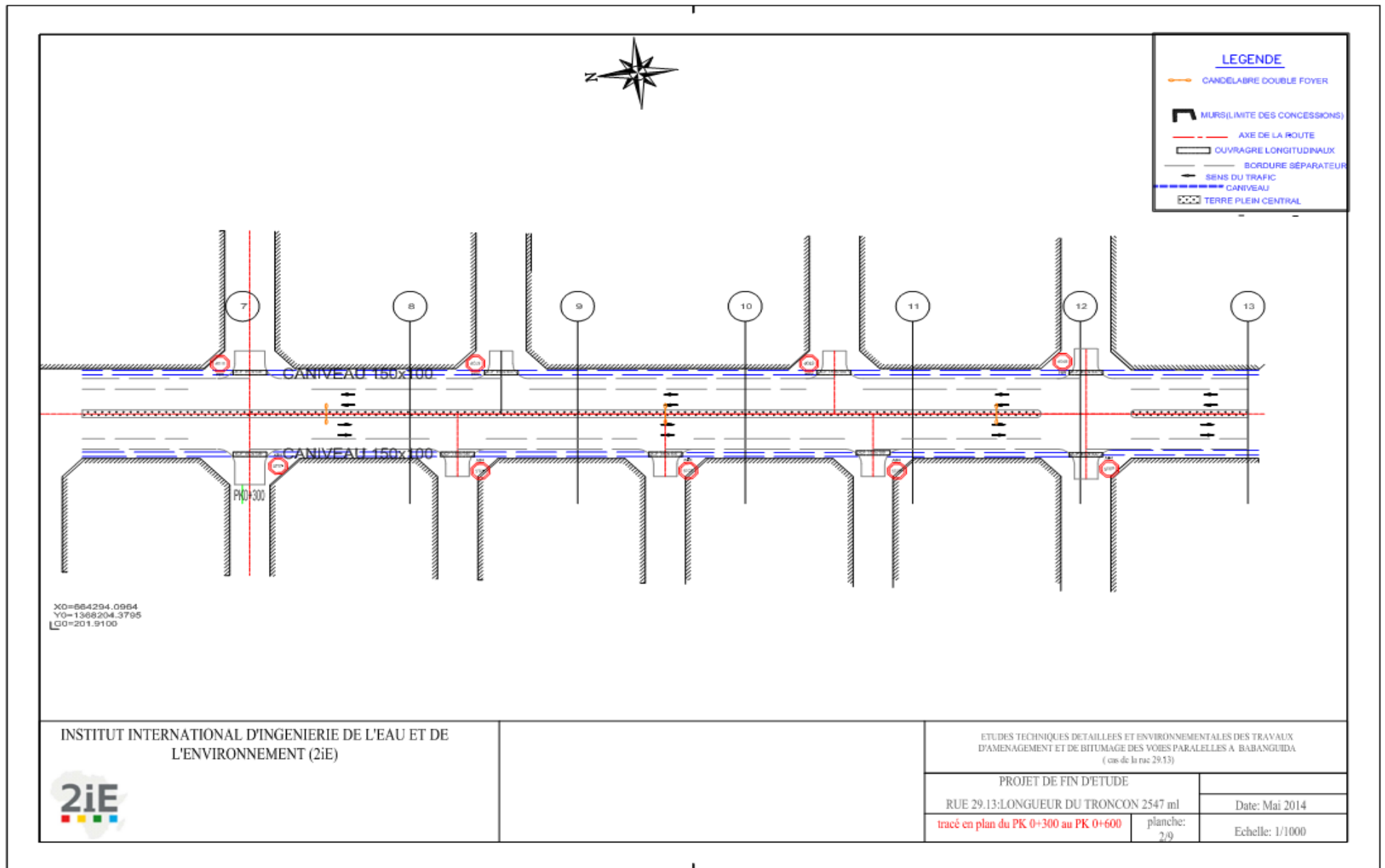
profil en long du PK 0+300 au PK 0+600

planche:  
2/9

Date: Mai 2014

Echelle: 1/1000

# ANNEXE 8: TRACÉ EN PLAN DU PK 0+300 AU PK 0+600



INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13: LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml

tracé en plan du PK 0+300 au PK 0+600

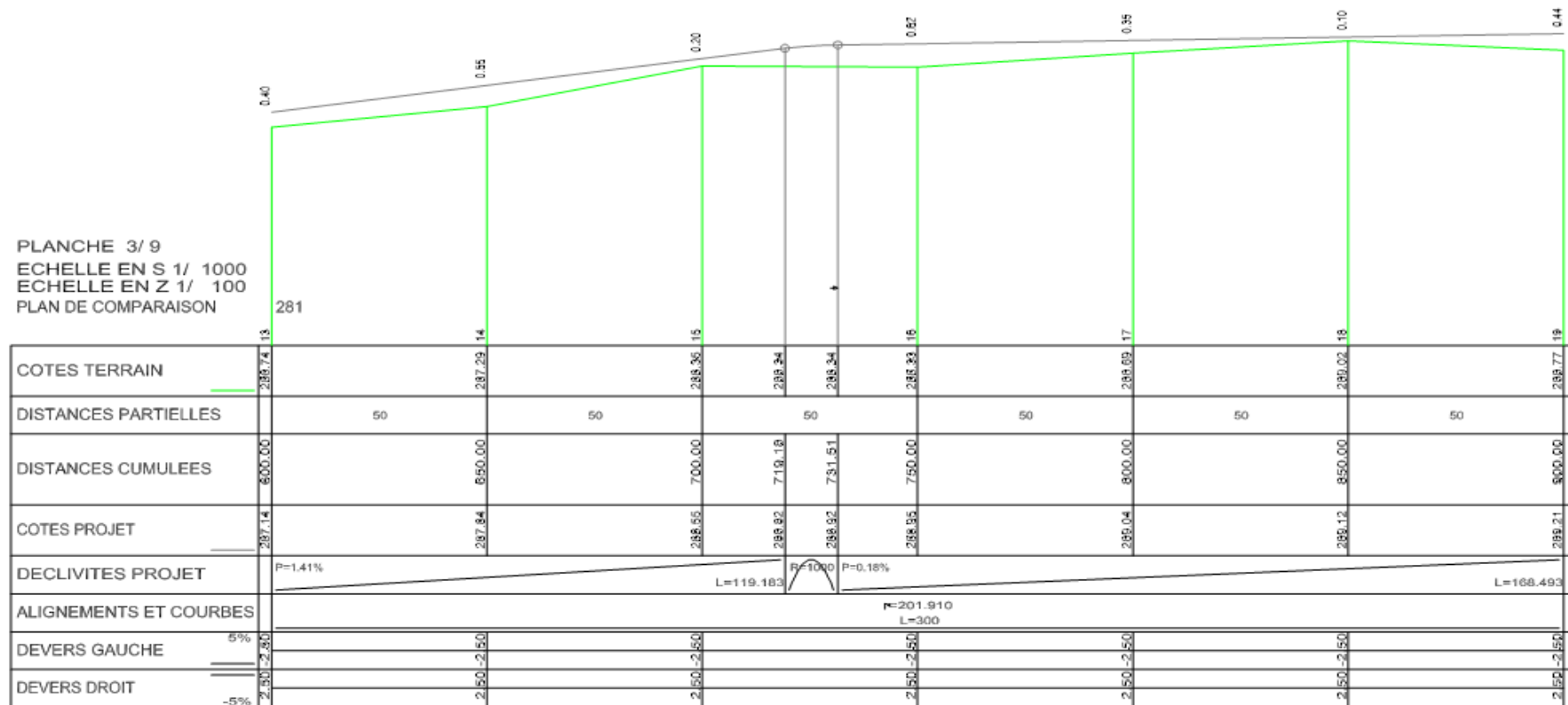
planche:  
2/9

Date: Mai 2014

Echelle: 1/1000

# ANNEXE 9:PROFIL EN LONG DU PK 0+600 AU PK 0+900

PLANCHE 3/ 9  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON



INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13:LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml

