



REPUBLIQUE DU BENIN

\*\*\*\*\*

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

\*\*\*\*\*

ECOLE POLYTECHNIQUE D'ABOMEY-CALAVI (EPAC)

\*\*\*\*\*

CENTRE AUTONOME DE PERFECTIONNEMENT (CAP)

\*\*\*\*\*

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

\*\*\*\*\*

Option : BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS

**MEMOIRE DE FIN DE FORMATION EN VUE DE L'OBTENTION DU  
DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION  
EN GENIE CIVIL**

**THEME**

**INFLUENCE DU SOL SUPPORT SUR LE CHOIX ET LE  
DIMENSIONNEMENT DES DALOTS : CAS DU DALOT  
QUADRUPLE DE SECTION 4\*250\*250 SUR LA RUE 10.092  
DANS LE 10EME ARRONDISSEMENT DE COTONOU**

**Rédigé par :**

**Gyldas Martial Koassi SESSOU**

**Membres du Jury :**

**Président** : Pr OLODO Emmanuel, Enseignant chercheur à l'EPAC/UAC

**Membres** : 1<sup>0</sup>) Pr GIBIGAYE Mohamed, Enseignant chercheur à l'EPAC/UAC

2<sup>0</sup>) Dr YABI Crespin, Enseignant à l'ESTBR/ Abomey

3<sup>0</sup>) Dr DOKO K. Valery, Enseignant chercheur à l'EPAC/UAC

**Sous la direction de :**

**Superviseur**

Pr. Mohamed GIBIGAYE

Enseignant chercheur à l'EPAC/UAC

Professeur Titulaire des Universités du CAMES

**Encadreur**

Dr. Ing. Gildas GODONOU

Année Académique : 2022-2023

## DEDICACES



### A

- ✓ Mon feu père Dovi Maurice SESSOU et à ma Mère Yvonne FANDOHAN pour m'avoir donné une bonne éducation, aux valeurs combien précieuses, qu'ils ont su m'inculqué, à toutes ces années de sacrifices, aux efforts incommensurables qu'ils ont consentis à mon égard. Veuillez accepter ce travail, comme ma reconnaissance ineffable pour avoir été les principaux artisans de mon avenir. Que Dieu, le Tout Puissant, puisse vous combler de bonheur et de ses grâces ;
- ✓ Ma chère épouse Edwige ZOUNTCHEME, et à mes chers enfants Shalom SESSOU et Séona SESSOU.

## REMERCIEMENTS

« J'exprime ici ma profonde gratitude à DIEU pour son amour infini. Merci Seigneur pour m'avoir gardé toute ma vie durant et particulièrement ces trois dernières années. GLOIRE A TOI SEIGNEUR AU PLUS HAUT DES CIEUX ».

Nous ne saurions commencer la rédaction de ce mémoire sans l'aide de certaines personnes que nous tenons à remercier. Ainsi, nous adressons nos sincères remerciements à :

- ✓ Notre maître de mémoire, Mohamed GIBIGAYE, Professeur Titulaire des Universités du CAMES pour avoir accepté de conduire ce travail jusqu'au bout nonobstant ses multiples occupations professionnelles, et académiques. Ce document n'aurait pu être réalisé sans ses conseils, sa disponibilité, son enthousiasme, son esprit d'écoute, son soutien sans pareils et surtout cette confiance qu'il a placée en nous. Merci à vous et que Dieu bénisse vous et votre famille.
- ✓ Notre encadreur Dr Ing. Gildas GODONOU pour avoir accepté d'encadrer ce travail.
- ✓ Dr Guy Alain ALITONOU, Professeur Titulaire des Universités CAMES, Directeur de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi ;
- ✓ Dr Vincent PRODJINONTO, Professeur titulaire des Universités CAMES, Directeur adjoint de l'Ecole Polytechnique d'Abomey – Calavi ;
- ✓ Le Directeur du CAP, Professeur titulaire Fidèle TCHOBO et son administration ;
- ✓ Dr Valéry DOKO, Maître de conférences des Universités CAMES, Chef du Département de Génie Civil de l'Ecole Polytechnique d'Abomey – Calavi, pour ses précieux conseils et le dévouement au travail qu'il nous a transmis ;
- ✓ Tous les professeurs qui nous ont enseignés du début jusqu'à la fin de notre formation ;
- ✓ Laurence SESSOU, Glawdys SESSOU, Oswald SESSOU, Raphaël YEBOU, Théophile KINTIN, Nicole HOUNKPONOU.

## **HOMMAGES**

A notre maître de mémoire,

Mohamed GIBIGAYE, Professeur Titulaire des Universités du CAMES,

Recevez l'expression de notre humble et profonde reconnaissance pour avoir guidé nos premiers pas dans la recherche scientifique, pour votre disponibilité et votre rigueur au travail. Sachez que notre séjour avec vous a été pour nous une indéniable source d'enrichissement scientifique. Devant les difficultés de la recherche vous nous avez toujours rassurés malgré tout. Effectivement nous y sommes arrivés, Merci infiniment.

Hommages respectueux !!!

A nos membres du jury,

Nous sommes très honorés que notre travail soit soumis à votre appréciation. Soyez persuadés que vos critiques serviront à le parfaire. Trouvez dans cet hommage le témoignage de notre reconnaissance.

Hommages respectueux !!!

## **RESUME**

Le présent document est relatif à la conception des ouvrages de franchissement dans l'aménagement des routes. Il traite de l'influence de sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots. Il s'appuie essentiellement sur le cas d'un dalot quadruple de section 4\*250\*250 sur la rue 10.092 dans le 10<sup>ème</sup> arrondissement de Cotonou, dans le cadre du Programme d'Assainissement Pluvial de Cotonou. Pour ce faire, dans un premier temps, des collectes des données ont été effectuées notamment les données cartographiques, géotechniques, hydrologiques relatives au projet. Dans un second temps, nous avons procédé aux dimensionnements du dalot suivant deux variantes : une reposant sur un sol résistant et l'autre sur un sol peu résistant. Enfin une analyse des résultats basée sur deux (02) critères nous a permis de mettre en évidence l'influence du sol support sur le dimensionnement des dalots. L'analyse des résultats obtenus sur la base de la démarche retenue a permis de mettre en évidence des écarts significatifs sur la masse totale de dalot en lien avec les dimensions géométriques du dalot, et le cout de réalisation des dalots avec des valeurs respectives de 17,30% et de 14,70%. Ce qui montre que les variantes de dalot ne peuvent pas être simplement interchangeables en lieu et place l'une de l'autre d'où la nécessité pour les professionnels routier de prendre compte la nature du sol support pour le choix du type et une estimation des ouvrages d'assainissement.

**Mots clés** : Influence, sol support, dimensionnement, dalot.

## **ABSTRACT**

This document relates to the design of crossing structures in road development. It deals with the influence of supporting soil on the choice and sizing of scuppers. It is essentially based on the case of a quadruple box culvert with a section of 4\*250\*250 on rue 10.092 in the 10th arrondissement of Cotonou, as part of the Cotonou Pluvial Sanitation Program. To do this, - initially, data collection was carried out, in particular cartographic, geotechnical and hydrological data relating to the project. Secondly, we proceeded to dimension the scupper according to two variants: one resting on a resistant ground and the other on a weak ground. Finally, an analysis of the results based on two (02) criteria allowed us to highlight the influence of the supporting soil on the sizing of the scuppers. The analysis of the results obtained on the basis of the approach adopted made it possible to highlight significant differences in the total scupper mass in relation to the geometric dimensions of the scupper, and the cost of producing the scuppers with respective values of 17.30% and 14.70%. Which shows that the scupper variants cannot simply be interchangeable in place of one another, hence the need for road professionals to take into account the nature of the supporting soil when choosing the type and making an estimate. sanitation works.

**Key words** : Influence ; support floor ; dimensioning ; scupper ;

## LISTES DES ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES

SCADD :	Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable
ATS :	Aiwa Technical Services
GPS :	Global Position System
PAG :	Programme d'Action du Gouvernement
PAPC :	Programme d'Assainissement Pluvial de Cotonou
PAR :	Plan d'Action de Réinstallation
SIRAT SA :	Société des Infrastructures Routières et de l'Aménagement du Territoire
AGETUR :	Agence d'Exécution des Travaux Urbains
CAEM :	Cabinet Africain d'Etude et de Maitrise d'œuvre
SC :	Sondage Carotté
SP :	Sondage Pressiométrique
APD :	Avant-Projet Détaillé
PDA :	Plan Directeur d'Assainissement
CCTG :	Cahier des Clauses Techniques et Générales
BAEL :	Béton Aux Etats Limites
Dr. :	Docteur
Pr. :	Professeur
Ing. :	Ingénieur

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Classe des chaussées .....	8
Tableau 2 : Bénéficiaires par arrondissement du PAPC .....	10
Tableau 3 : Résultats des essais de laboratoire sur les échantillons des sondages carottés .....	22
Tableau 4 : Modèle géotechnique considéré au droit du dalot.....	23
Tableau 5 : Estimation du débit de calcul du dalot-Extrait du rapport hydrologique du bassin Pa2.....	27
Tableau 6 : Résumé de la vérification hydraulique.....	36
Tableau 7 : Choix du type de dalot en fonction de la portée biaisée et du type de sol .....	38
Tableau 8 : Valeurs de coefficient Bc en fonction de classe de dalot et du nombre de file....	46
Tableau 9 : Valeurs du coefficient Bt en fonction de la classe de dalot.....	46
Tableau 10 : Récapitulatif de la descente des charges .....	50
Tableau 11 : Cas de chargement.....	52
Tableau 12 : Récapitulatif des sollicitations .....	54
Tableau 13 : Récapitulatif de la descente des charges .....	63
Tableau 14 : Récapitulatif des sollicitations .....	66
Tableau 15 : Choix des armatures .....	74
Tableau 16 : Volume du béton à mettre en œuvre pour la première variante de dalot .....	76
Tableau 17 : Masse totale de la première variante de dalot .....	76
Tableau 18 : Masse d'acier à mettre en œuvre pour la première variante de dalot.....	77
Tableau 19 : Déboursé sec en matériaux pour la première variante de dalot.....	78
Tableau 20 : Cout de réalisation de la première variante de dalot .....	79
Tableau 21 : Volume du béton à mettre en œuvre pour la deuxième variante de dalot.....	79
Tableau 22 : Masse totale de la deuxième variante de dalot.....	80
Tableau 23 : Masse d'acier à mettre en œuvre pour la deuxième variante de dalot .....	80
Tableau 24 : Déboursé sec en matériaux pour la deuxième variante de dalot .....	81
Tableau 25 : Cout de réalisation de la deuxième variante de dalot.....	82
Tableau 26 : Comparaison des deux variantes de dalots.....	83

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Fonctionnement en sortie noyée d'un dalot.....	7
Figure 2 : : Fonctionnement en sortie libre d'un dalot.....	7
Figure 3 : Localisation du site – Extrait du google Earth.....	17
Figure 4 : Exemple d'une courbe d'essai pressiométrique .....	19
Figure 5 : Localisation des bassins versants d'assainissement de Cotonou .....	11
Figure 6 : Vue du bassin de rétention Pa2.....	12
Figure 7 : Représentation des pénétromètres dynamiques réalisés dans la zone le long du collecteur .....	21
Figure 8 : Schématisation des éléments du système B.....	42
Figure 9 : Vue en plan du dalot avec les chargements possibles du système Bc.....	44
Figure 10 : Vue en plan du dalot avec les chargements possibles du système Bt.....	45
Figure 11 : Epure du chargement du tablier.....	50
Figure 12 : Epure du chargement du piédroit de rive de gauche.....	51
Figure 13 : Epure du chargement du piédroit de rive de droite.....	51
Figure 14 : Diagramme des moments fléchissant .....	53
Figure 15 : Diagramme des efforts tranchants .....	53
Figure 16 : Diagramme des efforts normaux .....	54
Figure 17 : Epure du chargement du tablier.....	64
Figure 18 : Chargement du piédroit de rive de gauche .....	64
Figure 19 : Chargement du piédroit de rive de droite .....	65
Figure 20 : Diagramme des moments fléchissant .....	65
Figure 21 : Diagramme des efforts tranchants .....	66
Figure 22 : Diagramme des efforts normaux .....	66
Figure 23 : Histogramme de comparaison des deux variantes de dalot.....	84
Figure 24 : Histogramme des écarts absolus entre les deux variantes de dalots.....	84

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Vue de dalot cadre et de dalot portique .....	5
---	---

## Sommaire

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
HOMMAGES .....	iii
RESUME .....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTES DES ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES PHOTOS.....	viii
INTRODUCTION .....	2
1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE.....	2
2. OBJECTIFS DE L’ETUDE.....	3
2.1. Objectif général .....	3
2.2. Objectifs spécifiques.....	3
CHAPITRE 1 : GENERALITES, REVUE DE LITTERATURE ET PRESENTATION DU PROJET .....	5
1.1. GENERALITES .....	5
1.1.1. Définition.....	5
1.1.2. Les différents types de dalot .....	5
1.1.3. Les différentes parties d’un dalot .....	5
1.1.4. Les fonctions d’un dalot .....	6
1.1.5. Etude, réalisation et fonctionnement du dalot.....	6
1.1.6. Entretien du dalot .....	8
1.1.7. Classification des ponts et dalots selon le Fascicule 61, titre II.....	8
1.2. REVUES DE LITTERATURE .....	8
1.3. PRESENTATION DU PROJET .....	9
1.3.1. Généralités .....	9
1.3.2. Description du projet.....	10
1.3.2.1. Présentation du bassin Pa2 et description des travaux .....	11
1.3.2.2. Les intervenants dans le cadre du projet.....	13
1.3.2.3. Présentation de la ville de Cotonou .....	13
CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE ET OUTILS DE TRAVAIL, ETUDE GEOTECHNIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE.....	16
2.1. METHODOLOGIES ET OUTILS DE TRAVAIL.....	16
2.1.1 METHODOLOGIES.....	16

2.1.1.1 Collecte des données.....	16
2.1.1.2. Données hydrologiques.....	19
2.1.1.3. Données hydrauliques.....	19
2.1.2. OUTILS DE TRAVAIL .....	19
2.2. ETUDE GEOTECHNIQUE.....	20
2.2.1. Données disponibles .....	20
2.2.2. Caractéristiques mécaniques des couches de sol .....	20
2.2.3. Résultats des essais de laboratoire .....	21
2.2.4. Modèle géotechnique au droit du dalot .....	22
2.2.5. Justification de la capacité portante du sol et du tassement sous le dalot .....	24
2.2.6. Capacité portante et estimation des tassements .....	24
2.3. ETUDE HYDROLOGIQUE .....	25
2.3.1. Rappel des résultats de l'étude hydrologique de l'APD du PDA de Cotonou dans le bassin Pa .	25
2.3.2. Estimation des débits de calcul des ouvrages.....	25
2.4. VERIFICATION HYDRAULIQUE DE L'OUVRAGE .....	28
2.5. CHOIX DU TYPE DE DALOT.....	37
2.5.1. Première variante de dalot.....	38
2.5.2. Deuxième variante de dalot .....	38
<b>CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT MECANIQUE DES DALOTS.....</b>	<b>40</b>
3.1. DIMENSIONNEMENT DE LA PREMIERE VARIANTE DE DALOT.....	40
3.1.1. PREDIMENSIONNEMENT DU DALOT .....	40
3.1.2. HYPOTHESES DE CALCUL .....	41
3.1.3 : GEOMETRIE DE L'OUVRAGE .....	42
3.1.4 : EVALUATION DES CHARGES .....	46
3.1.5 : EVALUATION DES SOLLICITATIONS.....	52
3.1.6 : VERIFICATIONS .....	54
3.1.7 : DETERMINATION DES SECTION D'ACIER .....	56
3.2. DIMENSIONNEMENT DE LA DEUXIEME VARIANTE DE DALOT .....	63
3.2.1. RAPPEL SUR LA GEOMETRIE DE L'OUVRAGE.....	63
3.2.2. EVALUATION DES CHARGES .....	63
3.2.3. EVALUATION DES SOLLICITATIONS .....	65
3.2.4. DETERMINATION DES SECTIONS D'ACIER .....	67
<b>CHAPITRE 4 : ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS.....</b>	<b>76</b>
4.1. ANALYSE DES RESULTATS DE CALCUL DU DALOT REPOSANT SUR UN SOL RESISTANT .....	76
4.1.1. Volume du béton.....	76

4.1.2. Masse totale du dalot.....	76
4.1.3. Masse d'acier à mettre en œuvre .....	77
4.1.4. Cout de réalisation du dalot .....	77
4.2. ANALYSE DES RESULTATS DE CALCUL DU DALOT REPOSANT SUR UN SOL PEU RESISTANT.....	79
4.2.1. Volume du béton.....	79
4.2.2. Masse totale du dalot.....	80
4.2.3. Masse d'acier à mettre en œuvre .....	80
4.2.4. Cout de réalisation du dalot .....	81
4.3. COMPARAISON ET ANALYSE MULTICRITERE DES DEUX VARIANTES.....	82
4.3.1. Définition des critères d'évaluation .....	82
4.3.2. Comparaison des deux variantes de dalots.....	83
4.3.3. Histogramme de comparaison des deux variantes .....	84
4.3.4. Ecart absolus entre les deux variantes de dalot.....	84
4.3.5. Interprétation des résultats en vue de la mise en évidence de l'influence du sol support sur le dimensionnement des dalots .....	84
CONCLUSION GENERALE .....	88
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	89
ANNEXE 1 : ETUDE HYDRAULIQUE .....	93
ANNEXE 2 : PLANS D'EXECUTION DE LA PREMIERE VARIANTE DE DALOT .....	97
ANNEXE 3 : PLANS D'EXECUTION DE LA DEUXIEME VARIANTE DE DALOT .....	98

## INTRODUCTION

## INTRODUCTION

Ce chapitre intitulé introduction générale, présente le contexte de développement durable dans lequel s'inscrit notre thème. Nous exposons ensuite les objectifs et la méthodologie de la recherche.

### 1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Le développement d'un pays repose sur divers piliers, parmi lesquels les infrastructures routières qui jouent un rôle essentiel. Le Bénin, conscient de cette réalité, a mis en place plusieurs politiques visant à construire de nouvelles infrastructures routières ainsi qu'à réhabiliter celles existantes. L'un de ces projets majeurs est le Programme d'assainissement Pluvial de Cotonou, qui vise à aménager la ville de Cotonou et qui a déjà été réalisé avec succès dans plusieurs arrondissements. Dans le cadre de ce programme, le 10<sup>ème</sup> arrondissement de Cotonou a bénéficié entre autres d'une nouvelle infrastructure : un dalot quadruple de dimensions 4 \* 250 \* 250.

Les dalots, en raison de leur rôle crucial dans le réseau routier, requièrent une attention particulière en ce qui concerne leur dimensionnement. Malheureusement, on constate des fois un manque d'attention récurrent, et les dalots ne font plus l'objet d'une étude détaillée, alors que leurs caractéristiques géométriques et mécaniques dépendent fortement de plusieurs paramètres dont le sol support. Face à cette problématique, il est primordial de remédier à cette situation en prenant en compte l'influence que le sol support sur le dimensionnement et l'estimation des dalots ; d'où le thème : « *Influence du sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots* »

Le présent rapport vise donc à examiner les différentes influences du sol support sur le dimensionnement des dalots. Cette étude s'inscrit dans une perspective de développement durable, visant à optimiser la conception et la construction des infrastructures routières au Bénin et dans tout le monde entier. L'objectif ultime est de garantir la pérennité et la fonctionnalité des dalots, contribuant ainsi à l'amélioration du réseau routier et à la qualité de vie des habitants. La présente étude sera organisée en trois grandes parties : Dans la première partie, nous aborderons les généralités liées aux dalots, les méthodologies et les outils utilisés pour mener cette étude ainsi que la revue de littérature sur les dalots. La deuxième partie sera consacrée à la présentation du projet de construction du dalot quadruple sur la rue 10.092 dans le 10<sup>ème</sup> arrondissement de la ville de Cotonou et aux dimensionnements de deux variantes de dalots, une reposant sur un sol support résistant et l'autre sur un sol support peu résistant qui est

d'ailleurs le cas dudit projet de construction du dalot. Enfin nous procéderons dans la troisième partie, aux analyses et discussions es résultats des deux variantes de dalots avant de conclure. À travers cette recherche, une contribution sera apportée à l'amélioration des pratiques de dimensionnement des dalots au Bénin, favorisant ainsi le développement harmonieux des infrastructures routières et la croissance socio-économique du pays.

## 2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

### 2.1. Objectif général

La présente étude a pour objectif d'évaluer l'influence du sol support sur le dimensionnement des dalots

### 2.2. Objectifs spécifiques

Spécifiquement cette étude a pour objectifs de :

- Faire une étude hydrologique de la zone du projet
- Faire une étude hydraulique du dalot
- Faire une étude mécanique des dalots selon la nature des sols support en présence
- Faire une comparaison des résultats pour les deux variantes de dalot

**CHAPITRE 1 :**  
**GENERALITES, REVUE DE LITTERATURE**  
**ET PRESENTATION DU PROJET**

## CHAPITRE 1 : GENERALITES, REVUE DE LITTERATURE ET PRESENTATION DU PROJET

### 1.1. GENERALITES

#### 1.1.1. Définition

On désigne par dalot un ouvrage généralement en béton et de section rectangulaire ou carrée permettant l'écoulement et l'évacuation de l'eau au débit important, sous les traverses de voies ferrées ou de routes.

#### 1.1.2. Les différents types de dalot

Il existe couramment deux types de dalots :

- Les dalots cadres dans lesquels la dalle, les piliers et le radier constituent une structure rigide en béton armé ;
- Les dalots portiques semblables aux dalots cadres mais sans radier c'est-à-dire que les piliers sont fondés sur des semelles.



Photo 1 : Vue de dalot cadre et de dalot portique

Remarque : on adopte les dalots pour des débits élevés (supérieurs à  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ )

#### 1.1.3. Les différentes parties d'un dalot

Un dalot est constitué des éléments suivants :

- Un radier ou une semelle en béton armé ;
- Des piliers ;
- Une dalle en béton appelée tablier ;
- Deux murs de tête ;

- Quatre murs en aile, en amont et en aval ;
- L'enrochement de protection amont et aval ;
- Les remblais d'accès.

#### 1.1.4. Les fonctions d'un dalot

Les fonctions principales d'un dalot sont les suivantes :

**Drainage des eaux de pluie** : Le rôle principal d'un dalot est de permettre l'écoulement des eaux de pluie. Il est situé en dessous de la chaussée ou de la voie ferrée pour recueillir les eaux et les diriger vers un système de drainage approprié, comme un réseau d'égouts ou un cours d'eau.

**Prévention des inondations** : En fournissant un passage souterrain pour les eaux de pluie, les dalots aident à prévenir les inondations en empêchant l'accumulation excessive d'eau à la surface. Ils permettent aux eaux de s'écouler rapidement et efficacement, réduisant ainsi les risques d'inondation des routes ou des voies ferrées.

**Stabilité des infrastructures** : Les dalots jouent également un rôle crucial dans la stabilité des infrastructures. En permettant le passage des eaux de pluie, ils évitent que la pression de l'eau ne s'accumule sous la chaussée ou la voie ferrée, ce qui pourrait affaiblir la structure et entraîner des dommages ou des effondrements.

**Protection des ouvrages souterrains** : Les dalots peuvent être utilisés pour protéger les ouvrages souterrains tels que les canalisations, les câbles électriques ou les conduits d'eau. En fournissant un passage séparé pour le drainage, ils évitent que les eaux de pluie ne s'infiltrent et endommagent ces infrastructures.

**Amélioration de la circulation** : En permettant un drainage efficace des eaux de pluie, les dalots contribuent à maintenir les routes et les voies ferrées en bon état. En évitant la formation de flaques d'eau ou de zones inondées, ils améliorent la sécurité et la fluidité de la circulation en réduisant les risques d'aquaplanage ou de détérioration de la surface de roulement.

#### 1.1.5. Etude, réalisation et fonctionnement du dalot

Le débit de la crue de projet est déterminé par l'étude hydrologique.

On distingue deux types de fonctionnement du dalot :

- Fonctionnement en sortie noyée : le niveau de l'eau à l'exutoire dépasse le bord supérieur du dalot ; l'écoulement est en charge.

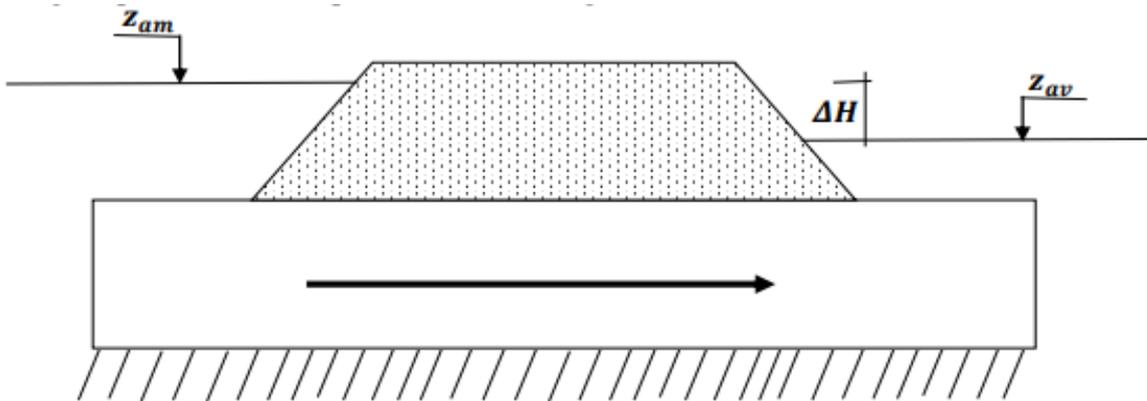


Figure 1 : Fonctionnement en sortie noyée d'un dalot

- Fonctionnement en sortie dénoyée ou libre : le niveau de l'eau à l'exutoire est en dessous du bord supérieur du dalot

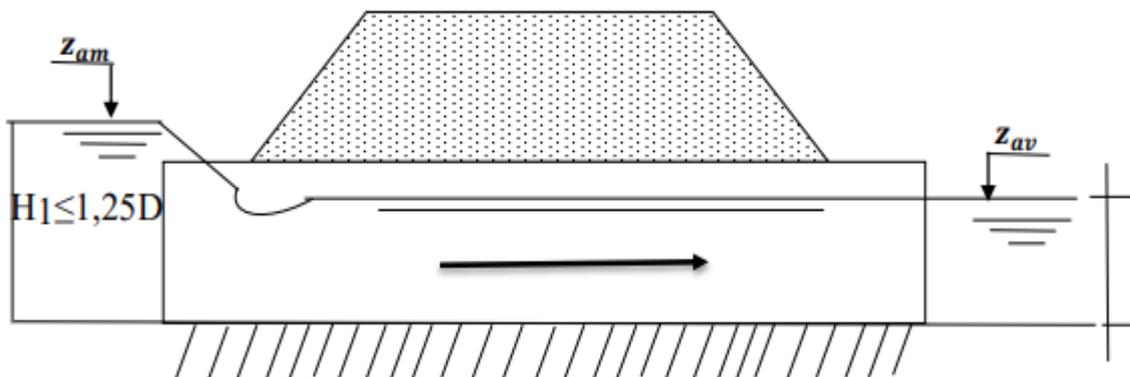


Figure 2 : : Fonctionnement en sortie libre d'un dalot

Les dispositions constructives à prendre lors de la réalisation d'un dalot sont :

- Le radier ou la semelle en béton armé posé sur un béton de propreté
- Les piédroits sont en béton armé ou en maçonnerie de moellons.
- La dalle est en béton armé
- Les deux murs de tête peuvent être en béton armé ou en maçonnerie ; par rapport au remblai fini, ils doivent être visibles sur une hauteur d'au moins 40cm.
- Les quatre murs en ailes en amont et en aval sont sous forme de diffuseur en béton armé ou en maçonnerie pour protéger la piste et diriger l'écoulement sous le dalot.
- La protection amont et aval sert à la protection contre l'érosion et/ou les affouillements.

- Les balises de signalisation sont placées à l’entrée et à la sortie du dalot ;
- Le remblayage du dalot et de ses accès se fait en matériaux adéquats compactés par couches successives de 0.15m. le remblai s’étale de 10m de part et d’autre de l’ouvrage en une pente douce pour permettre aux véhicules de s’y engager avec aisance et sécurité. Les talus de ce remblai seront protégés par du pierrée maçonnée si l’écoulement des eaux risque de provoquer l’érosion.

### 1.1.6. Entretien du dalot

Le contrôle de l’ouvrage est organisé après chaque saison pluvieuse et après chaque crue importante afin de détecter les anomalies ou dégradations éventuelles. L’entretien consiste en la réparation des dégradations diverses qui peuvent se produire sur le radier, ses protections (amont ou aval) et le remblai d’accès. Il faut surtout enlever régulièrement tous les détritiques (terres, branchages, ...) qui se déposent à l’entrée du dalot et qui peuvent peu à peu diminuer la section d’écoulement et rendre l’ouvrage inefficace.

### 1.1.7. Classification des ponts et dalots selon le Fascicule 61, titre II

Le fascicule 61, (Gildas, 2013) portant sur la Conception, Calcul et Épreuves des Ouvrages d'Art/ titre II- Programme de charges et Epreuves des ponts-Routes classe les ponts suivant la largeur de la chaussée comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Classe des chaussées

Classe de chaussée	1	2	3
Largeur de la chaussée	$l \geq 7m$	$5.5 \leq l < 7$	$l < 5.5m$

## 1.2. REVUES DE LITTERATURE

Cette synthèse représente une recherche sur ce récapitulative sur ce qu’il y a dans la littérature du dalot en général.

L’étude de K. Damien (2018) se concentre sur un dalot spécifique à Cotonou, avec un examen approfondi du dimensionnement hydrologique, hydraulique et structural. L’ouvrage quadruple remplace trois petits dalots existants, avec une section 4 x (4,00 x 3,00) jugée adéquate pour un écoulement satisfaisant du débit décennal. L’analyse structurelle, réalisée via le logiciel robot, a permis de déterminer les sections minimales d’acier nécessaires, et les résultats ont été utilisés pour établir les plans de coffrage et de ferrailage.

Quant à l'étude d'Emmanuel BEMBAMBA (2013), elle concerne le choix technique d'un ouvrage de franchissement sur la route régionale n°13 au Burkina Faso. L'étude hydrologique a considéré un débit centennal de 163,75 m<sup>3</sup>/s, conduisant à deux variantes retenues : un dalot cadre de 8 ouvertures et un pont à poutre en béton armé. L'analyse technico-économique a favorisé le dalot cadre en béton armé en raison de son coût estimé à Cent Soixante Cinq millions Six cent Quatorze mille Trois cent Soixante Neuf (165 614 369) Francs CFA, toutes taxes comprises, le déclarant comme le plus économique et adapté au projet.

### 1.3. PRESENTATION DU PROJET

#### 1.3.1. Généralités

En vue d'améliorer les conditions de vie des béninois et de promouvoir la préservation environnementale, le gouvernement béninois dans l'application de sa politique sectorielle sur le transport, ambitionne de parvenir à un aménagement équilibré du territoire dans la promotion d'une gestion rationnelle et durable des ressources naturelles et forestières. Pour y parvenir, le ministère adopte une approche intégrée et opérationnelle du secteur basée sur les synergies indispensables à établir entre le développement urbain, l'habitat et l'environnement, sur la rationalisation et la mise en cohérence des programmes et des interventions de l'état, et sur le partenariat avec les communes.

Ainsi il est prévu dans le Programme d'Actions du Gouvernement (PAG), plusieurs projets prioritaires dont le « Projet d'Assainissement Pluvial de Cotonou (PAPC) » qui vise à améliorer considérablement l'environnement urbain et la mobilité des personnes et des biens dans la capitale économique. Dans le cadre de ce projet, 36 bassins versants recevront des ouvrages d'assainissement pluvial. Ces bassins versants sont répartis dans 10 des 13 arrondissements de la Municipalité de Cotonou (Tableau 1) soit 785 278 habitants sur les 990 775 que compte la ville :

Tableau 2 : Bénéficiaires par arrondissement du PAPC

Localités	2018	Bassin/ouvrages PAPC
1 <sup>er</sup> arrondissement	84 575	Zb1, Zb2, Zb3, Zb4
2 <sup>ème</sup> arrondissement	89 982	Wa, WW1, WW2, WW3, Wab
3 <sup>ème</sup> arrondissement	102 127	S, Sbis, WW4 et Rabis
4 <sup>ème</sup> arrondissement	53 050	Y, Ra, Rc, Rd et Rabis
5 <sup>ème</sup> arrondissement	29 240	D et L
6 <sup>ème</sup> arrondissement	42 805	Qc et Qb
9 <sup>ème</sup> arrondissement	84 179	Pb et Pc
10 <sup>ème</sup> arrondissement	56 510	Pa2 et Pa3
12 <sup>ème</sup> arrondissement	142 879	M, ABa, ABb, ABc, AAs1 et AAs2
13 <sup>ème</sup> arrondissement	99 931	XX, X1, X2, X3 X11 et AAN
<b>Total personnes impactées</b>	785 278	

### 1.3.2. Description du projet

Le PAPC s'articule autour des trois principales composantes suivantes : (i) réalisation d'infrastructures de drainage et activités connexes, (ii) communications et renforcement des capacités des acteurs du Programme et (iii) gestion, suivi et évaluation du programme.

