



**ETUDE TECHNIQUE DES TRAVAUX DE BITUMAGE DE
LA VOIRIE URBAINE : CAS DU BOULEVARD ASKIA
MOHAMED (PK 0+00 AU PK 2+808) A NIAMEY AU NIGER**

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

DE

**MASTER EN
GENIE CIVIL**

Présenté et soutenu publiquement le 21 janvier 2020 par

MOUSSA ISSA Aliou (20110310)

Encadrant 2iE : M. MADOUGOU Issa Enseignant, département Science et Technologie de l'ingénieur (S.T.I), Institut 2iE

Encadrant Externe : M. OUSSEYNI Adamou Ingénieur Routier à Techni-Consult Niger

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. MOUNIROU Lawani

Membres et correcteurs : M. OUEDRAOGO Arnaud

M. COULIBALY Gnenakantanhan

Promotion 2013/2014

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

A mon père, feu MOUSSA ISSA,

A ma mère AMINATA HASSANE,

A mon épouse MALIKA HASSANE

A tous mes collègues de promotion pour la fraternité et l'ambiance conviviale qui a régné tout le long du cursus,

A tous ces hommes et femmes qui ont eu la noble et pénible tâche de m'inculquer le savoir tout au long de mon parcours.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant qui par sa grâce nous a permis d'effectuer ce stage dans les conditions les plus optimales.

Et nous ne saurions débiter ce rapport sans exprimer notre reconnaissance et gratitude à l'endroit de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement **2IE**.

Aussi adressons-nous nos sincères remerciements à **Mr Issa MADOUGOU** Enseignant, département Science et Technologie de l'Ingénieur (S.T.I), Institut 2iE, Encadrant interne du Mémoire, pour sa grande disponibilité et son encadrement.

Nos remerciements vont également à l'endroit de Techni-Consult Niger la structure d'accueil de mon stage, dont :

- **Mr. Ibrahim Galadima** le Directeur Général;
- **Mr Adamou OUSSEYNI**, Ingénieur Routier à Techni-Consult, Encadrant externe du Mémoire, pour m'avoir proposé le sujet, pour sa grande disponibilité et son encadrement tout au long de cette étude.
- Tous les personnels de Techni-Consult Niger, pour leurs esprits de bonne compréhension et leurs sens de responsabilité dont ils m'ont fait preuve lors de mon stage au Techni-Consult.

Et enfin à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

RESUME

Ce mémoire, dont le thème est intitulé «Etude technique des travaux de bitumage de la Voirie urbaine : Cas du Boulevard Askia Mohamed (Pk 0+00 au Pk 2+808) à Niamey au Niger», s'inscrit dans le cadre des études des travaux d'aménagement et de bitumage d'environ 17 km de route bitumé dans la ville de Niamey.

L'objectif principal visé par le présent projet est l'embellissement de la ville de Niamey en améliorant les infrastructures routières et renforcer la qualité de la sécurité routière.

Une analyse des données géotechniques et l'utilisation des abaques du CEBTP nous ont permis de faire la conception structurale de la route, soient 5cm de BB en couche de roulement, 20cm en couche de base et 20cm de couche de fondation en GLN, ainsi les contraintes, déformations verticales et la déflexion de la chaussée ont été vérifiées sur ALIZE LCPC ; et ces différents critères de ruptures étant vérifiés(Ex : Déflexion = 42mm/100 compris entre 40/100 et 125/100 ; alors la structure de chaussée choisie a été retenue.

La conception géométrique a permis de ressortir le tracé en plan, le profil en long, et le profil en travers type de ce tronçon routier avec le logiciel **Piste 5.06** et Les paramètres géométriques ayant servis à cette conception sont celle d'une vitesse de référence de 60Km/h donné dans les termes de référence (TDR).

Les études hydrologique et hydraulique ont permis d'évaluer les débits et quantifier les ouvrages hydrauliques pour un assainissement de la route, soient 2900 ml de caniveau de section 1*1 m sont projeté et 2 dalots de section 2*2*1m et 1*2*1m.

Le coût global de ce projet est estimé à environ **5.615.723.415 FCFA** réparti comme suit : le montant de la route est de **5. 610. 042. 328 FCFA** soit **99,90%** et celle de l'étude d'impact environnemental est de **5.681.087 FCFA** soit **0,10% du projet**.

Mots clés:

1 - Etude

2 - Route

3 - Bitumage

4 - Assainissement

5 - Boulevard Askia Mohamed

ABSTRACT:

That memory, the theme is "Technical study of asphaltting work on urban roads: case of Askia Mohamed Boulevard (Pk 0 + 00 at Pk 2+808) in Niamey in Niger" is part of the studies development work and asphaltting of about 17 km tarred road in Niamey. The main objective of this project is the beautification of the city of Niamey by improving road infrastructure and strengthens the quality of road safety. An analysis of geotechnical data and the use of charts CEBTP allowed us to do the structural design of the road, are 5cm BB wearing, 20cm by 20cm base layer and foundation layer and GLN, thus the stresses, vertical deformations and the deflection of the pavement have been verified on Alize LCPC; and these different breaking criteria being verified (example deflexion = 42mm/100 between 40/100 and 125/100, then the selected roadway structure was chosen.

Geometric design has highlighted the alignment, the longitudinal profile, and typical cross section of the road section with the software track 5.06 and the geometric parameters that were used in this design are that of a reference speed 60km/h given in the reference terms (TDR).

The hydrologic and hydraulic studies have evaluated the Debits and quantify water projects for improvement of the road are in 2900 ml Gully section 1 * 1 m are planned and scuppers section 2*2*1 and 1*2*1m.

The total project cost is estimated at about **5,615,723,415 FCFA** allocated as follows: the amount of the road is **5,610,042,328 FCFA** is **99, 90%** and that of the EIS is **5,681,087 FCFA** is **0,10%** of the project.

Key-words:

1-Study

2-Road

3-Tarring

4-Sanitation

5 -Boulevard Askia Mohamed

LISTE DES ABRERVIATIONS

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

BB : Béton Bitumineux

CAM: Coefficient d'Agressivité Moyenne

CBR: Californien Bearing Ratio (Indice de Portance Californien)

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

CPA : Ciment portland artificiel

CPC : Cahier des prescriptions communes

GLN : Graveleux latéritique naturel

GTT-BAM: Goudel Tondibiah Tondikoirey- Boulevard Askia Mohamed

LCPC : Laboratoire central des ponts et chaussée

NE : Nombre d'essieux Equivalent

OPM : Optimum Proctor Modifié

PDES: Plan de Développement Economique et Social

PK: Point Kilométrique

RN : Route Nationale

SEEEN : Société d'exploitation des eaux du Niger

SETRA : Service d'étude Technique des routes et autoroute

TMJA : Trafic moyens journalier annuel

TPC : Terre-plein central

Table des matières

I. INTRODUCTION	10
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE	11
II 1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	11
II2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	13
III. PRESENTATION DU PROJET	14
III. 1 CONTEXTE GENERALE ET JUSTIFICATION DU PROJET	14
III.2 DIAGNOSTIC /ETAT DES LIEUX.....	14
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION.....	16
V. ETUDE TECHNIQUE.....	17
V. 1 : ETUDE TOPOGRAPHIQUE	17
1.1 Recherche documentaire et reconnaissance du site.....	17
1.2 Travaux de lève de détail.....	17
1.3 Travaux d'implantation de l'axe de la route.....	17
1.4 Travaux de nivèlement de profils en travers	18
V.2 : ETUDE GEOTECHNIQUE.....	19
2.1 Caractéristiques du sol en place	19
2.2 Caractéristiques des matériaux d'emprunts.....	19
2.3 Dimensionnement du corps de la chaussée.....	20
V.3 : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE.....	23
3.1 Etude hydrologique	23
3.2 Etude hydraulique.....	26
V.4 : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE	31
4.1 Caractéristique géométrique.....	31
4.2 Tracer en plan.....	32
4.3 Profil en long	33
4.5 Profil en travers type	35
V.5 : DIMENSIONNEMENT STRUCTURELLE DES OUVRAGES	36
5.1 Pré dimensionnement des Dalot.....	36
5.2 Note de calcul du Dalot.....	36
5.3 Prédimensionnement des caniveaux.....	41
5.4 Note de calcul des caniveaux	41
5.3.3 Calcul des armatures des caniveaux.....	42
V.6 : SIGNALISATION ROUTIERE ET ECLAIRAGE PUBLIC	43
6.1 Signalisation routière.....	43

6.2 Eclairage public.....	44
VI. ETUDE FINANCIERE-ETUDES DES COUTS.....	49
6.1 Introduction.....	49
6.2 Avant mètre.....	49
6.3 Estimation du cout du projet.....	49
6.4 Conclusion partiel.....	50
VII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE.....	51
7.1 Introduction.....	51
7.2 Textes législatifs et réglementaires nationaux.....	51
7.3 Les mesures d'Atténuations.....	52
7.4 Les mesure de compensation.....	55
7.5 Les mesure de renforcement.....	55
7.6 Conclusion partiel.....	55
VIII CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	56
BIBLIOGRAPHIES.....	57
ANNEXES.....	58
Annexe I: Géotechnique.....	59
Annexe II: Hydrologie et hydraulique.....	66
Annexe III: Listing des éléments géométriques, Tracé combiné et cubatures diverses.....	75
Annexe IV: Dimensionnement BA.....	88
Annexe V: Devis quantitatif et estimatif.....	126

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Classe de portance des sols.....	19
Tableau II : Valeur du Trafic moyen journalier annuel par catégorie de véhicule.....	21
Tableau III : Trafic cumulé de tout type de véhicules/jr selon le CEBTP.....	21
Tableau IV : Valeurs des contraintes de rupture.....	22
Tableau V : Résultats des calculs de Débits des dalots et caniveau par la méthode rationnel.	26
Tableau VI : Paramètres fondamentaux des projets routiers : tracé en plan.....	32
Tableau VII : Caractéristiques géométrique de l’Axe en plan.....	33
Tableau VIII : Paramètres fondamentaux des projets routiers : profil en long.....	34
Tableaux IX : Récapitulatif des sections d'aciers dalot 1.....	40
Tableaux X : Récapitulatif des sections d'aciers dalot 2.....	41
Tableau XI : Section d’armature et type d’acier des caniveaux.....	42
Tableau XII : Classification des routes.....	45
Tableau XIII : Facteurs d’utilisation en fonction de la classe d’éclairage.....	46
Tableau XIV : Facteurs de maintenance en fonction du type de lampe.....	47
Tableau XV : Estimation des différents Coût.....	50

LISTE DES FIGURES

Figure n°1 : Situation du projet.....	13
Figure n°2 : Etat des lieux du projet projet.....	15
Figure n°3 : Délimitation des bassins versants.....	24
Figure n°4 : Profil en travers type.....	35

I. INTRODUCTION

Au cours de ces dernières décennies, l'urbanisation de la ville de Niamey a connu une ascension fulgurante. Avec la taille de plus en plus importante de la ville, le déplacement est devenu l'une des premières préoccupations. Les nouveaux quartiers, bien qu'étant des zones de forte concentration de population, sont jusque-là insuffisamment dotés en voies aménagées. Le centre-ville est, au fur et à mesure de l'accroissement du trafic urbain, sérieusement engorgé pendant les heures de pointe. Le problème de déplacement se pose avec une telle acuité qu'il accentue la dégradation des conditions de vie des habitants. Devant une telle situation, la nécessité d'une extension de la voirie s'est imposée afin d'irriguer et de desservir toutes les zones de la ville et aussi, de décongestionner le centre-ville confronté à l'augmentation continue du trafic urbain.

C'est ainsi que Le Gouvernement de la République du Niger, a adhéré aux principes du développement durable depuis la conférence de Rio de Janeiro (Brésil) de 1992. Cet engagement s'est traduit par la signature et la ratification des textes qui peuvent permettre l'atteinte de cet objectif. La traduction sur le plan national de cette volonté s'est faite à travers l'élaboration de plusieurs documents stratégiques comme le programme de renaissance ou le Plan de Développement Economique et Social (PDES, 2012-2015). Ce dernier pour son volet infrastructures, a consacré une importante place à la ville de Niamey, intitulé Niamey Nyala ou Niamey la coquette.

C'est dans le cadre de sa mise en œuvre notamment sur la promotion des infrastructures routières que s'inscrit notre étude intitulé « **Etude technique des travaux de bitumage de la Voirie urbaine : Cas du Boulevard Askia Mohamed (Pk 0+00 au Pk 2+808) à Niamey au Niger** ».

L'objectif de cette étude est de mener une étude technique et financière détaillée qui aboutira à l'établissement des dossiers techniques des travaux et du coût du projet.

Ainsi Pour atteindre l'objectif fixé, le document sera structuré dans l'ordre suivant :

- Une présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude,
- Une présentation du projet,
- Une méthodologie de conception,
- Une étude technique,

- Une étude financières- Etudes des couts,
- Une étude d'impact Environnemental et Social.