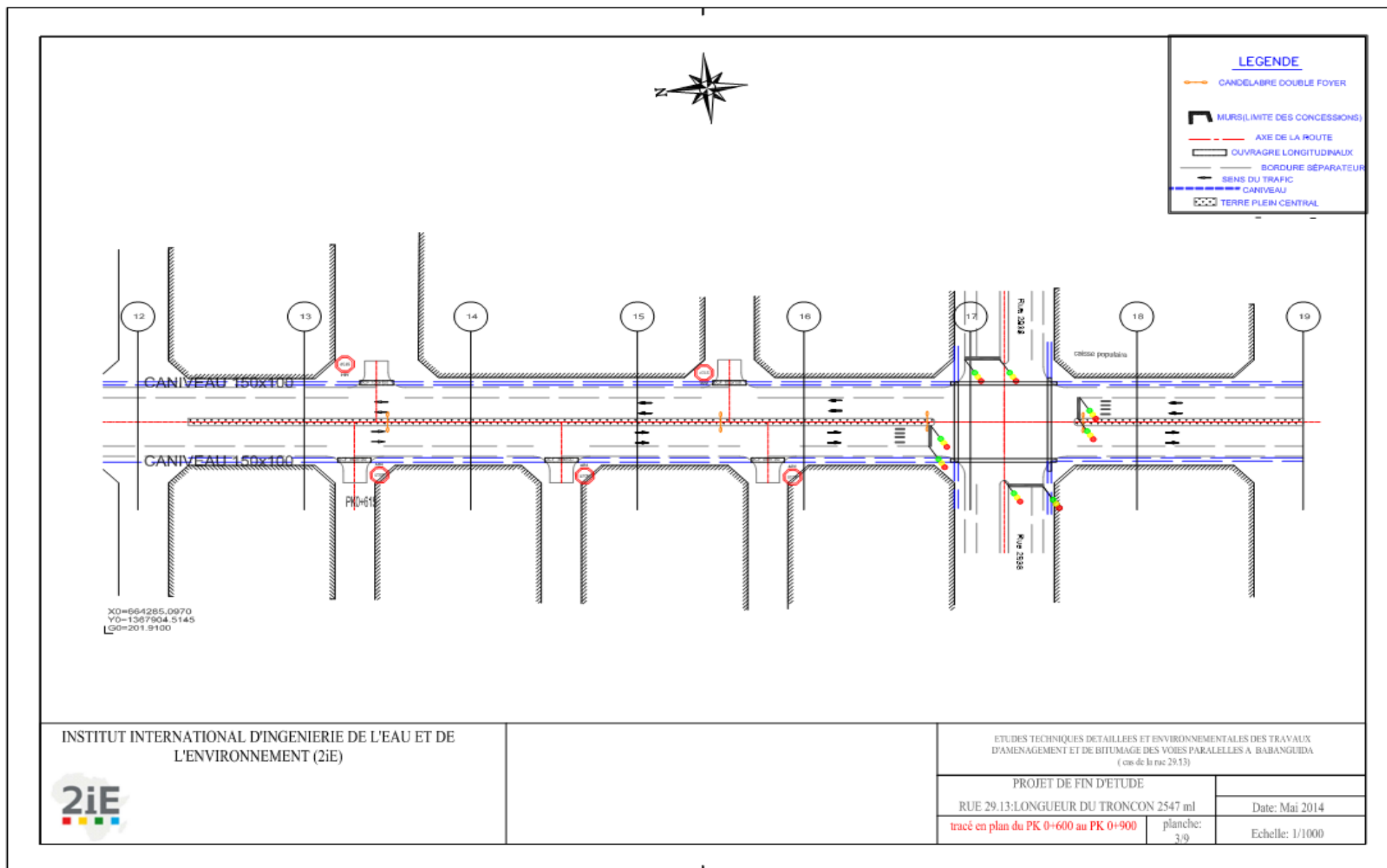
profil en long du PK 0+600 au PK 0+900

planche:  
3/9

Date: Mai 2014

Echelle: 1/1000

# ANNEXE 10: TRACÉ EN PLAN DU PK 0+600 AU PK 0+900



INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13: LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml

Date: Mai 2014

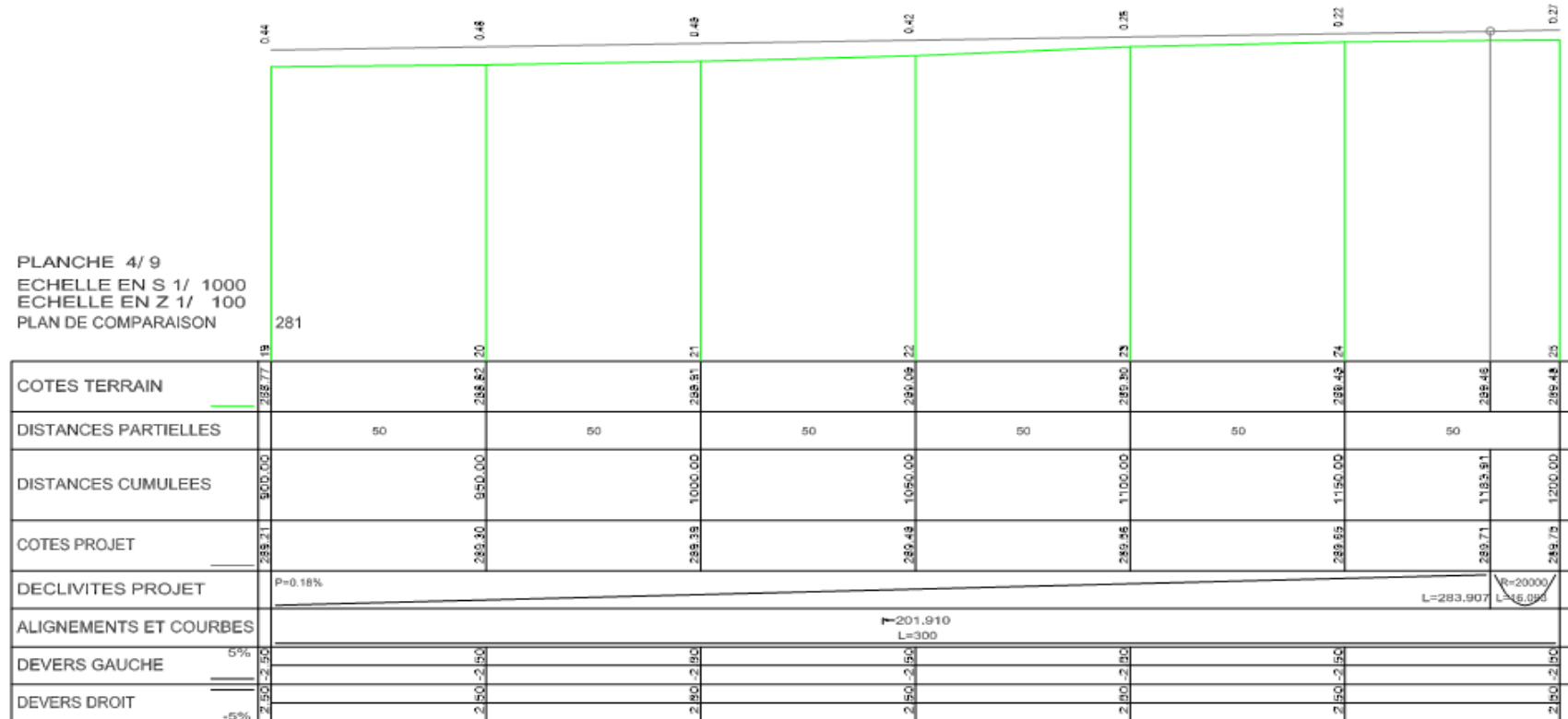
tracé en plan du PK 0+600 au PK 0+900

planche: 3/9

Echelle: 1/1000

# ANNEXE 11:PROFIL EN LONG DU PK 0+900 AU PK 1+200

PLANCHE 4/ 9  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON



INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13:LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml

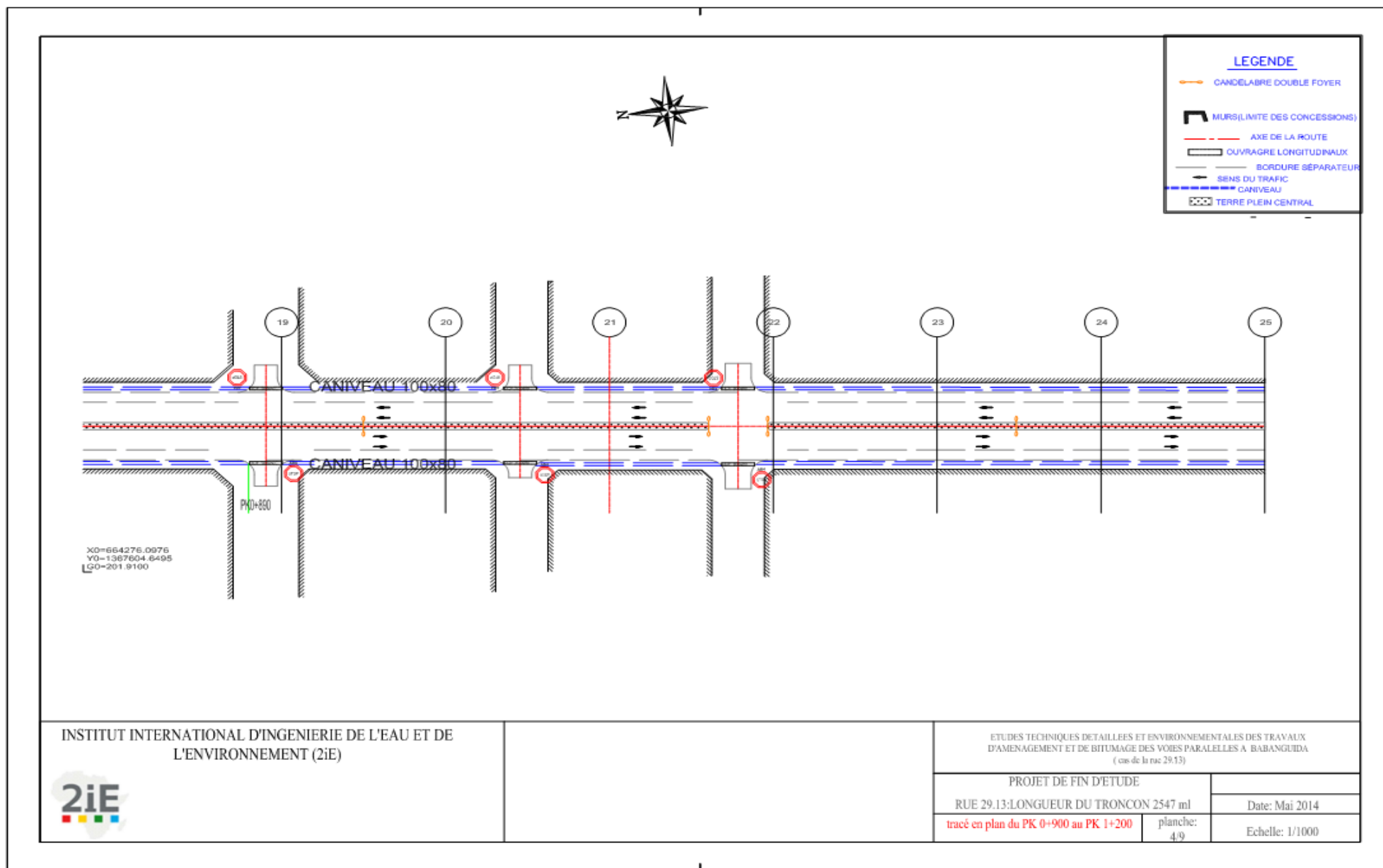
profil en long du PK 0+900 au PK 1+200

planche:  
4/9

Date: Mai 2014

Echelle: 1/1000

## ANNEXE 12: TRACÉ EN PLAN DU PK 0+900 AU PK 1+200



# ANNEXE 13:PROFIL EN LONG DU PK 1+200 AU PK 1+500

PLANCHE 5/ 9  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

NS=1148.77  
 S=289.68  
 281

COTES TERRAIN	289.43	289.43	289.68	289.68	289.93	289.93	290.18	290.18	290.43	290.43	290.68	290.68	290.93	290.93	291.18	291.18	291.43	291.43
DISTANCES PARTIELLES		50		50		50		50		50		50		50		50		50
DISTANCES CUMULEES	1200.00	1250.00	1300.00	1350.00	1400.00	1450.00	1500.00	1550.00	1600.00	1650.00	1700.00	1750.00	1800.00	1850.00	1900.00	1950.00	2000.00	2050.00
COTES PROJET	289.75	289.75	289.84	289.84	290.22	290.22	290.25	290.25	290.82	290.82	290.85	290.85	291.35	291.35	291.35	291.72	291.72	291.72
DECLIVITES PROJET			R=20000 L=95.916		P=0.74%				R=201.910 L=300				L=204.084					
ALIGNEMENTS ET COURBES																		
DEVERS GAUCHE	5%																	
DEVERS DROIT	-5%																	

INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA ( cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13:LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml

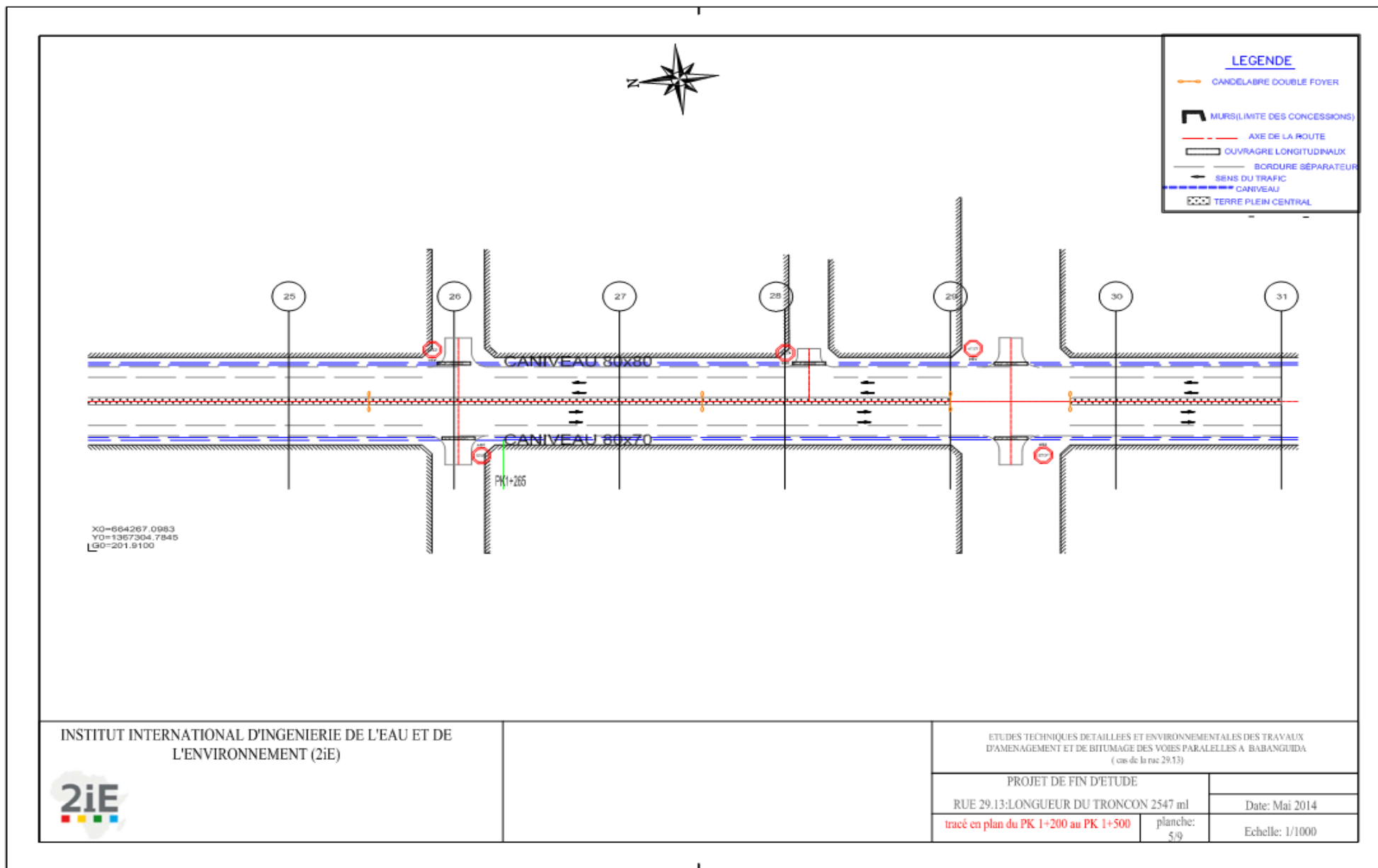
profil en long du PK 1+200 au PK 1+500

planche:  
5/9

Date: Mai 2014

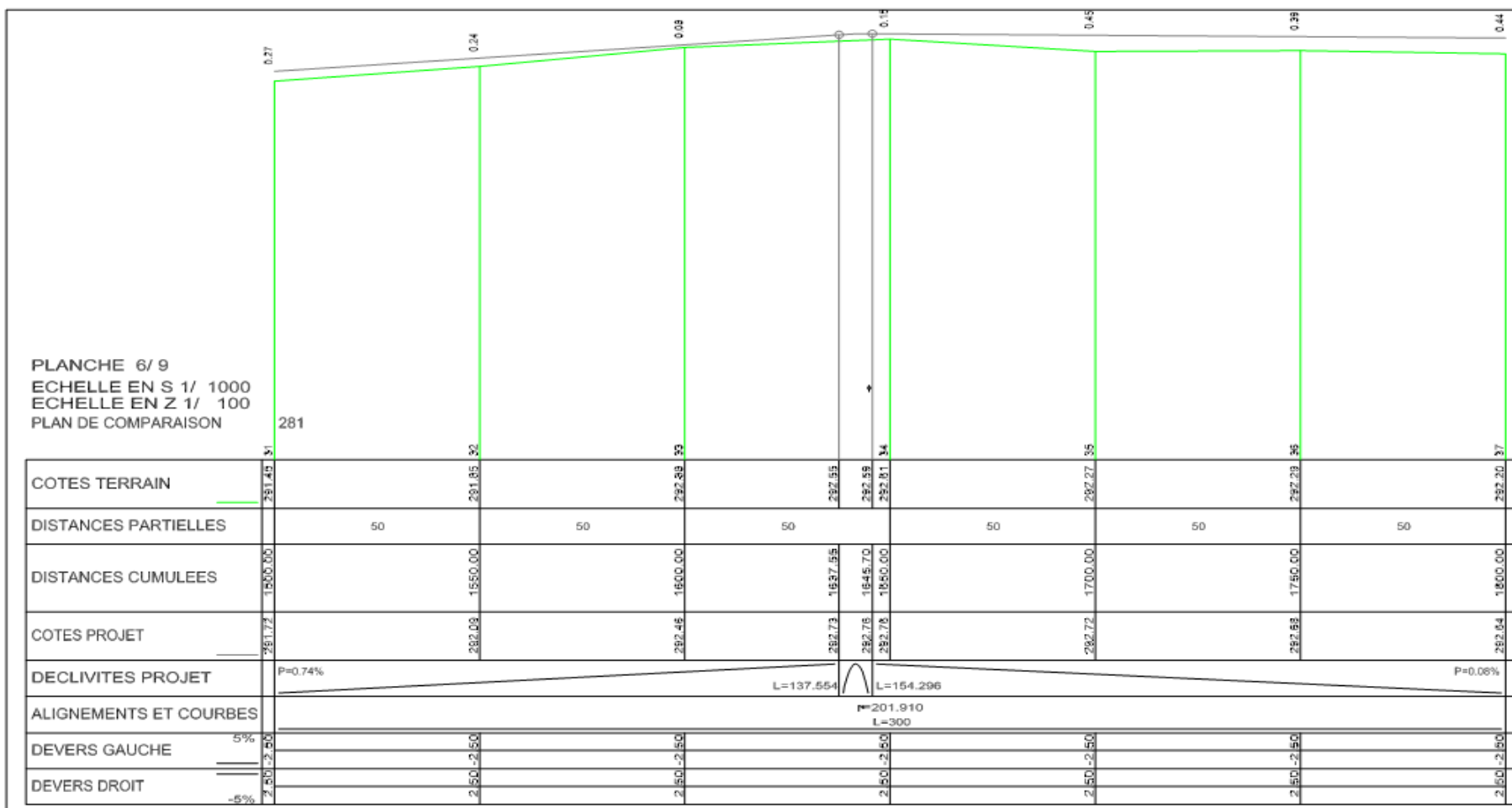
Echelle: 1/1000

# ANNEXE 14: TRACÉ EN PLAN DU PK 1+200 AU PK 1+500





# ANNEXE 15:PROFIL EN LONG DU PK 1+500 AU PK 1+800



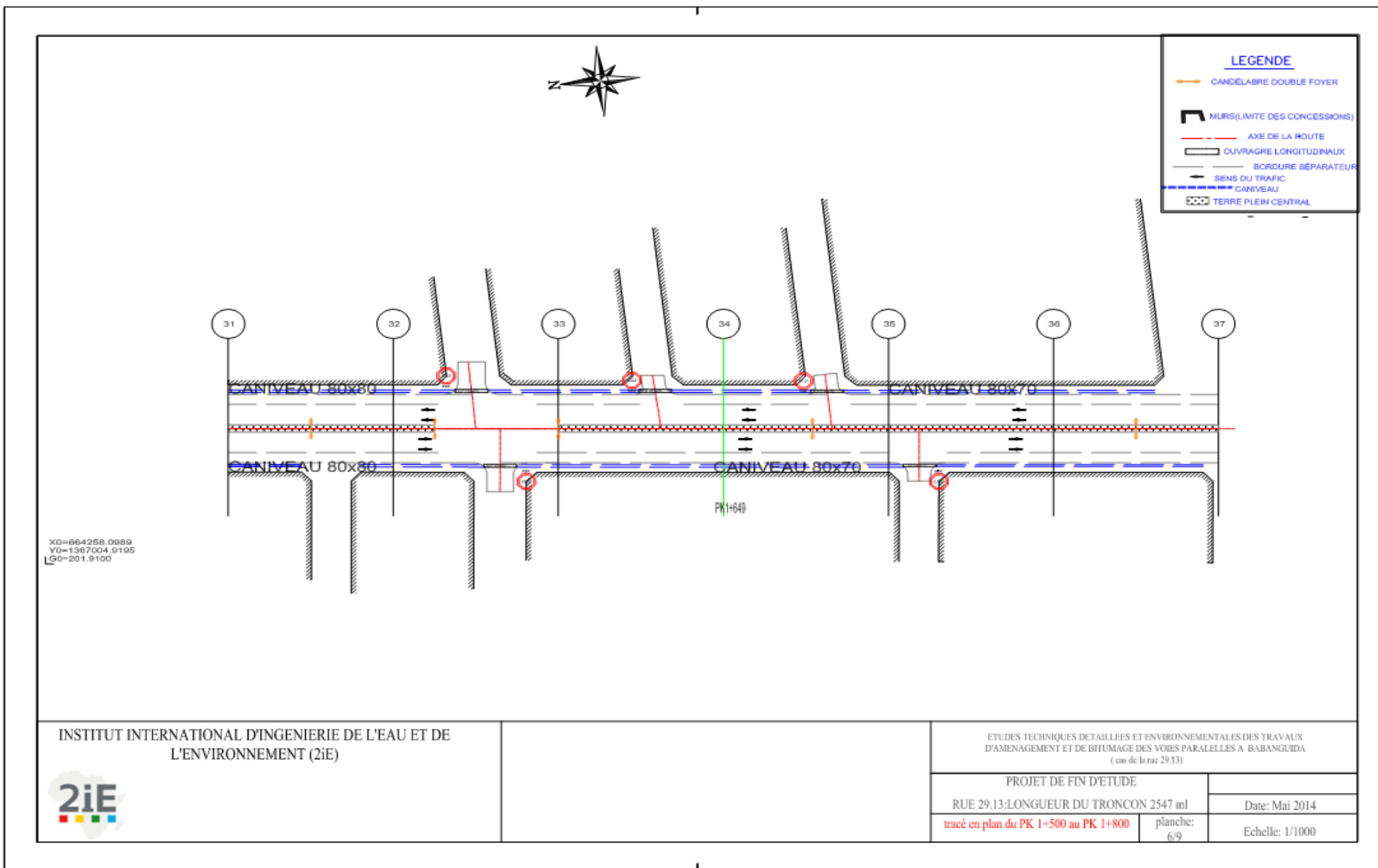
INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



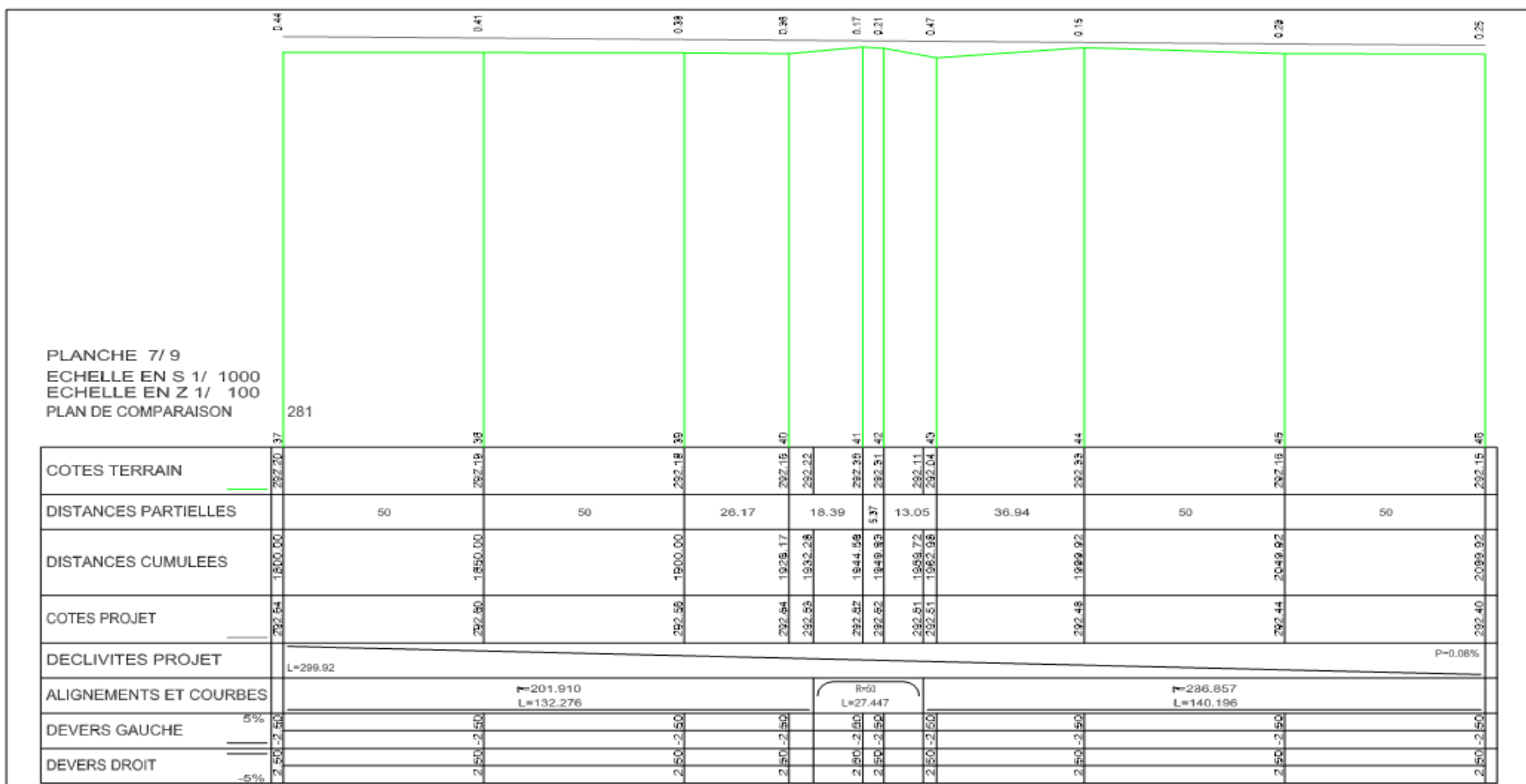
ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE		
RUE 29.13:LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml		Date: Mai 2014
profil en long du PK 1+500 au PK 1+800	planche: 6/9	Echelle: 1/1000