Pour l'ensemble de ces 36 sous-bassins, les activités prévues portent sur :

- ✓ La construction de collecteurs (caniveaux enterrés ou semi-fermés, centrés ou latéraux),
- ✓ La construction de collecteurs trapézoïdaux à ciel ouvert, • l'aménagement de bassins de rétention d'eau pluviale,
- ✓ Le pavage de plusieurs rues convergentes vers les collecteurs, • l'aménagement des exutoires et des collecteurs,
- ✓ la réalisation de matelas Reno, pour permettre la stabilisation des berges/talus et
- ✓ L'aménagement de pistes autour des bassins de rétention, avec des installations telles que : les bancs publics, les lampadaires, les latrines, etc.

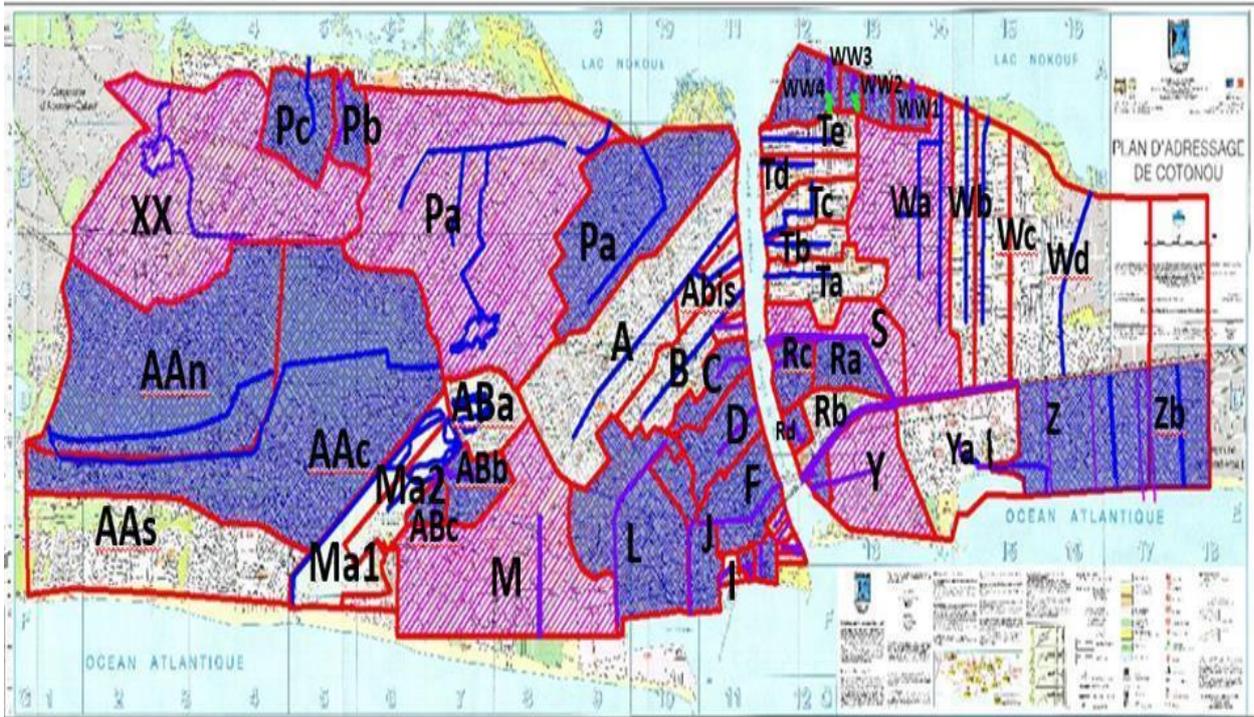


Figure 3 : Localisation des bassins versants d'assainissement de Cotonou

Le présent mémoire concerne la réalisation du dalot quadruple (4x250x250) à AKOGBATO dans le 12è arrondissement de Cotonou sur la rue 12.887, une rue qui se localise dans le bassin Pa2.

### 1.3.2.1. Présentation du bassin Pa2 et description des travaux

Le bassin Pa2 qui fait l'objet du présent Plan d'Action de Réinstallation (PAR), est localisé dans le 10ème arrondissement de la ville de Cotonou. D'une superficie totale de 334 hectares, le bassin versant Pa2 draine les quartiers Missogbé et Gbénonkpo.

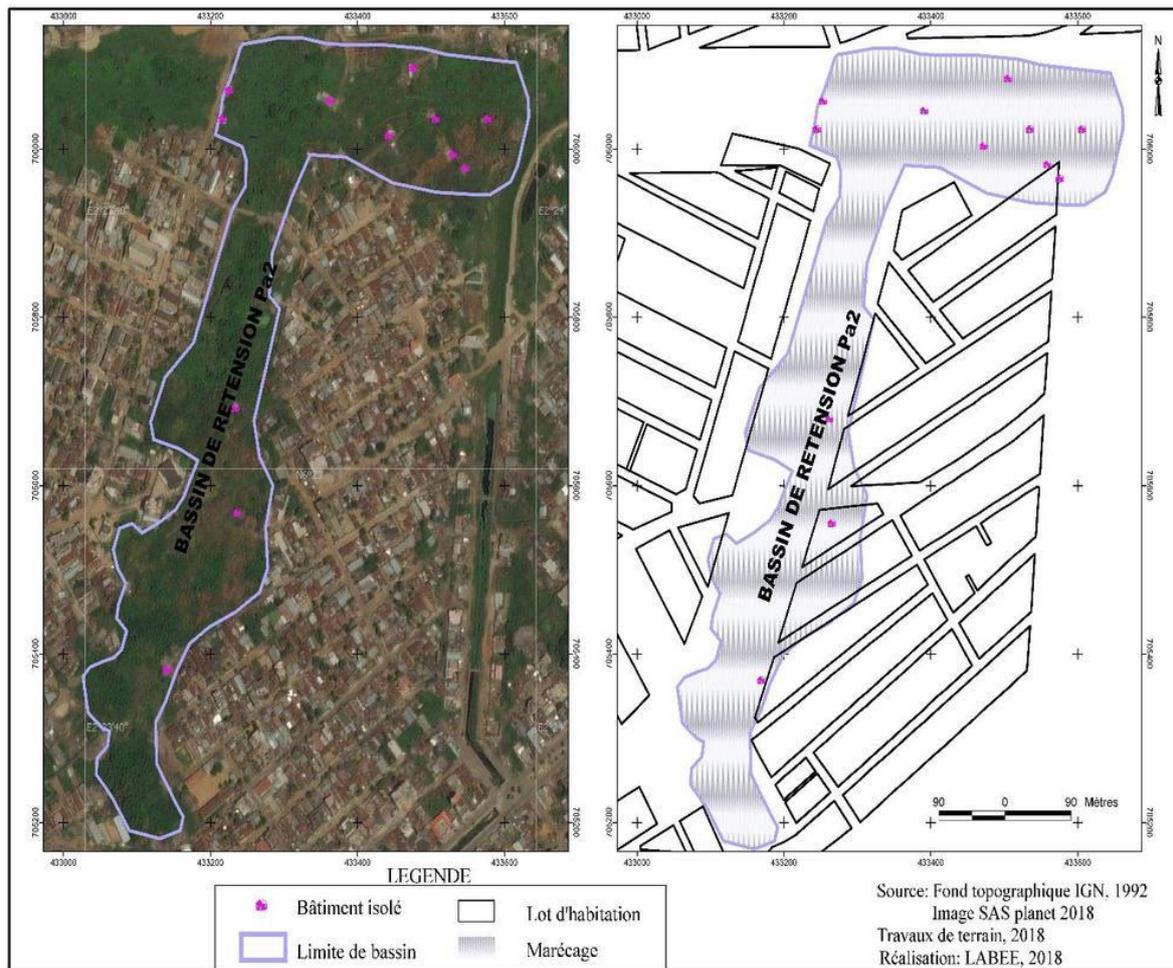


Figure 4 : Vue du bassin de rétention Pa2

Les ouvrages projetés dans le bassin Pa2 comportent une série de bassins de rétention interconnectés par des ouvrages de type dalot ou canal en Béton Armé. Les travaux d'aménagement des bassins de rétention incluront le calibrage des bas-fonds et la protection des talus par le revêtement en matelas de type Reno (gabionnage). Par ailleurs, pour permettre l'assainissement et l'évacuation des eaux dans les quartiers adjacents, certaines rues connexes ont été retenues pour être pavées.

Plus spécifiquement, les travaux prévus dans le bassin Pa 2 portent principalement sur :

- L'aménagement de 2970 ml en Matelas Reno à mettre en place à partir de la rue 10.033 et 10.036 adjacente à l'Ecole des Sourds du Bénin ;
- La construction d'un dalot de franchissement à l'intersection de la rue 10.092 et bordure en matelas Reno ;

- Le Rehaussement du cavalier du collecteur trapézoïdal existant et pose de nouveaux garde-corps ;
- Le pavage des rues 10.003 (495m); rue 10.016 (425m); rue 10.050 (300m); rue 10.092 (540m); rue 10.036 (650m) ; rue 10.031 et 10.033 (400m) ; rue 10.064 (250m) ; rue 10.062 (375 m) ; rue 10.018 (215m) ; rue 10.013 (530 m) ; rue 10.015 (400 m) ; rue 10.011 (540m) ; rue 10.009 (550)

### 1.3.2.2. Les intervenants dans le cadre du projet

Afin de réaliser les études de faisabilité, d'Avant-projet Sommaire, d'Avant-projet détaillé et d'élaboration des dossiers d'appel d'offres et le contrôle des travaux pour la Construction d'infrastructures de drainage et connexes résilientes et de pavage de rues Dans le bassin Pa2 - Lot 1, sont intervenus :

- le maître d'ouvrage : SOCIETE DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE (SIRAT SA)
- le maître d'ouvrage délégué : Agence d'Exécution des Travaux Urbains (AGETUR)
- Mission de contrôle : Cabinet Africain d'Etude et de Maitrise d'œuvre (CAEM-Sarl)
- L'entreprise de construction : China Gezhouba Group Company (CGGC)

### 1.3.2.3. Présentation de la ville de Cotonou

La ville de Cotonou érigée en département du Littoral par le dernier découpage administratif, est le plus petit des douze (12) départements du Bénin en termes de superficie. Il s'étend sur 10 km à l'Ouest où il est limité par la commune d'Abomey-Calavi du département de l'Atlantique et sur 6 km à l'Est en côtoyant la commune de Sème-Podji du département de l'Ouémé. Il est situé au croisement des 6°20 de parallèle Nord et de 2°20 méridiens Est. L'océan Atlantique forme la limite sud du département. Au nord, le département du Littoral se trouve limité par le lac Nokoué. Contrairement à tous les autres départements, celui du Littoral est constitué d'une seule commune, Cotonou, d'une superficie de 79 Km<sup>2</sup>. Il est composé de 13 arrondissements et de 140 quartiers de ville. Capitale économique, Cotonou abrite les deux tiers des industries du Bénin. Les principales entreprises et banques du Bénin, la plupart des institutions gouvernementales y siègent. Cotonou est connue dans toute l'Afrique de l'Ouest pour son marché international de 20 hectares, DANTOKPA, le plus grand marché d'Afrique de l'Ouest, ses "Zémidjans" (motos-taxis) et un marché secondaire, MISSEBO, situé à quelques mètres du marché DANTOKPA. Sa proximité avec la frontière du Nigéria fait désormais de ce marché une des plaques tournantes du commerce informel de la sous-région. Le marché DANTOKPA,

le plus gros de l'Afrique de l'ouest (un milliard de francs CFA d'échanges par jour, soit environ 1,5 million d'euros), en est le centre. Avec 679 012 habitants lors du recensement de 2013, Cotonou a de moins en moins d'espace pour se développer démographiquement. Les villes limitrophes d'Abomey-Calavi, de Sèmè-Podji et de Ouidah deviennent des villes dortoirs, formant une conurbation de 1 720 105 habitants en 2013 contre 1 088 083 en 2005, soit une croissance démographique de + 4,0 % par an à périmètre égal et de + 5,4 % avec l'absorption de Ouidah. La ville dispose d'un réseau routier mixte composé de quelques routes bitumées ou pavées de bonne qualité et d'une majorité de rues non aménagées plus ou moins praticables selon l'importance des pluies. Malgré son importance dans le tissu économique et social, la ville de Cotonou est sujette à de nombreux problèmes d'assainissement et son réseau routier reste encore peu fourni.

**CHAPITRE 2 :**  
**METHODOLOGIE ET OUTILS DE TRAVAIL, ETUDE  
GEOTECHNIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE**

## CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE ET OUTILS DE TRAVAIL, ETUDE GEOTECHNIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

### 2.1. METHODOLOGIES ET OUTILS DE TRAVAIL

#### 2.1.1 METHODOLOGIES

##### 2.1.1.1 Collecte des données

###### 2.1.1.1.1 Données cartographiques

En ce qui concerne la cartographie, nous avons utilisé Google Earth pour la localisation de la zone d'étude.

La zone de construction du dalot se situe à Sainte-Rita dans le 10<sup>ème</sup> arrondissement de la commune de Cotonou. Il est marécageux et ses coordonnées GPS sont : (X=433278 ;Y=705907)

Influence du sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots : cas de réalisation du dalot quadruple de section 4\*250\*250 sur la rue 10.092 dans le 10ème arrondissement de Cotonou



Figure 5 : Localisation du site – Extrait du google Earth

#### 2.1.1.1.2. Données géotechniques

Pour l'obtention des données géotechniques, le bureau géotechnique ATS a effectué les essais géotechniques sur le site de construction du dalot. Ces essais sont :

- L'essai pressiométrique
- Sondage carotté
- **Sondage au carottier**

Les sondages au carottier permettent de reconnaître les formations par extraction d'échantillons intacts ou remaniés servant à l'identification des sols ou à l'étude au laboratoire de leurs propriétés géotechniques.

La réalisation des grands ouvrages nécessite un sondage carotté par appui, dans l'axe de l'ouvrage principal. Dans certains cas, certains de ces sondages pourront être poussés à de grandes profondeurs pour préciser la géologie.

- **L'essai pressiométrique (le pressiomètre Ménard)**

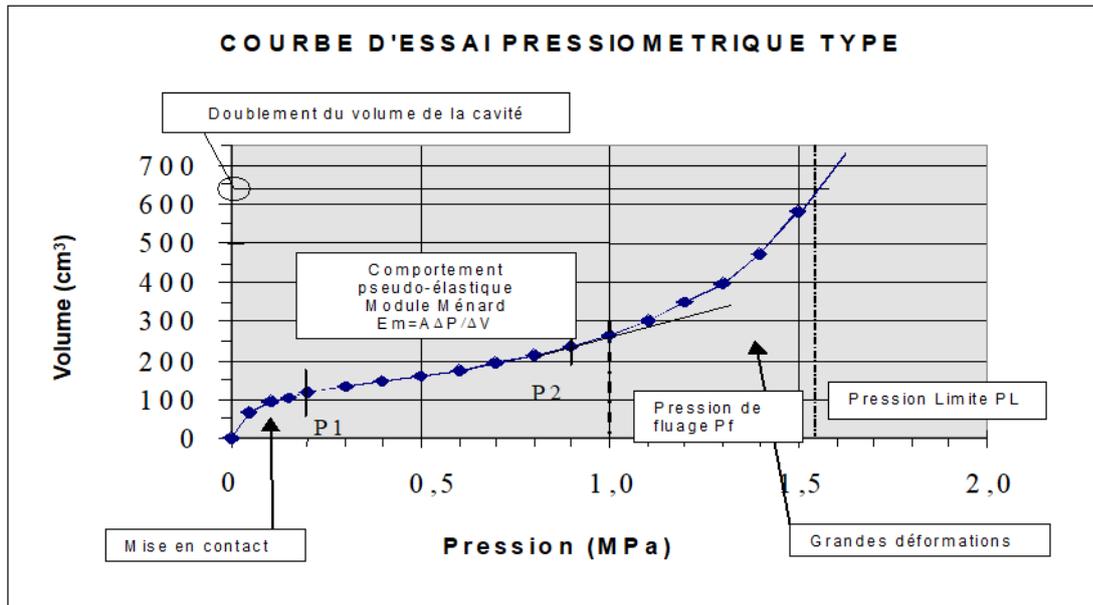
Cet essai consiste à dilater radialement une cellule cylindrique placée dans un forage au préalable. C'est la réalisation de l'essai dans un forage au préalable qui différencie essentiellement cet essai des autres essais pressiométriques réalisés par auto forage ou par fonçage direct de la sonde par battage ou vérinage. L'essai fait l'objet de la norme française NF P94-110

L'essai permet de définir conventionnellement trois caractéristiques pressiométriques, le point d'inflexion de la courbe, le module pressiométrique et la pression limite.

La courbe pressiométrique  $V=f(P)$  comprend typiquement trois phases :

- La **phase initiale (I)** qui est la phase de mise en contact de la paroi de la sonde avec le sol. A la fin de cette zone, la pression mesurée  $P_0$  est égale à la pression initiale horizontale au niveau du sol.
- La **deuxième phase (II)** est la phase pseudo élastique.
- La **troisième phase (III)** est la phase des grands déplacements ou phase dite plastique.

La deuxième phase est la phase la plus importante. Au cours de cette phase, le volume augmente progressivement en fonction de la pression exercée. Une relation linéaire entre la pression et le volume peut être trouvée. Dans cette partie quasi-linéaire de la courbe, on détermine le module de déformation pressiométrique **Em** et la pression de fluage **Pf**



### 2.1.1.2. Données hydrologiques

Les études hydrologiques sont faites pour obtenir :

- le débit de dimensionnement
- Les hauteurs d'eau pour déduire la hauteur des plus hautes eaux

### 2.1.1.3. Données hydrauliques

Elles permettent de :

- Déterminer les conditions d'écoulement de l'eau sous l'ouvrage,
- De vérifier les contraintes de vitesse d'écoulement
- D'évaluer la capacité réelle d'évacuation de l'ouvrage

## 2.1.2. OUTILS DE TRAVAIL

La méthodologie consiste à collecter et à traiter des données nécessaires et utiles pour cette étude. L'outil informatique a été utilisé dans ce travail par l'usage des logiciels tels que Microsoft Word, Microsoft Excel pour le traitement de texte et programmation, Robot structural Analysis pour le dimensionnement de structures, AutoCAD pour les dessins et du logiciel

RDM7 pour l'évaluation des sollicitations. Un appareil photo numérique nous a permis également de réaliser les prises de vues.

## 2.2. ETUDE GEOTECHNIQUE

Les études géotechniques sur le site de construction sont réalisées par le bureau de la géotechnique ATS pour le compte de CGGC

### 2.2.1. Données disponibles

Pour le compte du projet et comme le montre la figure n° ATS a réalisé :

#### Essais sur le terrain

- 03 sondages carottés SC1 à SC3 dont un (01) de 15m au niveau du dalot (SC1) et deux (02) de 5m le long du collecteur en matelas Reno de 1282 ml suivis des prélèvements d'échantillons intact et remaniés dans des caisses à carottes.
- 03 sondages pressiométriques SP1 à SP3 dont un (01) de 15m au niveau du dalot (SP1) et deux (02) de 5m le long du collecteur en matelas Reno de 1282 ml avec réalisation d'essai pressiométriques tous les mètres.
- 05 sondage au pénétromètre dynamique Pd1 à Pd5 le long du collecteur
- 02 sondages à la soupape Sd1 et Sd2 le long du collecteur

#### Essais au laboratoire

Au laboratoire les essais d'identification sont réalisés sur les échantillons provenant des sondages carottés et les essais de cisaillement et œdométriques sont réalisés sur les matériaux intacts.

### 2.2.2. Caractéristiques mécaniques des couches de sol

De la figure .... Représentant les 05 pénétromètres dynamiques on peut déduire :

- Un sous-sol très hétérogène dans la zone ;
- Un sous-sol très mou à mou jusqu'à 8m environ et mou moyennement ferme au-delà.

Les essais pressiométriques réalisés, attestent le caractère très mou à mou des sols en place sur la profondeur des sondages. Les pressions limites nettes obtenues étant inférieure à 0.2MPa le sol en place ne peut qu'être renforcé au préalable avec de servir de support au dalot.

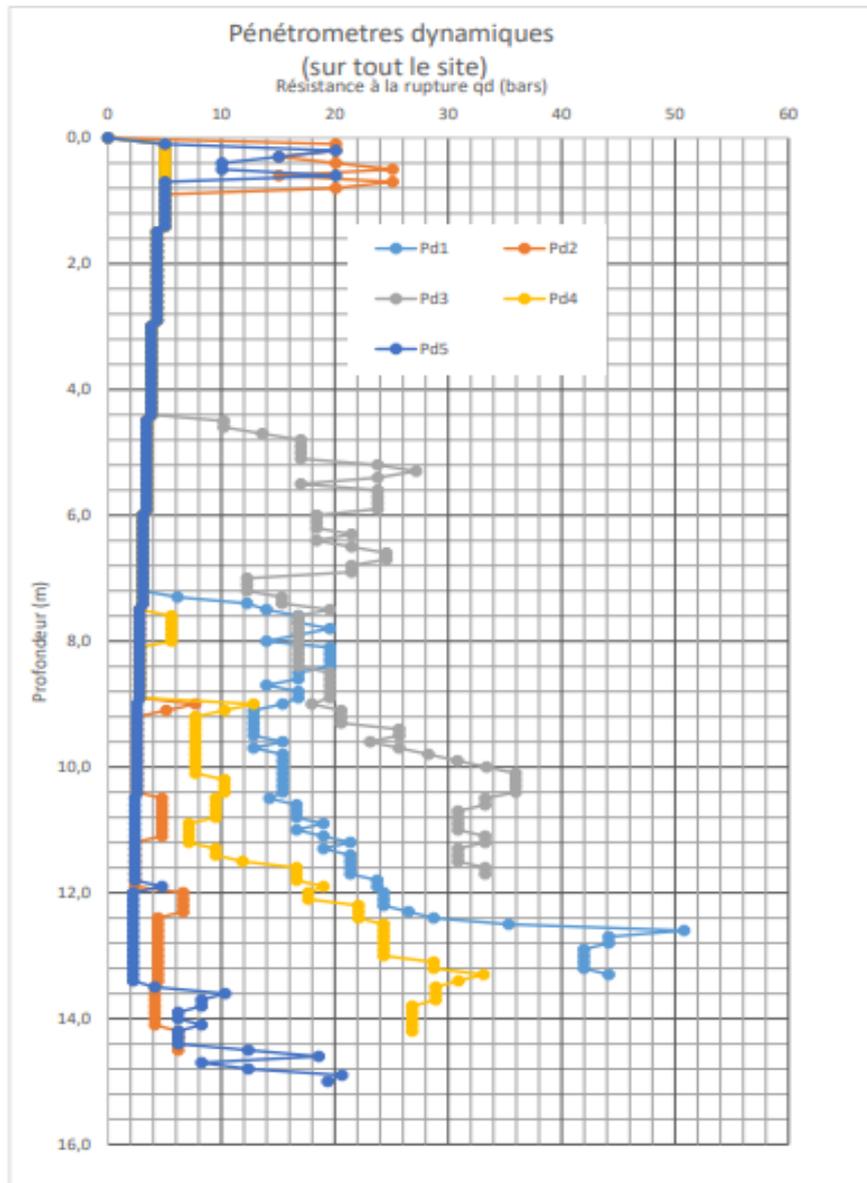


Figure 7 : Représentation des pénétrètres dynamiques réalisés dans la zone le long du collecteur

### 2.2.3. Résultats des essais de laboratoire

Le tableau suivant est le récapitulatif des résultats des essais réalisés au laboratoire.

Les essais de cisaillement n'ont pas pu être réalisés sur les argiles molles à cause de leur faible consistance. Ceux réalisés sur les sables montrent qu'ils sont argileux et/ ou silteux par endroit.

Tableau 3 : Résultats des essais de laboratoire sur les échantillons des sondages carottés

Numéro de sondage		SC1	SC1	SC1	SC1	SC2	SC3
Nature du prélèvement		Remanié	Intact	Remanié	Intact	Intact	Intact
Nature de l'échantillon		Sable très silteux	Sable argileux	Argile molle	Argile molle	Argile molle	Sable silteux
Profondeur de prélèvement (m)		3,00 – 4,00	4,00 – 5,00	7,00 – 8,00	8,00 – 9,00	4,00 – 5,00	4,00 – 5,00
Analyse granulométrique	% ≤ 12,5 mm	100	100	100	100	100	100
	% ≤ 8 mm	97	100	100	100	100	100
	% ≤ 5 mm	95	100	100	100	100	100
	% ≤ 2 mm	92	99	100	100	100	97
	% ≤ 0,63 mm	75	92	100	100	100	66
	% ≤ 0,40 mm	58	81	100	100	100	48
	% ≤ 0,20 mm	36	56	100	100	100	14
Limites d'Atterberg	WL (%)	-	55	116	114	137	-
	IP (%)	-	26	70	68	71	-
Valeur VBS (g/100g de sol)		0,630	-	-	-	-	0,144
Cisaillement direct CD	Cohésion $c'$ (kPa)	13	-	-	-	-	01
	Angle de frottement $f'$ (°)	28	-	-	-	-	29
Œdométrie	Indice des vides initial $e_i$	-	2,055	-	3,099	3,334	0,826
	Indice des vides du sol en place $e_0$	-	1,996	-	2,991	3,282	0,788
	Contrainte effective verticale $\sigma'_{v0}$ (kPa)	-	23	-	33	19	39
	Contrainte de préconsolidation $\sigma'_p$ (kPa)	-	28	-	16	17	22
	Indice de compression $C_c$	-	0,479	-	1,232	1,51	0,074
	Indice de gonflement $C_s$	-	0,011	-	0,097	0,054	0,002

Les essais œdométriques réalisés sur les argiles molles montrent qu'elles sont très compressibles. Ceux réalisés sur les échantillons sableux montrent que les compressibilités sont variables en fonction de la teneur en éléments fins.

#### 2.2.4. Modèle géotechnique au droit du dalot

Le modèle géotechnique obtenus est présenté par le tableau suivant en se basant sur les résultats mécaniques.

Tableau 4 : Modèle géotechnique considéré au droit du dalot

Description	Toit de la couche	Base de la couche	Epaisseur (m)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	Caractéristiques pressiométriques			$E_{oed}^{(1)}$ (MPa)	OCR	$\frac{C_e}{(1+e_0)}$	$\frac{C_s}{(1+e_0)}$	$c_v$ (labo)
					Em(MPa)	PI*(MPa)	$\alpha$					
Remblai en sable et en déchets	0.00	-4.00	4.0	16	1.15	0.12	1.0	1.15	-	-	-	-
Tourbe à argile molle	-4.00	-13.00	9.0	14	1.40	0.17	1.0	1.4	1	0.309	0.024	$1.90 \times 10^{-7}$
Sable peu argileux	-13.00	-15.00	2.0	18	2.60	0.34	0.33	7.8	-	-	-	-

Dans les couches sableuses, il n'y a pas ou peu de tassement de consolidation. La quasi-totalité du tassement sera instantanée. Etant donnée qu'il s'agit de surfaces chargées de grandes dimensions où la pression de pré consolidation peut être dépassée, un modèle de type œdométrique a été

estimé à partir de la relation suivante :  $E_{oed} = \frac{E_M}{\alpha}$

Les valeurs des pressions limites PI\* sont toutes inférieures à 0.20MPa. Selon la norme NFP94-261 et pour des pressions limites inférieures à 0.20MPa pour les argiles et à 0.30MPa pour les sables, la méthode pressiométrique n'est pas adaptée pour la justification de la portance et il conviendra dans tous les cas, de s'assurer que la portance du sol sous la fondation est pérenne.

### 2.2.5. Justification de la capacité portante du sol et du tassement sous le dalot

La justification du radier sous charge verticale est réalisée selon la norme NF P94-261, norme d'application de l'Eurocode 7

Le bureau ATS a effectué les calculs avec le logiciel FOXTA et la capacité portante est vérifiée à l'aide de l'inégalité :  $V_d - R_0 \leq R_{vd}$  avec :

$V_d$  : la valeur de calcul de l'effort vertical à reprendre par la fondation.

$R_0$  : poids des terres initial à la base de la fondation

$R_{vd}$  : la valeur de calcul de la résistance nette du terrain.

### 2.2.6. Capacité portante et estimation des tassements

La capacité portante et du sol et les tassements sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau 4 1 : Capacité portante du sol et estimation des tassements

Profondeur d'ancrage (m)	Valeur de l'effort vertical $V_d$ à reprendre sous la fondation (kN)	Capacité portante du sol $R_{vd}$ (kN)	Contrainte admissible équivalente (kPa)	Vérification portance $V_d \leq R_{vd}$	Tassement admissible (méthode œdométrique) en cm
0.0	10.722	13797	61	OK	87.2
1.20	10.722	15049	67	OK	73.9
3.60	10.722	17553	79	OK	47.3

Bien que les vérifications de capacité portante soient satisfaites, les tassements à long terme sont très importants de 47cm à 88cm environ selon que l'ouvrage soit ancré à 3.60m , 1.20m ou posé sur le TN. Il en résulte qu'il faudra améliorer ou renforcer le sol pour la pérennité de l'ouvrage.

## 2.3. ETUDE HYDROLOGIQUE

### 2.3.1. Rappel des résultats de l'étude hydrologique de l'APD du PDA de Cotonou dans le bassin Pa

Les travaux prévus sur le bras Pa2 concernent i) l'aménagement d'un bassin de rétention (bras secondaire) dont les travaux consistent à l'enlèvement de boues, les purges et autres travaux de terrassement, la protection de talus des berges par des matelas de type Reno, l'engazonnement et la plantation d'arbustes le long du bassin (cavalier), une piste de service après l'engazonnement, la plantation d'arbres et la pose de lampadaires solaires à la limite extérieure de la piste de service ii) la construction d'un dalot quadruple à l'intersection de la rue 10.092 avec le bassin de rétention, iii) le pavage et le drainage de rues, iv) la reconstruction et l'équipement de l'école béninoise des Sourds (EBS) et la reconstruction et l'équipement de l'école primaire publique VEDOKO 2 (EPP VEDOKO 2) en termes de mesures d'accompagnement. En effet l'EBS et l'EPP VEDOKO 2 sont deux infrastructures scolaires qui font corps au bassin de rétention Pa2 et pour lesquelles les bâtis sont en état de délabrement.

### 2.3.2. Estimation des débits de calcul des ouvrages

Les débits sont évalués par la méthode rationnelle comme recommandé par l'étude APD du PAD de Cotonou. L'estimation des débits permet de composer un hydrogramme réel moyennant quelques hypothèses simplificatrices :

- Le coefficient de pluie est constant durant la durée de l'orage,
- L'intensité de pluie est constante durant la durée de l'orage,
- La surface d'apport est proportionnelle au temps,
- Les vitesses d'écoulement dans les conduites sont celles correspondant aux conduites coulant à pleine section.

Le débit se calcul par la formule suivante de la méthode rationnelle :

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \text{ où :}$$

Q :débit en m<sup>3</sup>/s

C : coefficient de ruissellement

I : intensité de pluie en mm/h

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

L'intensité de pluie est déterminée à partir des coefficients de MONTANA :

$$I = a \times t_c^{-b}$$
 avec  $t_c$  le temps de concentration et **a** et **b** les paramètres de MONTANA

Les paramètres de MONTANA sont choisis à partir de la période de retour

Le choix de la période de retour T associée aux débits de projet conditionne l'ensemble du dimensionnement du réseau d'assainissement pluvial. Ce paramètre doit être choisi en fonction de l'importance des infrastructures concernées et des risques pour les populations touchées par les inondations. Dans le cas de traversée de voies de communication importantes, telles que chemins de fer et routes d'importance nationale ou internationale, il sera nécessaire d'utiliser une période de retour suffisamment élevée afin de réduire au la possibilité d'inondation de la voie. Par contre, pour la construction de drainages urbains et canaux on peut accepter l'utilisation d'une période de retour T plus basse, à condition qu'un dépassement exceptionnel du niveau des berges ne puisse causer des dégâts importants aux habitants et aux infrastructures.