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

II 1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1. Historique :

C'est en 1988 que fut créé le bureau d'ingénieur conseil Techni-Consult. Ce bureau a été mis en place sous la forme d'une entreprise individuelle sous le registre de commerce 5383 à Niamey au Niger et 13.672/A à Ouagadougou au Burkina Faso et 2722 à Bamako au Mali et enfin au Togo. Au Niger à part la Direction Générale située à Niamey, il y a deux agences techniques : à Maradi et à Zinder. L'objectif de ces bureaux est de fournir des prestations aux administrations des travaux publics dans le secteur bâtiments et travaux publics (BTP), en matière d'étude et de contrôle de travaux de terrassement, de chaussée, d'assainissement et de bâtiment.

2. Les différents domaines d'intervention de Techni-Consult :

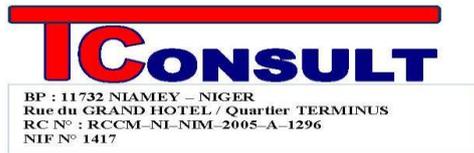
- Infrastructures de transport ;
- Génie civil et bâtiment ;
- Assainissement ;
- Génie Rural.

3. Expérience de Techni-Consult :

Depuis sa création, le bureau Techni-Consult s'est constitué un bon capital d'expériences, parfois en mettant à profit le transfert de technologie avec le nord et en s'appuyant sur des experts confirmés de la sous-région.

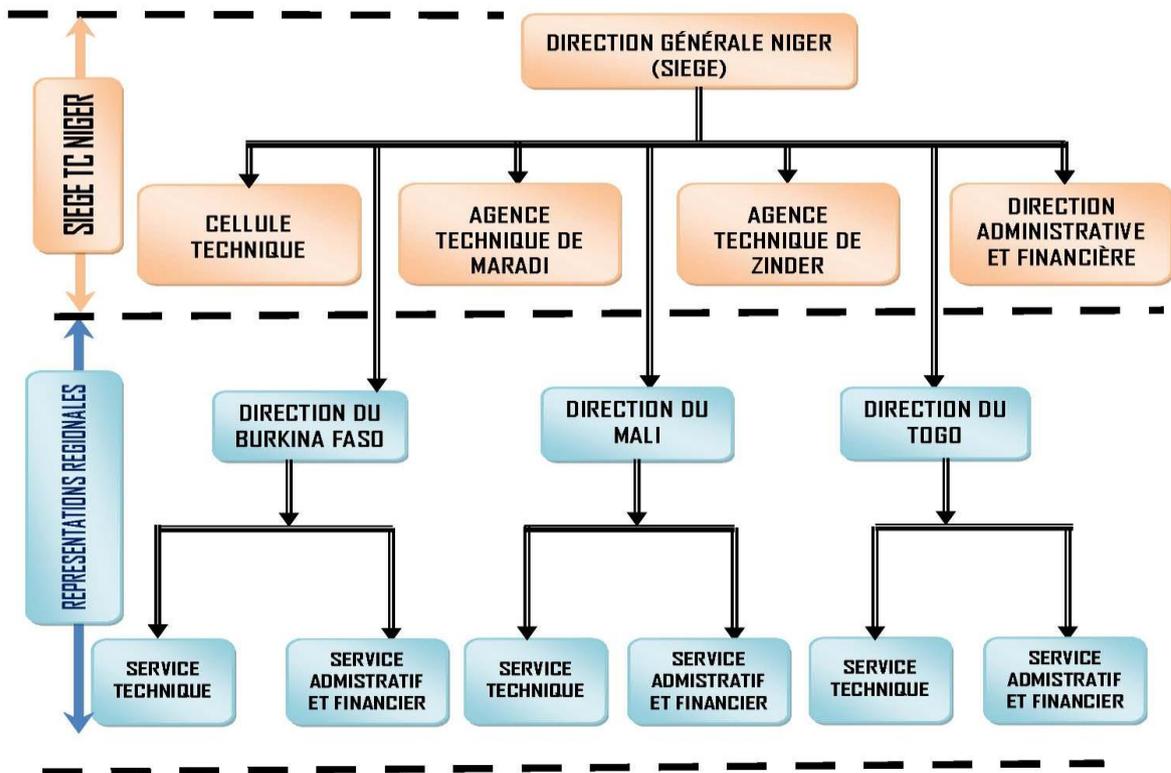
En effet il travaille parfois avec des bureaux des pays occidentaux avec lesquels il entretient une étroite collaboration sur certains projets et ses experts proviennent des pays de la sous-région.

4. Organigramme



TECHNI CONSULT
Bureau d'Etudes et Ingénieurs Conseils
Pour toutes prestations d'études et de contrôle en
travaux publics, Bâtiments, Hydraulique, Génie rural, Etc.

ORGANIGRAMME GROUPE TECHNI CONSULT



II2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone du projet est située dans l'arrondissement communal Niamey 1 (Région de Niamey). Cet arrondissement a une superficie de 62,12 km². Il est limité à l'est par l'arrondissement communal Niamey 2, à l'ouest par les limites du village de Gorou Banda, au nord par les limites de Goudel Gorou et au sud par le fleuve Niger

Pour l'axe Niamey -Goudel-Tondibiah-TondiKoireyRn1 Ouest, le Pk 0 se trouve au niveau du premier carrefour juste après la porte de la Gendarmerie Nationale, et le PK fin, à l'embranchement de la RN1 ouest un peu devant le village de Tondikoirey.

Pour l'axe du Boulevard Askia Mohamed qui est la section concerné de notre étude, il relie la rue (FK 195) au boulevard des Ambassades, le Pk 0 se trouve à la fin de la route Est- Ouest et le Pk fin se situe à l'embranchement de la route Goudel – Tondibiah, juste au niveau de l'accès à la station de la SEEEN.

Le plan ci-dessous (figure n°1) illustre la zone d'étude



Figure n°1 : Situation du projet (Moussa Issa Aliou, Mai 2014, lieu Niamey)

III. PRESENTATION DU PROJET

III.1 CONTEXTE GENERALE ET JUSTIFICATION DU PROJET

L'embellissement de la capitale du Niger fait partie des priorités du gouvernement de la 7^e république. A l'image des autres capitales de la sous-région, Niamey se doit d'offrir un visage d'une capitale moderne, aux infrastructures et services de qualité. C'est le cas des voiries qui sont à un état de dégradation très avancé dans beaucoup de quartiers, rendant inconfortable, le passage de certaines avenues. En effet, l'axe reliant Niamey aux villages périphériques de Goudel, Tondibiah et TondiKoïrey est l'une des voies périurbaines les plus importantes, mais ne disposant pas de revêtement et des aménagements connexes standards.

L'objectif principal visé par le présent projet est l'embellissement de la ville de Niamey en améliorant la qualité de la sécurité routière.

De manière spécifique, les objectifs visés à travers l'Aménagement et de bitumage de la Route Goudel Tondibiah – Tondikoïrey (13,65 Km) et du Boulevard Askia Mohamed (KK77) 2,909 Km sont :

- Améliorer les infrastructures routières au niveau de la zone du projet ;
- Assurer le désenclavement des localités concernées ;
- Promouvoir le développement économique et social des populations concernées ;
- Renforcer la sécurité routière ;
- Economiser le temps de parcours pour les usagers.

III.2 DIAGNOSTIC /ETAT DES LIEUX

Dans l'état actuel, le descriptif des voies est présenté comme suite :

Pour l'axe Niamey -Goudel-Tondibiah-TondiKoïrey-Rn1 Ouest:

- Une section bitumée en Enduit Superficiel Bicouche de largeur comprise entre 3,5 à 7 m sur une longueur de 3,5 km présentant un état de dégradation plus ou moins important ;
- Une section de largeur irrégulière (plus ou moins 7 m) sur une longueur de 9 Km avec un état de dégradation avancée, surtout caractérisé par un départ de matériaux faisant suite à l'usure totale du revêtement de la chaussée.

-Une section sommairement aménagée en graveleux latéritique sur une longueur de 1,3 km à la traversée de Soudouré et Tondikoirey. Le rechargement a été effectué pour servir de déviation suite à la rupture d'un pont sur la RN1 Ouest.

Pour l'axe du Boulevard Askia Mohamed il n'a jamais été construit. Il présente par endroits des sections rechargées juste pour faciliter la traversée aux usagers.

Avec le développement de la ville et son extension, il apparaît important d'envisager l'aménagement de cette voie et des voies connexes comme celle de l'avenue Askia Mohamed, KK 77.

C'est donc entre autres, les raisons qui justifient le choix d'aménager ces deux tronçons dans le cadre de Niamey Nyala :



Figure n°2 : Etat des lieux du projet (Moussa Issa Aliou, Mai 2014, lieu Niamey)

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

La méthodologie générale suivie pour réaliser l'étude de faisabilité des travaux d'aménagement et de bitumage du tronçon Boulevard Askia Mohamed est décrit comme suite :

- Une étude topographique afin de matérialiser le relief de la plateforme,
- Une étude géotechnique permettant de proposer une structure de chaussée,
- Une étude hydrologique et hydraulique conduisant au dimensionnement des ouvrages d'assainissement (caniveaux, dalots),
- Une étude géométrique de la route afin de permettre l'élaboration des pièces graphiques (tracé en plan, profil en long et profil en travers),
- Une étude sur le dimensionnement structurelle des ouvrages (caniveaux, dalots),
- Une étude de sécurité axée entre autre sur la signalisation routière, l'éclairage public afin de protéger les usagers de la route et d'assurer leur confort.

V. ETUDE TECHNIQUE

V.1 : ETUDE TOPOGRAPHIQUE

Les travaux topographiques dans le cadre de ce projet ont été réalisés suivant plusieurs phases:

1.1 Recherche documentaire et reconnaissance du site

Avant le démarrage des travaux topographiques, l'équipe a mené une recherche documentaire auprès de la Direction de l'Institut Géographique du Niger (IGN) et aussi sur le Net. Cette recherche des données de base a permis de recueillir des informations suivantes :

- a- les cartes de base à l'échelle 1/200 000 couvrant la zone du projet ;
- b- les repères altimétriques et bornes de nivellement général ;
- c- les photos satellitaires de route etc.

La mission de reconnaissance du site s'est portée essentiellement sur la recherche des bornes de nivellement général ; ainsi la cote de la borne de nivellement générale qui a servi de base pour les études est de 206,458 pris au niveau de la gendarmerie national

1.2 Travaux de lève de détail

Le levé de détails a été réalisé à l'aide d'une station totale de Marque NIKON. Ce levé a consisté à recenser sur l'emprise de la route tous les détails qui peuvent constituer des obstacles pour le projet. Il s'agit entre autres des limites de l'emprise dans les sections urbaines, des concessions, des arbres, des regards, des poteaux électriques, des ouvrages existants etc. Ce levé a servi de base pour la réalisation d'un plan de situation dans laquelle tous les détails situés sur l'emprise de la route sont ressortis.

1.3 Travaux d'implantation de l'axe de la route

Sur la base de plan de situation réalisé à partir de levé de détails, un axe théorique a été tracé et les différents points caractéristiques ont été déterminés (angle au sommet, la longueur développée des courbes, les points de tangence etc.). Ces données ont servi de base pour l'implantation de l'axe sur le terrain notamment les points caractéristiques de la route à savoir les sommets, les courbes, les points de tangence et les alignements droits.

Un piquetage de l'axe a été réalisé ; des piquets en fer sont mis à tous les 20m, aux points de raccordement, aux origines et fins de courbes le long du tracé choisi, ainsi qu'à chaque changement de pente du terrain naturel et au droit des ouvrages d'assainissement. Aussi Des bornes en béton 300 sont mises en place parallèlement de part et d'autre de l'axe de piquetage à chaque 500m et au niveau de certains points caractéristiques tels que les sommets, les points de tangence, ces bornes ont été placées hors de l'emprise des routes de manière à éviter leur déplacement par les mouvements des engins de terrassement.

1.4 Travaux de nivellement de profils en travers

Il s'agit ici sur la base de piquetage de l'axe, de réaliser le nivellement des profils en travers. Ainsi au niveau de chaque point de piquetage neuf (17) points ont été relevés (un point à l'axe, huit points à gauche et huit points à droite). Au niveau des ouvrages, des points caractéristiques comme le niveau du fil d'eau ont été relevés.

V.2 : ETUDE GEOTECHNIQUE

2.1 Caractéristiques du sol en place

Une campagne de sondage à l'axe a été menée afin de s'enquérir de la nature et de la qualité du matériau constituant le sol support. Au total 06 sondages ont été réalisés sur l'axe du tracé et on fait l'objet d'analyse au laboratoire. Après L'analyse des résultats des essais il ressort que le sol de plate-forme est de nature sableux avec les caractéristiques suivantes:

Eléments inférieurs à 80 microns : minimum 8,0% ; maxi 17,5 % (< 35 %) ; Limite de liquidité : non plastique (< 50 %) ;

Indice de plasticité : non plastique (< 25) ;

Indice CBR à 95 % de l'optimum Proctor modifié après 4 jours d'imbibition : minimum 18 ; maxi 31 ce qui nous donne un CBR moyenne de 25 caractérisent des sols de type S4.