# ANNEXE 16: TRACÉ EN PLAN DU PK 1+500 AU PK 1+800



# ANNEXE 17:PROFIL EN LONG DU PK 1+800 AU PK 2+100



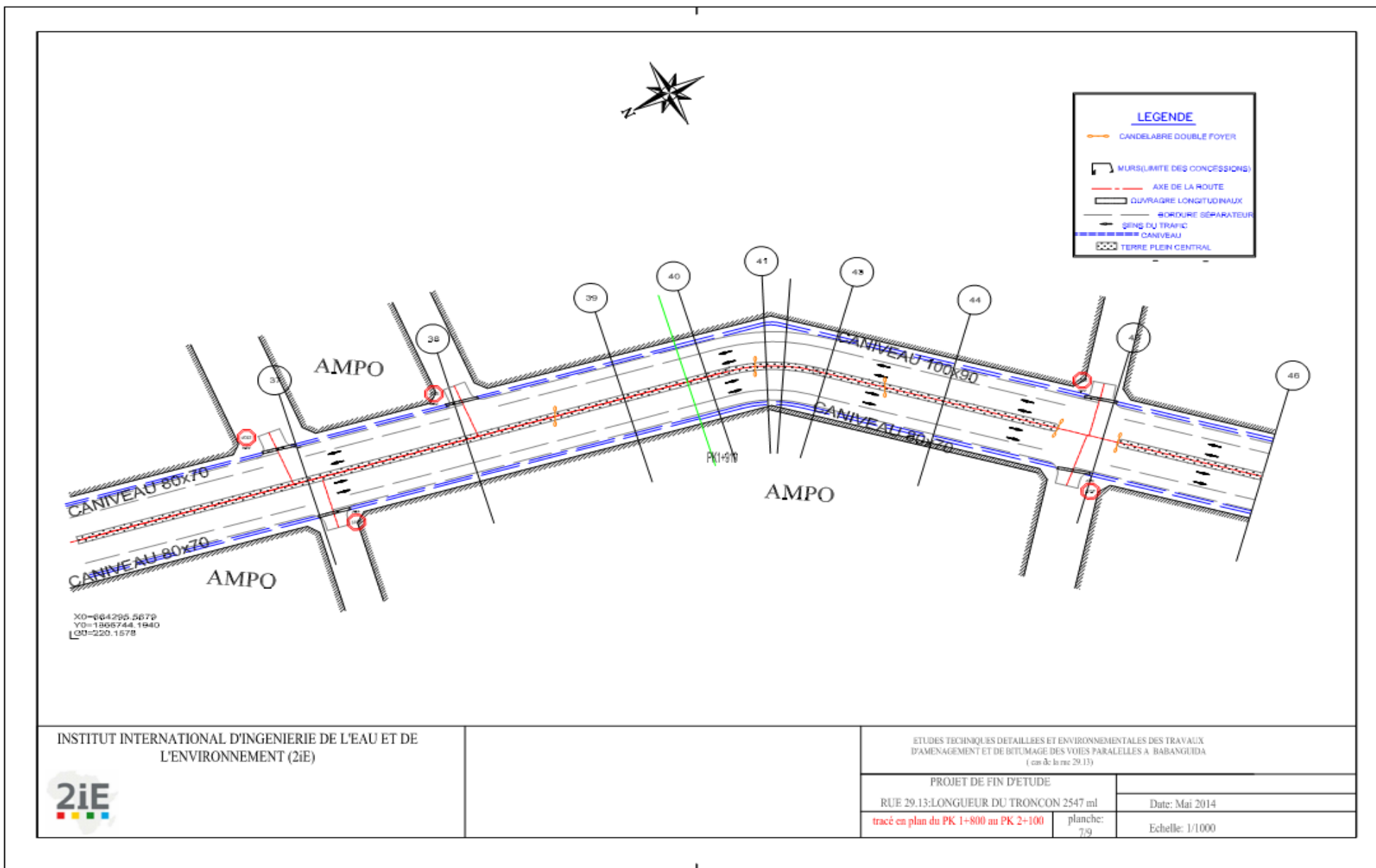
INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cas de la rue 29.13)

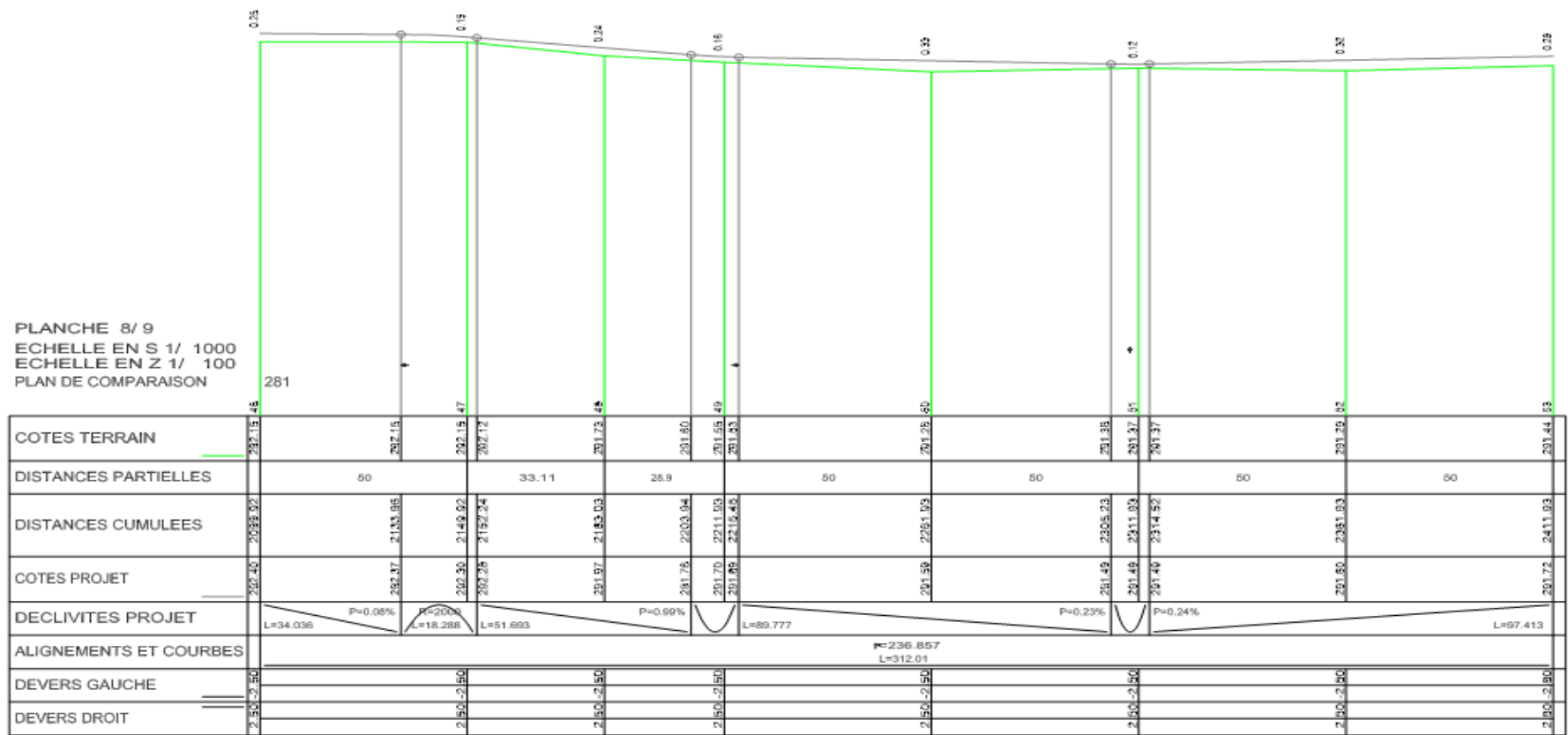
PROJET DE FIN D'ETUDE		
RUE 29.13:LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml	planche:	Date: Mai 2014
profil en long du PK 1+800 au PK 2+100	7/9	Echelle: 1/1000