Sur la base des considérations ci-dessus, la prise en compte des effets des changements climatiques, les discussions techniques menées au cours de l'élaboration des études APD, et enfin les critères liés au coût des ouvrages, les périodes de retour suivantes ont été retenues pour être adoptées en phase de projet de nouveaux ouvrages (Cf Rapport APD du PDA, IGIP, Mai 2019, p10)

- **T = 10 ans pour le dimensionnement des collecteurs primaires (y compris les ouvrages de franchissement de voirie urbaine, dalots, buses, etc.)**
- **T= 5 ans pour le dimensionnement des caniveaux secondaires et tertiaires.**

Les caractéristiques des bassins versants et les débits calculés sont consignés dans le tableau suivant :

Influence du sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots : cas de réalisation du dalot quadruple de section 4\*250\*250 sur la rue 10.092 dans le 10ème arrondissement de Cotonou

Tableau 5 : Estimation du débit de calcul du dalot-Extrait du rapport hydrologique du bassin Pa2

Côté	Profils		PK début	PK fin	Long (m)	Zam(m)	Zav (m)	DZ (m)	pent e (m/m)	Lchaus+Trottoir	Sc (ha)	St (ha)	SA=Sc+St (ha)	Tc (min)	Coef de Ruissellement C Voirie	Coef C (Bassin naturel)	Cr moyenne	I (mm/h)	Q (m3/s)	Qc (m3/s)
<b>EXUTOIRE BASSIN (DALOT) - ( T = 10 ans)</b>																				
	P1	P67	0+00	1+267	1 267,00	-0,99	-1,12	0,13	0,01%	-	0,00	123,00	123,00	154,49	0,95	0,720	0,72	67,64	16,65	<b>33,24</b>

## 2.4. VERIFICATION HYDRAULIQUE DE L'OUVRAGE

Le débit du projet de l'ouvrage est  $Q_p = 33.20m^3 / s$ , ce qui donne un débit par ouverture

$$q = \frac{Q_p}{4} = \frac{33.20}{4} = 8.30m^3 / s$$

$V_{max} = 3m / s$  (Protection à l'amont et à l'aval de l'ouvrage), la section minimale théorique

d'une ouverture vaut  $S_{th} = \frac{q}{V_{max}} = \frac{8.3}{3} = 2.77m^2$  2.08

Supposons une hauteur  $D=2.50m$

La vitesse maximale  $V_{max}=3m/s$  nous impose une largeur minimale  $B_{th}$

$$B_{th} = \frac{S_{th}}{D} = \frac{2.77}{2.50} = 1.10m. \text{ Pour des raisons pratiques de réalisation, nous adopterons}$$

**$B=1.50m$ .**

$S_{sp}=1.50 \times 2.50$  ;  $S_{sp}=3.75m^2$  et le débit correspondant est  $q=8.30m^3/s$

Ainsi, la section d'une ouverture est :

En retenant comme paramètre de calcul l'accélérateur de la pesanteur  $g=10m/s^2$  et un coefficient de rugosité de Manning-Strickler  $K_s=60$  (pour le béton), on a :

➤ Calcul du débit réduit

$$Q_1^* = \frac{q}{B \times D \times \sqrt{2gD}} = \frac{8.30}{1.50 \times 2.50 \times \sqrt{2 \times 10 \times 2.50}} = 0.31$$

De l'abaque 1 (voir annexe n°1) des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit la hauteur :

$$H_1^* = 0.86$$

La hauteur d'eau à l'amont est donc  $H_1 = H_1^* \times D = 0.86 \times 2.50 = 2.15m$

Comme  $H_1 = H_1^* \times D < 1.25D$  l'écoulement est à surface libre à l'amont

➤ Calcul de la pente critique

$$Q_2^* = \frac{q}{\sqrt{g \times B^5}} = \frac{8.3}{\sqrt{10 \times 1.50^5}} = 0.95$$

De l'abaque 2 (voir annexe n°1) des pentes critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit :  $I_C^* = 4.15$

La pente critique est alors  $I_C = \frac{g \times I_C^*}{K_s^2 \times \sqrt[3]{D}} = \frac{10 \times 4.15}{60^2 \times \sqrt[3]{2.50}} = 0.009\%$

➤ Calcul de la vitesse critique

$$Q_3^* = \frac{q}{K_s \times \sqrt{I} \sqrt[3]{B^8}} = \frac{8.3}{60 \times \sqrt{0.009} \times \sqrt[3]{1.50^8}} = 0.50$$

De l'abaque 3(voir annexe n°1) des vitesses critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit :  $V_C^* = 0.485m / s$  0.55

La vitesse critique d'écoulement de l'eau est donc :

$$V_C = V_C^* \times K_s \times \sqrt{I_C} \times \sqrt[3]{B^2} = 0.485 \times 60 \times \sqrt{0.009} \times \sqrt[3]{1.50^2} = 3.61m / s \quad 3.76$$

Vérification de la condition de vitesse

$$V_C = 3.56 > V_{\max} = 3 \text{ Alors la condition de vitesse limite n'est pas vérifiée}$$

➤ Evaluation de la capacité réelle d'évacuation

Cette capacité est calculée à l'aide de la formule de Manning Strickler :

$$Q_r = K_s \times S \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Avec  $K_s=60$ ,  $I=0.0001$ , la hauteur d'eau  $H=2.15m$  et  $B=1.50m$

La surface mouillée est donc :  $S = B \times H = 1.50 \times 2.15$

$$S = 3.225m^2 \quad 4$$

Le périmètre mouillé est :

$$P = B + 2H$$

$$P = 1.50 + 2 \times 2.15$$

$$P = 5.80m$$

Le rayon hydraulique  $R_h$  vaut alors :

$$R_h = \frac{S}{P}$$

$$R_h = \frac{3.225}{5.8} = 0.56m$$

$$Q_r = 60 \times 3.225 \times 0.56^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.005}$$

$$Q_r = 9.30m^3 / s$$

$Q_r > q$  alors **l'écoulement se fera à surface libre**. La condition de vitesse n'étant pas vérifiée on devra donc passer à un ouvrage d'ouverture plus grande

**Prenons  $B=1.80m$**

Ssp=1.8x2.50 ; Ssp=4.50m<sup>2</sup> et le débit correspondant est  $q=8.30m^3/s$

Ainsi, la section d'une ouverture est :

En retenant comme paramètre de calcul l'accélérateur de la pesanteur  $g=10m/s^2$  et un coefficient de rugosité de Manning-Strickler  $K_s=60$  (pour le béton), on a :

➤ Calcul du débit réduit

$$Q_1^* = \frac{q}{B \times D \times \sqrt{2gD}} = \frac{8.30}{1.80 \times 2.50 \times \sqrt{2 \times 10 \times 2.50}} = 0.26$$

De l'abaque 1 (voir annexe n°1) des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit la hauteur :

$$H_1^* = 0.78$$

La hauteur d'eau à l'amont est donc  $H_1 = H_1^* \times D = 0.78 \times 2.50 = 1.95m$

Comme  $H_1 = H_1^* \times D < 1.25D$  l'écoulement est à surface libre à l'amont

➤ Calcul de la pente critique

$$Q_2^* = \frac{q}{\sqrt{g \times B^5}} = \frac{8.3}{\sqrt{10 \times 1.80^5}} = 0.60$$

De l'abaque 2 (voir annexe n°2) des pentes critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit :  $I_C^* = 3.65$

La pente critique est alors  $I_C = \frac{g \times I_C^*}{K_S^2 \times \sqrt[3]{D}} = \frac{10 \times 4.15}{60^2 \times \sqrt[3]{2.50}} = 0.007\%$

➤ Calcul de la vitesse critique

$$Q_3^* = \frac{q}{K_S \times \sqrt{I} \sqrt[3]{B^8}} = \frac{8.3}{60 \times \sqrt{0.009} \times \sqrt[3]{1.50^8}} = 0.34$$

De l'abaque 3 (voir annexe n°3) des vitesses critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit :  $V_C^* = 0.445m / s$

La vitesse critique d'écoulement de l'eau est donc :

$$V_C = V_C^* \times K_S \times \sqrt{I_C} \times \sqrt[3]{B^2} = 0.445 \times 60 \times \sqrt{0.007} \times \sqrt[3]{1.80^2} = 3.31m / s$$

Vérification de la condition de vitesse

$$V_C = 3.31 > V_{\max} = 3 \text{ Alors la condition de vitesse limite n'est pas vérifiée}$$

➤ Evaluation de la capacité réelle d'évacuation

Cette capacité est calculée à l'aide de la formule de Manning Strickler :

$$Q_r = K_S \times S \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Avec  $K_S=60$ ,  $I=0.005$ , la hauteur d'eau  $H=1.95m$  et  $B=1.80m$

La surface mouillée est donc :  $S = B \times H = 1.80 \times 1.95$

$$S = 3.51m^2$$

Le périmètre mouillé est :

$$P = B + 2H$$

$$P = 1.80 + 2 \times 1.95$$

$$P = 5.7m$$

Le rayon hydraulique  $R_h$  vaut alors :

$$R_h = \frac{S}{P}$$

$$R_h = \frac{3.51}{5.7} = 0.62m$$

$$Q_r = 60 \times 3.51 \times 0.62^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.005}$$

$$Q_r = 10.83m^3 / s$$

$Q_r > q$  alors **l'écoulement se fera à surface libre**. La condition de vitesse n'étant pas vérifiée on devra donc passer à un ouvrage d'ouverture plus grande

**Prenons B=2.00m**

Ssp=2 x 2.50 ; Ssp=5m<sup>2</sup> et le débit correspondant est q=8.30m<sup>3</sup>/s

Ainsi, la section d'une ouverture est :

En retenant comme paramètre de calcul l'accélérateur de la pesanteur  $g=10m/s^2$  et un coefficient de rugosité de Manning-Strickler  $K_s=60$  (pour le béton), on a :

➤ Calcul du débit réduit

$$Q_1^* = \frac{q}{B \times D \times \sqrt{2gD}} = \frac{8.30}{2 \times 2.50 \times \sqrt{2 \times 10 \times 2.50}} = 0.23$$

De l'abaque 1 (voir annexe n°1) des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit la hauteur :

$$H_1^* = 0.72$$

La hauteur d'eau à l'amont est donc  $H_1 = H_1^* \times D = 0.72 \times 2.50 = 1.80m$

Comme  $H_1 = H_1^* \times D < 1.25D$  l'écoulement est à surface libre à l'amont

➤ Calcul de la pente critique

$$Q_2^* = \frac{q}{\sqrt{g \times B^5}} = \frac{8.3}{\sqrt{10 \times 2^5}} = 0.46$$

De l'abaque 2 (voir annexe n°1) des pentes critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit :  $I_C^* = 3.4$

La pente critique est alors  $I_C = \frac{g \times I_C^*}{K_S^2 \times \sqrt[3]{D}} = \frac{10 \times 3.4}{60^2 \times \sqrt[3]{2.50}} = 0.007\%$

➤ Calcul de la vitesse critique

$$Q_3^* = \frac{q}{K_S \times \sqrt{I} \sqrt[3]{B^8}} = \frac{8.3}{60 \times \sqrt{0.007} \times \sqrt[3]{2^8}} = 0.26$$

De l'abaque 3(voir annexe n°1) des vitesses critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit :  $V_C^* = 0.41m / s$

La vitesse critique d'écoulement de l'eau est donc :

$$V_C = V_C^* \times K_S \times \sqrt{I_C} \times \sqrt[3]{B^2} = 0.41 \times 60 \times \sqrt{0.007} \times \sqrt[3]{2^2} = 3.27m / s$$

Vérification de la condition de vitesse

$$V_C = 3.27 > V_{\max} = 3 \text{ Alors la condition de vitesse limite n'est pas vérifiée}$$

➤ Evaluation de la capacité réelle d'évacuation

Cette capacité est calculée à l'aide de la formule de Manning Strickler :

$$Q_r = K_S \times S \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Avec  $K_S=60$ ,  $I=0.005$ , la hauteur d'eau  $H=1.80m$  et  $B=2m$

La surface mouillée est donc :  $S = B \times H = 2 \times 1.80$

$$S = 3.6m^2$$

Le périmètre mouillé est :

$$P = B + 2H$$

$$P = 2 + 2 \times 1.80$$

$$P = 5.60m$$

Le rayon hydraulique  $R_h$  vaut alors :

$$R_h = \frac{S}{P}$$

$$R_h = \frac{3.6}{5.6} = 0.64m$$

$$Q_r = 60 \times 3.6 \times 0.64^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.005}$$

$$Q_r = 11.34m^3 / s$$

$Q_r > q$  alors **l'écoulement se fera à surface libre**. La condition de vitesse n'étant pas vérifiée on devra donc passer à un ouvrage d'ouverture plus grande

**Prenons B=2.5m**

Ssp=2.50 x 2.50 ; Ssp=6.25m<sup>2</sup> et le débit correspondant est q=8.3m<sup>3</sup>/s

Ainsi, la section d'une ouverture est :

En retenant comme paramètre de calcul l'accélérateur de la pesanteur  $g=10m/s^2$  et un coefficient de rugosité de Manning-Strickler  $K_s=60$  (pour le béton), on a :

➤ Calcul du débit réduit

$$Q_1^* = \frac{q}{B \times D \times \sqrt{2gD}} = \frac{8.3}{2.50 \times 2.50 \times \sqrt{2 \times 10 \times 2.50}} = 0.19$$

De l'abaque 1 (voir annexe n°1) des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit la hauteur :

$$H_1^* = 0.64$$

La hauteur d'eau à l'amont est donc  $H_1 = H_1^* \times D = 0.64 \times 2.50 = 1.6m$

Cette hauteur d'eau en aval calculée  $H_1$  est compatible avec le projet car elle est bien inférieure à la hauteur du projet  $H=2.50m$

Comme  $H_1 = H_1^* \times D < 1.25D$  l'écoulement est à surface libre à l'amont

➤ Calcul de la pente critique

$$Q_2^* = \frac{q}{\sqrt{g \times B^5}} = \frac{8.3}{\sqrt{10 \times 2.50^5}} = 0.27$$

De l'abaque 2 (voir annexe n°1) des pentes critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit :  $I_C^* = 3$

La pente critique est alors  $I_C = \frac{g \times I_C^*}{K_s^2 \times \sqrt[3]{D}} = \frac{10 \times 3}{60^2 \times \sqrt[3]{2.50}} = 0.006\% \quad 0.00$

➤ Calcul de la vitesse critique

$$Q_3^* = \frac{q}{K_s \times \sqrt{I} \sqrt[3]{B^8}} = \frac{8.3}{60 \times \sqrt{0.006} \times \sqrt[3]{2.50^8}} = 0.15$$

De l'abaque 3 (voir annexe n°1) des vitesses critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit :  $V_C^* = 0.345 m / s$

La vitesse critique d'écoulement de l'eau est donc :

$$V_C = V_C^* \times K_s \times \sqrt{I_C} \times \sqrt[3]{B^2} = 0.345 \times 60 \times \sqrt{0.006} \times \sqrt[3]{2.50^2} = 2.95 m / s$$

Vérification de la condition de vitesse

$V_C = 2.95 < V_{\max} = 3$  alors **la condition de vitesse limite est vérifiée**

➤ Evaluation de la capacité réelle d'évacuation

Cette capacité est calculée à l'aide de la formule de Manning Strickler :

$$Q_r = K_s \times S \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Avec  $K_s=60$ ,  $I=0.005$ , la hauteur d'eau  $H=1.60m$  et  $B=2.50m$

La surface mouillée est donc :  $S = B \times H = 2.50 \times 1.60$

$$S = 4.00 m^2$$

Le périmètre mouillé est :

$$P = B + 2H$$

$$P = (2.50 + 2 \times 1.6)$$

$$P = 5.70m$$

Le rayon hydraulique  $R_h$  vaut alors :

$$R_h = \frac{S}{P}$$

$$R_h = \frac{4}{5.7} = 0.70m$$

$$Q_r = 60 \times 4 \times 0.70^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.005}$$

$$Q_r = 13.4m^3 / s$$

$Q_r < q$  alors l'écoulement se fera à section pleine, on devra donc passer à un ouvrage d'ouverture plus grande

Le résumé de la vérification hydraulique est consigné dans le tableau 4.6

Tableau 6 : Résumé de la vérification hydraulique

Choix d'ouverture pratique du dalot	B=1.50m	B=1.80m	B=2.00m	B=2.50m
Débit de projet	33.20m <sup>3</sup> /s			
Vitesse maximale admissible	3m/s			
Accélérateur de la pesanteur	10m/s <sup>2</sup>			
D: hauteur en fonction des caractéristiques du site	2.50m			
Nombre d'ouvertures du dalot	4			
Débit de projet d'une ouverture	8.30m <sup>3</sup> /s			
Ouverture théorique du dalot	1.10			
Section pratique du dalot en m <sup>2</sup>	3.75	4.50	5	6.25
Coefficient de Manning - Strickler Dalot	60			
Evaluation d'eau amont				

Débit réduit $Q1^*$	0.31	0.26	0.23	0.19
Lecture $H^*1$	0.86	0.78	0.72	0.64
Hauteur amont $H^*1=H1/D \Rightarrow H1 = D \cdot H^*1$	2.15	1.95	1.80	1.60
Evaluation de la pente critique				
Calcul de $Q^*2 : Q^*2= q/(g^*B^5)^{1/2}$	0.95	0.60	0.46	0.27
Lecture $I^*c$ pente critique réduite	4.15	3.65	3.4	3
Pente critique $Ic Ic = g \cdot I^*c / Ks^2 \cdot (B)^{1/3}$ en %	0.009	0.007	0.007	0.006
Evaluation de la vitesse réelle				
Calcul de $Q^*3 : Q^*3 =q/(K^*I^{1/2})^*B^{(8/3)}$	0.50	0.34	0.26	0.15
Lecture $V^*$ critique réduite	0.55	0.445	0.41	0.345
Vitesse critique $V = V^* \cdot K \cdot I^{1/2} \cdot B^{2/3}$ en (m/s)	3.76	3.31	3.27	2.95
Evaluation du débit réelle $Qr$				
Capacité réelle d'évacuation $Qr = Ks^*S^*(Rh)^{2/3}*I^{1/2}$ en (m3/s)	9.30	10.83	11.34	13.40
<b>CONCLUSION</b>				
Appréciation du dimensionnement	$(V > V_{max})$ , et $Qr > q$ : Mauvais			$(V < V_{max})$ , et $Qr > q$ : Bon

On obtient ainsi un dalot à **4 ouvertures** de section **2.50m x 2.50m**

## 2.5. CHOIX DU TYPE DE DALOT

Pour le choix du type de dalot, compte tenu de l'importance de la brèche du cours d'eau à franchir, les dalots ordinaires sur radier et sur semelle sont généralement proscrits.

Le choix du type de dalot s'effectuera selon les critères qui peuvent être résumés à travers le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Choix du type de dalot en fonction de la portée biaisée et du type de sol

Portée biaisée	2	8	12	20
Mauvais sol	Cadre			Portique sur pieux
Bon sol	Cadre		Portique sur semelle	

*Source : Guide de conception de Ponts-Cadres et portiques, SETRA*

### 2.5.1. Première variante de dalot

Le sol support de la première variante de dalot est un sol résistant et la portée biaisée du dalot étant égale à 11.50m est comprise entre 8m et 12m. En se basant sur ces informations nous optons pour un dalot **portique sur semelle**.

### 2.5.2. Deuxième variante de dalot

Contrairement à la première variante de dalot, le sol support de la deuxième variante de dalot est un sol peu résistant et la portée biaisée étant comprise entre 8m et 12m alors nous optons pour un **dalot cadre**. Ce choix de dalot est conforme à celui du projet.

**CHAPITRE 3 :  
DIMENSIONNEMENT MECANIQUE  
DES DALOTS**

## CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT MECANIQUE DES DALOTS

### 3.1. DIMENSIONNEMENT DE LA PREMIERE VARIANTE DE DALOT

#### 3.1.1. PREDIMENSIONNEMENT DU DALOT

Le prédimensionnement permet de déterminer les sections des différents éléments des dalots (traverse, piédroit). La détermination de ces dimensions est faite sur la base des recommandations pour les dalots portique sur semelle

#### Convention d'appellation

Dans la suite de ce travail nous allons appeler  $e$  l'épaisseur de la traverse et des piédroits.

#### Conditions d'application des règles du dimensionnement

Il est à noter que ces règles de dimensionnement ont été établies dans les conditions suivantes :

- Ouvrage recevant des charges d'exploitation sans caractère particulier relevant du fascicule 61, titre II, du C.C.T.G. ;
- Ouvrage constitué d'un béton de classe minimale B25, c'est-à-dire de résistance caractéristique au moins égale à 25 MPa ;
- Ouvrage justifié selon la condition d'une fissuration préjudiciable ;
- Ouvrage comportant une couverture de remblai sur la traverse supérieure et
- Ouvrage soumis à l'action horizontale et symétrique d'un remblai de caractéristiques normales (masse volumique de 1,8 à 2,0 t/m<sup>3</sup> ; coefficient de poussée de 0,25 à 0,50)

#### Epaisseur de la traverse et des piédroits

L'épaisseur de la traverse (supérieure) ainsi que des piédroits peut être déterminé par la formule suivante, où «  $l$  » désigne l'ouverture biaise de l'ouvrage :

$$e = \frac{l}{40} + 0.1 \quad \text{où } l \text{ est en m}$$

$$e = \frac{2.5}{40} + 0.1$$

$$e = 0.1625m$$

Prenons  $e=25\text{cm}$

Il convient de corriger l'épaisseur des pénétrations et de la traverse trouvée dans le cas d'un ouvrage sous remblai.

Dans le cas de notre étude le dalot ne recevant pas de remblai, aucune correction ne sera appliquée à l'épaisseur calculée.

### 3.1.2. HYPOTHESES DE CALCUL

#### Réglementations :

- BAEL 91 modifié 99 ;
- FASCICULE 61 : Conception, Calcul et Épreuves des Ouvrages d'Art / TITRE II - Programmes de Charges et Épreuves Des Ponts-Routes.

#### Matériaux

- Béton :  $f_{c28} = 25$  MPa
- Acier : Haute Adhérence Fe 400 / Fissuration préjudiciable
- Enrobage : 3 cm.
- Poids volumique béton armé  $\gamma_1$  : 25 kN/m<sup>3</sup>
- Poids volumique des terres  $\gamma_2$  : 20,00 kN/m<sup>3</sup>
- Coefficient de poussée des terres  $K_a$  :

D'après la formule de RANKINE on a :

$$K_a = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right)$$

$$K_a = 0.33$$

- Classe de dalot

La largeur de la chaussée étant supérieur à 7m le dalot est de classe 1.

Évaluation des charges élémentaires des ouvrages :

- Surcharges sur remblai  $q_1$  : 10 kN/m<sup>2</sup>
- Surcharges routières :

Pour le calcul des surcharges routières nous avons utilisé les systèmes Bc, Bt et Br du fait que le dalot est de classe 1.

Le système Br est un système de vérification localisée et sera donc utilisé pour la vérification de l'ouvrage au poinçonnement. Les systèmes Bc et Bt seront utilisés pour le calcul des surcharges routière

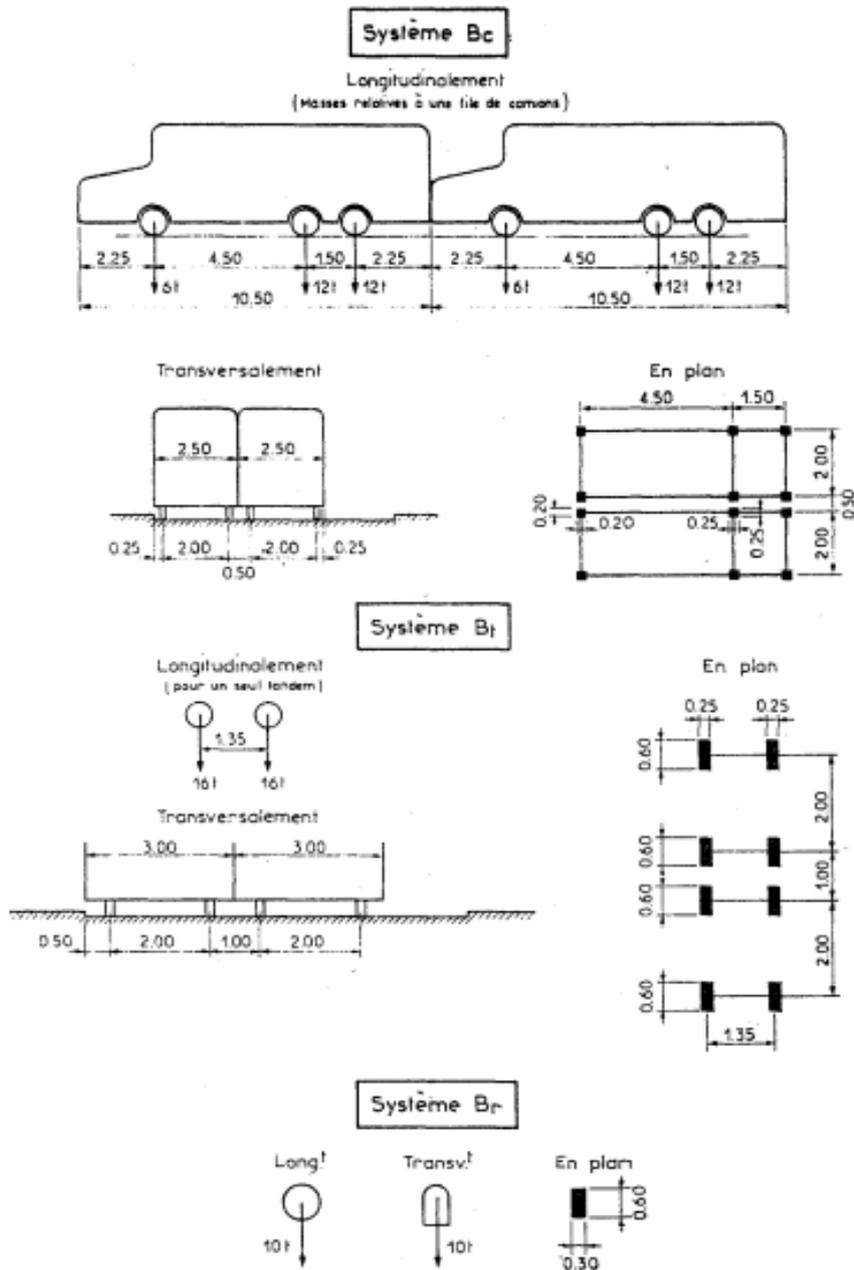


Figure 8 : Schématisation des éléments du système B

### 3.1.3 : GEOMETRIE DE L'OUVRAGE

- Largeur intérieure : 4 x 2,50 m
- Hauteur intérieure H1 : 2,50 m
- Épaisseur tablier e : 0,25 m

- Épaisseur piédroit : 0,25 m
- Largeur entre-axe : 2,75 m
- Hauteur entre-axe : 2,75 m
- Largeur roulable :  $L_r$  :

C'est la distance comprise entre dispositifs de retenue ou bordures ; elle comprend outre la chaussée proprement dite toutes les surlarges éventuelles telles que bande dérasée, bande d'arrêt etc. Dans le présent projet la largeur roulable est égale à :

$$L_r = 12m$$

- Calcul de la largeur chargeable

La largeur chargeable se déduit de la largeur roulable en enlevant une bande de 0.5m le long de chaque dispositif de retenue (glissière ou barrière) lorsqu'il en existe.

$$L_c = L_r - 2 \times 0.5m$$

$$L_c = 12 - 2 \times 0.5m$$

$$L_c = 11m$$

- Calcul du nombre de voie

Le nombre de voie est égal à la partie entière du quotient par 3 de la largeur chargeable.

$$N = \frac{L_c}{3} = \frac{11}{3} = 3.66. \text{ Le nombre de voie est donc égale à } 3.$$

- Hauteur remblai  $H_r$ : 0,00 m (Le tablier est circulaire dans le présent cas)

Influence du sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots : cas de réalisation du dalot quadruple de section 4\*250\*250 sur la rue 10.092 dans le 10ème arrondissement de Cotonou

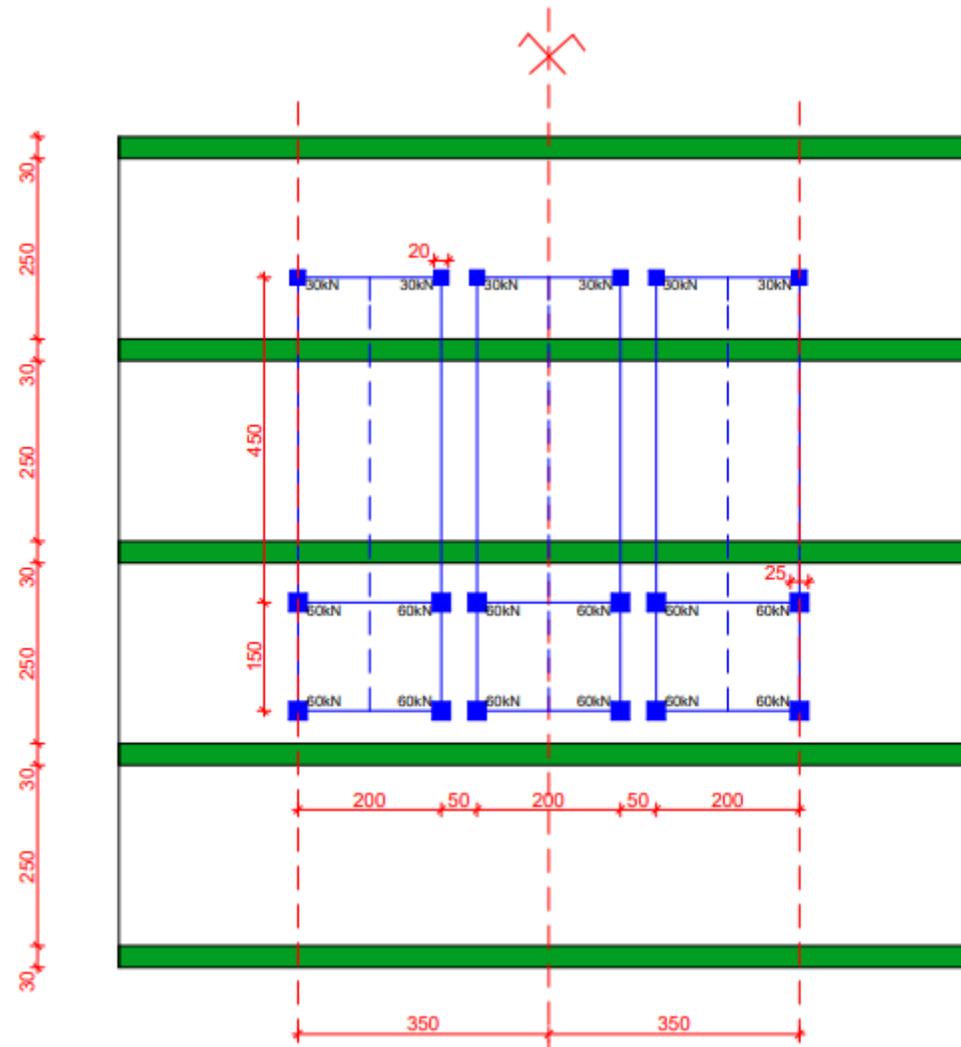


Figure 9 : Vue en plan du dalot avec les chargements possibles du système Bc

Influence du sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots : cas de réalisation du dalot quadruple de section 4\*250\*250 sur la rue 10.092 dans le 10ème arrondissement de Cotonou

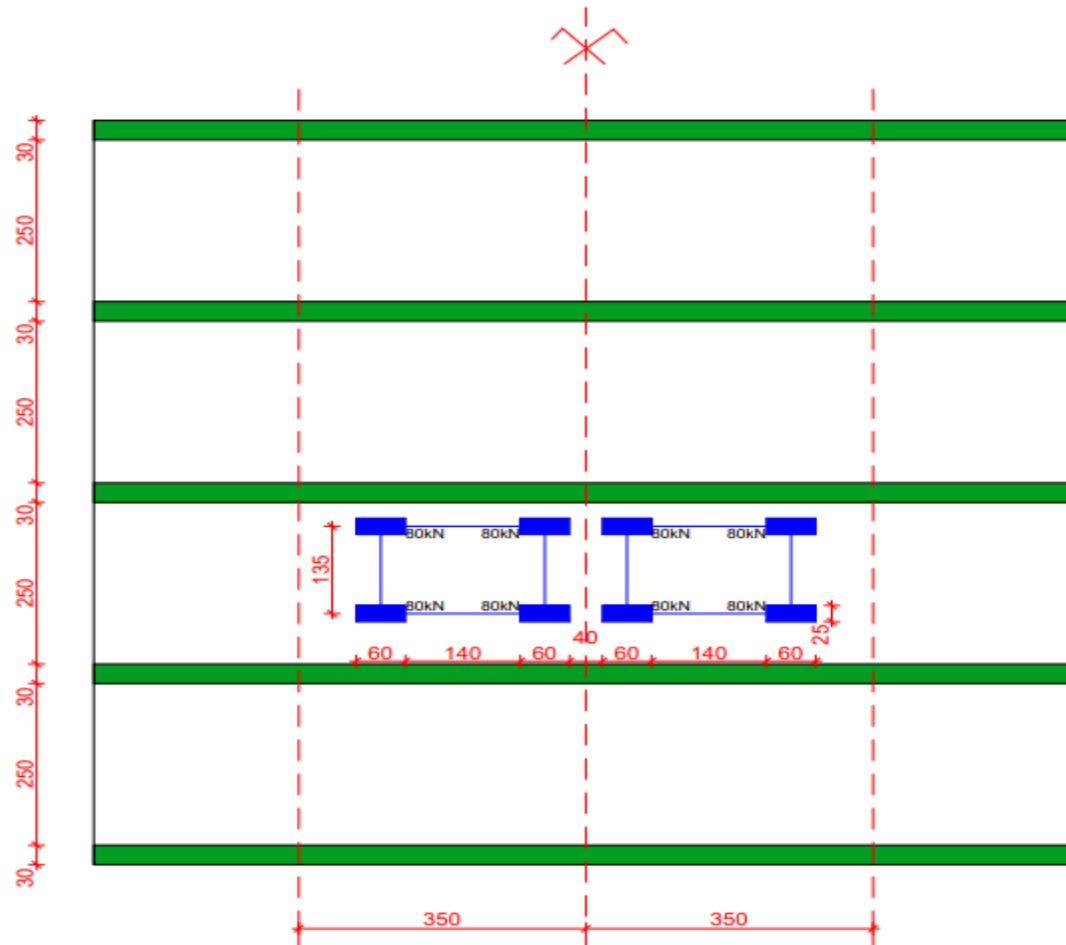


Figure 10 : Vue en plan du dalot avec les chargements possibles du système Bt

### 3.1.4 : EVALUATION DES CHARGES

#### Descente de charges sur le tablier

Le tablier est sollicité à l'action de son poids propre et de la surcharge routière

- Charge permanente (poids propre du tablier)

$$P_p = 25 \times 0.25 \times 1$$

$$P_p = 6.25 \text{ kN} / \text{m}$$

- Charge d'exploitation : la surcharge routière

Coefficient de majoration des systèmes Bc et Bt

Les coefficients de majoration des charges des systèmes Bc et Bt sont déterminés sur la base des tableaux suivants :

Tableau 8 : Valeurs de coefficient Bc en fonction de classe de dalot et du nombre de file

Nombre de file		1	2	3	4	≥5
Classe des ponts	Première	1.20	1.10	0.95	0.8	0.7
	Deuxième	1.00	1.00	-	-	-
	Troisième	1.00	0.80	-	-	-

Tableau 9 : Valeurs du coefficient Bt en fonction de la classe de dalot

Classe du pont	Première	Deuxième
Coefficient	1.0	0.9

Etant donné que le nombre de file est égale à 3, et que le dalot est de classe 1 nous avons :

$$b_c = 0.95 \text{ et } b_t = 1.0$$

- Charge du Système Bc

Nous avons considéré trois files de camions Bc disposés sur le tablier du collecteur ; chaque file est composée d'un camion.