(Voir récapitulatif des résultats des essais géotechnique du sol support en annexe I)

Tableau I : Classe de portance des sols

Classes de Portance	Valeurs CBR			
S ₁	CBR < 5			
S ₂	5	<	CBR	< 10
S ₃	10	<	CBR	< 15
S ₄	15	<	CBR25	< 30
S ₅	CBR > 30			

Source: CEBTP, 1980

2.2 Caractéristiques des matériaux d'emprunts

Deux (02) carrières ont été prospectées sur la RN1W aux environs de la fin du projet et on fait l'objet de prélèvement de matériaux et d'analyse au laboratoire, ainsi les résultats des essais sur les matériaux provenant de cette carrière se résumant de la manière suivante :

- Carrière N°1 à 6650m à droite, après le village de Bongoula, Coordonnées GPS N 13° 39'015 E 002° 00'246:

Le volume de la carrière est estimé à 91000m³.

Le matériau provenant de cette carrière contient en moyenne 16,4 % d'éléments inférieurs à 80 microns avec une limite de liquidité de l'ordre de 24,1%, un indice de plasticité (IP) moyen de 7,9 , un CBR moyen de l'ordre de 42 à 60 de compacité respectivement à 95 et 98 % de l'optimum Proctor modifié. Et le matériau a en moyenne une densité Proctor de 2,06 T/m³ et une teneur en eau optimale moyenne de 7,1 %.

- Carrière N°2 à 4000m de la fin du projet sur RN1W et à 100m à droite :

Le volume de la carrière est estimé à 25000m³.

Le matériau provenant de cette carrière contient en moyenne 11,6 % d'éléments inférieurs à 80 microns avec une limite de liquidité de l'ordre de 28,8%, un indice de plasticité (IP) moyen de 8,8 ; un CBR moyen de l'ordre de 74 à 103 de compacité respectivement à 95 et 98 % de l'optimum Proctor modifié. Et le matériau a en moyenne une densité Proctor de 2,44 T/m³ et une teneur en eau optimale moyenne de 5,6 %.

(Voir récapitulatif des résultats des essais sur matériaux d'emprunt en annexe I)

Les exigences d'utilisation des matériaux naturels dans le corps de chaussée selon le Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux du CEBTP sont :

_ CBR à 95 % OPM et 96 H d'imbibition > 30 pour la couche de fondation et

_ CBR à 95 % OPM et 96 H d'imbibition > 60 pour la couche de base.

Ainsi nos matériaux d'emprunt correspond aux normes alors le matériau de la carrière N°1 sera utilisé en couche de fondation, et celui de la carrière N°2 en couche de base.

2.3 Dimensionnement du corps de la chaussée

La structure de la chaussée a été dimensionnée par la méthode CEBTP dont les hypothèses et les résultats obtenus sont indiqués ci-après.

2.3.1 Estimation du Trafic de dimensionnement

Le comptage de trafic a été réalisé en octobre 2012. Les résultats de comptage en termes de trafic moyenne journalier annuel par catégorie de véhicule se présentent comme suit :

Tableau II : Valeur du Trafic moyen journalier annuel par catégorie de véhicule

	V. Part Poids<3.5t	Pick up Poids<3.5t	M. Bus Poids>3.5t	Autocar Poids>5t	C.Leger Poids>9t	C.Lourd Poids>9t
TMJA	1442	271	194	6	35	3

Source: TechniConsult, 2012

Nous dénombrons ainsi un total de 1951 Véhicules tout type et 238 poids lourd (dont le poids total autorisé en charge supérieur à 3.5t).

(Voir annexe I pour l'estimation du trafic de dimensionnement)

Le Trafic moyen journalier à l'année de service(2015) est de 2146 véhicule cumulés avec un taux d'accroissement de 5%.

Tableau III: Trafic cumulé de tout type de véhicules/jr selon le CEBTP

Classes de Trafic	TJMA
T ₁	Trafic < 300
T ₂	300 < Trafic < 1000
T ₃	1000 < Trafic=2146 < 3000
T ₄	3000 < Trafic < 6000
T ₅	6000 Trafic > 12000

Source: CEBTP, 1980

Ce qui donne un trafic de type T3 d'après le CEBTP

2.3.2 Constitution de la chaussée

Sur la base de l'étude du trafic et en fonction du sol support, les structures de chaussées ont été déterminées à partir du "Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux" du CEBTP, édition 1980 Ministère de la Coopération Française.

Pour le couple S4T3 il existe plusieurs variantes (page 43). La structure de chaussée suivante a été retenue :

- Revêtement: 5 cm de Béton Bitumineux 0/10
- Couche de base: 20cm Graveleux latéritique
- Fondation: 20 cm de Graveleux latéritique naturel

Pour valider la structure de chaussée choisie, certaines vérifications s'avèrent nécessaires.

Ces vérifications concernent les critères de ruptures qui sont :

-La contrainte verticale σ_z à la surface du sol support doit être inférieure à la contrainte admissible $\sigma_{z, adm} : \sigma_z \leq \sigma_{z, adm}$

-La déformation verticale ε_z à la surface du sol support doit être inférieure à la déformation admissible $\varepsilon_{z, adm} : \varepsilon_z \leq \varepsilon_{z, adm}$

-La déformation verticale ε_t à la surface des autres couches doit être inférieure à la déformation admissible $\varepsilon_{t, adm} : \varepsilon_t \leq \varepsilon_{t, adm}$

-La déflexion doit être comprise entre 40/100 et 125/100.

Les vérifications ont été effectuées avec le logiciel ALIZE LCPC du SETRA (voir annexes I).

Le tableau ci-dessous Résume les différentes valeurs obtenues.

Tableau IV : Valeurs des contraintes de rupture

Contraintes, déformations et déflexion	σ_z (MPa)	ε_z (μ déf)	ε_t (μ déf)	Def
Valeurs calculées	0,073	370,2	-158,1	42,0 mm/100
Valeurs admissibles	1,377	466,419	125,08	[40/100 - 125/100]

Source: Moussa Issa Aliou, Mai 2014

Les différents critères de ruptures Étant vérifiés la structure de chaussée choisie a été retenue.

V.3 : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

3.1 Etude hydrologique

3.1.1 Recherche Documentaire

Nous avons rassemblé toute la documentation disponible et nécessaire pour la conduite de l'étude. Il s'agit entre autres :

Les dossiers des études d'Avant-projet Sommaire (APS)

Les cartes et documents topographiques au 1/200 000 et 1/50 000;

Les données pluviométriques disponibles ;

Et les documents de base et guides d'évaluation hydrologique et hydraulique.

3.1.2 Travaux De Terrain

Les investigations de terrain ont porté sur :

- Une visite de reconnaissance de l'état général de route du point de vue drainage;
- Une identification des exutoires (dalot) ;
- Un examen de l'assainissement longitudinal général du tronçon (caniveaux) ;
- et la détermination des bassins versant.

3.1.3 Études De Synthèse Et D'évaluation

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

Déterminer la pluviométrie décennale ;

Déterminer les paramètres caractéristiques des bassins ;

Déterminer les débits de projet.

Le SETRA recommande de prendre comme période de retour 5ans pour le dimensionnement des caniveaux (d'où Q5) et 50ans pour les ouvrages tels que les dalots (d'où Q50).

Plusieurs méthodes peuvent donc être utilisées pour l'évaluation des débits, chacune selon son domaine d'application:

- méthode ORSTOM
- méthode CIEH
- méthode rationnelle etc.....

Dans le cadre de ce projet la détermination des crues décennales a été réalisée suivant la méthode rationnelle, méthode qui s'adapte à la morphologie de la zone du projet et permet

d'utiliser des précipitations des courtes durées. Cette méthode est appliquée aux petits bassins dont la superficie ne dépasse pas 4 km².

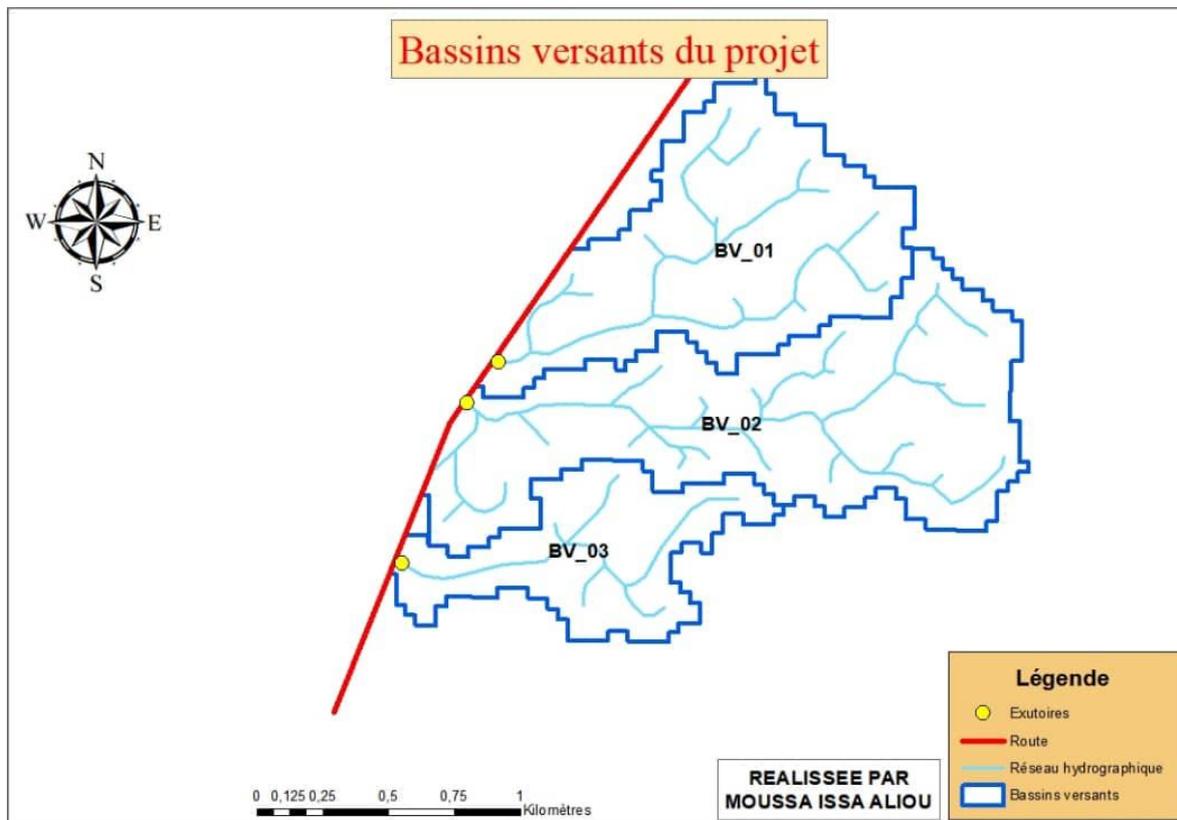


Figure n°3 : Délimitation des bassins versants (Moussa Issa Aliou, Avril 2014)

Le débit à l'exutoire (Q_{10} en m³/s) est donné par la formule suivante:

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

Où :

C : le coefficient de ruissellement décennal supposé être uniforme sur le petit bassin considéré

A : superficie du bassin versant en km²

I : Intensité de l'averse en mm/h

Pour le débit Q d'une fréquence donnée, il faut déterminer l'intensité moyenne de l'averse de même fréquence dont la durée est égale au temps de concentration. L'intensité est obtenue à partir hauteurs des pluies et le temps de concentration. Les hauteurs des pluies sont obtenues à partir des pluies journalières maximales en appliquant la variation temporelle de l'intensité d'une pluie (10', 30', 60', 120' et 1440') et des pourcentages représentatifs de cette variation temporelle d'une précipitation dans la zone du projet. Sur la base des pluies journalières

maximales sur 30 ans (1982 – 2011) de la station de la ville de Niamey , l’application de la loi de Gumbel a permis de tracer des courbes Hauteurs – Durée – Fréquence (voir annexe II) ; et aussi d’aboutir à des équations mathématiques suivantes exprimant les hauteurs des pluies en fonction des durées.

Pour précipitations de durée maximale de 1 heure

$$\text{Tr} = 2 \text{ ans} \quad h = 44.82t^{0.537}$$

$$\text{Tr} = 10 \text{ ans} \quad h = 73.15t^{0.537}$$

$$\text{Tr} = 20 \text{ ans} \quad h = 83.98t^{0.537}$$

$$\text{Tr} = 50 \text{ ans} \quad h = 97.99t^{0.537}$$

$$\text{Tr} = 100 \text{ ans} \quad h = 108.50t^{0.537}$$

Pour précipitations de durée de 1 à 24 heures

$$\text{Tr} = 2 \text{ ans} \quad h = 43.96t^{0.1123}$$

$$\text{Tr} = 10 \text{ ans} \quad h = 71.76t^{0.1123}$$

$$\text{Tr} = 20 \text{ ans} \quad h = 82.38t^{0.1123}$$

$$\text{Tr} = 50 \text{ ans} \quad h = 96.13t^{0.1123}$$

$$\text{Tr} = 100 \text{ ans} \quad h = 106.40t^{0.1123}$$

Après interpolation on trouve $h=58.99t^{0.1123}$ pour la période de retour de 5ans

Le temps de concentration est obtenu selon la formule empirique de KIRPICH :

$$T_c = \frac{1}{52} * \frac{L^{0.77}}{P^{0.38}} \text{ avec}$$

T_c = temps de concentration en minutes ;

L = distance en mètres entre l’exutoire et le point le plus éloigné du bassin ;

P = pente du bassin versant exprimé en m/m.