# ANNEXE 18 : TRACÉ EN PLAN DU PK 1+800 AU PK 2+100



# ANNEXE 19: PROFIL EN LONG DU PK 2+100 AU PK 2+400

PLANCHE 8/ 9  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON



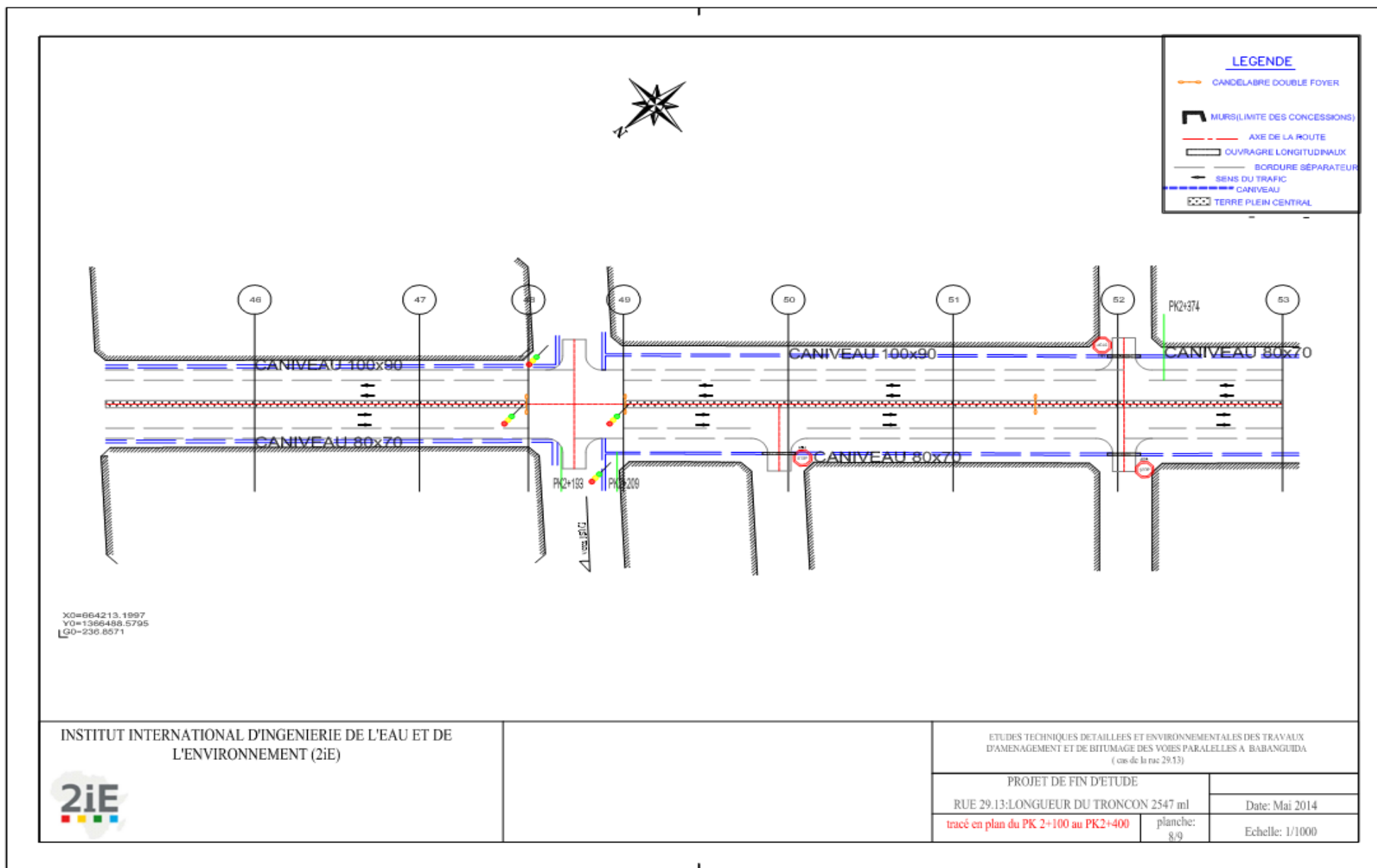
INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BARANGUIDA ( cas de la rue 29.13)

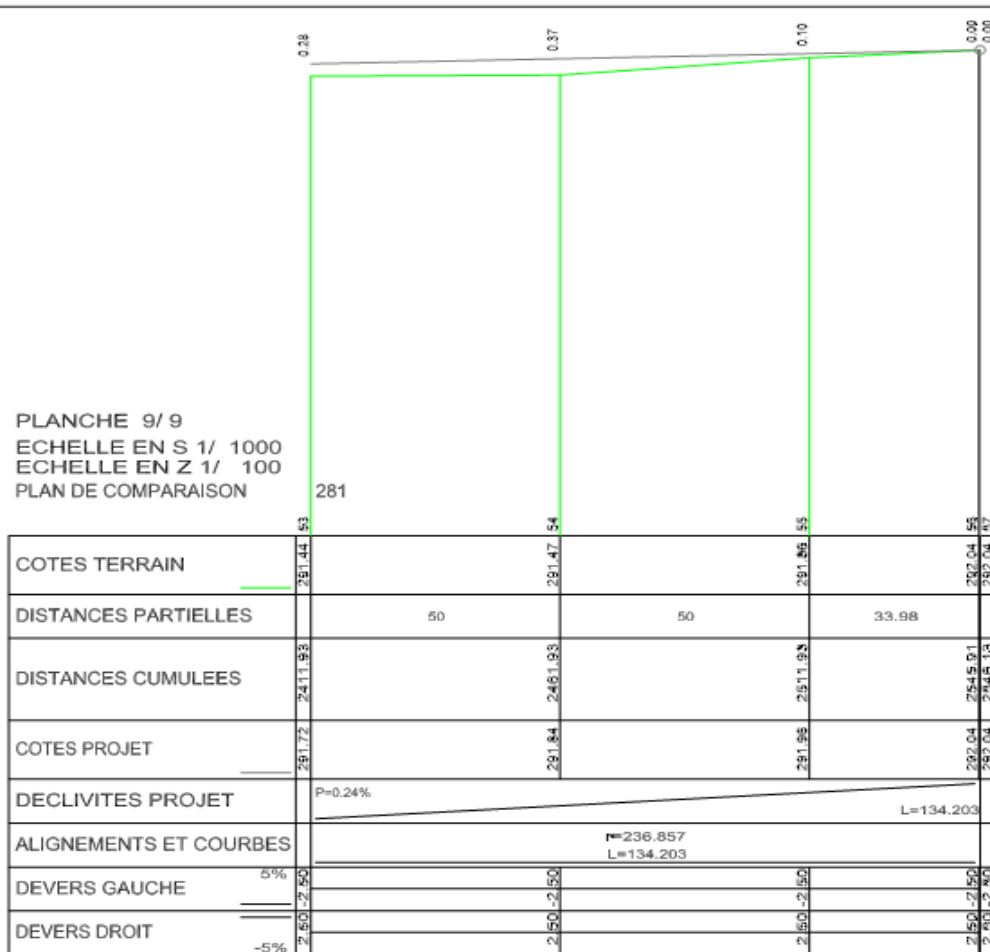
PROJET DE FIN D'ETUDE		
RUE 29.13: LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml	planche:	Date: Mai 2014
profil en long du PK 2+100 au PK 2+400	8/9	Echelle: 1/1000

## ANNEXE 20: TRACÉ EN PLAN DU PK 2+100 AU PK 2+400



# ANNEXE 21: PROFIL EN LONG DU PK 2+400 AU PK 2+554

PLANCHE 9/9  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON



INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cis de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13: LONGUEUR DU TRONCON 2547 ml