Détermination des surfaces d'influence de calcul

- $t_x = 0.25 + 6 + 2 \times Hr + e$  Avec Hr l'épaisseur du remblai (Hr=0) et e l'épaisseur du tablier (traverse)

$$t_x = 0.25 + 6 + 2 \times 0 + 0.25$$

$$\mathbf{t_x = 6.50m}$$

- $t_y = 0.25 + 1.35 + 2 \times Hr + e = 0.25 + 7 + 0 + 0.25$

$$\mathbf{t_y = 7.50m}$$

Soit P1 la surcharge routière à considérer sur le tablier

$$P_1 = \frac{b_c (12 \times 60 + 6 \times 30)}{t_x \times t_y} ; P_1 = \frac{0.95(12 \times 60 + 6 \times 30)}{6.50 \times 7.50}$$

$$\mathbf{P_1=17.54 \text{ kN/m}^2}$$

○ **Charge du Système Bt**

Conformément au fascicule 61 Titre II, nous ne pouvons disposer que deux (02) tandem sur le tablier du collecteur.

Détermination des surfaces d'influence de calcul

- $t_x = 0.25 + 1.35 + 2 \times Hr + e$

$$t_x = 0.25 + 1.35 + 2 \times 0 + 0.25$$

$$\mathbf{t_x = 1.85m}$$

- $t_y = 0.60 + 5 + 2 \times Hr + e$

$$t_y = 0.60 + 5 + 2 \times 0 + 0.25$$

$$\mathbf{t_y = 5.85m}$$

Soit P2 la surcharge routière à considérer sur le tablier

$$L ; P_2 = \frac{1.0 \times 8 \times 80}{1.85 \times 5.85}$$

$$\mathbf{P_2=59.14 \text{ kN/m}^2}$$

Soit P' la charge la plus défavorable

$$P' = \max(P_1 ; P_2)$$

$$P' = \max(17.54 ; 59.14)$$

$$P' = 59.14 \text{ kN/m}^2 ; \text{ prenons } P' = 60 \text{ kN/m}^2$$

- Calcul du coefficient de majoration dynamique  $\delta$

Le coefficient de majoration dynamique est unique pour les charges Bc et Bt (Cf. article 5 paragraphe 5.5 du fascicule 61 titre 2) et est calculé de la manière suivante :

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

L : longueur de calcul

$$L = \min \left[ \text{Sup}(L_r ; L_{rive}) ; L_c \right]$$

$L_{rive}$  est la largeur entre-axe des pénétrations extrêmes

$$L_{rive} = 11m$$

$$L = \min \left[ \text{Sup}(12; 11) ; 11 \right]$$

$$L = 11m$$

G : Poids de la section de calcul

$$G = 0.25 \times 11.25 \times 12 \times 25 ; \quad \mathbf{G = 843.75 \text{ kN}}$$

S : surcharge B (pondérée) qu'il est possible de disposer sur l'ouvrage ;

$$S = S_{Bt} \text{ avec } S_{Bt} = b_t \times N_{file} \times P_{long, Bt}$$

$$P_{long, Bt} = 4 \times 80 = 320kN \Leftrightarrow S_{Bt} = 1 \times 2 \times 320 \Leftrightarrow S_{Bt} = 640kN$$

$$S = 640$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 11} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{843.75}{640}} \quad \delta = 1.2$$

En conclusion la surcharge à considérer sur le tablier est :

$$P = \delta \times P' = 1.2 \times 60$$

**P=74 kN/m<sup>2</sup>.**

Etant donné que le tablier sera dimensionné comme une poutre sur une bande de 1m la surcharge linéaire est donc :

**P=72 kN/ml**

- **Descente de charge sur les pénétrations de rive**
  - Charge permanente

Le diagramme du poids propre du pénétration est un diagramme triangulaire, c'est à dire que le poids du pénétration est nul à une extrémité. La valeur du poids à l'autre est :

$$P_p = 25 \times 0.25 \times 2.5$$

$$P_p = 15.625 \text{ kN} / m$$

Nous avons considéré qu'agissent sur les pénétrations de rive la poussée des terres (charge permanente) et la surcharge sur remblai (charge d'exploitation). Soit P2 la charge au sommet et P3 la charge à la base d'un pénétration de rive.

$$P_2 = \left( \gamma_2 \left( H_r + \frac{e_1}{2} \right) \times K_a \right) + q_1 \times K_a \times \gamma_q \text{ avec } \gamma_q = 1$$

Hr l'épaisseur de remblai ; e1 l'épaisseur du tablier (traverse) ; Ka le coefficient de poussée de terre ; q1 la surcharge sur remblai et  $\gamma_2$  le poids volumique de la terre

$$P_2 = \left( 20 \times \left( 0 + \frac{0.25}{2} \right) \times 0.33 \right) + 10 \times 0.33 \times 1 = 4.125 \text{ kN} / m^2$$

Prenons **P<sub>2</sub> = 5 kN/m<sup>2</sup>**

$$P_3 = \left( \gamma_2 \left( H_r + e_1 + H_1 + \frac{e_2}{2} \right) \times K_a \right) + q_1 \times K_a \times \gamma_q \text{ Avec :}$$

$e_2$  l'épaisseur du radier :  $e_2 = 0$  car le dalot est portique sur semelle

H1 la hauteur d'une ouverture du dalot H1=2.5 m

$$P_3 = \left( 20(0 + 0.25 + 2.65 + 0) \times 0.33 \right) + 10 \times 0.33 \times 1 = 23.275 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Prenons  $P_3 = 24 \text{ kN/m}^2$

Etant donné que le piédroit sera dimensionné sur une bande de 1m, nous avons :

$P_2 = 5 \text{ kN/ml}$  et  $P_3 = 24 \text{ kN/ml}$

○ Récapitulatif de la descente de charges

Tableau 10 : Récapitulatif de la descente des charges

Eléments de l'ouvrage	Charge permanente(kN/ml)	Charges d'exploitation (kN//ml)
Tablier	6.25	72
Piédroit de rive de gauche	20,625 à 39,625	0,00
Piédroit de rive de droite	20,625 à 39,625	0,00

○ Épure montrant le chargement du tablier

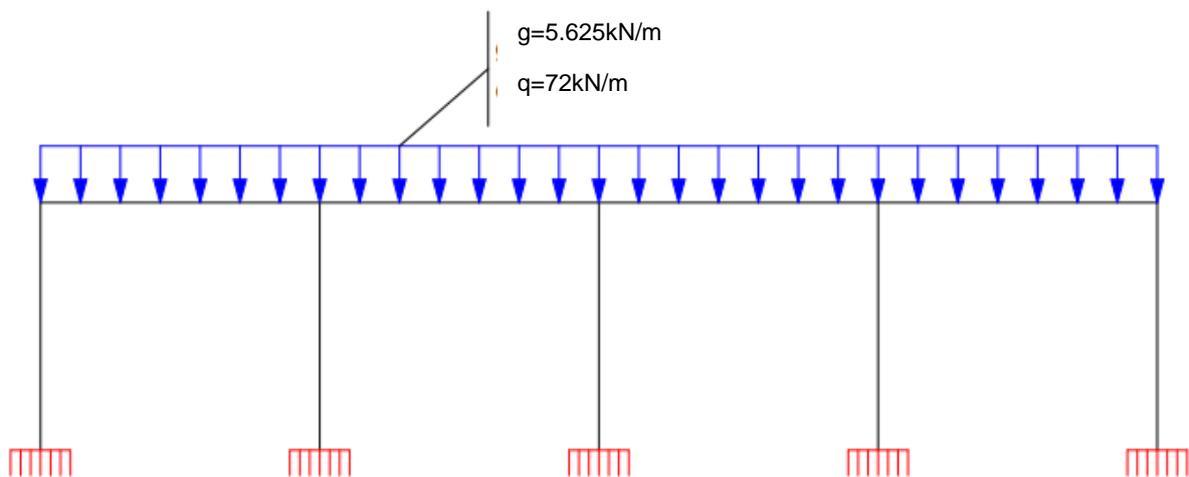


Figure 11 : Epure du chargement du tablier

- Épures montrant le chargement du piédroit de rive gauche

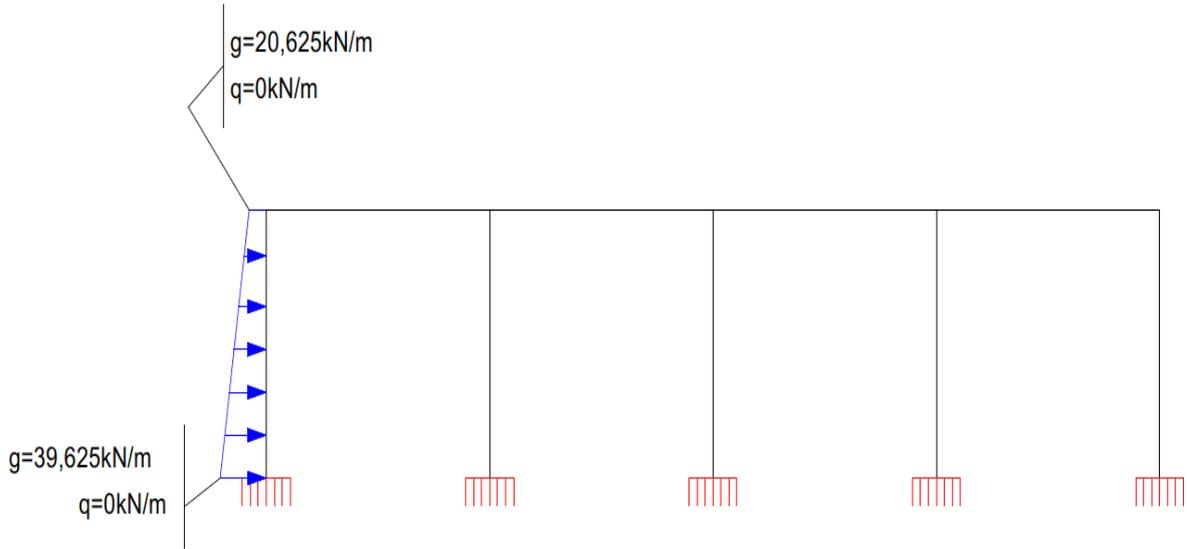


Figure 12 : Epure du chargement du piédroit de rive de gauche

- Épures montrant le chargement du piédroit de rive droite

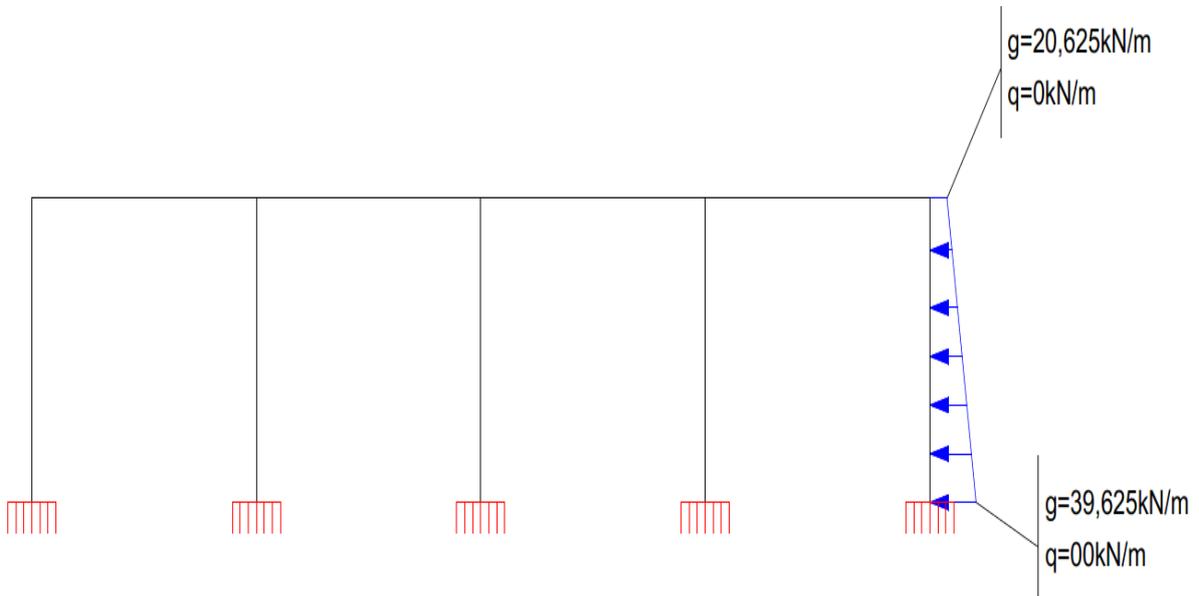


Figure 13 : Epure du chargement du piédroit de rive de droite

○ Cas de chargement

Tableau 11 : Cas de chargement

N° chargement	Types d'analyse	Nature de la combinaison	Définition
Tablier	Combinaison linéaire	ELS	$g + q = 77.625kN / ml$
Piédroit de rive	Combinaison linéaire	ELS	20,625kN/ml à 39,625kN/ml

### 3.1.5 : EVALUATION DES SOLLICITATIONS

Les sollicitations représentent les moments et les efforts qui agissent sur une structure donnée. Il est donc primordial de comprendre les sollicitations statiques ainsi que leur répartition, afin de dimensionner correctement tous les éléments du dalot.

Le domaine de génie civil bénéficie de nombreux logiciel qui permettent d'offrir une modélisation précise des charges et permettent une analyse complète des sollicitations exercées sur une structure. Parmi les logiciels nous pouvons citer : Robot structural Analysis, SAP2000, ANSYS, RDM7 etc....

Pour notre étude nous avons choisi d'utiliser le logiciel RDM7 pour évaluer les sollicitations exercées sur le dalot.

Grace à cette analyse nous disposons de données précieuses sur les efforts internes, tels que les moments fléchissant, les efforts tranchants et les efforts normaux qui jouent un rôle essentiel dans le dimensionnement du dalot.

- **L'épure des moments fléchissant**

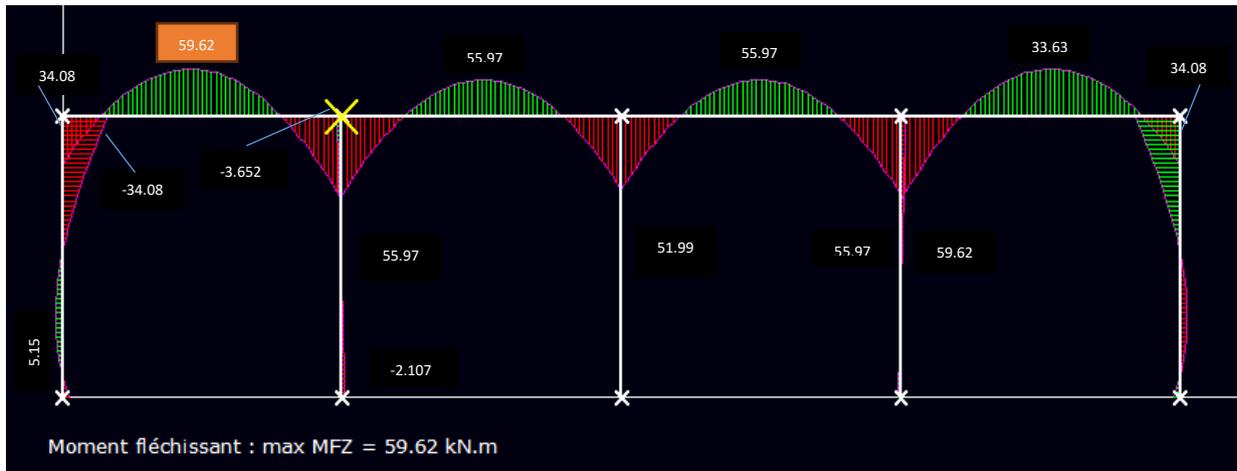


Figure 14 : Diagramme des moments fléchissant

- **L'épure des efforts tranchant**

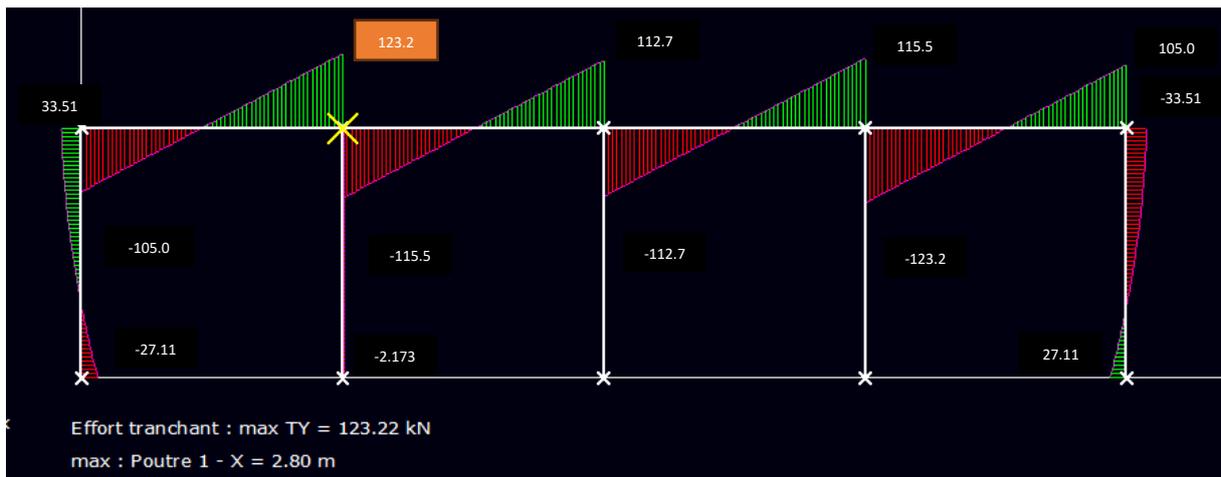


Figure 15 : Diagramme des efforts tranchants

- **Epure des efforts normaux**

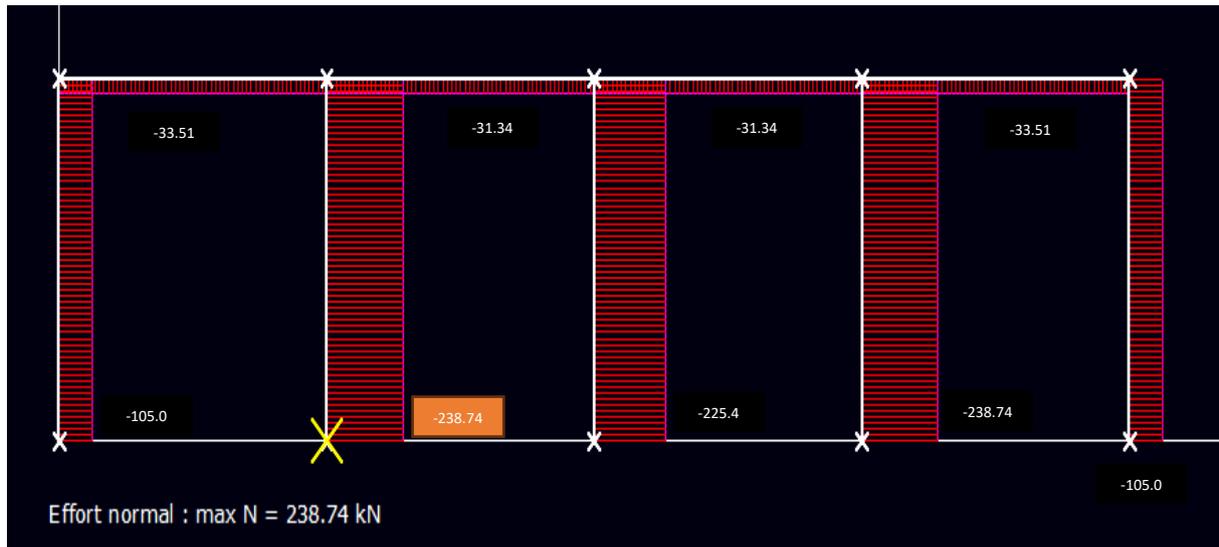


Figure 16 : Diagramme des efforts normaux

- **Récapitulatif des sollicitations**

Tableau 12 : Récapitulatif des sollicitations

Partie d'ouvrage	My max (+)	My min (-)	Tz max
Tablier	59.62	59.62	<b>123.2</b>
Piedroits	<b>5.15</b>	<b>34.08</b>	<b>33.55</b>

### 3.1.6 : VERIFICATIONS

- **Vérification de la contrainte de cisaillement dans le tablier**

Elle est vérifiée par la formule ci-après :  $\tau_u = \frac{V_u}{bd_0} \leq 0.05 f_{c28}$

Suivant l'axe ZZ on a :  $\tau_u = \frac{V_u}{bd_0} \leq 0.05 f_{c28}$

$$\tau_u = \frac{123.2}{1 \times 0.23 \times 1000} = 0.536 \text{ MPa} \leq 0.05 \times 25 = 1.25 \text{ MPa}$$

La contrainte de cisaillement dans le tablier est vérifiée

• **Vérification du poinçonnement sous l'effet de Br**

Elle est vérifiée par la formule suivante :

$$Q_u = 1.6 \times 10t \times \delta \leq \frac{0.045 \times U_c \times f_{c28}}{\gamma_b} \text{ avec } \delta_{Br} = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2L} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}} \text{ où :}$$

L=11m ; G=843.75kN

La charge S pour le cas du système Br est de 10t, ce qui équivaut à une charge de 100kN.

S=100kN

$$\delta_{Br} = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 11} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{843.75}{100}} \qquad \delta_{Br} = 1.14$$

$t_x = 0.6 + 2 \times Hr + e$  avec e l'épaisseur du tablier

$t_x = 0.6 + 2 \times 0 + 0.25$

**$t_x = 0.85m$**

$t_y = 0.3 + 2 \times Hr + e$

$t_y = 0.3 + 2 \times 0 + 0.25$

**$t_y = 0.55m$**

$Q_u = 1.6 \times 100 \times 1.14 = 182.4kN$

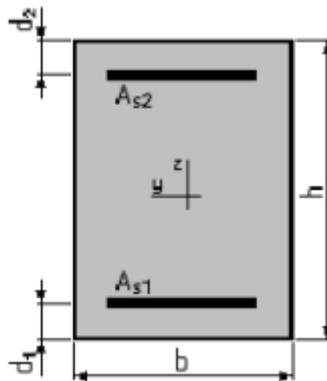
$U_c = 2(t_x + t_y) = 2(0.85 + 0.55) = 2.80m$

$$\frac{0.045 \times U_c \times h \times f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0.045 \times 2.80 \times 0.25 \times 25 \times 10^3}{1.50} = 525kN$$

$Q_u = 182.4kN \leq \frac{0.045 \times U_c \times h \times f_{c28}}{\gamma_b} = 525kN$  alors la condition de non poinçonnement

est vérifiée.

### 3.1.7 : DETERMINATION DES SECTION D'ACIER



Données de base :

- La résistance en compression à 28 jours :  $f_{c28}=25\text{MPa}$
- La résistance en traction à 28 jours :  $f_{t28}=0.6+0.06*f_{c28}=2.1\text{MPa}$
- Contrainte limite de compression :  $\sigma_{bc} = 0.6 f_{c28} = 15\text{MPa}$
- Nuance d'acier : *FeE400*
- Type de fissuration : préjudiciable
- Contrainte admissible de l'acier :

$$\sigma_{st} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} f_e \\ \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} f_e \\ 110\sqrt{\eta \times f_{t28}} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\sigma_{st} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} \times 400 \\ \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} \times 400 \\ 110\sqrt{1.6 \times 2.1} \end{array} \right. \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 266.67 \\ \max \left\{ \begin{array}{l} 200 \\ 201.63 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\sigma_{st} = 201.63\text{MPa}$$

- Détermination de la position de l'axe neutre

$$\alpha = \frac{\sigma_{bc}}{\sigma_{bc} + \frac{\sigma_{st}}{15}} = \frac{15}{15 + \frac{201.63}{15}} = 0.53$$

$$y = \alpha d = 0.53 \times 0.27 = 0.1431m ; \quad \mathbf{y=0.1431m}$$

$$z = d \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right)$$

- Bras de levier z : **z=0.222m**

$$z = 0.27 \left( 1 - \frac{0.53}{3} \right)$$

- Calcul de moment résistant du béton Mrb

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \times b \times d^2 \times \alpha \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right) \times \bar{\sigma}_{bc}$$

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0.27^2 \times 0.53 \left( 1 - \frac{0.53}{3} \right) \times 15$$

$$M_{rbser} = 0.23858 \text{ MN.m} \text{ soit } \mathbf{M_{rb} = 238.58 \text{ kN.m}}$$

• **Section en travée du tablier**

La dalle supérieure se dimensionne comme une poutre de section rectangulaire **b x h**. La démarche de calcul étant la même nous présentons ici un exemple de calcul des aciers à mi-travée. Les autres résultats seront donnés sous forme de tableaux

$$\mathbf{M_{ser} = 59.62 \text{ kN.m}}$$

**Nécessité d'aciers comprimés**

Le moment résistant Mrbser est supérieur au moment de service Mser alors il n'y a pas d'acier comprimé

**La section d'acier est :**  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{59.62}{201.63 \times 1000 \times 0.222} \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \mathbf{A_{st} = 13.32 \text{ cm}^2}$$

**La section d'acier minimale est**  $A_{min} = 0.23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$

$$A_{min} = 0.23 \times 1 \times 0.27 \times \frac{2.10}{400} \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \mathbf{A_{smin} = 3.26 \text{ cm}^2}$$

$A_{st} \geq A_{s\min}$  alors la section d'acier minimale est vérifiée. Par conséquence la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = 13.32 \text{ cm}^2$$

Retenons donc **7HA16** totalisant une section de **14.07 cm<sup>2</sup>**

La section d'acier de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{13.32}{4} \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_r = 3.33 \text{ cm}^2$$

Prenons pour les armatures de répartition **7HA10** totalisant une section de **5.495 cm<sup>2</sup>**

- **Section d'armatures en appuis du tablier**

$$M_{ser} = 59.62 \text{ kN.m}$$

**Nécessité d'aciers comprimés**

Le moment résistant  $M_{rbser}$  est supérieur au moment de service  $M_{ser}$  alors il n'y a pas d'acier comprimé

$$\text{La section d'acier est : } A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$$

$$A_{st} = \frac{59.62}{201.63 \times 1000 \times 0.222} \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_{st} = 13.32 \text{ cm}^2$$

$$\text{La section d'acier minimale est } A_{\min} = 0.23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{\min} = 0.23 \times 1 \times 0.27 \times \frac{2.10}{400} \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_{s\min} = 3.26 \text{ cm}^2$$

$A_{st} \geq A_{s\min}$  alors la section d'acier minimale est vérifiée. Par conséquence la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = 13.32 \text{ cm}^2$$

Retenons donc **7HA16** totalisant une section de **14.07 cm<sup>2</sup>**

La section d'acier de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{13.32}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow A_r = 3.33 \text{ cm}^2$$

Prenons pour les armatures de répartition **7HA10** totalisant une section de **5.495 cm<sup>2</sup>**

- **Section d'armatures en travée et en appui des piédroits**

La section d'armatures principales est :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{34.08}{201.63 \times 1000 \times 0.222} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow A_{st} = 7.61 \text{ cm}^2$$

$A_{st} \geq A_{s,min}$  alors la section d'acier minimale est vérifiée. Par conséquent la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = 7.61 \text{ cm}^2$$

Retenons donc **7HA12** totalisant une section de **7.91 cm<sup>2</sup>**

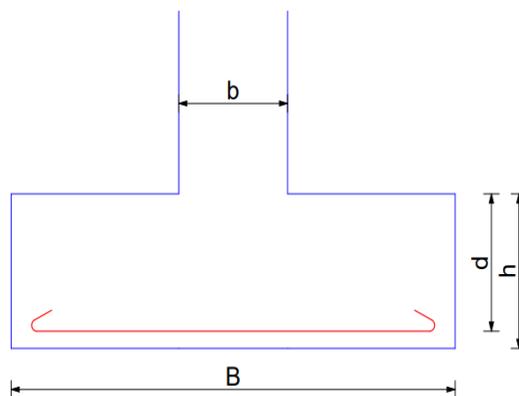
La section d'armatures de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{7.61}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow A_r = 1.90 \text{ cm}^2$$

Choix d'armatures de répartition : **7HA10** avec une section totale de **5.495 cm<sup>2</sup>**

- **Calcul de la section d'armatures des semelles sous piédroits de rive**

Les semelles sous les piédroits sont des semelles continues sous murs et seront donc calculées sur une bande de 1m.