La hauteur de pluie est déterminé en fonction du temps de concentration en heures du temps de retour correspondant ;

A partir des hauteurs de pluies h et des temps de concentration T_c , on détermine l'intensité des pluies I qui n'est rien d'autre que le rapport h/T_c .

Les investigations hydrologiques et hydrauliques ont permis de prévoir deux dalots comme ouvrages transversaux, le premier au Pk 1+455 et le deuxième au Pk1+915.

Les ouvrages d'assainissement longitudinaux à prévoir pour assurer le drainage longitudinal de la route sont des caniveaux pour les sections urbaines.

Tableau V: Résultats des calculs de Débits des dalots et caniveau par la méthode rationnel

Caractéristiques	Designations		
	Dalot 2	Dalot 1	Caniveaux
Superficies A (km ²)	0,14	0,35	0,17
Coefficient de Ruissèlement C	0,8	0,8	0,8
Pente Moyenne P	0,0056	0,0061	0,0035
Longueur Hydraulique (m)	2500	2820	1340
Temps de concentration T_c (mn)	57,03	60,57	42,18
Hauteur de pluie (mm)	57,58	96,24	56,67
Intensité des pluies I (mm/h)	100,61	95,29	80,96
Débits Cinquantenal Q50 (m³/s) et quinquennale Q5 (m³/s)	3,13	7,42	3,06

Source: Moussa Issa Aliou, Mai 2014

3.2 Etude hydraulique

L'étude hydraulique des ouvrages longitudinaux et de franchissement est réalisée dans le but de conférer à la structure une ouverture et un gabarit suffisant pour faire évacuer la crue de projet arrêtée par l'étude hydrologique.

3.2.1 Dimensionnement hydraulique des dalots

Dans le cadre de ce projet, nous nous intéressons aux dalots cadres fermés avec sortie libre ; ces dalots sont en béton armé et présentent une section rectangulaire. Bien vrai qu'il existe une multitude d'ouvrages qui peuvent répondre à nos besoins, notre choix s'explique du fait

que les ouvrages comme les buses nécessitent des remblais au-dessus plus importants que les dalots et aussi une section découlement rectangulaire permet dans le cas de faible hauteur, d'évacuer des débits plus importants qu'une section circulaire.

Pour le dimensionnement nous traiterons le cas du dalot 1 situé au pk 1+455, Et nous allons suivre la méthode du manuel « Hydraulique routière » élaboré par le ministère Français de la Coopération et du Développement.

La condition pour un écoulement de l'eau dans l'ouvrage à surface libre pour la sortie dénoyée est que la hauteur amont (H_1) doit être inférieure ou égale à 1.25 fois la hauteur (D) de l'ouvrage ($H_1/D < 1.25$)

Le débit à évacuer est de $Q = 7,42 \text{ m}^3/\text{s}$

Ainsi nous proposons de prendre un dalot à deux ouvertures de 2m de base et 1m de hauteur, chacun débitant par conséquent :

$$q = Q/4 = 7,42/2 \Rightarrow q = 3,71 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour le dimensionnement nous adoptons les étapes suivantes :

➤ *Calcul de la profondeur en amont H_1*

Il s'agit de calculer la profondeur amont et de vérifier si celle-ci est conforme à la situation topographique de l'ouvrage.

Calculons d'abord le débit réduit q^* en utilisant la formule

$$q^* = \left(\frac{q}{S}\right) \times \left(\frac{1}{\sqrt{2gD}}\right) \text{ Avec } g=9,8 \quad S=2 \text{ m}^2 \text{ et } D=1$$

$$\Rightarrow q^* = \left(\frac{3,71}{2}\right) \times \left(\frac{1}{\sqrt{2*9,8*1}}\right)$$

$\Rightarrow q^* = 0,42$ Et cette valeur de q^* donne la valeur réduite H_1^* , $H_1^*=1,20$ en utilisant l'abaque de la figure 77 joint en annexe II.

La valeur de H_1 est ainsi calculé par la relation

$$H_1^*=H_1/D \Rightarrow H_1 = 1,20\text{m} \text{ ce qui est acceptable pour le projet}$$

➤ *Calcul de la pente critique I_c*

Dans cette étape on calcule la pente critique de l'ouvrage (notée I_C) qui guidera le choix de la pente longitudinale de l'ouvrage (notée I).

Le débit réduit pour la pente critique est fonction de la formule suivante :

$$Q^* = \left(\frac{q}{\sqrt{gB^5}} \right) \text{ avec } B=2\text{m}$$

$$\Rightarrow Q^* = \left(\frac{3,71}{\sqrt{9,8 \times 2^5}} \right) \Rightarrow Q^* = 0,210$$

Après le calcul de Q^* on lit sur l'abaque de la *figure 82* joint en annexe II, la valeur de la pente I_C^* ; $I_C^* = 2,90$ qui nous permet d'avoir I_C pente critique par la formule suivante :

$$I_C = \left(\frac{g \times I_C^*}{K^2 \times B^{\frac{1}{3}}} \right) \text{ avec } K(\text{ le coefficient de rugosité pour le beton}) = 67$$

$$\Rightarrow I_C = \left(\frac{9,8 \times 2,90}{67^2 \times 2^{\frac{1}{3}}} \right) \Rightarrow I_C = 0,0050$$

➤ *Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V*

Au niveau de cette étape il s'agit de calculer la vitesse de l'eau dans l'ouvrage et de vérifier si celle-ci ne dépasse pas la vitesse limite (qu'on retiendra égale à 3 m/s).

L'on calcule ensuite le débit réduit q^* à partir des formules dérivées de Manning et en fonction de la pente longitudinale retenue

$$q^* = \left(\frac{q}{K \times I^{1/2} \times B^{8/3}} \right)$$

$$\Rightarrow q^* = \left(\frac{3,71}{67 \times 0,0050^{1/2} \times 2^{8/3}} \right) \Rightarrow q^* = 0,123$$

Cette valeur réduite q^* donne, grâce à l'abaque de la *figure 84* joint à l'annexe II, la valeur de V^* ; $V^* = 0,34$ de laquelle l'on déduit la valeur de la vitesse V recherchée grâce à la formule

$$V = (V^* \times I^{1/2} \times K \times B^{2/3}) \Rightarrow$$

$$V = (0,34 \times 0,0050^{1/2} \times 67 \times 2^{2/3})$$

$\Rightarrow V = 2,56$ m/s alors la vitesse est acceptable pour les dalots étudiés car elle est inférieure à 3m/s.

Ainsi les dimensions de notre dalot sont 2x2X1

Les mêmes principes ont été appliqués au dalot projeté au Pk1+915 et ont abouti aux dimensions suivant 1 X 2 X 1.

3.2.2 Dimensionnement Hydraulique des caniveaux

Les caniveaux recueillent les eaux venant directement de la chaussée et celles de zones environnantes. Par mesure de sécurité, nous avons considéré la portion la plus défavorable et la section calculée va être uniformisée.

Les sections de caniveaux sont rectangulaires car leur mise en œuvre est très facile. La pente du caniveau est fonction à celle du profil en long de la route à l'exception des tronçons où elle sera à contre pente par rapport à celle du profil en long.

Cette configuration nous permettra de canaliser ces eaux vers le dalot ; pour le calcul des sections nous allons utiliser la formule de Manning-Strickler : $Q = Ks * S * Rh^{2/3} * \sqrt{i}$

Le caniveau évacuera les eaux avec une section utile de

100cm x 100cm, donc pour une section moyenne de 1m² il est suffisant de prévoir une pente de 1% car les risques d'obstruction sont moindres, et le courant lorsque l'ouvrage fonctionne à plein, est suffisamment fort pour chasser les dépôts.

Justification de la section:

Débit

$$Q = Ks * S * Rh^{2/3} * \sqrt{i}$$

Ks= 67 pour le béton

$$S = 1\text{m}^2$$

$$Rh=0,33\text{m}$$

$$i = 1\%$$

$$Q = 67 * 1 * 0,33^{2/3} * 0,01^{1/2} \Rightarrow Q = 3,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{On à : } Q_5 = 3,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_5 < Q$ Donc la section est justifiée.

Vitesse

$$v = \frac{Q}{S} ; \quad v = \frac{3,06}{1} \Rightarrow v = 3,06 \text{ m/s}$$

$v = 3,06 < v_{\text{max}} = 3,5 \Rightarrow$ *condition de vitesse respecté .*

V.4 : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE

4.1 Caractéristique géométrique

La première étape de la conception est le choix des caractéristiques générales, le type de route qui détermine l'instruction à appliquer, la catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé et le nombre de voies.

Les caractéristiques géométriques de la route sont :

- ✓ Vitesse de référence : 60 Km/h ;
- ✓ Largeur de chaussée: 2 x 6 m ;
- ✓ Largeur de TPC : 8 m ;
- ✓ Largeur des trottoirs en pavés : 2 x 1.50 m ;
- ✓ Largeur des caniveaux : 2 x 1.30 m ;
- ✓ Pente longitudinale maximale : 5% ;
- ✓ Pente transversale chaussée : 2,5% ;
- ✓ Devers maximal : 5 % ;
- ✓ Pente de talus en déblais : 3/2 ;
- ✓ Pente de talus en remblais : 3/2.

La conception a été faite à l'aide du logiciel PISTE 5.05 du SETRA. L'ICTAVRU (Instructions sur les Condition Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines), c'est donc cette norme qui est utilisée pour cette étude. Pour ce faire, nous disposons comme données d'entrée, de fichiers de levés topographiques et d'un fond topographique sur AUTOCAD. Elle a été effectuée sur la base de l'axe de la voie tout en respectant les rayons de raccordement et les distances d'alignement droit et de visibilité. L'objectif étant de limiter au maximum les démolitions, les décapages et tous les autres travaux supplémentaires.

4.2 Tracer en plan

Le tracé en plan est la projection sur le plan horizontal de l'axe de la chaussée. Il est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou pas par des raccordements progressifs. Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

Le tableau suivant donne les caractéristiques du tracé en plan de la route projeté :

Tableau VI : Paramètres fondamentaux des projets routiers : tracé en plan

Paramètres fondamentaux des projets routiers								
Désignation du paramètre		Symbole et unité	Catégorie de route					
			4 ^e	3 ^e	2 ^e	1 ^e	Except	
Vitesse de référence		Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	
Tracé en plan	Dévers maximal		$\delta M(\%)$	7	7	7	7	7
	Rayon en plan RH(m)	minimal absolu (dévers δM)	RHm	40	120	240	425	665
		minimal normal (dévers)	RHN ($\delta\%$)	120 (5%)	240 (5%)	425 (5%)	665 (4%)	1000 (4%)
		au dévers minimal	RH"(2,5%)	250	450	650	900	1500
			RH"(2%)	300	500	700	1000	1600
non déversé	RH'	400	600	900	1300	1800		

Source: ICTAVRU, 2008

Tableau VII: Caractéristiques géométrique de l’Axe en plan

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	399415.720	1497353.160
D1	G = 237.152g	1675.172			
			1675.172	398858.073	1496508.617
C1	XC= 398949.867				
	YC= 1496448.006				
	R = 110.000	27.280			
			1702.452	398846.003	1496484.230
D2	G = 221.363g	693.602			
			2396.054	398623.000	1495844.824
C2	XC= 398651.327				
	YC= 1495834.945				
	R = 30.000	2.301			
			2398.355	398622.326	1495842.624
D3	G = 216.480g	120.003			
			2518.358	398591.870	1495727.610
C3	XC= 398562.870				
	YC= 1495735.289				
	R = -30.000	3.643			
			2522.001	398590.726	1495724.153
D4	G = 224.211g	281.150			
			2807.827	398486.364	1495463.091

Source: Moussa Issa Aliou, Avril 2014

4.3 Profil en long

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes (Alignements droits) caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements ou paraboliques caractérisés par leur rayon. Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel notamment, les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les caractéristiques limites résumées dans le tableau ci-après :

Tableau VIII : Paramètres fondamentaux des projets routiers : profil en long

Paramètres fondamentaux des projets routiers									
Désignation du paramètre			Symbole et unité	Catégorie de route					
				4 ^e	3 ^e	2 ^e	1 ^e	Except	
Tracé en long	Vitesse de référence		V _r (Km/h)	40	60	80	100	120	
	Déclivité maximale en rampe		$\pi M(\%)$	8	7	6	5	4	
	Rayon en angle saillant RV(m)	Chaussée unidirectionnelle (route à 4 voies ou à 2 chaussées)	minimal absolu	RVm1	500	1500	3000	6000	12000
			minimal normal	RVN1	1500	3000	6000	12000	12000
		Chaussée bidirectionnelle (route à 2 ou 3 voies)	minimal absolu	RVm2	500	1600	4500	10000	
			minimal normal	RVN2	1600	4500	10000	17000	
	Rayon en angle rentrant RV'(m)	minimal absolu		RVm'	700	1500	2200	3000	4200
		minimal normal		RVN'	1500	2200	3000	4200	6000
	Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route à 2 ou 3 voies			RVD(m)	2500	6500	11000	17000	28000

Source: ICTAVRU, 2008

(Voir annexe III pour les caractéristiques géométriques du profil en long)

4.4 Tracé combiné :

Le tracé combiné est la représentation graphique sur un même plan du tracé en plan et du profil en long.