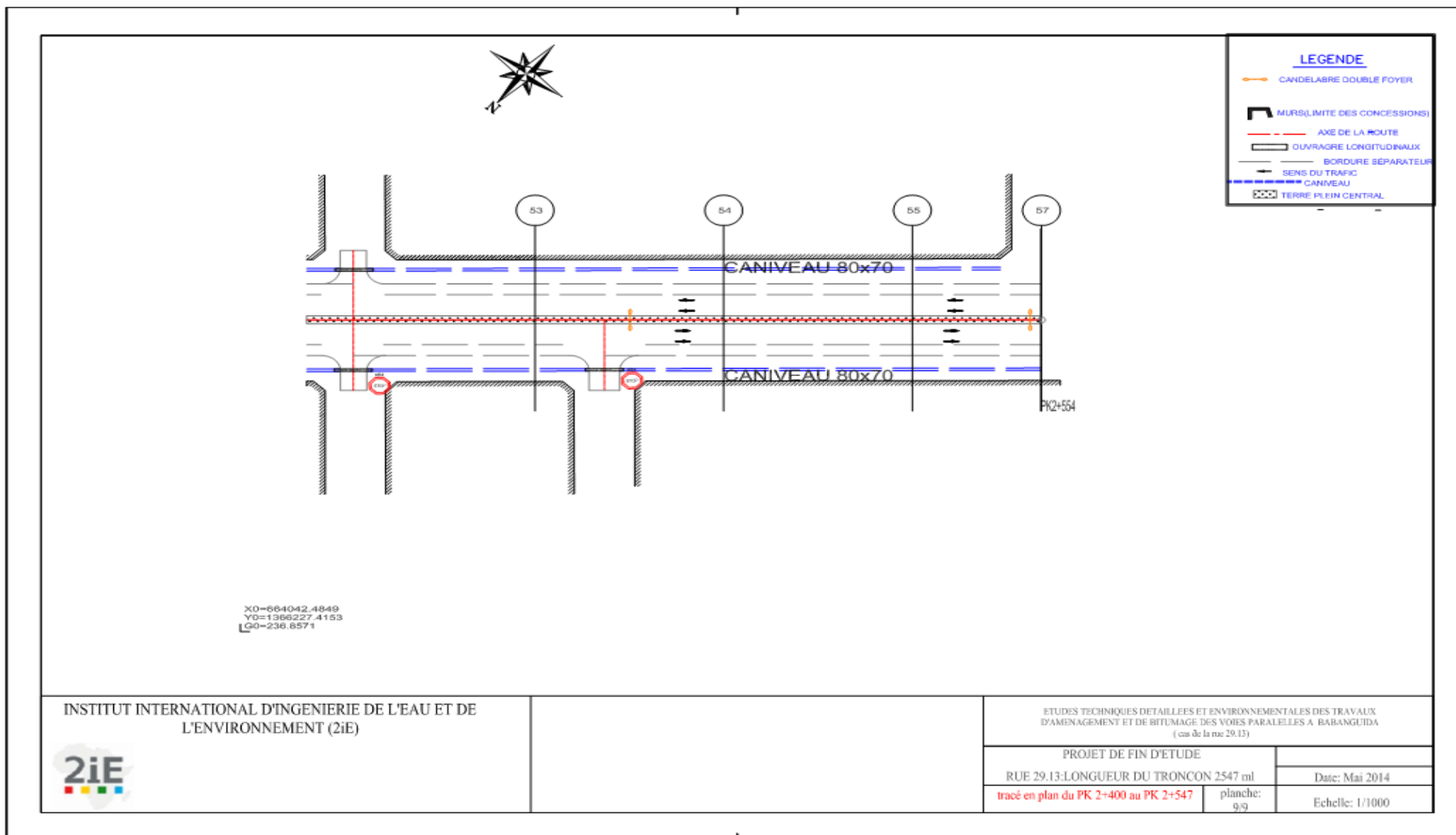
Date: Mai 2014

profil en long du PK 2+400 au PK 2+547

planche: 9/9

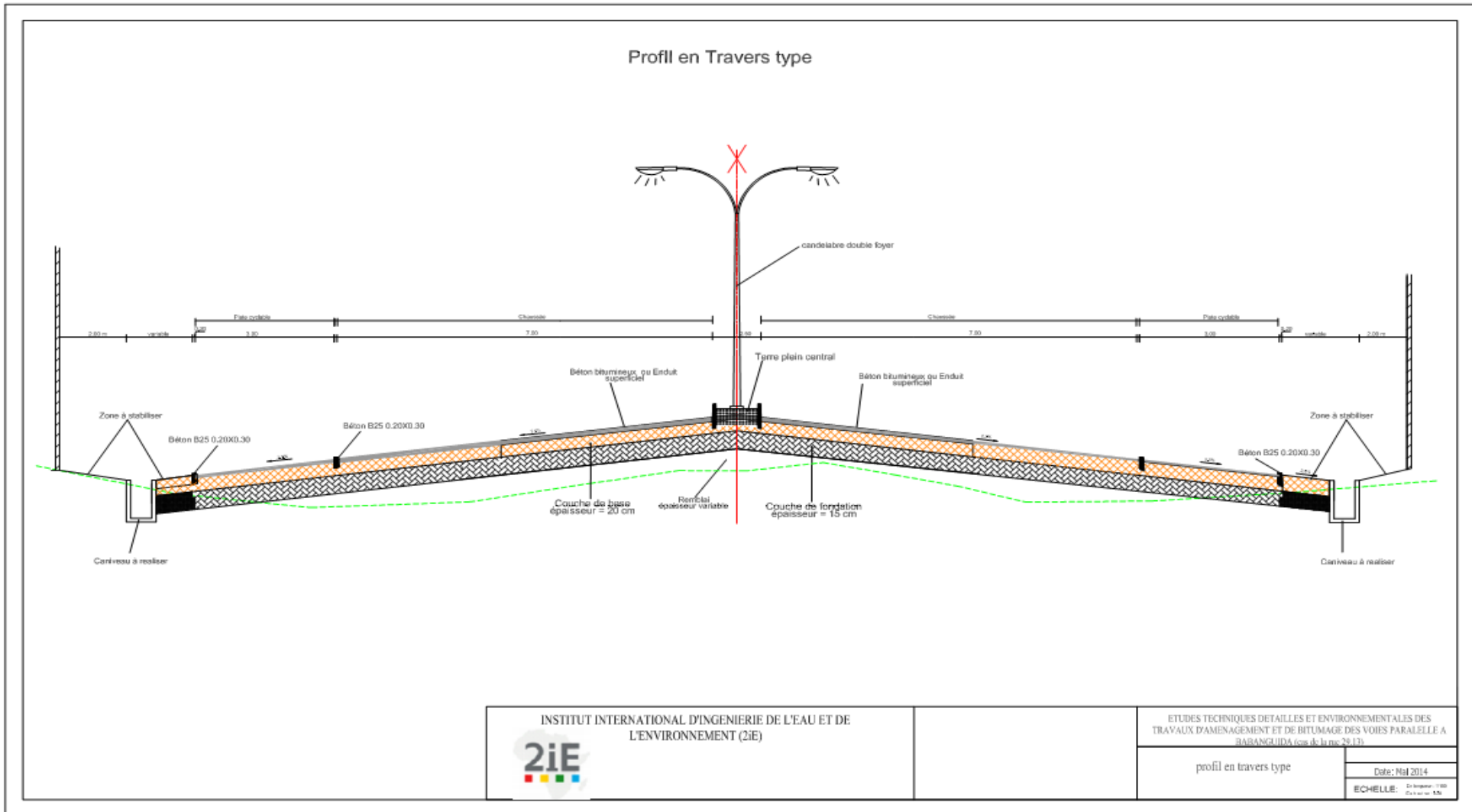
Echelle: 1/1000

## ANNEXE 22: TRACÉ EN PLAN DU PK 2+400 AU PK 2+554





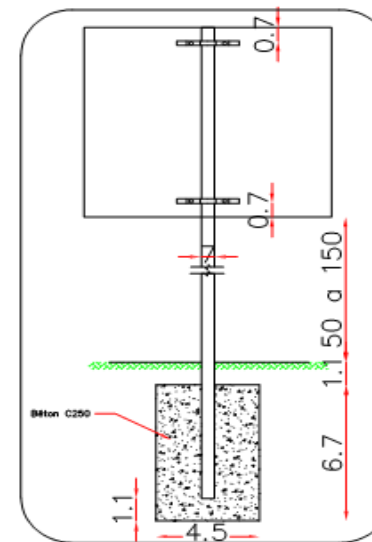
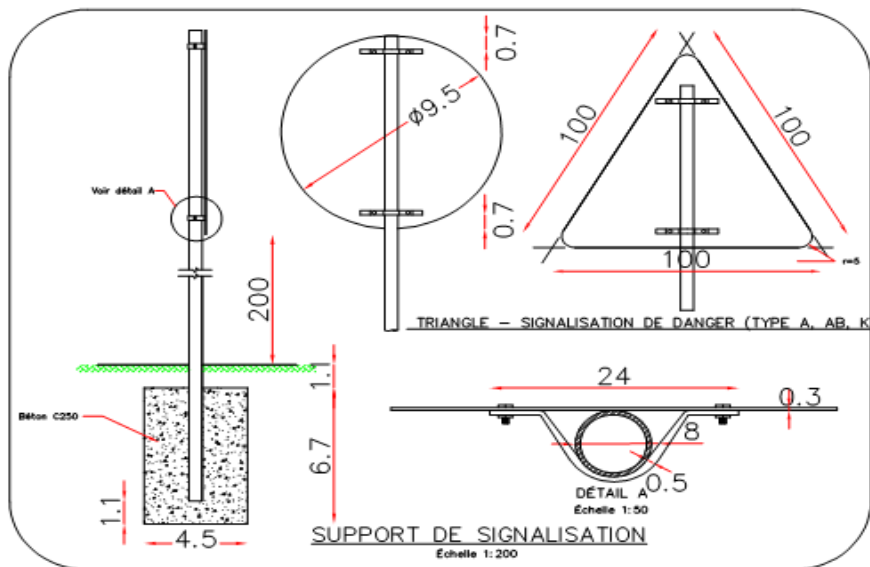
## ANNEXE 23: PROFIL EN TRAVERS TYPE



**ANNEXE 24: VOLUME TERRASSEMENT**

N°	ABSCISSE	DÉBLAI	DÉBLAI	REMBLAI	REMBLAI	FONDATION	FONDATION	BASE	BASE
PRO F	CURVILI GNE	VOLUME	CUMULE	VOLUME	CUMULE	VOLUME	CUMULE	VOLUME	CUMULE
1	0,00	290,00	290,00	0,00	0,00	93,20	20,00	120,00	120,00
2	50,00	468,40	758,00	0,00	0,00	186,40	58,00	360,00	360,00
3	100,00	367,30	1126,00	0,00	0,00	186,40	466,00	600,00	600,00
4	150,00	486,10	1 612,00	0,00	0,00	186,40	653,00	840,00	840,00
5	200,00	484,50	2 096,00	0,00	0,00	186,40	839,00	240,00	1080,00
6	250,00	399,20	2 496,00	0,00	0,00	186,40	1025,00	240,00	1 320,00
7	300,00	306,80	2 802,00	0,00	0,00	186,40	1 212,00	240,00	1 560,00
8	350,00	116,70	2 919,00	13,90	14,00	186,40	1 398,00	240,00	1 800,00
9	400,00	95,80	3 015,00	59,30	73,00	186,40	1 585,00	240,00	2 040,00
10	450,00	323,80	3 339,00	0,00	73,00	186,40	1 771,00	240,00	2 280,00
11	500,00	91,20	3 430,00	49,10	122,00	186,40	1 958,00	240,00	2 520,00
12	550,00	252,10	3 682,00	0,10	122,00	186,40	2 144,00	240,00	2 760,00
13	600,00	153,50	3 835,00	5,10	127,00	186,40	2 330,00	240,00	3 000,00
14	650,00	65,50	3 901,00	75,40	203,00	186,40	2 517,00	240,00	3 240,00
15	700,00	330,40	4 231,00	0,00	203,00	186,40	2 703,00	240,00	3 480,00
16	750,00	64,60	4 296,00	130,20	333,00	186,40	2 890,00	240,00	3 720,00
17	800,00	214,90	4 511,00	0,00	333,00	186,40	3 076,00	240,00	3 960,00
18	850,00	514,10	5 033,00	5,00	333,00	186,40	3 263,00	240,00	4 200,00
19	900,00	54,60	5 080,00	26,30	359,00	186,40	3 449,00	240,00	4 440,00
20	950,00	77,90	5 157,00	32,60	392,00	186,40	3 635,00	240,00	4 680,00
21	1000,00	119,60	5 277,00	20,0	420,00	186,40	3 822,00	240,00	4 920,00
22	1050,00	183,10	5 460,00	6,70	427,00	186,40	4 008,00	240,00	5 160,00
23	1100,00	374,80	5 835,00	0,00	427,00	186,40	4 195,00	240,00	5 400,00
24	1150,00	393,60	6 229,00	0,00	427,00	186,40	4 381,00	240,00	5 640,00
25	1 200,00	306,10	6 535,00	0,00	427,00	186,40	4 568,00	240,00	5 880,00
26	1 250,00	294,50	6 829,00	0,00	427,00	186,40	4 754,00	240,00	6 120,00
27	1 300,00	396,50	7 226,00	0,00	427,00	186,40	4 940,00	240,00	6 360,00
28	1 350,00	313,70	7 539,00	0,00	427,00	186,40	5 127,00	240,00	6 600,00
29	1400,00	336,30	7 876,00	0,00	427,00	186,40	5 313,00	240,00	6 840,00
30	1450,00	479,30	8 355,00	0,00	427,00	186,40	5 500,00	240,00	7 080,00
31	1 500,00	299,50	8 655,00	0,00	427,00	186,40	5 686,00	240,00	7 320,00
32	1 550,00	358,90	9 013,00	3,00	427,00	186,40	5 873,00	240,00	7 560,00
33	1 600,00	716,60	9 730,00	0,00	427,00	186,40	6 059,00	240,00	7 800,00
34	1 650,00	589,00	10	0,00	427,00	186,40	6 245,00	240,00	8 040,00
35	1 700,00	165,30	10	15,50	442,00	186,40	6 432,00	240,00	8 280,00
36	1 750,00	195,00	10	2,60	445,00	186,40	6 618,00	240,00	8 520,00
37	1 800,00	84,70	10	17,50	462,00	186,40	6 805,00	240,00	8 760,00
38	1 850,00	213,80	10	5,60	468,00	186,40	6 991,00	240,00	9 000,00
39	1 900,00	201,80	11180,0	0,90	469,00	142,00	7 133,00	182,80	9 183,00
40	1 926,17	95,80	11	0,60	469,00	83,10	7 216,00	106,90	9 290,00
41	1 944,56	99,50	11	0,00	469,00	44,30	7 260,00	57,00	9 347,00
42	1 949,93	67,90	11443,0	0,00	469,00	34,30	7 295,00	44,20	9 391,00
43	1 962,98	172,70	11	7,90	477,00	93,20	7 388,00	120,00	9 511,00
44	1 999,92	420,50	12	6,00	477,00	162,10	7 550,00	208,70	9 720,00
45	2 049,92	184,80	12	0,50	478,00	186,40	7 737,00	240,00	9 960,00