La contrainte du sol sera prise égale à 1.50bar soit 150kPa

### Calcul de l'aire approchée de la surface portante S1

$$S_1 = \frac{N_{ser}}{\sigma_{sol}} \text{ où } \overline{\sigma_{sol}} \text{ est la contrainte admissible du sol.}$$

$$S_1 = \frac{105}{150} = 0.7m^2 / m$$

### Calcul des dimensions de la semelle

- $B \geq \frac{S_1}{1.00} = \frac{1.05}{1.00} = 1.05m$ . Prenons B=1.20m
- Hauteur utile

$$\frac{B-b}{4} \leq d \leq B-b \Rightarrow \frac{120-25}{4} = 23.75 \leq d \leq 120-25 = 95. \text{ Prenons } d=35cm$$

- Hauteur total  $h = d + 5cm = 35 + 5cm$      **h=40cm**

### Contrôle de la contrainte sur le sol

Le contrôle de la contrainte sur le sol est fait par la formule suivante :

$$\sigma_{sol} = \frac{N_{ser} + PP_{semelle}}{A.B} \leq \overline{\sigma_{sol}} \text{ où } PP_{semelle} \text{ est le poids propre de la semelle}$$

$$\sigma_{sol} = \frac{N_{ser} + PP_{semelle}}{A.B} = \frac{105 + 25 \times 0.4 \times 1.20}{1 \times 1.20} = 97.5kPa$$

$\sigma_{sol} \leq \overline{\sigma_{sol}}$  alors la contrainte du sol est vérifiée

### Calcul des sections d'armatures

- Nappe inférieure // à B :  $A_{ux} = \frac{N_u (B-b)}{8d\sigma_{st}}$

$$A_{ux} = \frac{105(1.20 - 0.25)}{8 \times 0.35 \times 201.63 \times 1000} \qquad \mathbf{A_{ux}=1.77cm^2}$$

La fissuration étant préjudiciable la section d'armatures est :

$$A_x = 1.1A_{ux} = 1.1 * 1.77 \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_x = 1.95 \text{cm}^2$$

- Nappe supérieure  $\perp$  B :  $A_y = \frac{A_x}{4}$

$$A_y = \frac{1.95}{4} \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_y = 0.49 \text{cm}^2/\text{m}$$

- Section d'acier minimale de répartition :  $A_{y_{\min}} = 2 \text{cm}^2$  car le type d'armature est FeE400

La section des armatures de la nappe supérieure est donc  $A_y = 2 \text{cm}^2/\text{m}$

### Calcul de la section d'armatures des semelles sous piédroits intermédiaires

#### Calcul de l'aire approchée de la surface portante S1

$$S_1 = \frac{N_{ser}}{\sigma_{sol}} \quad \text{où } \sigma_{sol} \text{ est la contrainte admissible du sol.}$$

$$S_1 = \frac{238.74}{150} = 1.5916 \text{m}^2 / \text{m}$$

#### Calcul des dimensions de la semelle

- $B \geq \frac{S_1}{1.00} = \frac{1.5916}{1.00} = 1.5916 \text{m}$ . Prenons  $B = 1.80 \text{m}$
- Hauteur utile :  

$$\frac{B - b}{4} \leq d \leq B - 4 \Rightarrow \frac{180 - 25}{4} = 38.75 \leq d \leq 180 - 25 = 155$$
 Prenons donc  $d = 45 \text{cm}$
- Hauteur total  $h = d + 5 \text{cm} = 45 + 5 \text{cm} \quad \mathbf{h = 50 \text{cm}}$

#### Contrôle de la contrainte sur le sol

Le contrôle de la contrainte sur le sol est fait par la formule suivante :

$$\sigma_{sol} = \frac{N_{ser} + PP_{semelle}}{A.B} \leq \sigma_{sol} \quad \text{où } PP_{semelle} \text{ est le poids propre de la semelle}$$

$$\sigma_{sol} = \frac{N_{ser} + PP_{semelle}}{A.B} = \frac{238.74 + 25 * 0.5 * 1.80}{1.80} = 145.13 \text{kPa}$$

$\sigma_{sol} \leq \overline{\sigma_{sol}}$  alors la contrainte du sol est vérifiée

### Calcul des sections d'armatures

- Nappe inférieure // à B :  $A_{ux} = \frac{N_u (B - b)}{8d\overline{\sigma_{st}}}$

$$A_{ux} = \frac{238.74(1.80 - 0.3)}{8 \times 0.3 \times 201.63 \times 1000} \quad \mathbf{A_{ux}=5.10cm^2}$$

La fissuration étant préjudiciable la section d'armatures est :

$$A_x = 1.1A_{ux} \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \mathbf{A_x=5.61cm^2/m}$$

- Nappe supérieure  $\perp$  B :  $A_y = \frac{A_x}{4}$

$$A_y = \frac{5.61}{4} \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \mathbf{A_y=1.4cm^2/m}$$

- Section d'acier minimale de répartition :  $A_{y_{min}} = 2cm^2$  car le type d'armature est FeE400

La section des armatures de la nappe supérieure est donc  $A_y=2cm^2/m$

**NB** : Les plans d'exécution du de la première variante de dalot sont présentés dans l'annexe 2

### 3.2. DIMENSIONNEMENT DE LA DEUXIEME VARIANTE DE DALOT

#### 3.2.1. RAPPEL SUR LA GEOMETRIE DE L'OUVRAGE

- Largeur intérieure : 4 x 2,50 m
- Hauteur intérieure H1 : 2,50 m
- Épaisseur tablier e : 0,3 m
- Épaisseur piédroit : 0,30 m
- Largeur entre-axe : 2,75 m
- Hauteur entre-axe : 2,75 m
- Largeur roulable :  $L_r = 12\text{m}$
- Calcul de la largeur chargeable :  $L_c = 11\text{m}$
- Calcul du nombre de voie  $N=3$
- Hauteur remblai  $H_r$ : 0,00 m (Le tablier est circulaire dans le présent cas)

#### 3.2.2. EVALUATION DES CHARGES

Dans cette section le poids propre des éléments du dalot et sont utilisé automatiquement par le logiciel Robot Structural Analysis utilisé pour la modélisation. Nous allons donc juste faire le rappel des charges agissant sur les éléments calculés dans le chapitre 5.

Tableau 13 : Récapitulatif de la descente des charges

Parties d'ouvrage	Chargements (kN/m)
Tablier	72
Piédroit de rive de gauche	5 à 24
Piédroit de rive de droite	5 à 24

- **Épures montrant le chargement du tablier**

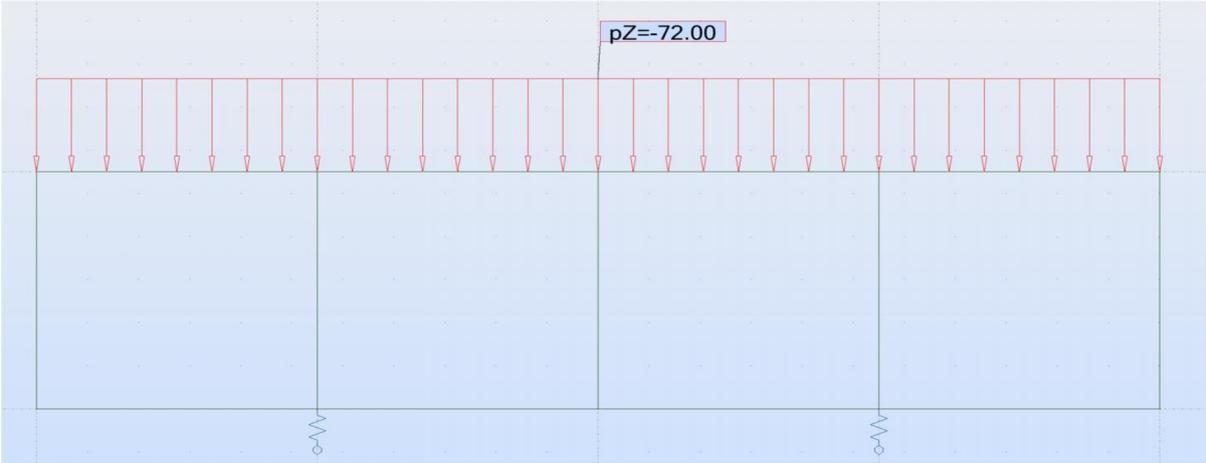


Figure 17 : Epure du chargement du tablier

- **Épures montrant le chargement du piédroit de rive gauche**



Figure 18 : Chargement du piédroit de rive de gauche

- **Épures montrant le chargement du piédroit de rive droite**

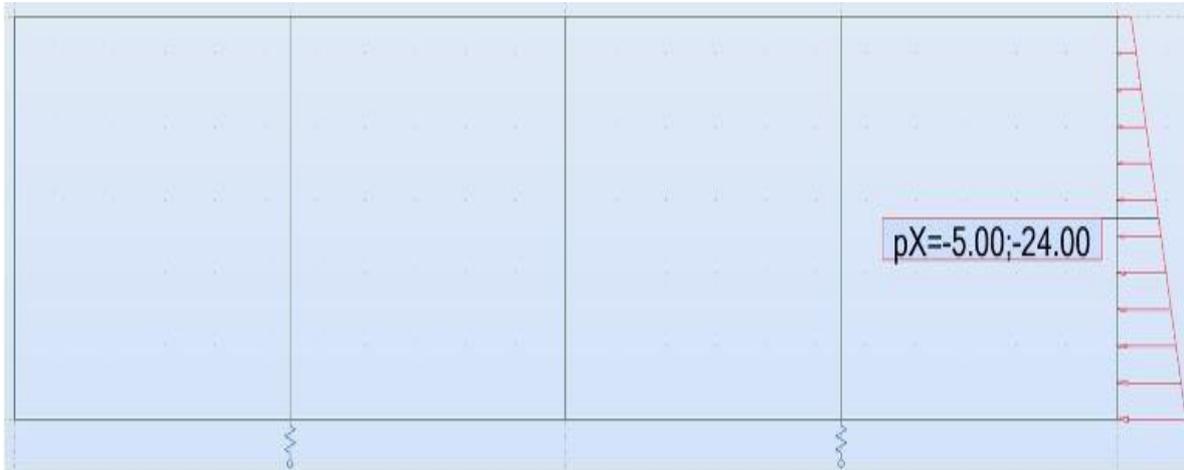


Figure 19 : Chargement du piédroit de rive de droite

### 3.2.3. EVALUATION DES SOLLICITATIONS

- **L'épure des moments fléchissant**

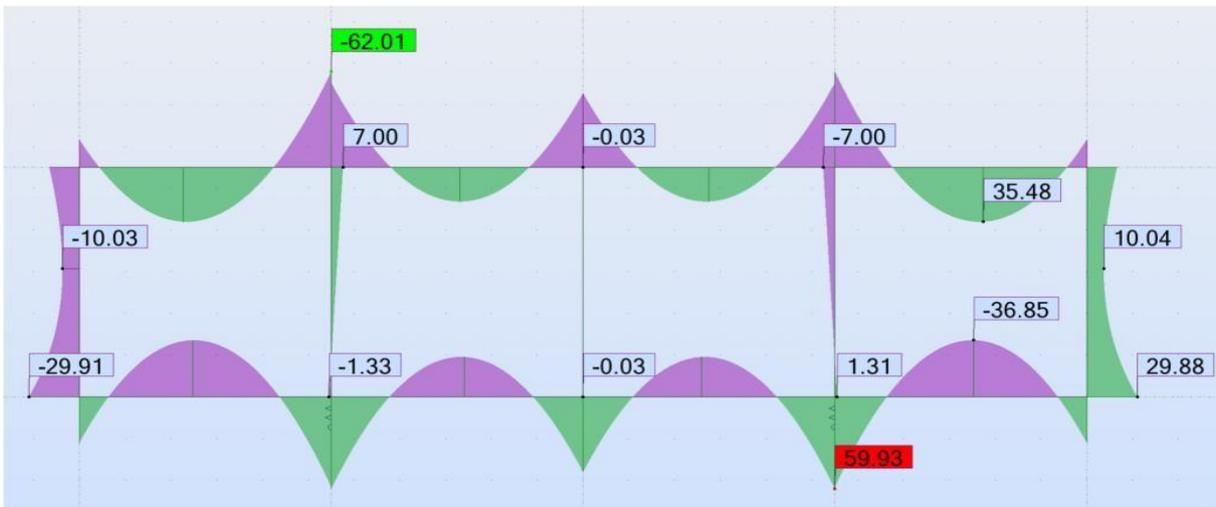


Figure 20 : Diagramme des moments fléchissant

- **L'épure des efforts tranchant**

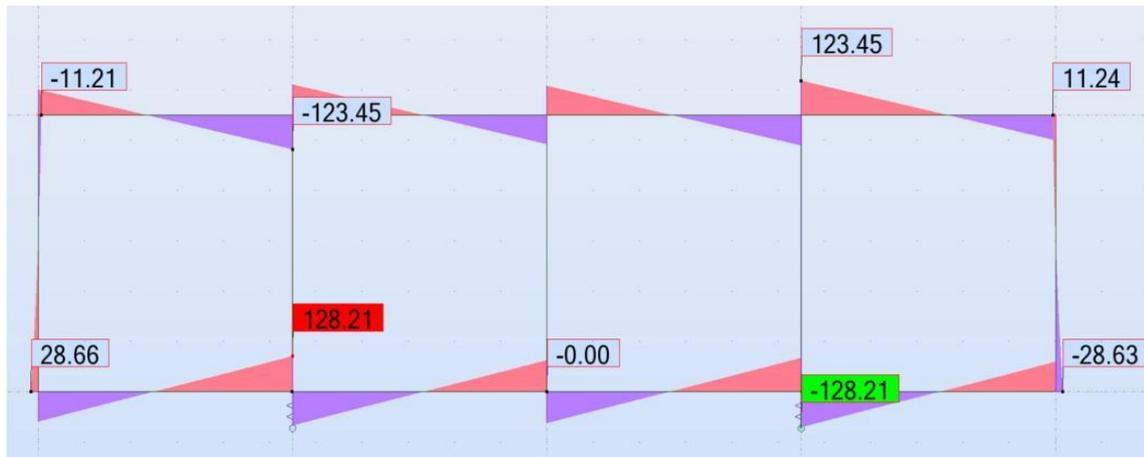


Figure 21 : Diagramme des efforts tranchants

- **Epure des efforts normaux**



Figure 22 : Diagramme des efforts normaux

- **Récapitulatif des sollicitations**

Tableau 14 : Récapitulatif des sollicitations

Parties d'ouvrage	My max (+) en kN/m	My max (-) en kN/m	Tz max kN
Tablier	35.48	62.01	123.45
Radier	59.93	36.85	128.21
Piédroit de rive	29.91	10.04	-
Piédroit intermédiaire	7.00	1.33	-

- **Vérification de la contrainte de cisaillement dans le tablier et dans le radier**

Elle est vérifiée par la formule ci-après :  $\tau_u = \frac{V_u}{bd_0} \leq 0.05 f_{c28}$

Suivant l'axe ZZ on a :  $\tau_u = \frac{128.21}{1 \times 0.23 \times 1000} = 0.557 \leq 0.05 \times 25 = 1.25$

La contrainte de cisaillement dans le tablier et dans le radier est **vérifiée**

**Contrainte sous radier**

Poids propre ouvrage :  $(11.25 * 3 - 4 * 2.50 * 2.50) * 1 * 25 = 218.75 kN$

Poids de l'eau :  $4 * 2.50 * 2.50 * 1 * 10 = 250 kN$

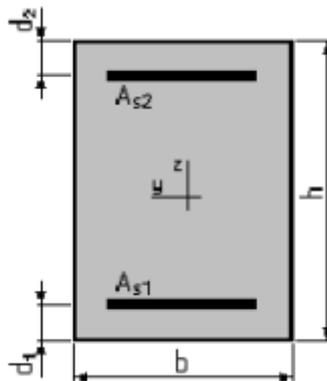
Surcharge sur le tablier : 72kN

Poids total : **540.75kN**

Surface au sol du radier :  $11.25 * 1 = 11.25 m^2$

Contrainte sous le radier :  $\frac{540.75}{11.25} = 48.06 kN / m^2$

**3.2.4. DETERMINATION DES SECTIONS D'ACIER**



- **Tablier**

La dalle supérieure se dimensionne comme une poutre de section rectangulaire **b x h**. La démarche de calcul étant la même nous présentons ici un exemple de calcul des aciers à mi-travée. Les autres résultats seront donnés sous forme de tableaux

○ Données de base :

- La résistance en compression à 28 jours :  $f_{c28}=25MPa$
- La résistance en traction à 28 jours :  $f_{t28}=0.6+0.06*f_{c28}=2.1MPa$
- Contrainte limite de compression :  $\sigma_{bc} = 0.6 f_{c28} = 15MPa$
- Nuance d'acier :  $FeE400$
- Type de fissuration : préjudiciable
- Contrainte admissible de l'acier :

$$\sigma_{st} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} f_e \\ \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} f_e \\ 110\sqrt{\eta} \times f_{t258} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\sigma_{st} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} \times 400 \\ \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} \times 400 \\ 110\sqrt{1.6} \times 2.1 \end{array} \right. \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 266.67 \\ \max \left\{ \begin{array}{l} 200 \\ 201.63 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\sigma_{st} = 201.63MPa$$

- Détermination de la position de l'axe neutre

$$\alpha = \frac{\sigma_{bc}}{\sigma_{bc} + \frac{\sigma_{st}}{15}} = \frac{15}{15 + \frac{201.63}{15}} = 0.53$$

$$y = \alpha d = 0.53 \times 0.23 = 0.122m ; \quad \mathbf{y=0.1431m}$$

$$z = d \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right)$$

- Bras de levier z :  $\mathbf{z=0.189m}$

$$z = 0.23 \left( 1 - \frac{0.53}{3} \right)$$

- Calcul de moment résistant du béton  $M_{rb}$

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \times b \times d^2 \times \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \times \bar{\sigma}_{bc}$$

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0.23^2 \times 0.53 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 15$$

Mrbser=0. 17313MN.m soit **Mrb=173.13 kN.m**

○ Section en travée du tablier

**Mser = 35.48kN.m**

**Nécessité d'aciers comprimés**

Le moment résistant Mrbser est supérieur au moment de service Mser alors il n'y a pas d'acier comprimé

La section d'acier est :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{35.48}{201.63 \times 1000 \times 0.189} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \mathbf{A_{st}=9.31cm^2}$$

La section d'acier minimale est  $A_{min} = 0.23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$

$$A_{min} = 0.23 \times 1 \times 0.23 \times \frac{2.10}{400} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \mathbf{A_{smin}=2.77cm^2}$$

$A_{st} \geq A_{smin}$  alors la section d'acier minimale est vérifiée. Par conséquence la section d'armatures à retenir est :

**Ast= 9.31cm<sup>2</sup>**

La section d'acier de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{9.31}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \mathbf{A_r = 2.33cm^2}$$

○ Section d'armatures en appui du tablier

La section d'armatures principales est :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{62.01}{201.63 \times 1000 \times 0.189} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_{st} = 16.27 \text{ cm}^2$$

$A_{st} \geq A_{s\min}$  alors la section d'acier minimale est vérifiée. Par conséquent la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = 16.27 \text{ cm}^2$$

La section d'armatures de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{16.27}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_r = 4.07 \text{ cm}^2$$

• Piédroits

○ Section d'armatures en travée des piédroits de rive

La section d'acier est :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{10.04}{201.63 \times 1000 \times 0.189} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_{st} = 2.63 \text{ cm}^2$$

$A_{st} \leq A_{s\min}$  alors la section d'acier minimale n'est vérifiée. Par conséquent la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = A_{s\min} = 2.77 \text{ cm}^2$$

La section d'acier de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{2.63}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_r = 0.66 \text{ cm}^2$$

○ Section d'armatures en appui des piédroits de rive

La section d'armatures principales est :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{29.91}{201.63 \times 1000 \times 0.189} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow A_{st} = 7.85 \text{ cm}^2$$

$A_{st} \geq A_{s,\min}$  alors la section d'acier minimale est vérifiée. Par conséquent la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = 7.85 \text{ cm}^2$$

La section d'armatures de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{7.85}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow A_r = 1.96 \text{ cm}^2$$

- Section d'armatures en travée et en appuis des piédroits intermédiaires

La section d'acier est :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{4.27}{201.63 \times 1000 \times 0.189} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow A_{st} = 1.12 \text{ cm}^2$$

$A_{st} \leq A_{s,\min}$  alors la section d'acier minimale n'est vérifiée. Par conséquent la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = A_{s,\min} = 2.77 \text{ cm}^2$$

La section d'acier de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{2.63}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow A_r = 0.66 \text{ cm}^2$$

- **Radier**
  - Section d'armatures en travée du radier

$$M_{ser} = 36.85 \text{ kN.m}$$

#### Nécessité d'aciers comprimés

Le moment résistant  $M_{rbser}$  est supérieur au moment de service  $M_{ser}$  alors il n'y a pas d'acier comprimé

La section d'acier est :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{36.85}{201.63 \times 1000 \times 0.189} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_{st} = \mathbf{9.67 \text{ cm}^2}$$

La section d'acier minimale est  $A_{min} = 0.23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$

$$A_{min} = 0.23 \times 1 \times 0.23 \times \frac{2.10}{400} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_{smin} = \mathbf{2.77 \text{ cm}^2}$$

$A_{st} \geq A_{smin}$  alors la section d'acier minimale est vérifiée. Par conséquent la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = \mathbf{9.67 \text{ cm}^2}$$

La section d'acier de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{9.67}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_r = \mathbf{2.33 \text{ cm}^2}$$

○ Section d'armatures en appui du radier

La section d'armatures principales est :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \times z}$

$$A_{st} = \frac{59.91}{201.63 \times 1000 \times 0.189} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_{st} = \mathbf{15.72 \text{ cm}^2}$$

$A_{st} \geq A_{smin}$  alors la section d'acier minimale est vérifiée. Par conséquent la section d'armatures à retenir est :

$$A_{st} = \mathbf{15.72 \text{ cm}^2}$$

La section d'armatures de répartition est :

$$A_r = \frac{A_{st}}{4} = \frac{15.72}{4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad A_r = \mathbf{3.93 \text{ cm}^2}$$

**Contrainte de la contrainte du sol**

La vérification de la contrainte du sol est vérifiée par la formule suivante :

$$\frac{P_p + P_e + S_{tab}}{S_{sol-rad}} \leq \sigma_{sol}^- \text{ avec :}$$

$P_p$  le poids propre de l'ouvrage

$P_e$  le poids de l'eau

$S_{tab}$  la surcharge sur le tablier

$S_{sol-rad}$  la surface au sol du radier

$$P_p = (11,5 \times 3,10 - 4 \times 2,50 \times 2,50) \times 1,00 \times 25 = 266,25 \text{ kN / ml}$$

$$P_e = 4 \times 2,50 \times 2,50 \times 1,00 \times 10 = 250 \text{ kN / ml}$$

$$S_{tab} = 72 \text{ kN / ml}$$

$$S_{sol-rad} = 11,50 \times 1,00 = 11,50 \text{ m}^2 / \text{ml}$$

$$\frac{P_p + P_e + S_{tab}}{S_{sol-rad}} = \frac{266,25 + 250 + 72}{11,50} = 51,15 \text{ kPa}$$

La contrainte admissible du sol est  $\sigma_{sol}^- = 67 \text{ kPa}$ .

$$\frac{P_p + P_e + S_{tab}}{S_{sol-rad}} = 51,15 \text{ kPa} \leq \sigma_{sol}^- = 67 \text{ kPa} . \text{ Par conséquent la contrainte du sol est vérifiée.}$$

- **Choix des armatures**

Tableau 15 : Choix des armatures

Elements	Position de la fibre	Sections théoriques (cm <sup>2</sup> /ml)	Types de HA	Espacements (cm)	Sections théoriques majorées de 12%	Sections réelles (cm <sup>2</sup> /ml)
<b>Radier</b>	<b>Supérieur</b>	15.72	16	10	17.61	<b>20.10</b>
	<b>Inférieur</b>	9.67	12	15	10.83	<b>11.30</b>
	<b>Acier de répartition</b>	3.93	10	15	4.40	<b>5.50</b>
<b>Tablier</b>	<b>Supérieur</b>	9.31	12	10	10.43	<b>11.30</b>
	<b>Inférieur</b>	16.27	16	10	18.22	<b>20.10</b>
	<b>Acier de répartition</b>	2.33	10	15	2.61	<b>5.50</b>
<b>Piédroit de rive</b>	<b>Extérieur</b>	7.85	12	10	8.79	<b>11.30</b>
	<b>Intérieur</b>	2.77	10	10	3.10	<b>7.85</b>
	<b>Acier de répartition</b>	1.96	10	20	2.20	<b>3.93</b>
<b>Piédroit intermédiaires</b>	<b>Extérieur</b>	2.77	10	15	3.10	<b>5.50</b>
	<b>Intérieur</b>	2.77	10	15	3.10	<b>5.50</b>
	<b>Acier de répartition</b>	0.66	10	20	0.74	<b>3.93</b>

Les résultats des armatures obtenus ci-dessus correspondent avec ceux obtenus par le bureau d'étude.

NB : les plans d'exécution de la deuxième variante de dalot sont présentés dans l'annexe 3

**CHAPITRE 4 :**  
**ANALYSE ET DISCUSSION DES**  
**RESULTATS**

## CHAPITRE 4 : ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

### 4.1. ANALYSE DES RESULTATS DE CALCUL DU DALOT REPOSANT SUR UN SOL RESISTANT

#### 4.1.1. Volume du béton

Tableau 16 : Volume du béton à mettre en œuvre pour la première variante de dalot

Volume du béton pour le dalot reposant sur un sol résistant (m3)		
N°	Désignation	Volume du béton(m3)
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>	<b>76,1005</b>
I-1	Tablier	33,75
I-2	Piédroits et guide roue	38,0625
I-3	Murs en aile	4,288
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>	<b>45,9792</b>
II-1	Semelles sous piédroits	45,9792
<b>VOLUME TOTAL DE BETON A METTRE EN ŒUVRE</b>		<b>122,0797</b>

#### 4.1.2. Masse totale du dalot

Tableau 17 : Masse totale de la première variante de dalot

Masse totale de dalot reposant sur un sol résistant				
N°	Désignation	Volume de l'élément	Poids volumique	Masse totale (T)
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>	<b>190,25125</b>		
I-1	Tablier	33,75	2500	84,375
I-2	Piédroits et guides roue	38,0625	2500	95,15625
I-3	Murs en aile	4,288	2500	10,72
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>	<b>114,948</b>		
II-1	Semelles sous piédroits	45,9792	2500	114,948
<b>MASSE TOTAL DU DALOT</b>				<b>305,19925</b>

#### 4.1.3. Masse d'acier à mettre en œuvre

Tableau 18 : Masse d'acier à mettre en œuvre pour la première variante de dalot

<b>Masse d'acier pour le dalot reposant sur un sol résistant</b>		
<b>N°</b>	<b>Désignation</b>	<b>Masse d'acier (T)</b>
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>	<b>10,125603</b>
I-1	Tablier	4,12578
I-2	Piédroits et guide roue	4,796713
I-3	Murs en aile	1,20311
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>	<b>2,857019</b>
II-1	Semelles sous piédroits	2,857019
<b>MASSE TOTAL D'ACIER A METTRE EN ŒUVRE</b>		<b>12,982622</b>

#### 4.1.4. Cout de réalisation du dalot

Le cout de réalisation d'un ouvrage (CR) est la somme du déboursé sec total (DS) et des frais de chantier (FC) :

$$CR=DS+FC$$

Pour déterminer le cout de réalisation de la structure étudié, nous suivons cette méthodologie. Le déboursé sec total comprend trois éléments : le déboursé sec en matériaux DS-mx, le déboursé sec en matériel DS-ml et le déboursé sec en main d'œuvre DS-mo. Nous commençons par calculer le déboursé sec en matériaux, puis nous déduisons les déboursés sec en matériels et en main d'œuvre en les exprimant en pourcentage du déboursé ses en matériaux. Dans notre cas, nous adoptons les proportions suivantes :

$$DS-ml=5\%DS-mx \text{ et } DS-mo=15\%DS-mx.$$

Les frais de chantier comprennent toutes les dépenses indirectes sur le chantier qui ne peuvent être directement attribuées à une partie de l'ouvrage. Ils représentent en moyenne de 5% à 10% du déboursé sec total. Pour notre analyse, nous utilisons une valeur extrême de 10% pour les frais de chantier :  $FC=10\%DS$ . La structure est entièrement en béton armé, donc le déboursé sec en matériaux consiste à calculer les quantités de béton et d'acier nécessaires. Des prix unitaires sont appliqués à ces quantités, puis les résultats sont additionnés pour obtenir le déboursé sec en matériaux. Le prix unitaire de béton de classe B25 utilisé dans notre structure est basé sur les données de béton fabriqué sur le chantier. Le prix unitaire de l'acier à haute

adhérence FeE400 est obtenu à partir du prix moyen sur le marché, auquel une majoration de 2.5% est ajoutée pour tenir compte des frais de transport, de manutention et des fils de fer nécessaires pour l'assemblage des armatures. Les frais de chantier étant estimé à 10% du déboursé sec on a :

$$CR=DS+10\%DS=1.10DS$$

Tableau 19 : Déboursé sec en matériaux pour la première variante de dalot

<b>Déboursé sec en matériaux pour le dalot sur sol résistant</b>					
N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Montant (FCFA)
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>				<b>12166888,3</b>
<b>I-1</b>	<b>Tablier</b>				<b>5237214,3</b>
I-1-1	Béton de classe B25		33,75	102000	3442500
I-1-2	Acier haute adhérence		4,12578	435000	1794714,3
<b>I-2</b>	<b>Piédroits et guide roue</b>				<b>5968945,16</b>
I-2-1	Béton de classe B25		38,0625	102000	3882375
I-2-2	Acier haute adhérence		4,796713	435000	2086570,16
<b>I-3</b>	<b>Murs en aile</b>				<b>960728,85</b>
I-3-1	Béton de classe B25		4,288	102000	437376
I-3-2	Acier haute adhérence		1,20311	435000	523352,85
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>				<b>5932681,67</b>
<b>II-1</b>	<b>Semelles sous piédroits</b>				<b>5932681,67</b>
II-1-1	Béton de classe B25		45,9792	102000	4689878,4
II-1-2	Acier haute adhérence		2,857019	435000	1242803,27
<b>DEBOURSE SEC EN MATERIAUX</b>					<b>18099570</b>

A partir du déboursé sec en matériaux et sur la base des hypothèses énoncées plus haut, nous pouvons déduire le coût de réalisation de la structure entièrement en béton armé étudiée dans le cadre du présent travail.