(Voir annexe III pour la trace combinée)

4.5 Profil en travers type

C'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. Il fait ressortir l'assiette, l'emprise de la route ainsi que les différentes déclivités. Les profils en travers permettent en outre de déterminer le plan général et de calculer les volumes de déblai et de remblai nécessaires à la réalisation du projet.

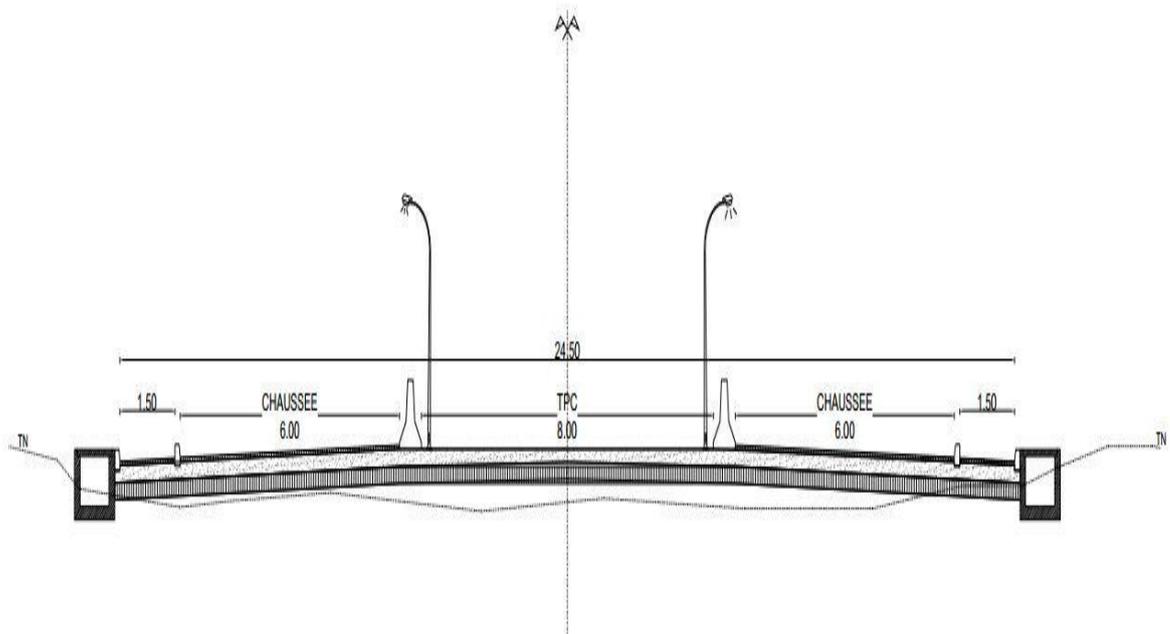


Figure n°3 Profil en travers type (Moussa Issa Aliou, Avril 2014)

V.5 : DIMENSIONNEMENT STRUCTURELLE DES OUVRAGES

5.1 Pré dimensionnement des Dalot

Le pré-dimensionnement des dalots permet de déterminer l'épaisseur des différents éléments constitutifs du dalot à savoir la dalle supérieure, le radier et les piédroits. Par convention, on appelle :

E_d : épaisseur de la dalle supérieur

E_r : épaisseur du radier

E_p : épaisseur des piédroits.

La détermination des valeurs adoptées des épaisseurs est basée sur les formules suivant :

$$L / 15 < E_d = E_r \leq L / 10 \quad \text{avec } E_d \text{ et } E_r \geq 20 \text{ cm}$$

Où : L = ouverture utile de la travée en cm soit 200 dans notre cas

Les ouvrages retenus sont : un dalot à ouvertures multiple $2 \times 2\text{m} \times 1\text{m}$ et un dalot à ouverture simple $1 \times 2\text{m} \times 1\text{m}$.

Pour chaque ouverture, avec la formule ci-dessus, l'épaisseur calculée est

$$L / 15 = 200 / 15 = 13,33\text{cm}$$

$$L / 10 = 200 / 10 = 20\text{cm} \quad E_d = E_r \geq 20 \text{ cm alors}$$

L'épaisseur retenue est de 0,20 m pour le tablier, le radier ainsi que pour les piédroits.

5.2 Note de calcul du Dalot

5.2.1 Hypothèses et données de Base

5.2.1.1. Règlements et instructions

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états

Limites dites règles B .A.E.L 91.

Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) Français en la matière.

Caractéristique des Matériaux

Acier

Nuance : acier Haute Adhérence Fe E 400

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

Contrainte de calcul de l'acier : $\sigma_s = f_e / \gamma_s = 347,83 \text{ MPa}$ avec $\gamma_s = 1,15$

Contrainte limite de l'acier : $\bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e ; \max(0,5 f_e ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{t28}}) \right\} = 201,63 \text{ MPa}$

Avec $\eta = 1,6$ car acier Haute Adhérence.

Béton

Fissuration préjudiciable

Béton B25 de poids volumique = $2,5 \text{ t/m}^3$

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

Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$

La contrainte à l'état limite du béton : $\sigma_{bc} = \frac{0,85 \cdot f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} = 14,17 \text{ MPa}$ avec $\gamma_b = 1,5$

Contrainte limite du béton : $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \cdot f_{c28} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$

L'enrobage : $c = 3 \text{ cm}$, car la fissuration est préjudiciable.

Caractéristiques du remblai

Il est indiqué que le remblai d'accès est constitué de 0,45m de graveleux latéritique et de béton bitumineux de poids spécifique de 21 KN/m^3 et un coefficient de poussée des terres $k = 0,333$. Contrainte admissible : $\sigma_a = 0,15 \text{ MPa}$

5.2.1.2 Principe de calcul des efforts et sollicitations

De manière générale, on mènera les calculs par bande de 1,00m mètre de largeur de dalot.

Les valeurs de sollicitation du moment fléchissant M et de l'effort normal N seront déterminées sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage de KLEINLOGEL Pour le dalot à une Ouverture.

Les valeurs des efforts, sollicitations et réactions d'appuis seront déterminés à partir des formulaires dits « équations des trois moments » pour le dalot à ouverture multiple.

Données diverses

La largeur roulable et la largeur chargeable sont identiques et égales à 6,00 m ($L_R = L_C$); ainsi, on aura :

- La classe du pont : Deuxième classe
- Le nombre de voies : $n = E\left(\frac{L_C}{3}\right) = 2$
- Les coefficients b_t et b_c

Le coefficient b_c est fonction de la classe du pont et du nombre de files considérés ; ainsi, le pont étant de deuxième classe et pouvant disposer au maximum deux files sur celui-ci, $b_c = 1$;

Le coefficient b_t est fonction uniquement de la classe du pont ; ainsi, pour un pont de deuxième classe, $b_t = 0,9$;

- Le coefficient de majoration dynamique δ

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4G}{Q}}$$

Convention des signes

Les moments fléchissant sont positifs lorsqu'ils entraînent de la traction dans la partie interne du cadre.

Pour l'effort normal, on conviendra de considérer qu'il y a compression s'il est positif et traction s'il est négatif.

5.2.2 Evaluation des charges permanentes et surcharges routières

5.2.2.1 Evaluation des charges permanente

On distinguera celles provenant du poids propre des structures des ouvrages (tablier, piédroits, radié). Le poids propre des ouvrages est déterminé sur la base des dessins de coffrage.

5.2.2.2 Evaluation des surcharges routière

Selon le fascicule 61 titre II, les charges d'exploitation à prendre en compte pour l'ouvrage sont les systèmes Bc, Bt et Br. Par la suite, pour le calcul des sollicitations engendrées dans

chaque élément de l'ouvrage, il sera question de considérer pour chacune de ces charges, la position qui donne les valeurs les plus défavorables (élevées).

➤ Système B_c

Le convoi B_c se compose d'un ou au maximum de deux (2) camions types par file. Dans le sens transversal le nombre de files est inférieur ou égal au nombre de voies. Les caractéristiques du camion B_c sont rappelées ci-après :

- Masse totale : 30 tonnes
- Masse portée par chacun des essieux arrière : 12 tonnes
- Masse portée par l'essieu avant : 6 tonnes
- Longueur d'encombrement : 10,50 mètres
- Largeur d'encombrement : 2,50 mètres
- Distance des essieux arrière : 1,50 mètre
- Distance de l'essieu avant au premier essieu arrière : 4,50 mètres
- Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu : 2 mètres
- Surface d'impact d'une roue arrière : carré de 0,25 m de côté
- Surface d'impact d'une roue avant : carré de 0,20 m de côté

Les valeurs des charges du système B_c sont multipliées par un coefficient b_c qui dépend du nombre de files de camions et de la classe du pont

➤ Système B_t

Il se compose de deux (2) essieux munis de roues simples pneumatiques. Les caractéristiques du système B_t sont présentées ci-dessous.

- Masse totale : 32 tonnes
- Masse portée par essieu : 16 tonnes
- Distance entre les deux essieux : 1,35 mètre
- Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu : 2 mètres
- Surface d'impact de chaque roue : 0,25 m x 0,60 m

(longitudinalement 0,25 m et transversalement 0,60 m)

Conformément aux règles d'application du système de charge B_t , transversalement on peut disposer sur la chaussée au maximum deux (2) files B_t et longitudinalement le nombre de files est limité à un (1). Les charges de ce système sont à multiplier par un coefficient b_t qui est fonction de la classe du pont.

➤ Système Br

C'est une roue isolée disposée normalement à l'axe longitudinal de la chaussée. Les caractéristiques de cette roue sont présentées ci-après :

- Masse totale : 10 tonnes
- Surface d'impact de la roue : 0,30 m x 0,60 m (longitudinalement 0,30 m et transversalement 0.60 m)

5.2.3 Calculs d'armatures des éléments

Des calculs de résistance des matériaux (RDM) et de béton armé ont permis de déterminer les sections d'armature nécessaire au bon fonctionnement et à la pérennité de l'ouvrage.

(Voir annexe IV pour la note de calcul du dalot 1 X 2X 1m)

Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs des différentes sections d'aciers calculés et le choix du type aciers à utiliser pour le dalot 1 d'ouverture 1 X 2 X 1 et du dalot 2 d'ouverture 2 X 2 X1.

Tableaux IX : Récapitulatif des sections d'aciers dalot 1

RECAPITULATIF DES SECTIONS D'ACIERS DALOT 1						
		Au (cm ²)	As (cm ²)	Amin (cm ²)	A (cm ²)	Acier HA
Tablier	Aux abouts B et C	14,98	11,51	2,05	14,98	8HA16
	A mi-travée B-C	6,94	5,44	2,05	6,94	9HA10
Radier	Aux abouts A et D	14,02	10,73	2,05	14,02	8HA16
	A mi-travée A-D	7,27	5,72	2,05	7,27	10HA10
Piédroits	En pied (Nœuds A et D)	11,64	8,95	2,05	11,64	4HA20
	A mi-travée A-B	11,43	8,77	2,05	11,43	6HA16
	En tête (Nœuds B et C)	12,75	9,63	2,05	12,75	4HA20+4HA8

Source : Moussa Issa Aliou, Mai 2014

Tableaux X : Récapitulatif des sections d'aciers dalot 2

RECAPITULATIF DES SECTIONS D'ACIERS DALOT 2						
		Au	As	A min	A(cm ²)	Choix
Tablier	A mi travée A-B et B-C Lit inférieur	11,82	9,18	2,05	11,82	6HA14 + 6HA8
	Sur appui B Lit supérieur	15,95	12,17	2,05	15,95	10HA14 + 2HA6
	Aux abouts A et C Lit supérieur	5,66	4,45	2,05	5,66	12HA8
Radier	A mi travée A-B et B-C Lit supérieur	6,27	4,91	2,05	6,27	4HA14
	Sur appui B Lit inférieur	9,02	7,02	2,05	9,02	8HA12
Piédroit centrale B		-			9,60	8HA12 + 2HA8
Piédroits extérieurs A et C		7,37	5,83	2,05	7,37	4HA16

Source : Moussa Issa Aliou, Mai 2014

5.3 Prédimensionnement des caniveaux

Pour les caniveaux latéraux assurant la collecte et le drainage des eaux de pluies, il est prévu des caniveaux de section 100 x 100. Les caniveaux sont en béton armé et de forme rectangulaire. Ils sont partiellement couverts des dalletes aux endroits très sollicités par la population et au droit des entrées de propriétés et relayés par des dalots en béton armé au niveau des franchissements des rues.

Les épaisseurs retenues sont de 15 cm pour les voiles et le radier, et 20 cm pour les dalletes.

5.4 Note de calcul des caniveaux

5.4.1 Hypothèses de chargement

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

Les sollicitations sont déterminées à partir de la METHODE DES TRANCHEES.

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

De manière générale, on mènera les calculs par bande de 1,00 mètre linéaire de longueur de caniveaux

Charges appliquées sont :

-Charges permanentes

Poids propre de la structure

Poussées des terres sur le voile

-Charges d'exploitation

Roue isolée de 0.9 tonnes dont 0,45 tonnes sur chaque voile

5.4.2 Caractéristique des matériaux

Les mêmes types de matériaux seront utilisés pour les dalots et les caniveaux à savoir du B25 dosé à 350 kg /m³ de CPA 45 ou de classe équivalente et des aciers Nuance à haute adhérence (HA) de nuance Fe E 400.