# ANNEXE 25: SIGNALISATION VERTICALE



C1a



AB4



A13a



AB5

INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13

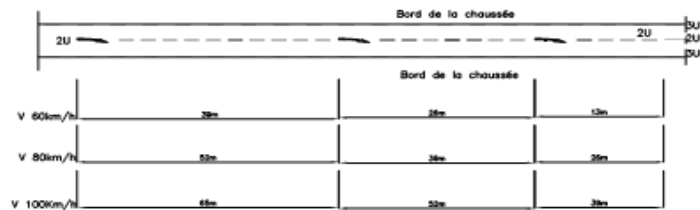
plan type signalisation verticale

Date: Mai 2014

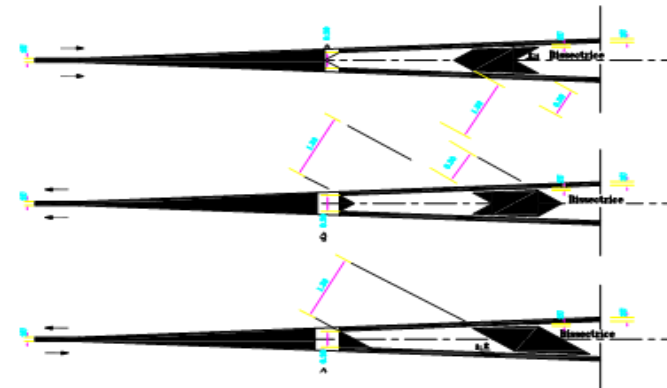
Echelle: 1/100

# ANNEXE 26: SIGNALISATION HORIZONTALE

## LIGNES D'AVERTISSEMENT

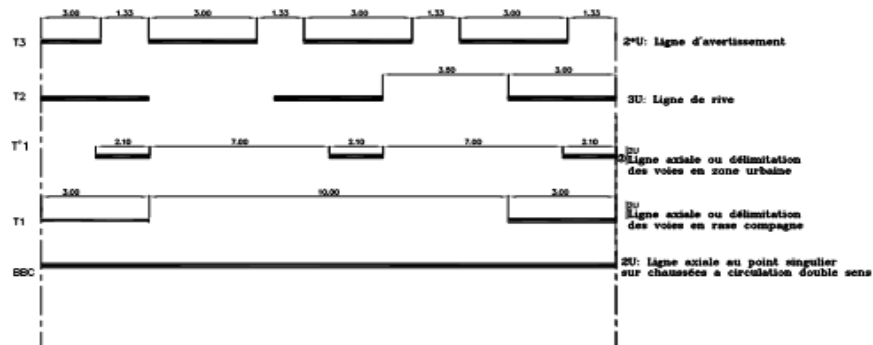


## HACHURE A L'APPROCHE D'ILOT

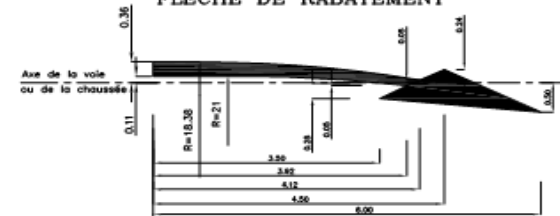


## TYPES DE MODULATION

Marquage longitudinal



## FLECHE DE RABATEMENT



\* a porter a 3U a l'approche d'un ilot  
U = 6 cm

INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2iE)



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES ET ENVIRONNEMENTALES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DES VOIES PARALLELES A BABANGUIDA (cas de la rue 29.13)

PROJET DE FIN D'ETUDE

RUE 29.13

plan type signalisation horizontale

Date: Mai 2014

Echelle: 1/100

**ANNEXE 27:CADRE DE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF**

<b>Réf</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire (FCFA)</b>	<b>Montant (FCFA)</b>
100	Travaux préparatoires				
101	Installation du chantier	Forfait	1	15 000 000	15 000 000
102	Amenée et repli des engins	Forfait	1	20 000 000	20 000 000
103	Débroussaillage	m <sup>2</sup>	76620	200	15 324 000
	<b>Total série 100</b>				<b>50 324 000</b>
200	Terrassements				
201	Déblais	m <sup>3</sup>	18742	350	6 559 700
202	Remblais	m <sup>3</sup>	478	5600	2 676 800
203	Purge et substitution du matériau de mauvaise qualité	m <sup>3</sup>	970	2500	2 425 000
204	Couche de Fondation en graveleux latéritiques 15 cm	m <sup>3</sup>	12311	4500	55 399 500
205	Couche de Base en graveleux latéritiques améliorés au concassé 20 cm	m <sup>3</sup>	16286	10500	171 003 000
	<b>Total série 200</b>				<b>238 064 000</b>
300	Revêtement				
301	Couche d'imprégnation	m <sup>2</sup>	78079	800	62 463 200
302	Couche de roulement en béton bitumineux 5 cm	m <sup>3</sup>	3904	150 000	585 600 000
303	du revêtement en pavés(TPC)	m <sup>2</sup>	5643	15000	84 645 000
304	Bordures TPC	ml	4519	10000	45 190 000
305	Bordures de type T2	ml	10142	9500	96 349 000
	<b>Total série 300</b>				<b>874 247 200</b>
400	Assainissement				
401	Caniveau 80x80	ml	371	65000	24 115 000
402	Caniveau 100x80	ml	649	85000	55 165 000
403	Caniveau 100x90	ml	2250	90000	202 500 000
404	Caniveau 100x100	ml	365	95000	34 675 000
405	Caniveau 120x100	ml	550	100000	55 000 000
406	Caniveau 150x100	ml	640	110000	70 400 000
407	Caniveau 200x100	ml	600	18000	78 000 000
408	Dalette 110x100	ml	974	19000	18 506 000
409	Dalette 130x100	ml	776	24000	18 624 000
410	Dalette 170x100	ml	336	27000	9 072 000
411	Dalette 220x100	ml	312	30000	9 360 000
	<b>Total série 400</b>				<b>503 882 000</b>
500	dalot				

501	Béton dosé a 150 kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	69	30000	2070000
502	Béton dosé a 250 kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	160	115000	18400000
503	Béton dosé a 350 kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	4100	225000	922500000
	Total série 500				942970000
600	Signalisation				
601	Bande de peinture continue ou discontinue d'axe (2U)	m <sup>2</sup>	176	9500	1672000
602	Bande de peinture discontinue de rive (3U)	m <sup>2</sup>	931	9500	8844500
603	Marquage pour passage piéton	m <sup>2</sup>	60	9500	570000
604	Panneau de signalisation	U	63	125000	7875000
605	Feux tricolores	U	8	250000	2000000
606	Éclairage public	U	64	600000	38400000
	Total série 600				59361500
800	Étude impact environnemental (5%)	Forfait	1		128 724 360
	Total hors taxe				2877402885
	TVA (18%)				517932519
	Total TTC				3 189 789 641