Tableau 20 : Cout de réalisation de la première variante de dalot

<b>Cout de réalisation du dalot sur un sol résistant</b>						
N°	Désignation	DS- mx(FCFA)	DS-ml	DS-mo	DS	cout de réalisation CR=1,1DS
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>	<b>12166888,3</b>	<b>608344,415</b>	<b>1825033,25</b>	<b>14600266</b>	<b>16060292,56</b>
I-1	Tablier	5237214,3	261860,715	785582,145	6284657,16	6913122,876
I-2	Piédroits et guides roue	5968945,16	298447,258	895341,773	7162734,19	7879007,605
I-3	Murs en aile	960728,85	48036,4425	144109,328	1152874,62	1268162,082
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>	<b>5932681,67</b>	<b>296634,083</b>	<b>889902,25</b>	<b>7119218</b>	<b>7831139,798</b>
II-1	Semelles sous piédroits	5932681,67	296634,083	889902,25	7119218	7831139,798
<b>COUT DE REALISATION DU DALOT</b>						<b>23 89 1 432,36</b>

## 4.2. ANALYSE DES RESULTATS DE CALCUL DU DALOT REPOSANT SUR UN SOL PEU RESISTANT

### 4.2.1. Volume du béton

Tableau 21 : Volume du béton à mettre en œuvre pour la deuxième variante de dalot

<b>Volume du béton pour le dalot reposant sur un sol peu résistant</b>		
N°	Désignation	Volume du béton(m3)
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>	<b>75,538</b>
I-1	Tablier	33,75
I-2	Piédroits et guide roue	37,5
I-3	Murs en aile	4,288
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>	<b>72,0606</b>
II-1	Radier	72,0606
<b>VOLUME TOTAL DE BETON A METTRE EN ŒUVRE</b>		<b>147,5986</b>

#### 4.2.2. Masse totale du dalot

Tableau 22 : Masse totale de la deuxième variante de dalot

<b>Masse totale de dalot reposant sur un sol peu résistant</b>				
N°	Désignation	Volume de l'élément	Poids volumique	Masse totale (T)
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>			<b>188,845</b>
I-1	Tablier	33,75	2500	84,375
I-2	Piédroits et guides roue	37,5	2500	93,75
I-3	Murs en aile	4,288	2500	10,72
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>			<b>180,1515</b>
II-1	Radier	72,0606	2500	180,1515
<b>MASSE TOTAL DU DALOT</b>				<b>368,9965</b>

#### 4.2.3. Masse d'acier à mettre en œuvre

Tableau 23 : Masse d'acier à mettre en œuvre pour la deuxième variante de dalot

<b>Masse d'acier pour le dalot reposant sur un sol peu résistant</b>		
N°	Désignation	Masse d'acier (T)
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>	<b>2,30075</b>
I-1	Tablier	1,84365
I-2	Piédroits et guide roue	0,28594
I-3	Murs en aile	0,17116
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>	<b>11,8408</b>
II-1	Radier	11,8408
<b>MASSE TOTAL D'ACIER A METTRE EN ŒUVRE</b>		<b>14,14155</b>

#### 4.2.4. Cout de réalisation du dalot

Tableau 24 : Déboursé sec en matériaux pour la deuxième variante de dalot

<b>Déboursé sec en matériaux pour le dalot sur sol peu résistant</b>					
<b>N°</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Montant</b>
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>				<b>8705702,25</b>
<b>I-1</b>	<b>Tablier</b>				<b>4244487,75</b>
I-1-1	Béton de classe B25		33,75	102000	3442500
I-1-2	Acier haute adhérence		1,84365	435000	801987,75
<b>I-2</b>	<b>Piédroits et guide roue</b>				<b>3949383,9</b>
I-2-1	Béton de classe B25		37,5	102000	3825000
I-2-2	Acier haute adhérence		0,28594	435000	124383,9
<b>I-3</b>	<b>Murs en aile</b>				<b>511830,6</b>
I-3-1	Béton de classe B25		4,288	102000	437376
I-3-2	Acier haute adhérence		0,17116	435000	74454,6
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>				<b>12500929,2</b>
<b>II-1</b>	<b>Radier</b>				<b>12500929,2</b>
II-1-1	Béton de classe B25		72,0606	102000	7350181,2
II-1-2	Acier haute adhérence		11,8408	435000	5150748
<b>DEBOURSE SEC EN MATERIAUX</b>					<b>21 206 631,5</b>

Tableau 25 : Cout de réalisation de la deuxième variante de dalot

<b>Cout de réalisation du dalot sur un sol peu résistant</b>						
N°	Désignation	DS-mx (FCFA)	DS-ml	DS-mo	DS	cout de réalisation CR=1,1DS
<b>I</b>	<b>SUPERSTRUCTURE</b>	<b>8705702,25</b>	<b>435285,113</b>	<b>1305855,34</b>	<b>10446842,7</b>	<b>11491526,97</b>
I-1	Tablier	4244487,75	212224,388	636673,163	5093385,3	5602723,83
I-2	Piédroits et guides roue	3949383,9	197469,195	592407,585	4739260,68	5213186,748
I-3	Murs en aile	511830,6	25591,53	76774,59	614196,72	675616,392
<b>II</b>	<b>INFRASTRUCTURE</b>	<b>12500929,2</b>	<b>625046,46</b>	<b>1875139,38</b>	<b>15001115</b>	<b>16501226,54</b>
II-1	Radier	12500929,2	625046,46	1875139,38	15001115	16501226,54
<b>COUT DE REALISATION DU DALOT (FCFA)</b>						<b>27 992 753,51</b>

### 4.3. COMPARAISON ET ANALYSE MULTICRITERE DES DEUX VARIANTES

Dans cette section de la discussion nous allons examiner de près les résultats de l'évaluation comparative des deux variantes de dalots, en mettant en évidence l'influence du sol support sur la structure de ces ouvrages. Malgré leurs caractéristiques géométriques identiques, il est essentiel d'analyser les performances des dalots en fonction des critères à définir dans la suite de cette section.

#### 4.3.1. Définition des critères d'évaluation

Plusieurs critères sont à prendre en compte pour aboutir à l'évaluation logique des deux variantes de dalots ? il s'agit d'une évaluation basée permettant de mettre en évidence l'écart entre les résultats des variantes de dalots lié à chaque critère.

Pour ce faire, nous retiendrons quatre (04) critères définis et justifiés comme suit :

- ✚ Le volume de béton à mettre en œuvre :il est d'ordre économique et écologique tout en ayant une certaine influence sur le délai de réalisation. Nous examinerons donc les résultats obtenus pour les deux variantes en identifiant les écarts.

- ✚ La masse totale des dalots : il fournit une indication de la charge structurelle totale des ouvrages. Nous analyserons les données recueillies pour évaluer les écarts observés.
- ✚ La masse d'acier : il révèle de l'ordre structural et de l'ordre économique.
- ✚ Le cout de réalisation : il est purement d'ordre économique. Les variations du sol support peuvent influencer les méthodes de construction et les matériaux nécessaires, ce qui peut se traduire par des différences de couts significatives entre les variantes de dalots. Nous analyserons les données relatives aux couts de réalisation afin de comprendre l'impact de variation du sol sur l'aspect économique du projet.

La masse totale du dalot dépendant du volume du béton et de la masse d'acier, nous allons considérer par la suite la masse totale du dalot et le cout de réalisation des dalots pour l'analyse des résultats.

#### 4.3.2. Comparaison des deux variantes de dalots

Tableau 26 : Comparaison des deux variantes de dalots

Critères de comparaison	Variante 1 : Dalot sur sol résistant	Variante 2 : Dalot sur sol peu résistant	Ecart absolu : $a=Var2-Var1$	Ecart en % par rapport à $Var2=Ecart$ $abs. /Var2$
Le volume du béton (m <sup>3</sup> )	122,0797	147,5986	25,5189	17,3%
Masse totale de fer (T)	12,982622	14,14155	1,158928	8,2%
Masse totale de dalot (T)	305,19925	368,9965	63,79725	17,3%
Cout de réalisation (FCFA)	23 891 432,36	27 992 753,51	4 101 321,154	14,7%

**4.3.3. Histogramme de comparaison des deux variantes**

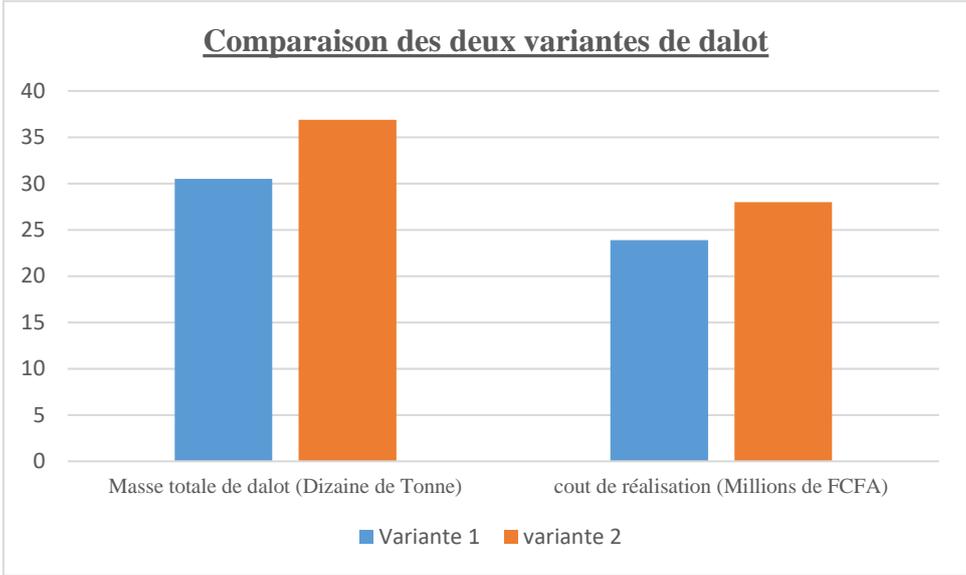


Figure 23 : Histogramme de comparaison des deux variantes de dalot

**4.3.4. Ecart absolu entre les deux variantes de dalot**

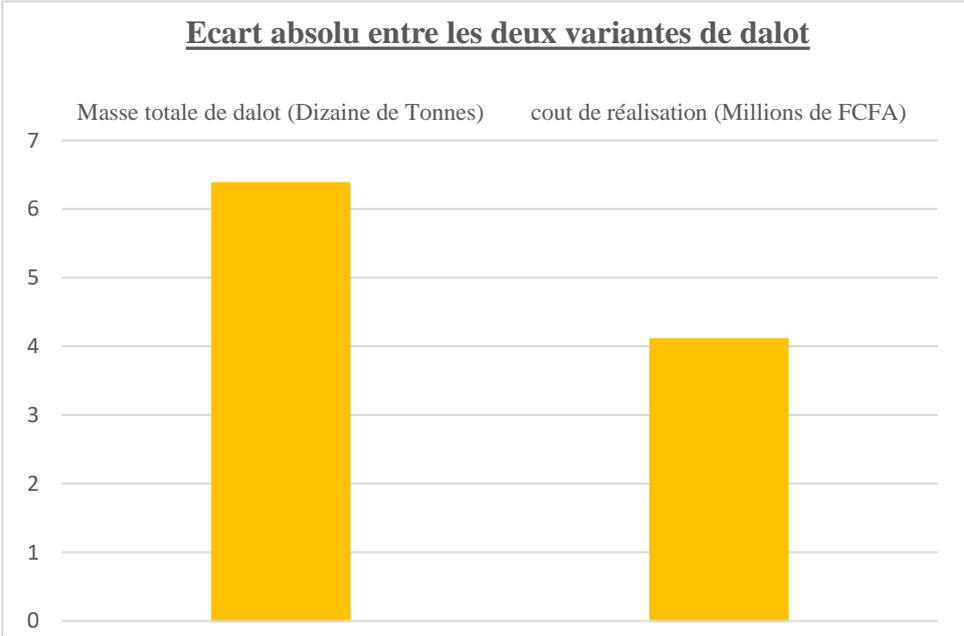


Figure 24 : Histogramme des écarts absolus entre les deux variantes de dalots

**4.3.5.**

**Interprétation des résultats en vue de la mise en évidence de l’influence du sol support sur le dimensionnement des dalots**

Avant d'aborder l'interprétation des résultats, il est important de souligner un aspect crucial de notre étude : l'influence du changement de la gamme de résistance des sols sur le choix du type de dalot. Cette observation met en évidence l'importance fondamentale des caractéristiques du sol support dans la prise de décision lors du dimensionnement des dalots.

En effet, notre recherche met en évidence que le sol support joue un rôle déterminant dans le choix du type de dalot à utiliser. En modifiant la gamme de résistance des sols, nous avons constaté des variations significatives dans les critères évalués, tels que le volume du béton, la masse totale des dalots, la masse d'acier à mettre en œuvre et le coût de réalisation.

Cette constatation souligne que les caractéristiques spécifiques du sol support doivent être prises en compte dès la phase de conception pour assurer la résistance, la stabilité et la durabilité du dalot. Les variations observées dans les résultats entre les deux variantes de dalot démontrent clairement que le choix du type de dalot ne peut être fait de manière arbitraire, mais doit plutôt être basé sur une analyse approfondie du sol support.

En considérant l'influence du changement de la gamme de résistance des sols sur le choix du type de dalot, nous avons mis en évidence l'importance de tenir compte des propriétés spécifiques du sol dans le processus de dimensionnement. Cette approche permet de garantir que le dalot choisi sera adapté aux conditions géotechniques rencontrées, assurant ainsi la performance optimale de l'ouvrage.

Maintenant, passons à l'interprétation des résultats pour examiner plus en détail l'influence du sol support sur le dimensionnement des dalots, en utilisant les écarts calculés entre les valeurs des critères pour les deux variantes de dalot.

L'interprétation des résultats obtenus pour chaque critère permet de mettre en évidence l'influence significative du sol support sur le dimensionnement des dalots. Les écarts calculés entre les valeurs des critères pour les deux variantes de dalot démontrent que l'un ne peut être simplement remplacé par l'autre sans prendre en compte les caractéristiques spécifiques du sol.

Le premier critère, la masse totale des dalots, révèle un écart de 63,79725 tonnes soit un écart de 17.30% par rapport à la masse de la deuxième variante de dalot. Cela signifie que la première variante de dalot a une masse totale inférieure de 63,79725 tonnes par rapport à la deuxième variante. Cette différence de masse témoigne de l'importance du sol support dans la répartition des charges sur le dalot et souligne la nécessité d'adapter le dimensionnement en

Enfin, le deuxième critère, le coût de réalisation, présente un écart de 4,101,321.154 FCFA soit un écart de 14,70% par rapport au coût de réalisation de la deuxième variante de dalot. Cette différence de coût souligne les implications économiques de choisir l'une des variantes de dalot par rapport à l'autre en raison des caractéristiques du sol support. Il est essentiel de prendre en

compte ces facteurs pour garantir une utilisation efficace des ressources financières tout en assurant la performance et la durabilité du dalot.

Les écarts significatifs observés entre les valeurs des critères démontrent clairement que les deux variantes de dalot ne peuvent pas être simplement échangées l'une contre l'autre sans tenir compte des caractéristiques spécifiques du sol support. Ces résultats renforcent l'idée que le sol support joue un rôle fondamental dans le dimensionnement des dalots, nécessitant une analyse approfondie et une adaptation du design pour garantir la sécurité, la stabilité et l'efficacité de l'ouvrage.

**CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif général initialement visé par la présente étude était de mettre en évidence l'influence du sol support dans le dimensionnement des dalots. Le Programme d'Assainissement Pluvial de Cotonou visant la construction d'un dalot quadruple dans le 10<sup>ème</sup> arrondissement de Cotonou sur la rue 10.092 nous a servi de base pour mener à bon port cette étude.

Pour atteindre l'objectif de cette étude, nous avons choisi d'adopter une approche en considérant deux variantes de dimensionnement de dalots : la première variante repose sur l'hypothèse d'un sol résistant tandis que la deuxième variante prend en compte un sol peu résistant. Ces deux scénarios permettent d'évaluer l'influence directe du sol support sur le dimensionnement des dalots.

Après le dimensionnement nous avons effectué une analyse des résultats des deux variantes de dalots en considérant des critères d'analyse que sont : la masse totale du dalot et le cout de réalisation des dalots.

Les résultats de l'analyse nous ont montré que les deux variantes de dalots ne peuvent pas être simplement interchangeables en lieu et place l'une de l'autre. Les écarts absolus constatés qui sont de 63.79725 tonnes pour la masse totale de dalot et de 4 101 321.154 FCFA pour le cout de réalisation de dalot illustrent clairement que le sol support joue un rôle fondamental dans le dimensionnement des dalots. A cet effet, cette étude nous montre à quel point il est important pour les concepteurs et les ingénieurs de calcul de prendre en compte de façon objective le sol support dans le dimensionnement des dalots afin de garantir des dalots résistants, durable et économiquement viable, répondant ainsi aux besoins des infrastructures.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✚ KOTY, D. (2017). *Dimensionnement hydrologique, hydrologique et structural d'un dalot de section 4\*4\*3 au PK 1325 de la rue 12.887 à AKOGBATO Commune de Cotonou* [Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception].
- ✚ BEMBAMBA, E. (s. d.). *Choix et études techniques d'un ouvrage de franchissement au PK 6+31 dans le cadre du projet d'études techniques détaillées pour l'aménagement et le bitumage de la route régionale 13 : BOUSSE-NANORO-KORDIE* [Mémoire pour l'obtention de master en ingénierie et de l'environnement].
- ✚ SETRA. (1992). *Ponts-Cadres et portiques, Guide de conception.*
- ✚ DTU Règles BAEL 91 Révisées 99. (s. d.).
- ✚ Fascicule n°61 Titre II: *CONCEPTION, CALCUL ET EPREUVES DES OUVRAGES D'ART: Programme des charges et épreuves des ponts-routes.* (s. d.).
- ✚ AGETUR. (2019). *Programme d'Assainissement Pluvial de Cotonou : Plan d'Action de Reinstallation (PAR) des travaux d'assainissement pluvial et d'aménagement de rues dans le bassin Pa2.*
- ✚ PDA PLUVIAL COTONOU-Rapport APD & Annexes. (2019).
- ✚ KANGA, A. R. *HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE ROUTIERE* (2018).

## **Table des matières**

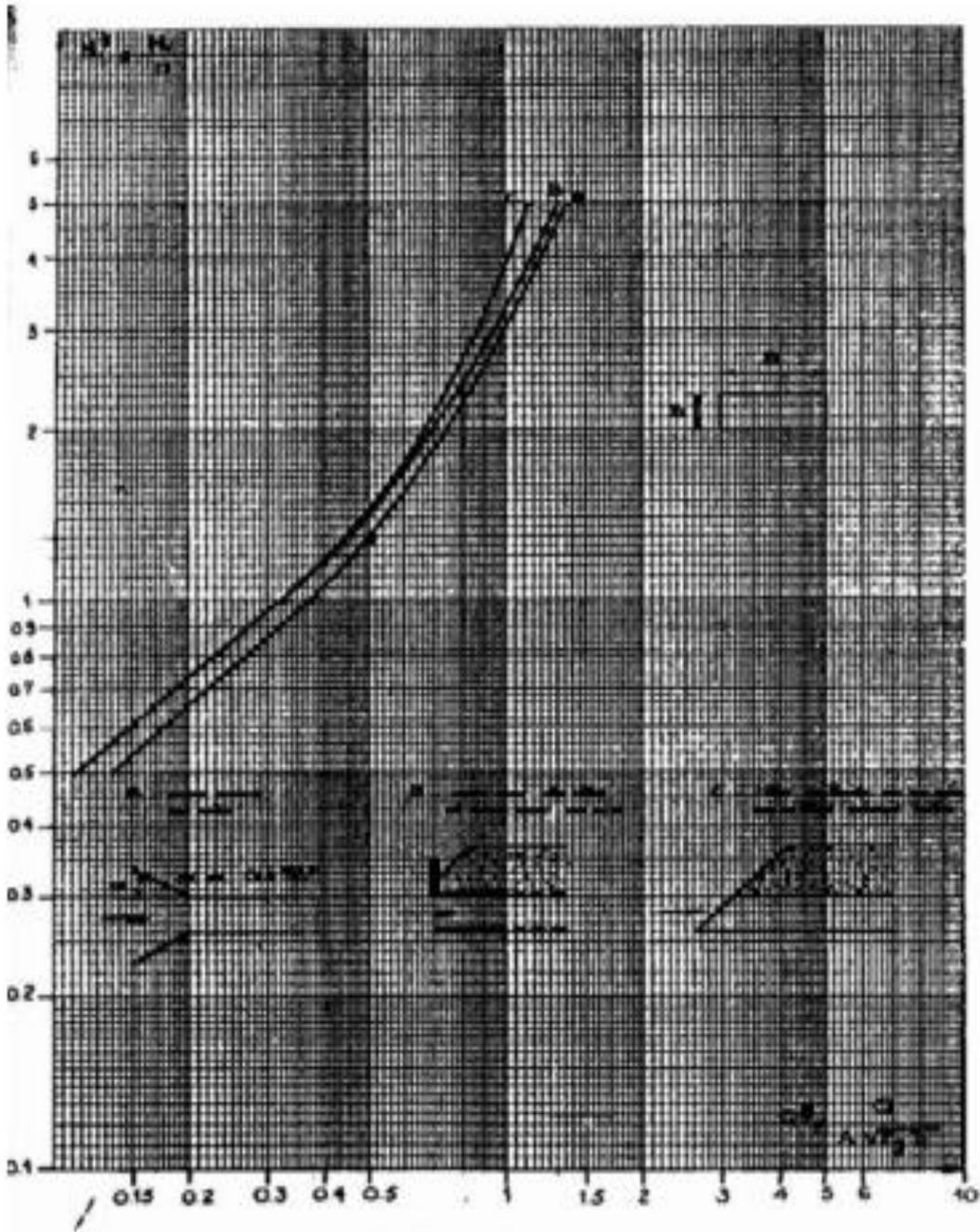
DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
HOMMAGES.....	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTES DES ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES FIGURES .....	viii
LISTE DES PHOTOS .....	viii
INTRODUCTION.....	2
1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE .....	2
2. OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	3
2.1. Objectif général .....	3
2.2. Objectifs spécifiques .....	3
CHAPITRE 1 : GENERALITES, REVUE DE LITTERATURE ET PRESENTATION DU PROJET	5
1.1. GENERALITES .....	5
1.1.1. Définition.....	5
1.1.2. Les différents types de dalot.....	5
1.1.3. Les différentes parties d'un dalot .....	5
1.1.4. Les fonctions d'un dalot .....	6
1.1.5. Etude, réalisation et fonctionnement du dalot .....	6
1.1.6. Entretien du dalot .....	8
1.1.7. Classification des ponts et dalots selon le Fascicule 61, titre II .....	8
1.2. REVUES DE LITTERATURE .....	8
1.3. PRESENTATION DU PROJET .....	9
1.3.1. Généralités.....	9
1.3.2. Description du projet .....	10
1.3.2.1. Présentation du bassin Pa2 et description des travaux .....	11
1.3.2.2. Les intervenants dans le cadre du projet.....	13
1.3.2.3. Présentation de la ville de Cotonou .....	13
CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE ET OUTILS DE TRAVAIL, ETUDE GEOTECHNIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE .....	16
2.1. METHODOLOGIES ET OUTILS DE TRAVAIL .....	16
2.1.1 METHODOLOGIES .....	16
2.1.1.1 Collecte des données .....	16

2.1.1.2. Données hydrologiques .....	19
2.1.1.3. Données hydrauliques .....	19
2.1.2. OUTILS DE TRAVAIL .....	19
2.2. ETUDE GEOTECHNIQUE.....	20
2.2.1. Données disponibles.....	20
2.2.2. Caractéristiques mécaniques des couches de sol.....	20
2.2.3. Résultats des essais de laboratoire.....	21
2.2.4. Modèle géotechnique au droit du dalot .....	22
2.2.5. Justification de la capacité portante du sol et du tassement sous le dalot.....	24
2.2.6. Capacité portante et estimation des tassements .....	24
2.3. ETUDE HYDROLOGIQUE.....	25
2.3.1. Rappel des résultats de l'étude hydrologique de l'APD du PDA de Cotonou dans le bassin Pa	25
2.3.2. Estimation des débits de calcul des ouvrages.....	25
2.4. VERIFICATION HYDRAULIQUE DE L'OUVRAGE .....	28
2.5. CHOIX DU TYPE DE DALOT.....	37
2.5.1. Première variante de dalot.....	38
2.5.2. Deuxième variante de dalot.....	38
CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT MECANIQUE DES DALOTS .....	40
3.1. DIMENSIONNEMENT DE LA PREMIERE VARIANTE DE DALOT .....	40
3.1.1. PREDIMENSIONNEMENT DU DALOT .....	40
3.1.2. HYPOTHESES DE CALCUL .....	41
3.1.3 : GEOMETRIE DE L'OUVRAGE .....	42
3.1.4 : EVALUATION DES CHARGES.....	46
3.1.5 : EVALUATION DES SOLLICITATIONS .....	52
3.1.6 : VERIFICATIONS.....	54
3.1.7 : DETERMINATION DES SECTION D'ACIER .....	56
3.2. DIMENSIONNEMENT DE LA DEUXIEME VARIANTE DE DALOT .....	63
3.2.1. RAPPEL SUR LA GEOMETRIE DE L'OUVRAGE .....	63
3.2.2. EVALUATION DES CHARGES.....	63
3.2.3. EVALUATION DES SOLLICITATIONS .....	65
3.2.4. DETERMINATION DES SECTIONS D'ACIER .....	67
CHAPITRE 4 : ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS .....	76
4.1. ANALYSE DES RESULTATS DE CALCUL DU DALOT REPOSANT SUR UN SOL RESISTANT .....	76
4.1.1. Volume du béton .....	76
4.1.2. Masse totale du dalot.....	76
4.1.3. Masse d'acier à mettre en œuvre.....	77

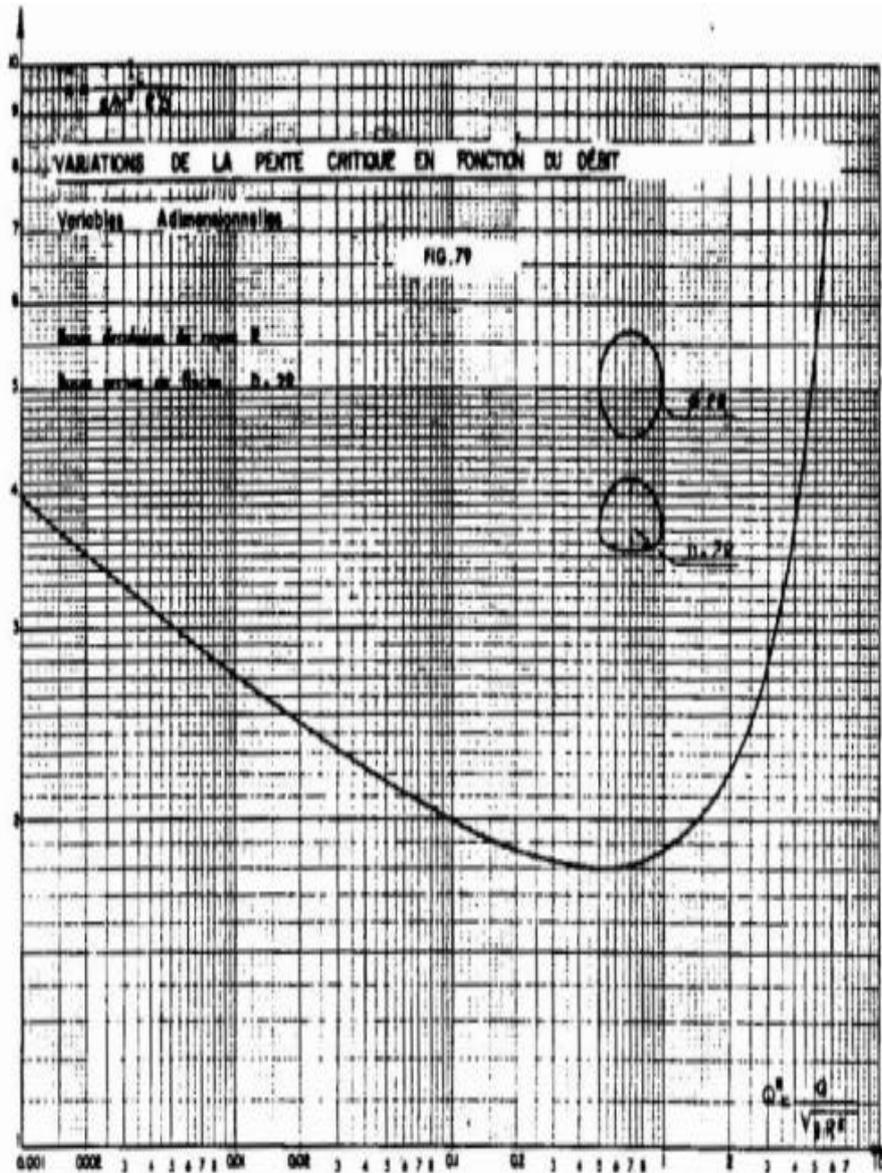
4.1.4. Cout de réalisation du dalot.....	77
4.2. ANALYSE DES RESULTATS DE CALCUL DU DALOT REPOSANT SUR UN SOL PEU RESISTANT .....	79
4.2.1. Volume du béton .....	79
4.2.2. Masse totale du dalot.....	80
4.2.3. Masse d'acier à mettre en œuvre.....	80
4.2.4. Cout de réalisation du dalot.....	81
4.3. COMPARAISON ET ANALYSE MULTICRITERE DES DEUX VARIANTES .....	82
4.3.1. Définition des critères d'évaluation.....	82
4.3.2. Comparaison des deux variantes de dalots.....	83
4.3.3. Histogramme de comparaison des deux variantes.....	84
4.3.4. Ecart absolu entre les deux variantes de dalot .....	84
4.3.5. Interprétation des résultats en vue de la mise en évidence de l'influence du sol support sur le dimensionnement des dalots.....	84
CONCLUSION GENERALE .....	88
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	89
ANNEXE 1 : ETUDE HYDRAULIQUE .....	93
ANNEXE 2 : PLANS D'EXECUTION DE LA PREMIERE VARIANTE DE DALOT .....	97
ANNEXE 3 : PLANS D'EXECUTION DE LA DEUXIEME VARIANTE DE DALOT .....	98

Influence du sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots : cas de réalisation du dalot quadruple de section 4\*250\*250 sur la rue 10.092 dans le 10ème arrondissement de Cotonou