5.3.3 Calcul des armatures des caniveaux

(Voir annexe IV pour la note de calcul des caniveaux)

Tableau XI : Section d'armature et type d'acier des caniveaux

	Aciers principaux	espacement	nombre	Aciers de répartition	espacement	nombre
Dallettes	HA10	15	4	HA8	20	5
piédroit	HA10	20	5	HA8	20	5
Radier	HA10	15	6	HA8	20	5

Source : Moussa Issa Aliou, Mai 2014

V.6 : SIGNALISATION ROUTIERE ET ECLAIRAGE PUBLIC

6.1 Signalisation routière

Pour le bien des usagers et les riverains, la construction routière nécessite un certain nombre de précautions à prendre pendant et après la réalisation pour garantir la sécurité des travailleurs sur le chantier et des usagers ainsi que pour garantir la pérennité de l'ouvrage.

La signalisation routière a pour objet :

- de rendre plus sûre la circulation routière ;
- de faciliter cette circulation ;
- d'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police ;
- de donner des informations relatives à l'usage de la route.

6.1.1 Signalisation verticale

Constituée essentiellement des panneaux et Les différents types à utiliser dans le cadre de ce projet sont :

- 26 panneaux de prescription de type A et B : Obligations, passage pour piétons, zone de stationnement d'autocars ;
- 12 panneaux de type AB4: d'intersection et de priorité de passage Arrêt obligatoire, priorité de passage pour piéton, cédez le passage ;
- 2 panneaux d'indication de type C : Parking, passage pour piéton ;
- 6 Ralentisseurs de vitesse ;
- 3 signalisation lumineuse : Il s'agit essentiellement des feux tricolores réglementant la circulation qui seront implantés au niveau des intersections avec les voies secondaires et au niveau du giratoire.
- 2 balises :
 - 1 de type J4 pour les virages relativement peu dégagés (elles ont été proposées uniquement au niveau des courbes de faible visibilité ou non déversées) ;
 - 1 de type J5 pour les têtes d'îlots directionnels en agglomération notamment aux niveaux des principaux carrefours.

6.1.2 Signalisation horizontal

Elle consiste essentiellement au marquage conventionnel de chaussée de toutes prescriptions et d'indications nécessaires à la circulation routière.

Dans le cadre de ce projet il sera mis en place :

- 184ml de bande discontinue (normale ou avancée) peinte sur chaussée ;
- 3609ml de ligne de rive module T2 largeur = 15 cm ;
- 140m² de marquage spécial passage piétons ;
- 330ml de marquage embranchements et carrefours ;

6.1.3. Signalisation temporaire

La signalisation temporaire est celle mise en place pendant le durée des travaux ; elle permet de sécuriser les usagers et les ouvriers en donnant les indications et conduites à tenir lors de la traversée des zones de travaux. Généralement à fond jaune elle contient les messages suivants:

- o Début chantier / Fin de chantier;
- o Déviation à gauche/à droite ;
- o Chaussée rétrécie / route barrée / sortie de camions;
- o Réduction du nombre de voies libres ;
- o Risque de chaussée glissante ;
- o Risque de projection de gravillon ;

6.2 Eclairage public

L'éclairage public permet aux usagers de la voie publique de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Il ne s'agit pas pour autant de reconstituer les conditions diurnes, mais de rendre aisées pour les automobilistes la perception et la localisation des points singuliers de la route et des obstacles éventuels. Pour le piéton, il s'agit d'assurer la visibilité distincte des bordures de trottoirs, des véhicules et des obstacles et d'éviter les zones d'ombres.

Dans le cadre de ce projet Il s'agit essentiellement d'utiliser des sources d'énergies vertes (solaires) Afin de minimiser les impacts négatifs (grande consommation d'électricité, émission de CO₂, autres gaz à effet de serre) que pourrait avoir notre éclairage sur l'environnement.

Nous appliquons la norme EN 13201 qui donne le niveau de la luminance moyenne minimale à maintenir en fonction du type de voie à éclairer.

6.2.1 Caractéristiques de la voie :

Comme notre voie est un boulevard alors on est en présence d'une route urbaine secondaire avec une vitesse de Référence de 60 km (mais dans la pratique inférieure ou égale à 50 km/h car nous sommes en zone habitée). Ce qui permet de classer la route au niveau voie urbaines niveau de luminance minimal à maintenir (en cd/m²) du guide de l'application de la norme EN 13201).

Tableau XII : Classification des routes

Catégorie voies	Tableaux	Voies concernées
Interurbaines	1	Autoroute Ex-route nationale Route secondaire
Urbaines	2	Autoroute urbaine Rocade Périphérique Pénétrante en zone non habitée et zone habitée
	3	Boulevard Avenue Voie secondaire Voie de desserte
	4	Voie commerçante Voie piétonne Piste cyclable Trottoir Place giratoire
Rurales	5	Voies d'accès au bourg Rue principale Voie transversale Lotissement Place giratoire

Source: Donnée structure d'accueil

6.2.2 Détermination de classe d'éclairage

Nous avons les valeurs suivantes :

- Situation d'éclairage : B2
- Classe d'éclairage : CE2
- Niveau lumineux ambiant : 10 à 15 lux
- Niveau lumineux pour contraintes maximales (zone de conflit) : 20lux
- Hauteur d'installation : $AL = 6m$
- Inter distance maximales : $4.5 \times AL = 27m$

On choisira un espacement de 20m

Tableau XIII: Facteurs d'utilisation en fonction de la classe d'éclairage

Tableau 1. VOIES INTERURBAINES. Niveau de luminance moyenne minimale à maintenir (en $cd.m^{-2}$)

REPERES**	DEFINITION DE LA VOIE	CONTRAINTES	NIVEAU LUMINEUX AMBIANT		LUMINANCE RETENUE POUR CONTRAINTES MAXI	NORME EN 13201.1	
			FAIBLE À MOYEN	ELEVE		CLASSES D'ECLAIRAGE	SITUATIONS
1	AUTOROUTE INTERURBAINE Chaussées séparées Vitesse ≤ 130 km/h Motorisés seuls	Zone de conflit : non Complexité : normale Tâche de navigation : élevée Distance entre échangeur ≥ 3 km					A ₁
		Trafic $15\ 000 \leq V/J \leq 25\ 000^*$	1	—***		ME ₃	
		Trafic $V/J > 25\ 000^*$	1,5	—	2	ME ₂ ME ₁	
3	ROUTE NATIONALE INTERURBAINE Chaussée unique Vitesse ≤ 90 km/h Motorisés Motorisés lents Cyclistes	Complexité : normale Véhicules en stationnement : non Tâche navigation : élevée Distance entre intersection ≤ 3 km					A ₃
		Trafic motorisé $< 7\ 000$ V/J	1	—		ME ₃	
		Trafic motorisé $\leq 25\ 000$ V/J	1,5	—		ME ₂	
		Trafic motorisé $> 25\ 000$ V/J	1,5	2	2 (zone de conflit)	ME ₂ ME ₁	
4	ROUTE SECONDAIRE INTERURBAINE Vitesse ≤ 90 km/h Motorisés Véhicules lents Cyclistes	Complexité : normale Tâche navigation : normale Nombre d'intersections ≤ 3 par km	0,75				B ₂
					1 (zone de conflit)	ME ₃	

* : V/J = nombre de véhicules jour

** : voir tableau 6

*** : les traits (—) signifient : cas peu probable.

Source: Donné structure d'accueil

6.2.3 Détermination du facteur d'utilisation

Avec la classe d'éclairage (CE2), le tableau nous donne :

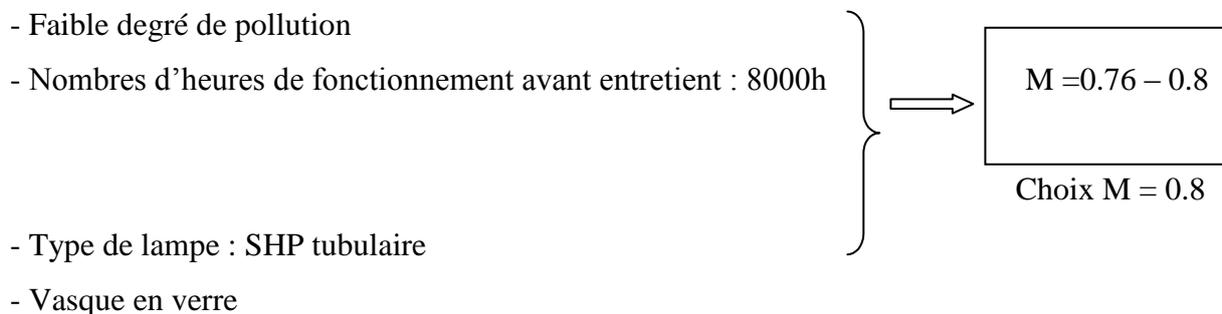
$U_{0min}=0.4$ choix 0.

Facteur de maintenance

Tableau XIV: Facteurs de maintenance en fonction du type de lampe

DEGRE DE POLLUTION	NOMBRE D'HEURES DE FONCTIONNEMENT AVANT ENTRETIEN (H)	FACTEUR DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION (M)				
		TYPE DE LAMPE	LUMINAIRE			
			IP 55 VASQUE PLASTIQUE	IP 65 VASQUE PLASTIQUE	IP 65 VASQUE VERRE	
Faible Degré 1	8 000	S.H.P Tubulaire	0,74 à 0,78	0,76 à 0,80	0,81 à 0,86	
	12 000		0,61 à 0,70	0,63 à 0,72	0,68 à 0,78	
Fort Degré 2-3	8 000		0,63 à 0,66	0,68 à 0,72	0,76 à 0,80	
	12 000		0,50 à 0,57	0,55 à 0,63	0,63 à 0,72	
Faible Degré 1	8 000		IODURES METALLIQUES Brûleur céramique	0,59 à 0,70	0,60 à 0,71	0,65 à 0,76
	12 000			0,44 à 0,59	0,46 à 0,60	0,49 à 0,66
Fort Degré 2- 3	8 000			0,50 à 0,60	0,55 à 0,65	0,60 à 0,71
	12 000			0,36 à 0,48	0,40 à 0,53	0,46 à 0,61

Source: Donnée structure d'accueil



6.2.4 Efficacité lumineuse

$50 \leq Fe \leq 100$ choix 95

6.2.5 Calcul de la puissance minimale

$$p = \frac{E * S}{U_0 * M * fe}$$

$S = 20 \times 3 = 60 \text{m}^2$ soit un luminaire tous les 20m.

$$p = \frac{15 * 60}{0,6 * 0,8 * 95} = 19,73$$

$P = 19.73 \text{ W} \in [1 ; 20]$ acceptable

6.2.6 Choix du luminaire

Comme suscité notre choix se porte sur un luminaire dont la source d'énergie est verte. Ainsi donc nous choisirons un lampadaire solaire Halloum a 9022 qui possède les caractéristiques suivantes :

- o Lanterne LED 12   30W
- o 80Ah de batterie AGM pour 3 à 4 jours d'autonomie avec un fonctionnement de 8h par nuit.
- o 1 panneau photovoltaïque haut rendement de 50 à 90Wc
- o Mat de 6m acier galvanisé

VI. ETUDE FINANCIERE-ETUDES DES COUTS

6.1 Introduction

Conformément aux indications des termes de référence les travaux prévus pour être exécutés en entreprise peuvent être décomposés en plusieurs postes de travaux regroupés comme suit :

- l'installation de chantier ;
- les travaux préparatoires
- les terrassements généraux ;
- la chaussée ;
- le revêtement ;
- les ouvrages d'assainissement ;
- la signalisation ;
- les travaux divers
- l'éclairage public
- les aménagements connexes
- les mesures sociales et environnementales.

6.2 Avant mètre

L'avant mètre est une technique qui permet de quantifier ; c'est-à-dire procéder à la recherche des quantités de matières, de produits finis

Les quantités ont été évaluées sur la base :

-Du calage présumé du profil en long au niveau des ouvrages et des cubatures qui en découlent ;

-De l'expérience en matière de construction de projets routiers au Niger, dans la zone du projet et dans la sous-région.

6.3 Estimation du cout du projet

Le devis estimatif donne une proposition d'organisation du projet ainsi qu'une estimation des coûts d'aménagement des voies. Concernant la méthode d'estimation des coûts unitaires des travaux d'aménagement et de bitumage ; une analyse a été effectuée sur les marchés récents de travaux similaires passés dans la zone du projet et au Niger. Nous avons également

conservé dans la mesure du possible, les mêmes définitions de prix des marchés en s'efforçant d'obtenir un devis estimatif standard pour tous les types de travaux à effectuer.

L'annexe v permet d'avoir une idée sur les différents prix appliqués.