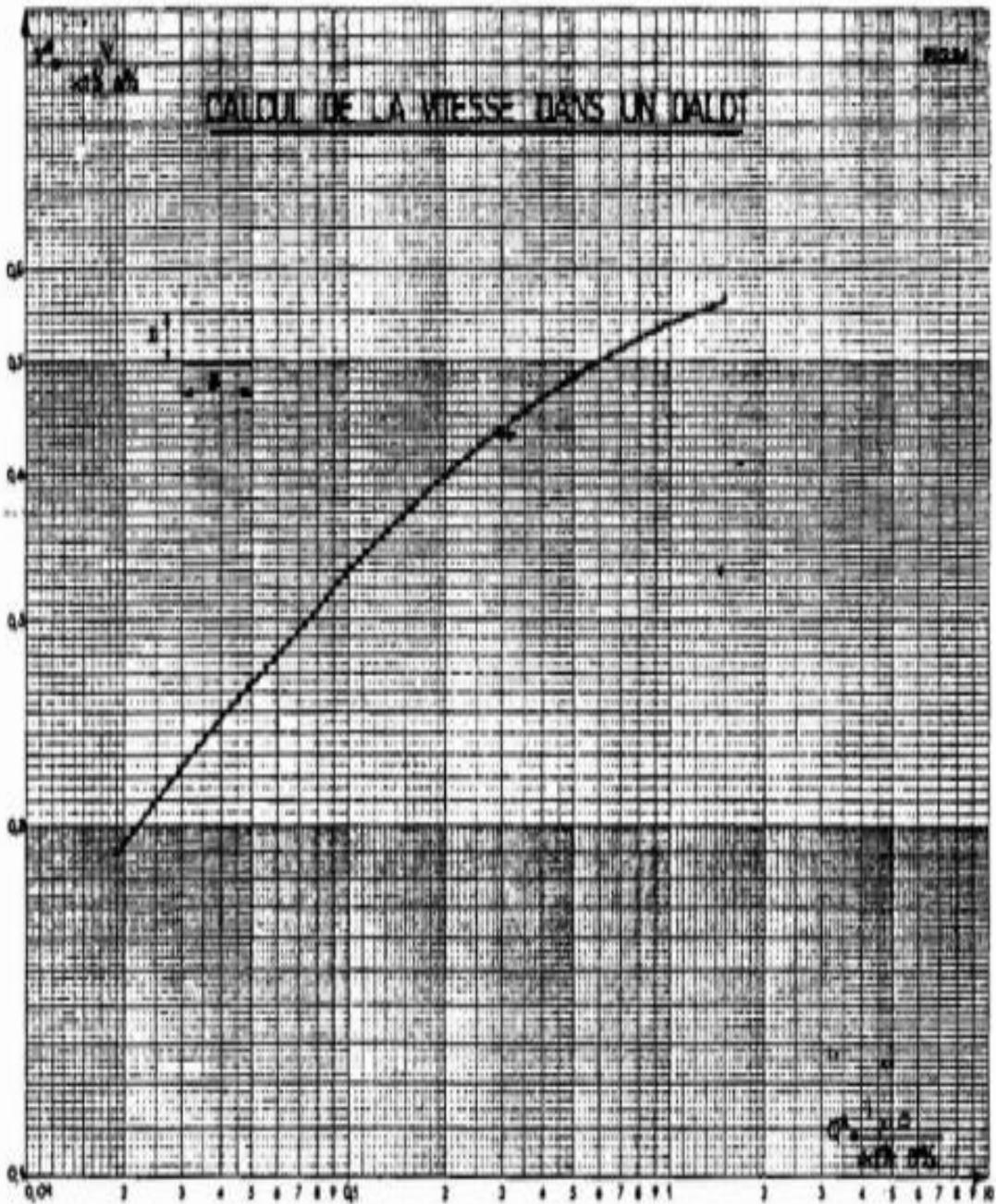
## **ANNEXE 1 : ETUDE HYDRAULIQUE**



Abaque de lecture de la hauteur réduite  $H_1^*$



**Abaque de lecture de la pente critique  $I_c^*$  en fonction du débit**

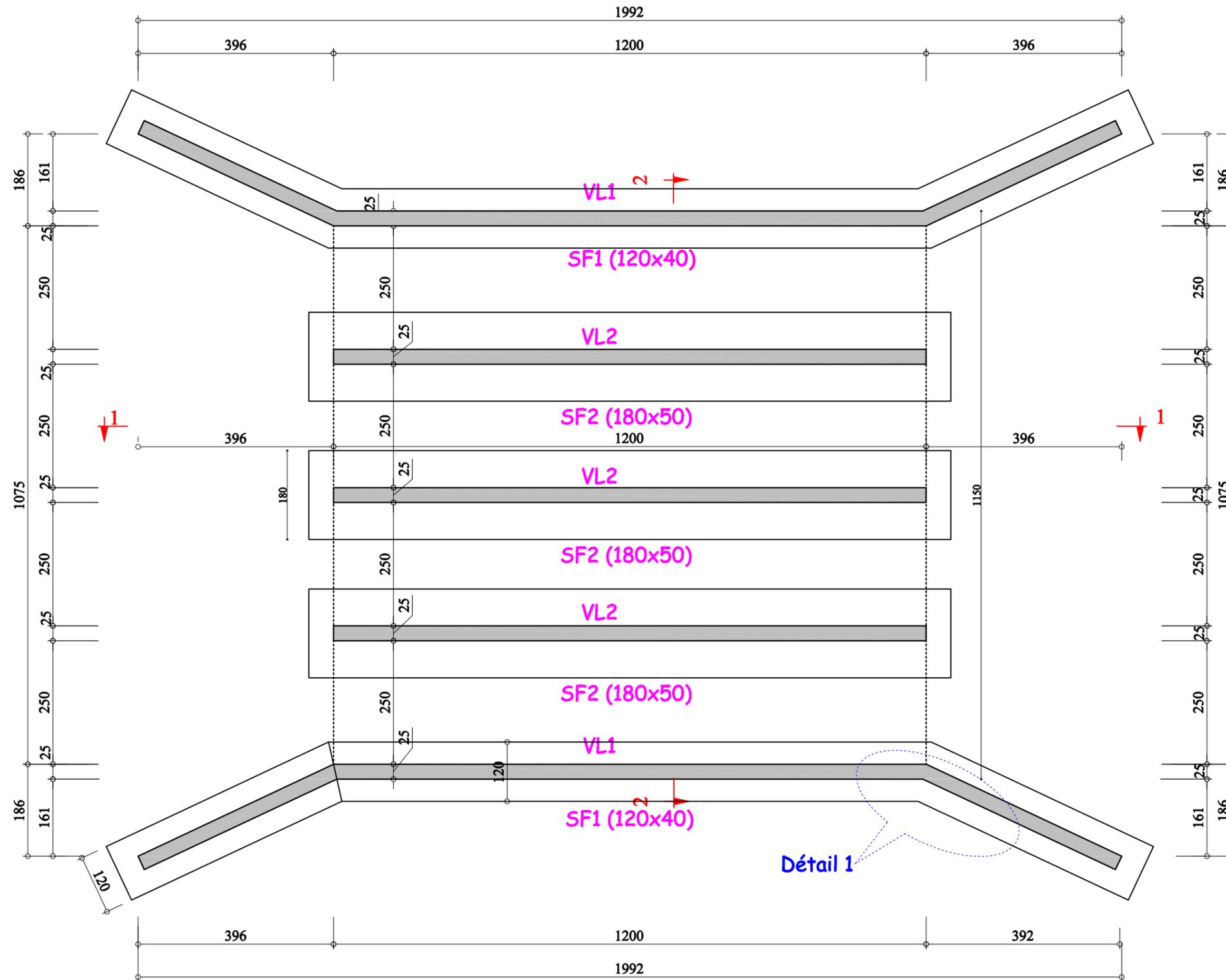


Abaque de lecture de lecture de la vitesse critique  $V_c^*$

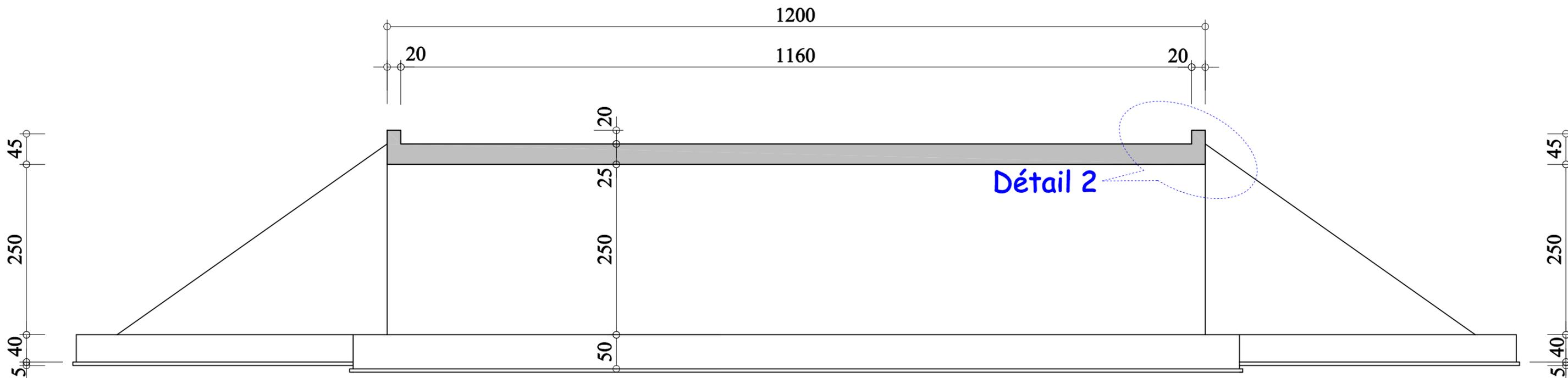
Influence du sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots : cas de réalisation du dalot quadruple de section 4\*250\*250 sur la rue 10.092 dans le 10ème arrondissement de Cotonou

## **ANNEXE 2 : PLANS D'EXECUTION DE LA PREMIERE VARIANTE DE DALOT**

# DALOT (4x250x250x12.00ml) (Coffrage)



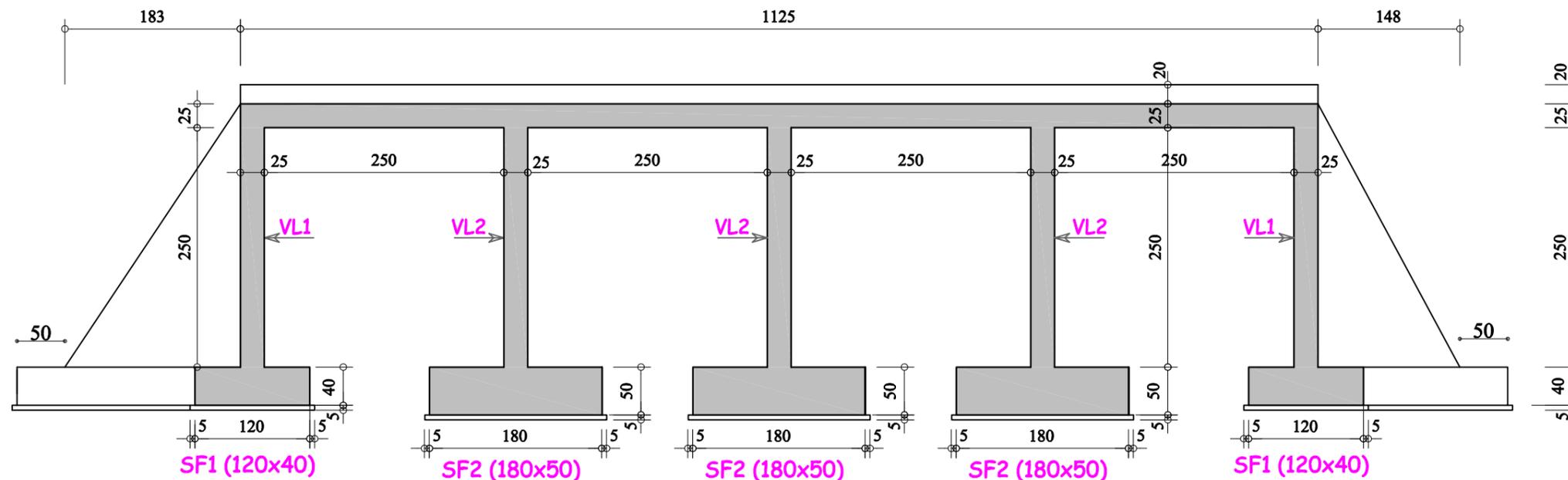
**VUE EN PLAN**  
(Coffrage)  
Ech: 1/80



### COUPE 1-1

(Coffrage)

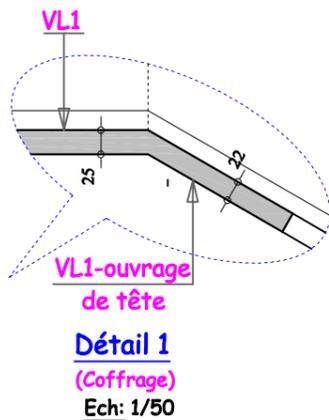
Ech: 1/80



### COUPE 2-2

(Coffrage)

Ech: 1/50

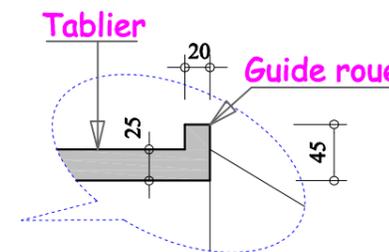


VL1-ouvrage  
de tête

Détail 1

(Coffrage)

Ech: 1/50



Tablier

Guide roue

Détail 2

(Coffrage)

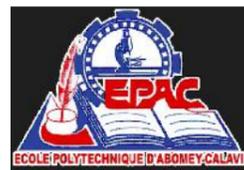
Ech: 1/50

REPUBLIQUE DU BENIN

MINISTRE DU CADRE DE VIE ET  
DU DEVELOPPEMENT DURABLE (MCVDD)  
SOCIETE DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES ET  
DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
(SIRAT ex ACVDT)

AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX  
URBAINS (AGETUR)

TRAVAUX DE CONSTRUCTION  
D'INFRASTRUCTURES DE DRAINAGE ET  
CONNEXES RESILIENTE ET DE PAVAGE  
DE RUES DANS LE DANS LES BASSINS  
PA2-LOT 01



**SESSOU Martial**

Etudiant en 2ème Année de Master  
Génie Civil

Année Universitaire : 2022-2023

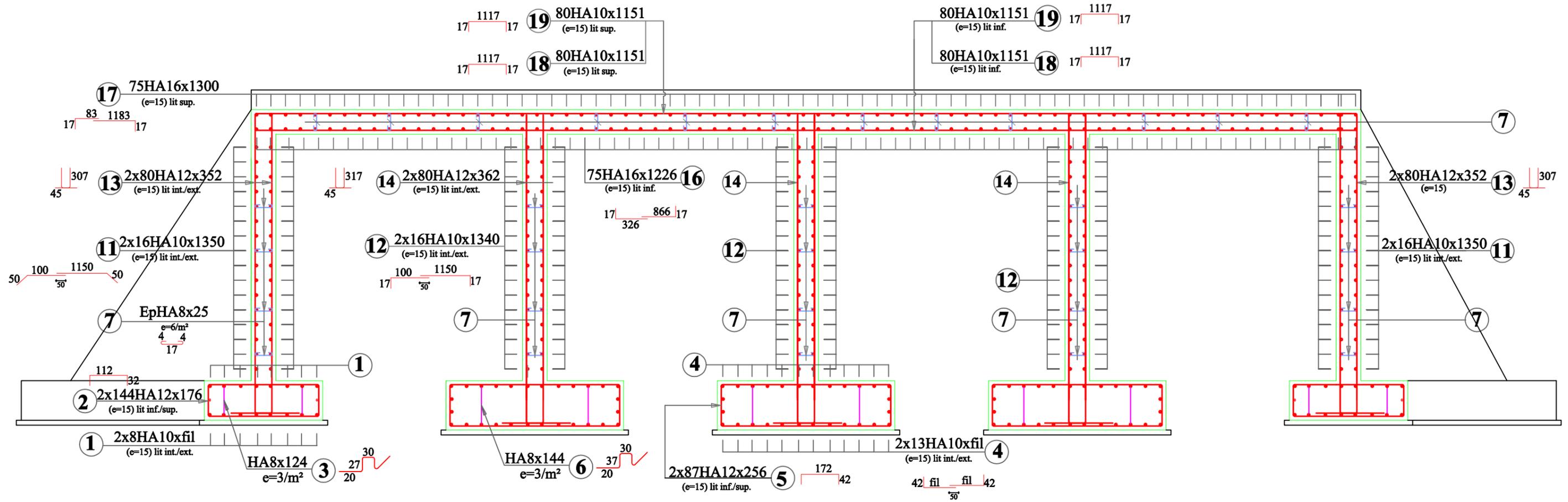
**DIMENSIONNEMENT DE DALOT QUADRUPLE 4x250x250  
SUR LA RUE 10.092 A SAINTE RITA**

**DALOT PORTIQUE (4x250x250)  
COUPES (COFFRAGE)**

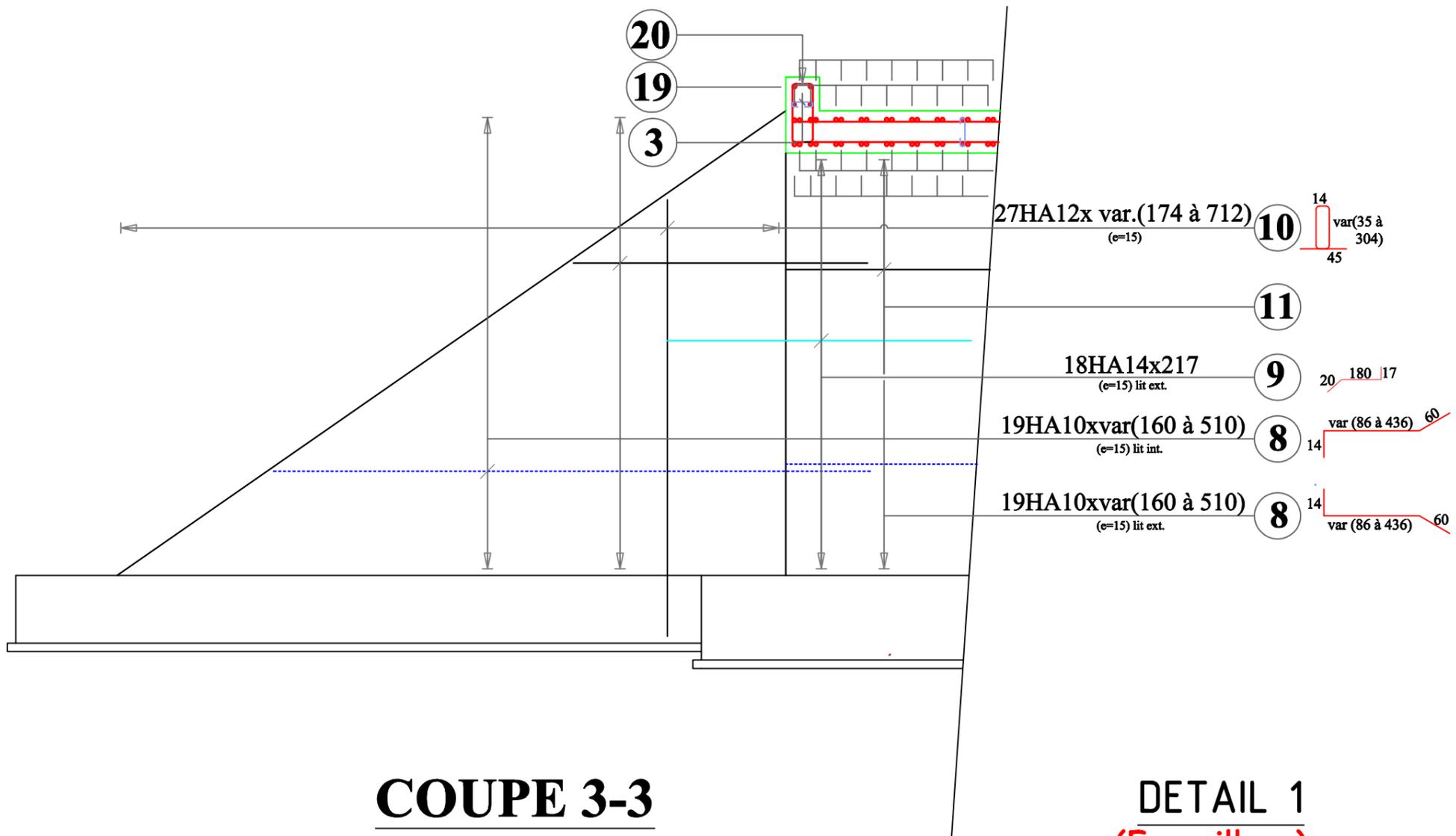
ECHELLE  
1 / 100

FORMAT  
A3

PAGE  
2/5



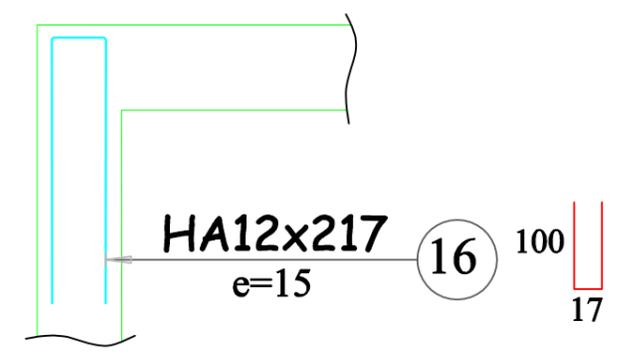
**COUPE 2-2**  
**COUPE TRANSVERSALE**  
 Ech: 1/50



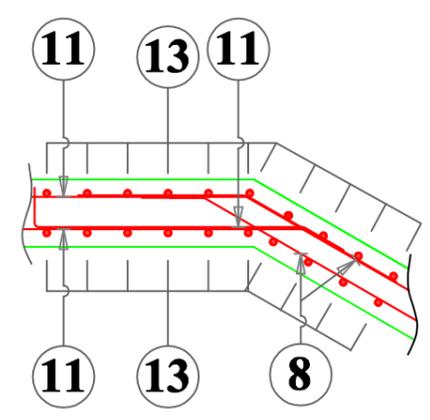
**COUPE 3-3**  
**COUPE LONGITUDINALE**  
 Ech: 1/45

**PRINCIPE DE RENFORT EN TÊTE  
 DES VOILES (Ferrailage)**

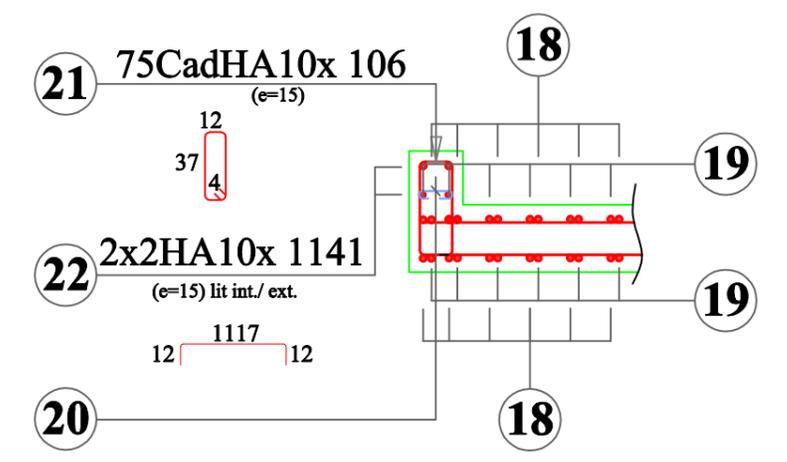
Ech: 1/45

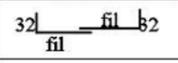
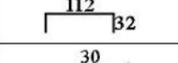
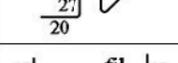
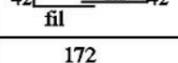
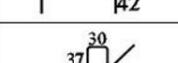
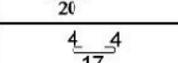
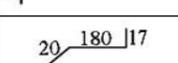
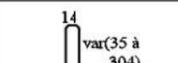
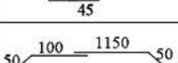
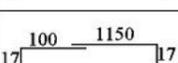
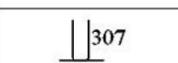
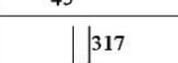
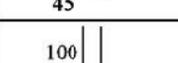
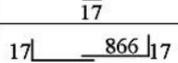
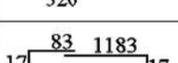
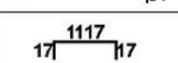
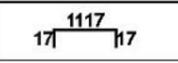
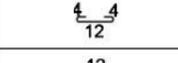
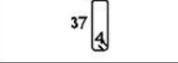
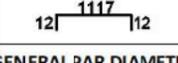


**DETAIL 1**  
**(Ferrailage)**  
 Ech: 1/45



**DETAIL 2**  
**(Ferrailage)**  
 Ech: 1/45

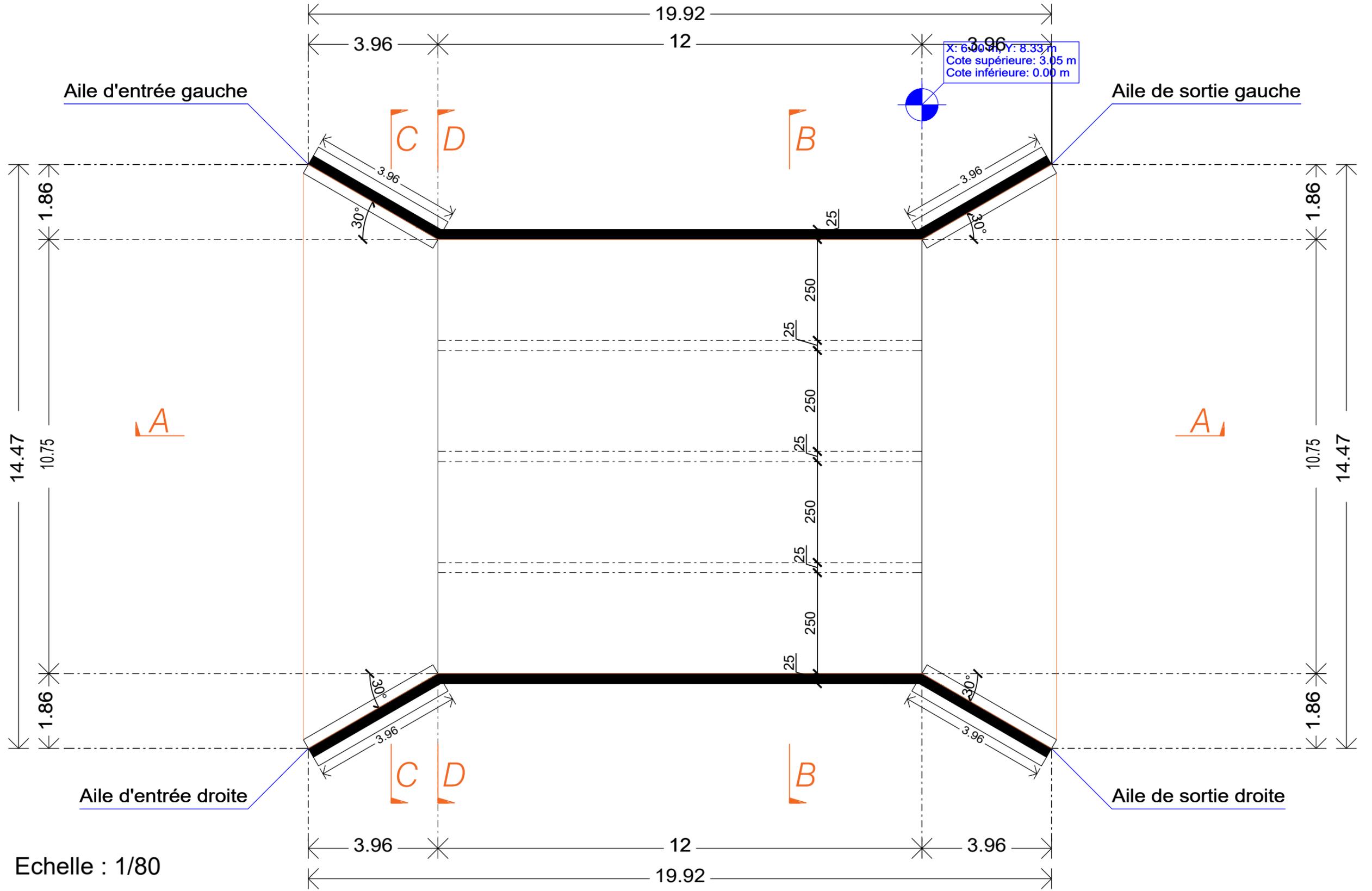


NOMENCLATURE GENERALE DES ACIERS																
OUVRAGE ELEMENTAIRE	POUR UNE PORTION						Façonnage	POUR TOUT L'OUVRAGE		POIDS TOTAL PAR DIAMETRE						
	N°	Type	Ø	Nom- bre	Long. Unitaire	Long. Totale		Nombre de portion identique	Total general	6	8	10	12	14	16	20
<b>DALOT PORTIQUE 4X250X250</b>																
SEMELLES	1	HA	10	16	23,16	370,56		2	741,12			457,27				
	2	HA	12	288	1,76	506,88		2	1013,76			900,22				
	3	HA	8	78	1,24	96,72		2	193,44		76,409					
	4	HA	10	26	14,76	383,76		3	1151,28			710,34				
	5	HA	12	87	2,56	222,72		3	668,16			593,33				
	6	HA	8	70	1,44	100,8		3	302,4		119,45					
Mur en aile	7	HA	8	920	0,25	230		1	230		90,85					
	8	HA	10	28	3,35	93,8		4	375,2			231,5				
	9	HA	14	18	2,17	39,06		4	156,24				188,74			
	10	HA	12	44	4,43	194,92		4	779,68			692,36				
Piedroits	11	HA	10	32	13,5	432		2	864			533,09				
	12	HA	10	32	13,4	428,8		3	1286,4			793,71				
	13	HA	12	160	3,52	563,2		2	1126,4			1000,2				
	14	HA	12	160	3,62	579,2		3	1737,6			1543,0				
	15	HA	12	80	2,17	173,6		5	868			770,78				
Tablier	16	HA	16	75	12,26	919,5		1	919,5					1450,97		
	17	HA	16	75	13,00	975		1	975					1538,55		
	18	HA	10	80	11,51	920,8		1	920,8			568,13				
	19	HA	10	80	11,51	920,8		1	920,8			568,13				
Guide roue	20	HA	6	17	0,2	3,4		2	6,8	1,51						
	21	HA	10	75	1,06	79,5		2	159			98,103				
	22	HA	10	4	11,41	45,64		2	91,28			56,32				
<b>POIDS TOTAL GENERAL PAR DIAMETRE (kg)</b>									<b>1,5</b>	<b>286,7</b>	<b>4016,6</b>	<b>5499,9</b>	<b>188,7</b>	<b>2989,5</b>	<b>0,0</b>	
<b>POIDS TOTAL GENERAL (kg)</b>									<b>12983,0</b>							
<b>LONGUEUR TOTALE PAR DIAMETRE</b>									<b>6,8</b>	<b>725,84</b>	<b>6509,9</b>	<b>6193,6</b>	<b>156,24</b>	<b>1894,5</b>	<b>0</b>	
<b>NOMBRE DE BARRES CORRESPONDANTES</b>									<b>1</b>	<b>61</b>	<b>543</b>	<b>517</b>	<b>14</b>	<b>158</b>	<b>0</b>	

Influence du sol support sur le choix et le dimensionnement des dalots : cas de réalisation du dalot quadruple de section 4\*250\*250 sur la rue 10.092 dans le 10ème arrondissement de Cotonou

### **ANNEXE 3 : PLANS D'EXECUTION DE LA DEUXIEME VARIANTE DE DALOT**

**COFFRAGE DALOT  
4 X 250 X 250**



Coffrage Echelle : 1/80


**REPUBLIQUE DU BENIN**  
 Fraternité - Justice - Travail  
 MAITRE D'OUVRAGE  
 MINISTRE DU CADRE DE VIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE (MCVDD)  
 Société des Infrastructures Routières et d'Aménagement de Territoire (SIRAT SA)  
 MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE  
  
 AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX URBAINS  
 certifiée ISO 9001 : 2008 par AF Certification sous le n° 1025  
 Financement : Banque Africaine de Développement (BAD)

**ENTREPRISE**  
  
**中国能建**  
 ENERGY CHINA  
  
**CGGC**

**Construction d'infrastructures de drainage et connexes résilientes et de pavage de rues dans le bassin Pa2 - Lot 1**

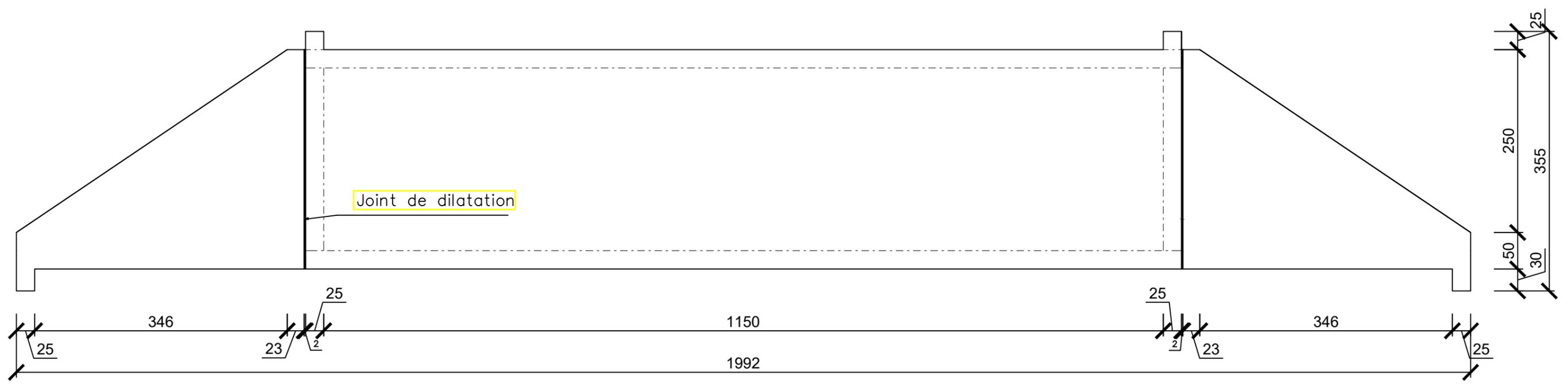
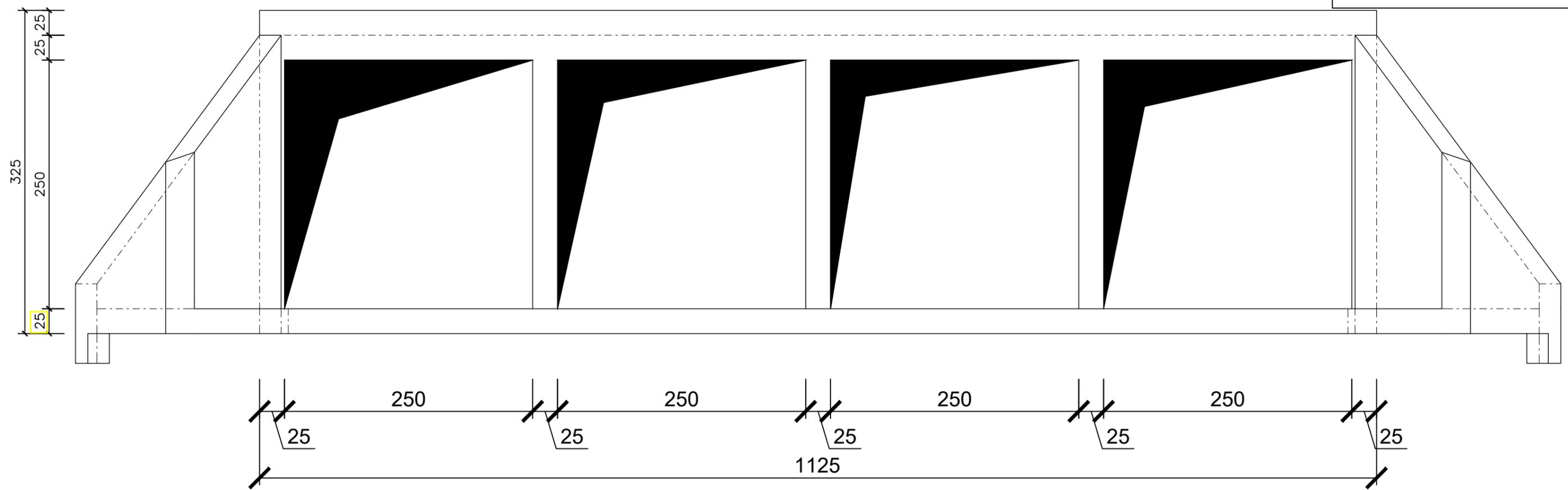
PLAN D'EXECUTION