Tableau XV : Estimation des différents Coût

Designations	Prix
Total Série 000 : INSTALLATION DU CHANTIER	275 382 722
Total Série 100 : TRAVAUX PREPARATOIRES	51 257 080
Total Série 200 : TERRASSEMENT GENERAUX	608 822 465
Total Série 300 : CHAUSSEES	692 387 090
Total Série 400 : REVETEMENT	707 593 887
Total Série 500 : OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT	463 342 045
Total Série 600 : SIGNALISATION	140 443 432
Total Série 700 : TRAVAUX DIVERS	650 612 500
Total Série 800 : ECLAIRAGE PUBLIC	1 073 903 000
Total Série 900 : AMENAGEMENTS CONNEXES	49 670 000
Total Série 1000 : MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES	5 681 087
TOTAL GENERAL HTVA	4 719 095 307
TVA 19%	896 628 108
MONTANT TOTAL TTC	5 615 723 415

Source : Moussa Issa Aliou, juin 2014

6.4 Conclusion partiel

Le coût global du projet s'élève à Cinq milliards six-cent quinze millions sept-cent vingt-trois mille quatre cent quinze franc CFA TTC ; L'analyse du tableau ci-dessus , montre que les postes les plus importants, du point de vue coût, sont : le poste « Eclairage Public» qui représente plus de 19,12 % du cout total des travaux suivi du poste « Revêtement» qui représente environ 12,60%. Le poste Chaussé vient en troisième position avec aussi plus de 12,33 %.

VII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE

7.1 Introduction

La construction d'une route contribue efficacement au développement d'un pays mais elle a aussi des impacts négatifs sur l'homme et son environnement qui sont entre autre : la déforestation ; l'érosion du sol ; problème foncier etc....

La protection de l'environnement est une priorité du gouvernement nigérien qui a tenu à l'exprimer dans plusieurs documents de politique et de textes juridiques, mais aussi à travers les politiques et programmes, indispensables pour assurer les objectifs du développement.

Plusieurs textes internationaux et nationaux traitant de la protection de l'environnement vont s'appliquer au projet de construction de cette route dans ses différentes phases de réalisation.

7.2 Textes législatifs et réglementaires nationaux

Textes législatifs et réglementaires en vigueur au Niger et dont l'application et le respect sont nécessaires dans la mise en œuvre du projet sont :

- la Constitution du 25 Novembre 2010 qui, en son article 35, dispose : « le droit à toute personne à un environnement sain. L'État a l'obligation de protéger l'environnement dans les conditions prévues par la loi dans l'intérêt des générations futures. L'Etat veille à l'évaluation et au contrôle des impacts de tout projet et programme de développement sur l'environnement de l'Etat.» ;
- le décret n°97-006/PRN/MAG/E du 10 janvier 1997 portant réglementation de la mise en valeur des ressources naturelles rares : ce texte fixe le régime juridique de la mise en valeur des ressources foncières, végétales, hydrauliques et animales telles que définies par l'article 2 de l'ordonnance n° 93-015 du 2 mars 1993 fixant les principes d'orientation du Code rural. En effet, l'article 2 définit la mise en valeur comme « toute activité ou action matérielle engagée par l'homme sur une ressource naturelle en vue de son exploitation rationnelle et durable suivant des moyens propres à la protéger, la restaurer et en améliorer la qualité productive et le rendement » ;
- L'ordonnance n°97-001 du 10 janvier 1997 portant Institutionnalisation des Etudes d'Impact sur l'Environnement : L'article 4 de cette ordonnance précise que « les activités, projets et programmes de développement qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur les milieux naturel et humain, peuvent porter

atteinte à ces derniers sont soumis à une autorisation préalable du Ministre chargé de l'environnement. Cette autorisation est accordée sur la base d'une appréciation des conséquences des activités, du projet ou du programme mises à jour par une étude d'impact élaborée par le promoteur et agréée par le Ministre chargé de l'environnement » ;

- La loi 98-56 du 29 décembre 1998 portant loi-cadre relative à l'environnement s'applique au projet. Cette loi, dont la promulgation est intervenue après celle de l'ordonnance 97- 001 du 10 janvier 1997, fixe le cadre juridique général et pose les principes fondamentaux qui régissent la gestion rationnelle de l'Environnement pour un Développement Durable. Elle dispose, en ses articles 4 à 11, des droits et devoirs des personnes vis à vis de l'environnement. La loi-cadre sur la gestion de l'environnement traite également de manière spécifique de l'interdiction de produire, de déverser ou d'incinérer des déchets sans aucune mesure protectrice du milieu naturel (faune, flore, paysage, sol, air et eau), notamment en ses articles 62, 66 et 67.

En effet, les travaux seront menées conformément aux politiques en matière d'Études d'Impact Environnemental et Social et à la réglementation nationale.

7.3 Les mesures d'Atténuations

Les mesures d'atténuation sont des solutions proposées aux différentes étapes du développement d'un projet, depuis la phase de planification jusqu'à l'exploitation. Elles permettent, soit d'éliminer entièrement les impacts négatifs, soit de les réduire par rapport à leurs valeurs initiales. L'objectif de ces mesures est de garantir le respect de la qualité de l'environnement et la gestion des matières dangereuses; Dans le cas spécifique de ce projet, l'on peut envisager les mesures d'atténuation qui suivent :

- **SUIVI DES MACHINES ET COLLECTES DES DECHETS DES CHANTIERS**
Afin d'atténuer les impacts en matière de bruit et de fumée générés par les engins au moment des travaux, Il s'agit de prendre toutes les dispositions nécessaires pour l'utilisation des engins en bon état, afin de ne pas dépasser une moyenne de bruit de 85 décibels, de diminuer les émissions de gaz (conox-aldéhydes) par un réglage correct des machines de terrassement, aussi bien avant le démarrage des travaux que pendant l'exécution, afin de permettre une bonne combustion du carburant pendant les travaux.

La récupération des huiles de vidange doit se faire dans des récipients étanches afin d'éviter toute forme de pollution de milieu. Les déchets doivent être éliminés ou recyclés de manière écologiquement rationnelle, afin de supprimer ou de réduire leurs effets nocifs sur la santé de l'homme, sur les ressources naturelles, la faune et flore ou la qualité de l'environnement. Cette mesure s'applique évidemment avant le démarrage des travaux, au niveau de l'installation et l'amené du matériel, qu'en cours d'exécution.

Les coûts de ses mesures sont inclus dans le marché des travaux de l'entreprise dans le cadre de l'installation du chantier et du matériel.

➤ **MESURES SUR L'HABITAT, LE VOISINAGE ET LA SECURITE**

Il s'agira de mettre en place un système adéquat de signalisation aussi bien verticale qu'horizontale afin d'optimiser la sécurité du trafic. Durant la phase des travaux, les perturbations causées à la circulation seront atténuées par des déviations bien signalées et les entreprises placeront, à cet effet, des agents pour régler la circulation sur certains tronçons, particulièrement en zone d'habitation, afin d'éviter les accidents. Afin d'optimiser la sécurité aussi bien pendant les travaux que l'exploitation de la route, on veillera à prendre les mesures suivantes concernant la sécurité :

- Mise en place de balises et panneaux de signalisation (signalisations verticale et horizontale) sur tous les chantiers en phase des travaux et en phase d'exploitation pour limiter les accidents ;
- Doter la main d'œuvre d'équipements adéquats (masques anti-poussière et antifumée, gants, bottes, casques...).

Le bruit étant une source de nuisance pour les riverains, Il est recommandé d'éviter les travaux de nuit.

Concernant les nuisances et les risques sur le patrimoine bâti, dues aux vibrations des engins de terrassement, il est recommandé d'utiliser autant que faire se peut, des engins appropriés pour le terrassement ainsi que des mesures de prévention en matière de sécurité routière comme :

- La limitation de vitesse sur les sites des chantiers et des carrières de 10 à 20 km/h ;
- La limitation de vitesse dans les déviations temporaires à 30 km/h ;

- La limitation de vitesse dans les autres cas à 80 km/h en rase campagne et à maximum 30 km/h dans les villages ;
- Le contrôle et la visite technique des véhicules à moteur.

Par ailleurs, en phase travaux comme en phase d'exploitation de la route, les entreprises rétabliront l'accès aux concessions et aux lieux de travail (ateliers, boutiques...) et ce, surtout les localités où les caniveaux d'assainissement peuvent être un obstacle pour accéder à ces lieux.

En phase opérationnelle de la construction, on renforcera cet impact positif par leur entretien courant ou périodique.

Les coûts de ses mesures sont inclus dans le marché des travaux de l'entreprise au niveau des prix appropriés.

REDUCTION DES EFFETS DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT ET CHAUSSEE

Durant la période de chantier, les zones d'emprunts devront être réhabilitées afin d'éviter toute forme de rupture avec le paysage local. Des travaux de protection contre l'érosion et le ruissellement des eaux, par la construction des fossés en terre d'évacuation des eaux. Au niveau des emprunts de terrassement, un surfacage devra permettre d'éliminer les changements brusques des côtes et de lisser le paysage. Pour le transport des matériaux en provenance des carrières, les déviations devront être traitées et arrosées autant que de besoin.

Une humidification des matériaux de carrière serait préférable car cela permettra d'éviter les poussières aussi bien au moment du chargement que du déchargement et transport.

Les coûts de ses mesures sont inclus dans le marché des travaux de l'entreprise au niveau des prix de terrassement et mise en œuvre de chaussée.

REAMENAGEMENT DES CARRIERES ET ZONES D'EMPRUNT

Cette mesure concerne le réaménagement des zones d'emprunt après exploitation pour en restituer le plus possible la morphologie du milieu naturel, en comblant les excavations et en restituant la terre végétale mise en réserve et aménager certaines zones en bassins de stockage de rétention d'eau pluviale pour l'abreuvement du bétail.

Ainsi, les types de travaux retenus à cette fin consistent en l'enlèvement et en la mise en dépôt, sous forme de tas longitudinaux ne dépassant pas une hauteur de 2 m, la terre végétale au niveau des emprunts à ouvrir et remettre la terre végétale sur le terrain après l'exploitation de la latérite ou du sable suivant les quantités.

7.4 Les mesure de compensation

Les mesures de compensation font partie du projet et sont localisées dans les aires d'influence. Ces mesures apportent une contrepartie à des impacts dommageables non supprimés ou réduits. Ces mesures sont de deux natures :

- La compensation financière et matérielle qui consiste à indemniser les personnes touchées directement par les impacts ou les inconvénients du projet, soit en nature, soit en espèces;
- La compensation environnementale qui consiste à remplacer les éléments environnementaux perturbés ou endommagés par l'implantation du projet.

Dans le cadre de cet aménagement routier, l'on a retenu les mesures suivantes :

- Réaménagement des carrières en champs de culture, mare ou carrière publique,
- Plantation d'alignement et d'ombrage,
- Dédommagement des terroirs. En effet il a été retenu une emprise de 15 mètres pour le tracé et de 5 mètres pour les pistes d'accès aux carrières,
- Dédommagement des propriétaires d'habitations démolies.

7.5 Les mesure de renforcement

Les mesures de bonification ou renforcement seront considérées dans les travaux connexes financés dans le marché de l'entreprise. Ces travaux viendront en renforcement.

- Construction de 2 murs de clôture.
- construction de 2 blocs de 3classes

7.6 Conclusion partiel

Dans le cadre de la conduite de cette étude, les parties prenantes concernées ont été consultées et impliquées. Cela a permis de donner à ces groupes l'occasion d'exprimer leurs attentes et leurs préoccupations Ces consultations vont permettre de garantir le succès du projet ainsi que la réussite de la mise en œuvre des mesures préconisées dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES).

VIII CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude ainsi réalisée dans le cadre de la stratégie nationale de la promotion des infrastructures routières adoptée par le gouvernement du Niger a concerné une partie de la route GTT-BAM qui relie la rue (FK 195) au boulevard des Ambassades, soit le bitumage d'un linéaire de 2,808 km.

Les différentes études effectuées dans le cadre de ce projet, ont permis d'aboutir à la proposition d'infrastructures répondant aux normes techniques, et d'éléments nécessaires pour la réalisation. En effet, une structure de chaussée composée d'une couche de roulement de 5 cm de béton bitumineux, 20 cm de couche de base et 20cm d'une couche de fondation en graveleux latéritique ont été retenue ; des infrastructures d'assainissement de la route et une signalisation routière adéquate.

Une estimation du coût de construction d'approximativement **5.615.723.415 FCFA** a été proposée, cette route devrait être entretenue périodiquement pour qu'elle puisse accomplir les fonctions qui lui sont assignées afin d'être rentable.

Une étude d'impact environnemental et social a été menée et des mesures préconisées dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) ; qui coûteront **5 681 087 FCFA**.

En outre, le maître d'ouvrage doit impérativement sanctionner les surcharges car elles sont à l'origine de la dégradation de la route.

Loin d'être un traité, le présent document se veut une approche de dimensionnement dans le vaste panel des études techniques routières.