**MISSION DE CONTROLE**  
  
**AEM-SARL**  
 Cabinet Africain d'Etudes et de Maîtrise d'œuvres  
**INGENIERIE**  
  
 GENIE CIVIL - EAU - ENERGIE - ENVIRONNEMENT  
 MANAGEMENT - FORMATION - INDUSTRIE  
 Tél : +226 50 37 66 99, Email : caem@fasonet.bf

**PLAN TYPE**  
 PLAN DE COFFRAGE  
 DALOT 4X250X250

DATE	Janvier 2023	
N° D'OPERATION		
ETABLI PAR	CGGC	
CONTROLE PAR	Groupement CAEM SARL / AFRIC-A	
<b>VERSION I</b>		
N°	DATE	VISA
	11.01.2023	MDC
Echelle:	1/100	

# COFFRAGE DALOT 4 X 250 X 250




**REPUBLIQUE DU BENIN**  
 Fraternité - Justice - Travail  
  
**AGETUR**  
 Agence d'Exécution des Travaux Urbains  
 certifiée ISO 9001 : 2008 par AF Certification sous le n° 1025  
 Financement : Banque Africaine de Développement (BAD)

**ENTREPRISE**  
  
**中国能建**  
 ENERGY CHINA  
  
**CGGC**

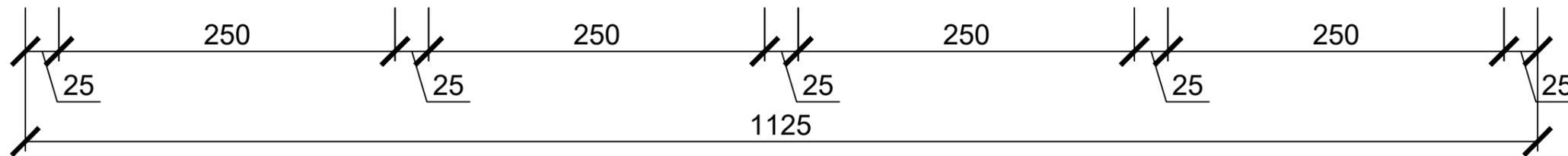
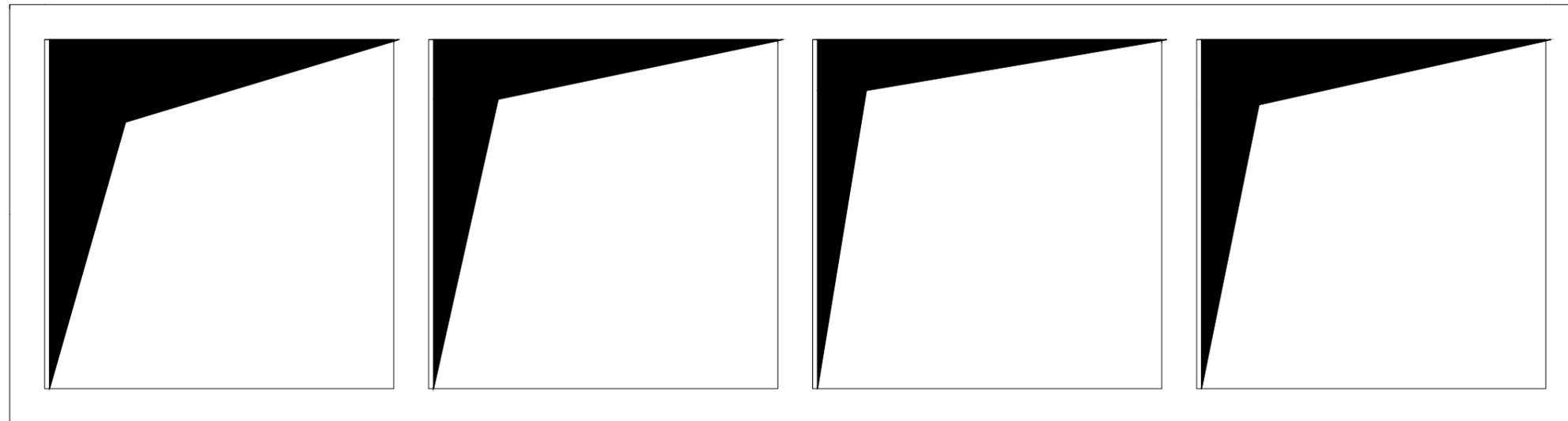
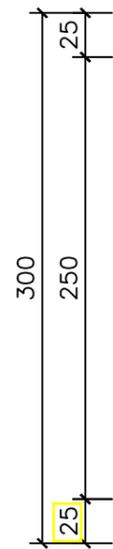
**Construction d'infrastructures de drainage et connexes résilientes et de pavage de rues dans le bassin Pa2 - Lot 1**  
**PLAN D'EXECUTION**

**MISSION DE CONTROLE**  
  
**AEM-SARL**  
 Cabinet Africain d'Etudes et de Maîtrise d'œuvres  
**INGENIERIE**  
  
**AFRIC-A**  
 GENIE CIVIL - EAU - ENERGIE - ENVIRONNEMENT  
 MANAGEMENT - FORMATION - INDUSTRIE  
 Tél : +226 50 37 66 99, Email : caem@fasonet.bf

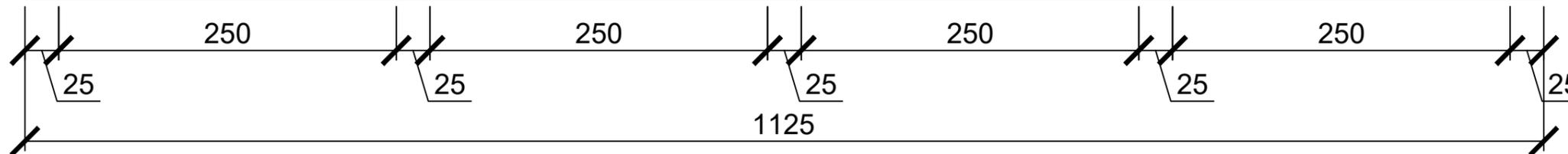
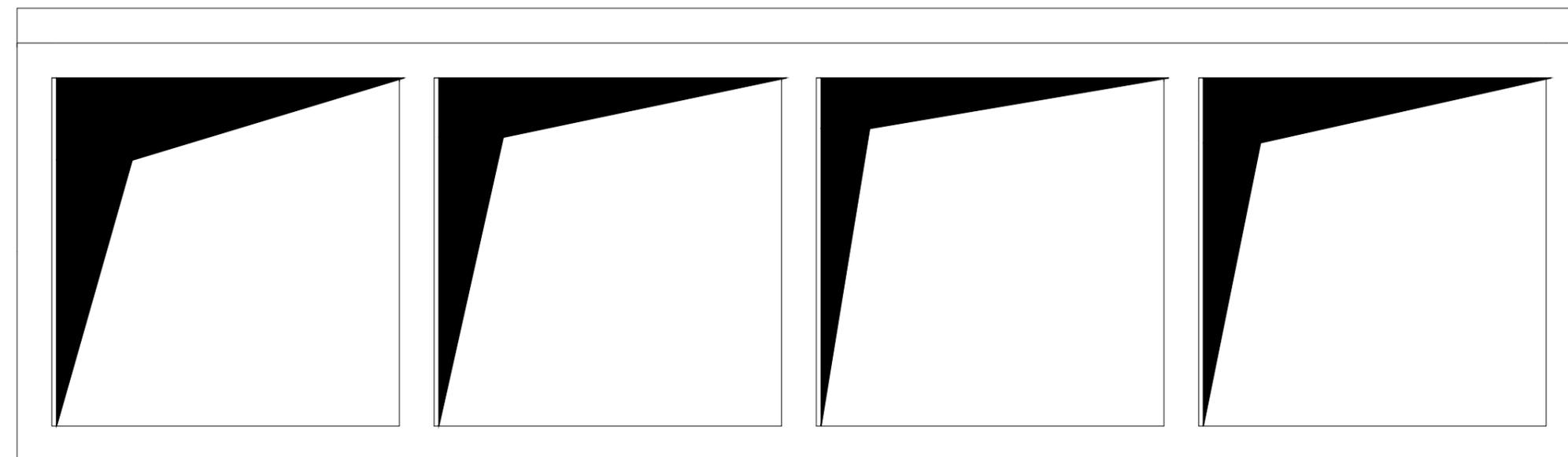
**PLAN TYPE**  
**PLAN DE COFFRAGE**  
**DALOT 4X250X250**

DATE	Janvier 2023	
N° D'OPERATION		
ETABLI PAR	CGGC	
CONTROLE PAR	Groupement CAEM SARL / AFRIC-A	
<b>VERSION I</b>		
N°	DATE	VISA
	11.01.2023	MDC
Echelle: 1/100		<input type="checkbox"/>

**COFFRAGE DALOT  
4 X 250 X 250**



**COUPE B-B**



**COUPE D-D**


**REPUBLIQUE DU BENIN**  
 Fraternité - Justice - Travail  
 MAITRE D'OUVRAGE  
 MINISTERE DU CADRE DE VIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE (MCVDD)  
 Société des Infrastructures Routières et d'Aménagement de Territoire (SIRAT SA)  
 MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE  
  
 AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX URBAINS  
 certifiée ISO 9001 : 2015 par AF Certification sous le n° 1025  
 Financement : Banque Africaine de Développement (BAD)

**ENTREPRISE**  
  
**中国能建**  
 ENERGY CHINA  
  
 CGGC

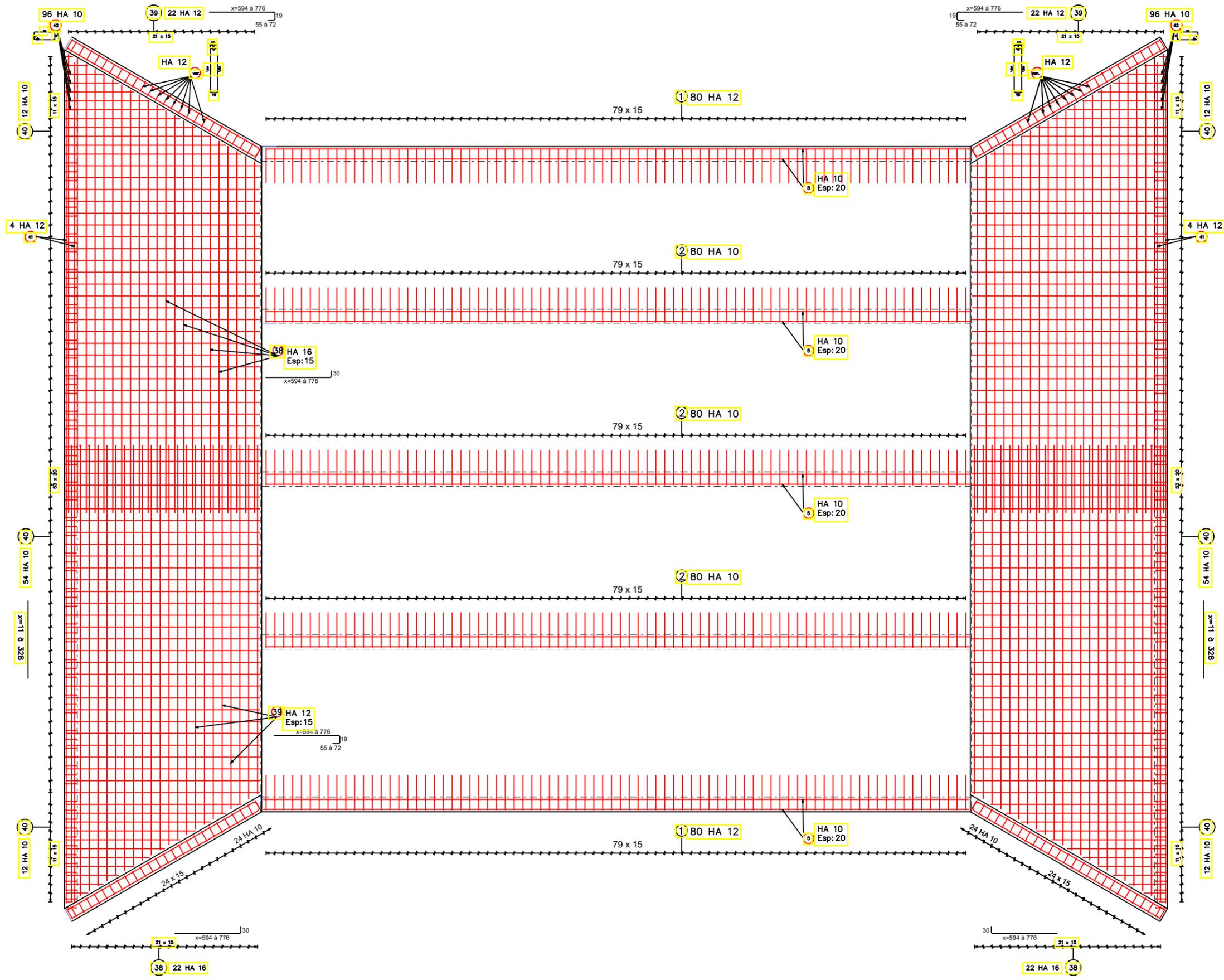
**Construction d'infrastructures de drainage et connexes  
résilientes et de pavage de rues dans le bassin Pa2 - Lot 1**  
**PLAN D'EXECUTION**

**MISSION DE CONTROLE**  
  
**AEM-SARL**  
 Cabinet Africain d'Etudes et de Maîtrise d'œuvres  
**INGENIERIE**  
  
 GENIE CIVIL - EAU - ENERGIE - ENVIRONNEMENT  
 MANAGEMENT - FORMATION - INDUSTRIE  
 Tél : +226 50 37 66 99, Email : caem@fasonet.bf

**PLAN TYPE**  
 PLAN DE COFFRAGE  
 DALOT 4X250X250

DATE	Janvier 2023		
N° D'OPERATION			
ETABLI PAR	CGGC		
CONTROLE PAR	Groupement CAEM SARL / AFRIC-A		
<b>VERSION I</b>			
N°	DATE	VISA	Echelle: 1/100
	11.01.2023	MDC	<input type="checkbox"/>

# FERRAILLAGE DALOT 4 X 250 X 250



**REPUBLIQUE DU BENIN**  
 Fraternité - Justice - Travail  
**MAITRE D'OUVRAGE**  
 MINISTERE DU CADRE DE VIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE (MCVDD)  
 Société des Infrastructures Routières et d'Aménagement de Territoire (SIRAT SA)  
 MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE  
**AGETUR**  
 AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX URBAINS  
 certifiée ISO 9001 : 2008 par AF Certification sous le n° 1001  
 Financement : Banque Africaine de Développement (BAD)

**ENTREPRISE**  
  
**中国能建**  
**ENERGY CHINA**  
**CGGC**

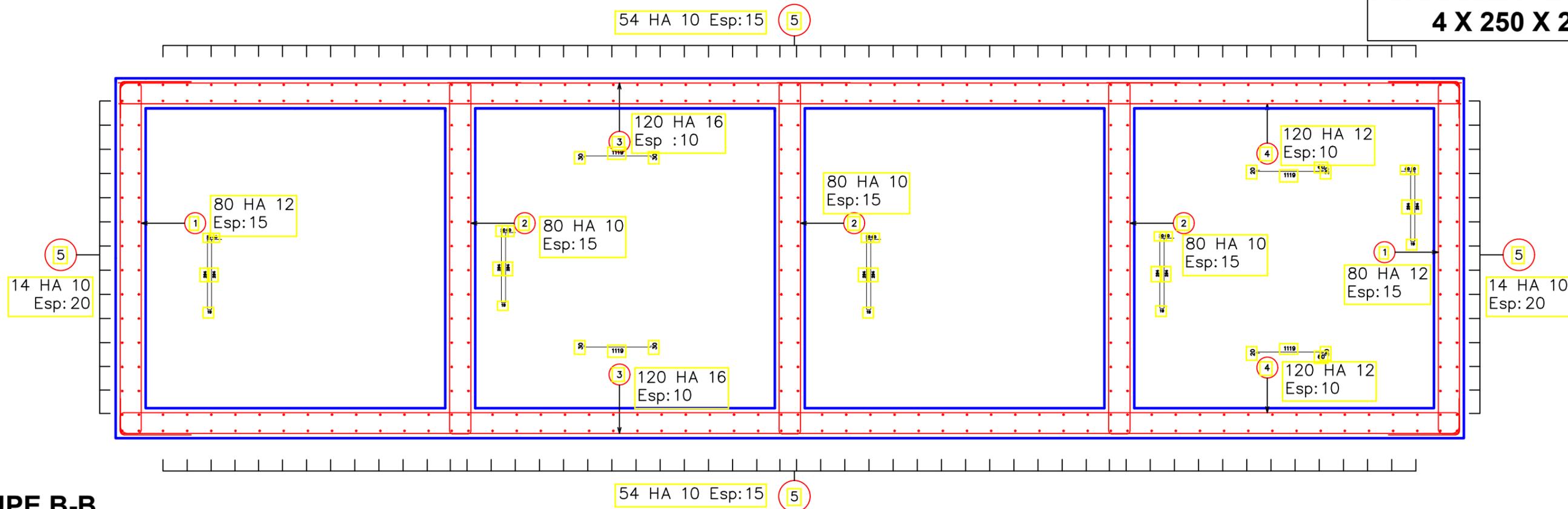
**Construction d'infrastructures de drainage et connexes résilientes et de pavage de rues dans le bassin Pa2 - Lot 1**  
**PLAN D'EXECUTION**

**MISSION DE CONTROLE**  
  
**AEM-SARL**  
 Cabinet Africain d'Etudes et de Maîtrise d'œuvres  
**INGENIERIE**  
**AFRIC-A**  
 GENIE CIVIL - EAU - ENERGIE - ENVIRONNEMENT  
 MANAGEMENT - FORMATION - INDUSTRIE  
 Tél : +226 50 37 66 99, Email : caem@fasonet.bf

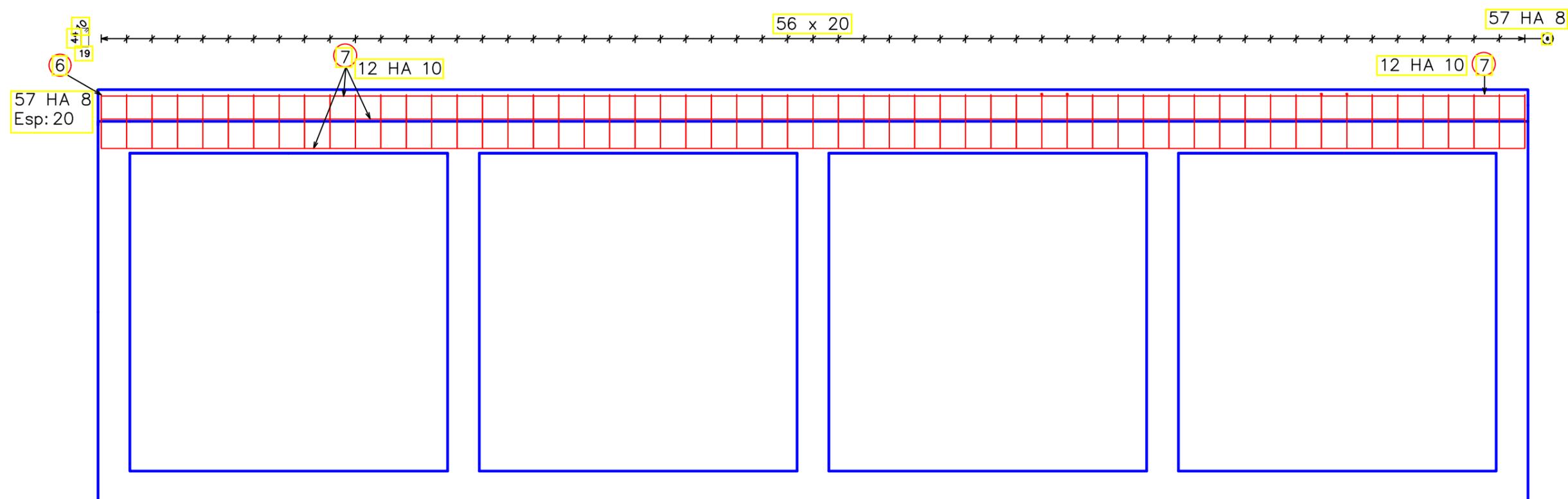
**PLAN TYPE**  
**PLAN DE FERRAILLAGE DALOT 4X250X250**

DATE	Janvier 2023
N° D'OPERATION	
ETABLI PAR	CGGC
CONTROLE PAR	Groupeement CAEM SARL / AFRIC-A
<b>VERSION I</b>	
N°	DATE
	11.01.2023
VISA	MDC
Echelle:	1/100

# FERRAILLAGE DALOT 4 X 250 X 250



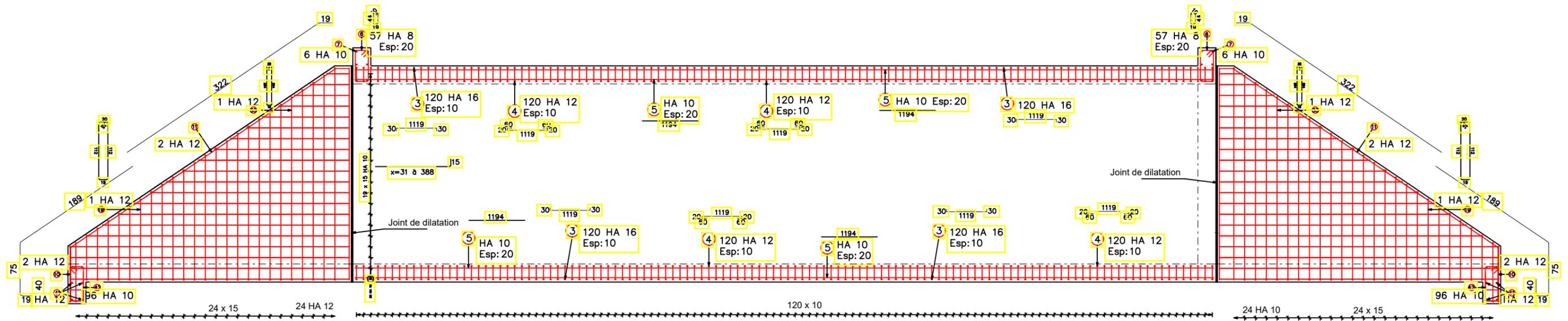
**COUPE B-B**



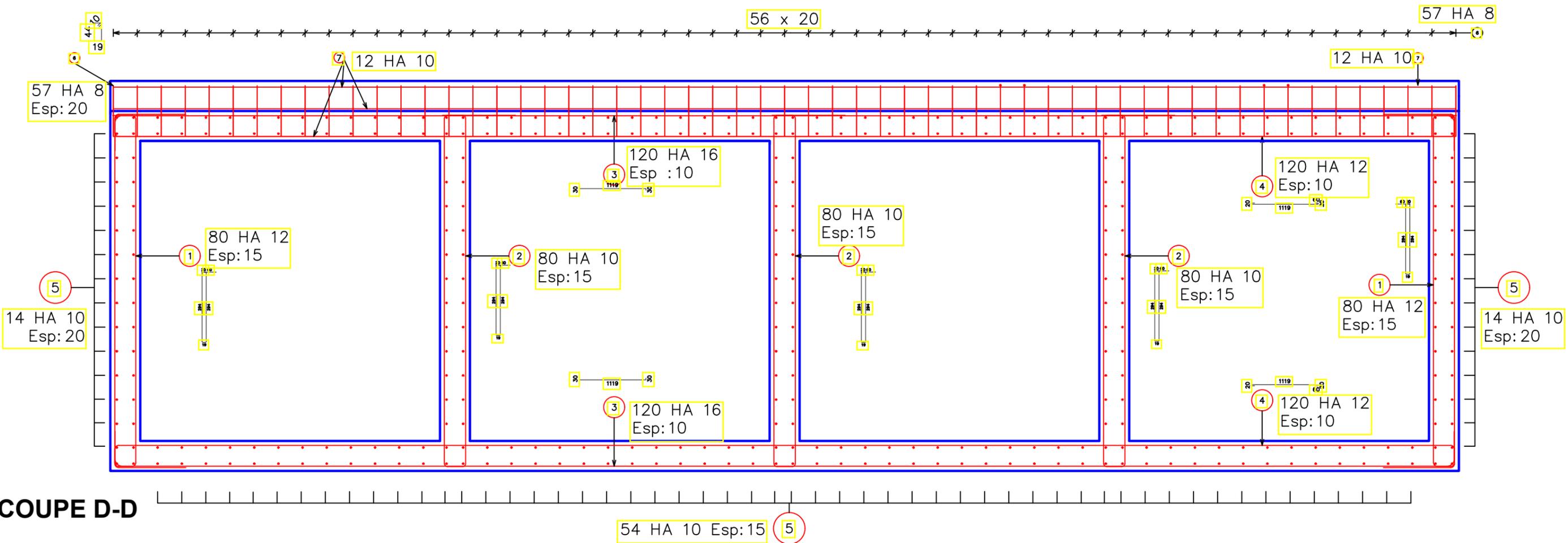
**COUPE D-D**

<p>REPUBLICQUE DU BENIN Fraternité - Justice - Travail</p> <p>MAITRE D'OUVRAGE MINISTRE DU CADRE DE VIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE (MCVDD) Société des Infrastructures Routières et d'Aménagement de Territoire (SIRAT SA) MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE</p> <p>AGETUR AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX URBAINS certifiée ISO 9001 - 2015 par AF Certification sous le n° 1023</p> <p>Financement : Banque Africaine de Développement (BAD)</p>	<p><b>ENTREPRISE</b></p> <p>中国能建 ENERGY CHINA</p> <p>CGGC</p>	<p><b>Construction d'infrastructures de drainage et connexes résilientes et de pavage de rues dans le bassin Pa2 - Lot 1</b></p> <p><b>PLAN D'EXECUTION</b></p>	<p><b>MISSION DE CONTROLE</b></p> <p>AEM-SARL Cabinet Africain d'Etudes et de Maîtrise d'œuvres INGENIERIE</p> <p>AFRIC-A GENIE CIVIL - EAU - ENERGIE - ENVIRONNEMENT MANAGEMENT - FORMATION - INDUSTRIE</p> <p>Tél : +226 50 37 66 99, Email : caem@fasonet.bf</p>	<p><b>PLAN TYPE</b></p> <p>PLAN DE FERRAILLAGE DALOT 4X250X250</p>	DATE	Janvier 2023
					N° D'OPERATION	
					ETABLI PAR	CGGC
CONTROLÉ PAR	Groupement CAEM SARL / AFRIC-A					
<b>VERSION I</b>						
N°	DATE	VISA	Echelle: 1/100			
	11.01.2023	MDC				

# FERRAILLAGE DALOT 4 X 250 X 250



COUPE A-A



COUPE D-D


**REPUBLIQUE DU BENIN**  
 Fraternité - Justice - Travail  
 MAITRE D'OUVRAGE  
 MINISTERE DU CADRE DE VIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE (MCVDD)  
 Société des Infrastructures Routières et d'Aménagement de Territoire (SIRAT SA)  
 MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE  
  
 AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX URBAINS  
 certifiée ISO 9001 : 2008 par AFRI Certification sous le n° 10201  
 Financement : Banque Africaine de Développement (BAD)

**ENTREPRISE**  
  
**中国能建**  
 ENERGY CHINA  
  
 CGGC

**Construction d'infrastructures de drainage et connexes  
 résilientes et de pavage de rues dans le bassin Pa2 - Lot 1**

PLAN D'EXECUTION

MISSION DE CONTROLE

  
**AEM-SARL**  
 Cabinet Africain d'Etudes et de Maîtrise d'œuvres  
**INGENIERIE**  
  
 GENIE CIVIL - EAU - ENERGIE - ENVIRONNEMENT  
 MANAGEMENT - FORMATION - INDUSTRIE  
 Tél : +226 50 37 66 99, Email : caem@fasonet.bf

PLAN TYPE

PLAN DE FERRAILLAGE  
 DALOT 4X250X250

DATE	Janvier 2023
N° D'OPERATION	
ETABLI PAR	CGGC
CONTROLE PAR	Groupeement CAEM SARL / AFRIC-A
<b>VERSION I</b>	
N°	DATE
VISA	Echelle: 1/100
11.01.2023	MDC

Autodesk		Nomenclature des barres							
N°	Nombre	Nuance	∅	Longueur (m)	Poids (kg)	Total Long. (m)	Total Poids (kg)	Schéma	Esp. (cm)
1	160	HA	12	6.75	6.00	1080.67	959.64		15
2	240	HA	10	6.78	4.18	1626.57	1003.59		15
3	240	HA	16	11.70	18.49	2808.22	4436.99		10
4	240	HA	12	12.67	11.25	3041.81	2701.13		10
5	352	HA	10	11.94	7.37	4202.88	2593.18		20
6	114	HA	8	1.41	0.56	160.57	63.42		20
7	12	HA	10	11.19	6.90	134.28	82.85		
				Diamètre moyen	Somme Poids (kg)				
				12.1	11840.80				

Autodesk		Nomenclature des barres							
N°	Nombre	Nuance	∅	Longueur (m)	Poids (kg)	Total Long. (m)	Total Poids (kg)	Schéma	Esp. (m)
14	1	HA	12	1.84	1.64	1.84	1.64		
15	1	HA	12	2.05	1.82	2.05	1.82		
16	1	HA	12	2.25	2.00	2.25	2.00		
17	1	HA	12	2.45	2.18	2.45	2.18		
18	1	HA	12	2.65	2.36	2.65	2.36		
19	1	HA	12	2.86	2.54	2.86	2.54		
20	1	HA	12	3.06	2.72	3.06	2.72		
21	1	HA	12	3.26	2.89	3.26	2.89		
22	1	HA	12	3.46	3.07	3.46	3.07		
23	1	HA	12	3.66	3.25	3.66	3.25		
24	1	HA	12	3.87	3.43	3.87	3.43		
25	1	HA	12	4.00	3.55	4.00	3.55		
26	1	HA	12	4.27	3.79	4.27	3.79		
27	1	HA	12	4.47	3.97	4.47	3.97		

Autodesk		Nomenclature des barres							
N°	Nombre	Nuance	∅	Longueur (m)	Poids (kg)	Total Long. (m)	Total Poids (kg)	Schéma	Esp. (m)
8	20	HA	10	0.42 à 3.99	0.26 à 2.46	49.46	30.51		0.15
9	20	HA	10	0.42 à 3.99	0.26 à 2.46	49.46	30.51		0.15
10	2	HA	12	3.17	2.82	6.34	5.63		
11	2	HA	12	3.40	3.02	6.81	6.04		
12	1	HA	12	2.14	1.90	2.14	1.90		
13	1	HA	12	2.24	1.99	2.24	1.99		

# COFFRAGE DALOT 4 X 250 X 250

Autodesk® Nomenclature des barres									
N°	Nombre	Nuance	∅	Longueur (m)	Poids (kg)	Total Long. (m)	Total Poids (kg)	Schéma	Esp. (m)
28	1	HA	12	4.68	4.15	4.68	4.15		
29	1	HA	12	4.88	4.33	4.88	4.33		
30	1	HA	12	5.08	4.51	5.08	4.51		
31	1	HA	12	5.28	4.69	5.28	4.69		
32	1	HA	12	5.48	4.87	5.48	4.87		
33	1	HA	12	5.69	5.05	5.69	5.05		
34	1	HA	12	5.89	5.23	5.89	5.23		
35	1	HA	12	6.09	5.41	6.09	5.41		
36	1	HA	12	6.29	5.59	6.29	5.59		
37	2	HA	12	6.50	5.77	12.99	11.54		
					<b>Diamètre moyen</b>	<b>Somme Poids (kg)</b>			
					11.2	171.16			

Autodesk® Nomenclature des barres									
N°	Nombre	Nuance	∅	Longueur (m)	Poids (kg)	Total Long. (m)	Total Poids (kg)	Schéma	Esp. (cm)
38	88	HA	16	6.20 à 8.01	9.79 à 12.66	623.98	985.90		15
39	88	HA	12	6.62 à 8.61	5.88 à 7.64	668.74	593.84		15
40	156	HA	10	0.11 à 3.28	0.07 à 2.02	427.73	263.91		20
					<b>Diamètre moyen</b>	<b>Somme Poids (kg)</b>			
					13.2	1843.65			

Autodesk® Nomenclature des barres									
N°	Nombre	Nuance	∅	Longueur (m)	Poids (kg)	Total Long. (m)	Total Poids (kg)	Schéma	Esp. (m)
41	16	HA	12	7.68	6.82	122.86	109.10		
42	193	HA	10	1.49	0.92	286.61	176.84		0.15
					<b>Diamètre moyen</b>	<b>Somme Poids (kg)</b>			
					10.6	285.94			