BIBLIOGRAPHIES

- ⇒ Abibou CISS, Cours de géotechnique routière,
- ⇒ Adamah MESSAN, Hydraulique routière partie 2 : ouvrages d'art conception et dimensionnement des petits ouvrages d'assainissement routier,
- ⇒ Alize LCPC : Logiciel de dimensionnement des chaussées,
- ⇒ AUTOCAD 2011 : Logiciel de dessin assisté par ordinateur,
- ⇒ BAEL 91 modifié 99,
- ⇒ CEBTP : Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux guide technique 1980,
- ⇒ Nguyen VAN TUU, Bernard LEMOINE, Jacques POUPLARD, 1981. Hydraulique Routière ; Ministère de la Coopération et du Développement de la République Française : [BCEOM, 1981],
- ⇒ Piste 5.6 : Logiciel de conception de chaussée,
- ⇒ SETRA, Août 1994, Aménagement des routes principales,
- ⇒ SETRA : Conception et dimensionnement des structures de chaussée,
- ⇒ SETRA : Ponts-cadres et portiques ; guide de conception,
- ⇒ Google Earth 2014,
- ⇒ Global Mapper 2014.

ANNEXES

Annexe I: Géotechnique

Annexe II: Hydrologie et hydraulique

Annexe III: Listing des éléments géométriques, Tracé combiné et cubatures diverses

Annexe IV: Dimensionnement BA

Annexe V: Devis quantitatif et estimatif

Annexe I: Géotechnique

I. RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ESSAIS

1) Récapitulatif des résultats des essais sur matériaux des carrières

PK	Echantillons	Nat	Granulométrie				Limites d'Att		Proctor M		CBR à 4j d'imb		
			10mm	5mm	2mm	80μ	LL	IP	Y _{dmax}	W _{opt}	95%	98%	100%
Carrière N°1 en fin projet à 6650m à droite	S1+2+3+4	Latéri	40,5	24,2	17,6	8,5	26,0	8,0	2,08	7,0	33	67	104
	S5+6+7+8	Latéri	46,6	35,3	29,6	14,8	24,0	6,0	2,10	6,2	46	72	89
	S9+10+11+12	Latéri	58,5	43,9	32,9	14,9	24,0	8,0	2,03	7,5	41	65	92
	S13+14+15+16	Latéri	68,6	37,5	30,9	14,6	23,0	6,0	2,02	7,1	45	53	57
	S17+18+19+20	Latéri	52,7	41,5	35,8	19,2	23,0	7,0	2,08	7,6	37	47	56
	S21+22+27	Latéri	66,8	51,0	44,5	25,9	24,0	8,0	2,03	7,9	41	59	77
	S23+24+25+26	Latéri	55,0	42,2	35,9	21,2	23,0	5,0	2,07	7,7	37	45	53
	S28+29+30+31	Latéri	39,2	29,0	25,0	15,1	27,0	13,0	2,11	7,0	27	31	34
	S32+33+34+35+36+37	Latéri	44,9	33,6	28,7	15,1	22,0	6,0	2,04	6,0	56	78	91
	S38+39+40+41	Latéri	45,0	30,4	24,4	14,5	25,1	12,0	2,08	6,8	58	81	98
	Tas gerbé 1	Latéri	61,9	46,6	36,6	14,0	17,0	8,0	1,99	7,4	53	99	141
	Tas gerbé 2	Latéri	49,8	35,2	27,8	12,7	28,0	9,0	2,08	5,4	70	79	85
Carrière N°2 à 4000m de fin projet sur RN1W à 100m à droite	S1+2+3	Latéri	63,1	43,0	33,7	16,2	36,0	10,0	2,51	5,2	58	73	84
	S4+5+6	Latéri	57,5	37,0	25,0	10,8	38,0	10,0	2,50	6,6	108	137	153
	S7+8	Latéri	59,0	38,3	25,2	11,1	24,0	7,0	2,29	5,6	77	108	137
	S10+11+14	Latéri	64,7	46,3	34,9	11,8	24,0	9,0	2,38	5,3	43	63	82
	S9+12+13	Latéri	61,0	40,0	28,9	8,0	22,0	8,0	2,53	5,3	86	132	189
		Tas gerbé 1	Latéri	61,3	43,3	33,7	16,2	24,0	9,0	2,47	5,8	98	153

2) Récapitulatif des résultats des essais sur matériaux des sondages à l'axe

PK	Echant	Nat	Granulométrie								ES	Proctor M		CBR à 4j d'imb		
			5mm	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	80μ	Y _d _{max}		W _{opt}	95%	98%	100%	
0+000 au 0+600	S1+2	Sable	100,0	99,8	99,7	97,1	70,4	33,0	15,0	11	2,06	7,0	31	43	51	
	S3+4	Sable	100,0	99,2	99,0	96,5	73,0	35,0	17,5	14	1,97	8,8	26	33	57	
0+675 au 1+500	S5+6	Sable	100,0	100,0	99,8	98,0	77,5	32,7	14,0	17	1,90	4,3	28	44	57	
	S7+8	Sable	100,0	100,0	100,0	99,1	79,2	33,3	12,1	15	1,81	4,2	22	29	33	
1+500 au 2+300	S9+10	Sable	100,0	99,4	99,2	98,0	77,3	30,3	9,7	23	1,83	5,6	21	29	35	
	S11+12	Sable	100,0	100,0	100,0	99,2	78,3	22,7	8,0	23	1,77	5,8	18	24	28	
2+500	S13	Sable	100,0	100,0	99,8	98,4	77,0	26,6	9,2	23	1,81	6,2	29	35	38	
2+660	Déblai	Sable	100,0	99,8	99,6	99,0	86,2	31,6	8,6	26	1,78	5,9	18	20	22	
2+700	S14	Sable	100,0	100,0	99,8	98,8	79,8	28,4	9,4	21	1,79	5,2	30	34	36	

II . EXTIMATION DU TRAFIC DE DIMENSIONNEMENT

Pour le dimensionnement de la chaussée nous retenons les hypothèses suivantes :

Année de comptage de Trafic	NO	2012	Valeur issue du comptage du trafic de l'étude de faisabilité économique
Trafic moyen journalier (Nombre de poids lourd)	TMJA	238	
Année de mise en service	N1	2015	
Taux de croissance du trafic zone UEMOA	i	5%	
Coefficient d'agressivité moyen des poids lourds	CAM	0,8	Valeur issue de l'étude de faisabilité économique
Durée de dimensionnement de la route	N	20	
Trafic à l'année de mise en service	T1	261,8	$T1=TMJA (1+ (n-1) i)$ avec n = 3
Trafic à l'année N	TN	510 ,51	$TN=T1 (1+ (N-1) i)$
Nombre d'essieux standard équivalent NESE x 10 ⁶		2,255145	$NESE=365x0,8xT1x\{2 + (N - 1)i/2\}$

III. CALCULS DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS ADMISSIBLE

Le calcul des valeurs admissibles pour la structure de chaussée permet de limiter

Les valeurs des contraintes et déformation admissibles susceptibles d'être

Supportées par la structure. Ces valeurs limitent les dégradations de la structure

Sur une période de vie donnée au niveau transversal et vertical. Ces vérifications

Sont nécessaires pour éviter les dégradations du type faïençage et ornierage

(Faible ou grand rayon) de la structure.

La vérification sera portée donc sur la contrainte vertical ΣZ admissible ; la déformation tangentielle au niveau de la couche de roulement ϵ_{iT} admissible et de la déformation verticale ϵ_{iZ} admissible au niveau de la partie supérieure du terrassement du sol support.

1. Contrainte vertical admissible σ_z, adm :

La contrainte verticale admissible est donnée par la formule de SETRA, 1998 (chaussée à trafic moyen ou fort)

$$\sigma_z, adm = \frac{0,3 \times CBR}{1+0,7 \times \log(NE)}$$

Pour CBR = 25 (sol support S4) et NE = 2255145,2

$$AN: \sigma_z, adm = \frac{0,3 \times 25}{1+0,7 \times \log(2255145,2)} \Rightarrow \sigma_z, adm = 1,377 \text{ MPA}$$

2. Déformation vertical admissible ε_z, adm :

La déformation verticale admissible est donnée par la formule de SETRA, 1998 (chaussée à trafic moyen ou fort)

$$\varepsilon_z, adm = 0,012 \times (NE)^{-0,222}$$

$$AN: \varepsilon_z, adm = 0,012 \times (2255145,2)^{-0,222} \Rightarrow \varepsilon_z, adm = 466,419 \mu\text{def}$$

3. Déformation tangentielle admissible :

La déformation tangentielle admissible dans la couche de chaussée, selon le guide SETRA/LCPC, est obtenue, pour les Matériaux bitumineux, à partir de la relation suivante :

$$\varepsilon_t, adm = \varepsilon_6 = (10^\circ\text{C}; 25\text{Hz}) \cdot \left(\frac{NE}{10^6}\right) \cdot b \cdot \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \cdot Kc \cdot Kr \cdot Ks$$

La température généralement retenue dans les pays tropicaux est 30°C. Pour ces pays, le guide de dimensionnement des chaussées du CEBTP recommande une adaptation des spécifications françaises.

Les paramètres ainsi utilisés sont ceux du béton bitumineux avec :

ε_6 : Niveau de déformation correspondant à 10^6 cycles de chargement = **100**

NE : Nombre d'essieux équivalent = **2255145,2**

E(10) : Module du matériau à 10°C = **7200**

E (θ_{eq}) : Module du matériau à θ_{eq} °C = **3000**

B : pente de la droite de fatigue = **-1/5**

Kc : coefficient de calage = **1,1**

Kr : coefficient de risque = **0,864**

Ks : coefficient de plate-forme = **1**

$$\Rightarrow \epsilon t, adm = 125,08$$

IV : VERIFICATION DES CONTRAINTES SUR ALICE-LCPC

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul : données Structure : saisie écran, sans nom titre de l'étude : Calcule des déformations et contrainte

Données Chargement :

Jumelage standard de 65 kN

Pression verticale : 0,6620 MPa

Rayon de contact : 0,1250 m

Entraxe jumelage : 0,3750 m

Unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{d}\acute{e}\text{f}$; déflexions en mm/100

Notations : X=axe transversal Y=axe longitudinal Z=axe vertical

R=axe vertical roue J=axe vertical entre-jumelage

Tableau 1+2 (synthèse) :

Tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et Compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

Niveau		EpsilonT	SigmaT	EpsilonZ	SigmaZ
Calcul		horizontal	horizontale	verticale	verticale
-----surface (z=0.000) -----					
h= 0,050 m	0,000m	-152,3 X-J	-0,421 X-J	-48,3 Z-J	0,658 Z-R
E= 5400,0 MPa					
nu= 0,350	0,050m	-227,3 Y-R	-1,553 Y-R	278,2 Z-R	0,469 Z-R
-----collé (z=0,050m) -----					
h= 0,200 m	0,050m	-227,3 Y-R	0,046 Y-J	955,2 Z-R	0,469 Z-R
E= 400,0 MPa					
nu= 0,350	0,250m	-306,9 Y-J	-0,088 Y-R	455,5 Z-R	0,133 Z-R
----- collé (z=0,250m) -----					
h= 0,200 m	0,250m	-306,9 Y-J	-0,009 Y-J	662,9 Z-R	0,133 Z-R
E= 200,0 MPa					
nu= 0,350	0,450m	-158,1 Y-J	-0,005 Y-J	370,2 Z-J	0,073 Z-J
-----collé (z=0,450m) -----					
h infini 0,450m		-158,1 Y-J	-0,005 Y-J	370,2 Z-J	0,073 Z-J
E= 200,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale = **42,0 mm/100** (entre-jumelage)

Rayon de courbure = **116,7 m** (entre-jumelage)

Annexe II: Hydrologie et hydraulique

Tableau 1: Pluies journalières maximales

Pluviométrie Journalière record annuel (mm)					
Stations	Années	Mois	Jours	Record	Cumul
Niamey Ville	1982	8	4	50	366,4
Niamey Ville	1983	6	19	75,1	518,4
Niamey Ville	1984	5	9	32,3	318,9
Niamey Ville	1985	6	26	71,1	486,2
Niamey Ville	1986	9	11	58,1	474,3
Niamey Ville	1987	9	20	40	432,6
Niamey Ville	1988	7	17	70,9	555,8
Niamey Ville	1989	8	3	108,1	654,9
Niamey Ville	1990	5	28	65	473,8
Niamey Ville	1991	8	29	85,4	590,7
Niamey Ville	1992	7	17	103,2	669,6
Niamey Ville	1993	6	13	41,2	508,4
Niamey Ville	1994	7	21	98,8	668,4
Niamey Ville	1995	8	14	37	506,3
Niamey Ville	1996	8	20	48,6	518,9
Niamey Ville	1997	6	13	69,2	477,6
Niamey Ville	1998	9	6	150,4	1161,3
Niamey Ville	1999	7	18	44,8	637,4
Niamey Ville	2000	8	16	72,4	478,4
Niamey Ville	2001	7	15	65	647,4
Niamey Ville	2002	6	13	68,5	565,7
MOUSSA ISSA Aliou/ Promotion 2013-2014/ Soutenu en janvier 2020					Page 67
Niamey Ville	2003	8	10	55	593,5

Niamey Ville	2004	4	29	123,2	631,9
Niamey Ville	2005	6	17	75	789,8
Niamey Ville	2006	7	22	40,5	457,7
Niamey Ville	2007	8	1	58	507,9
Niamey Ville	2008	8	18	63,2	564
Niamey Ville	2009	8	20	58,8	546
Niamey Ville	2010	10	13	51,2	578,4
Niamey Ville	2011	7	9	41,2	385,3

Tableau 2: Normalisation des pluies par la loi Gumbel

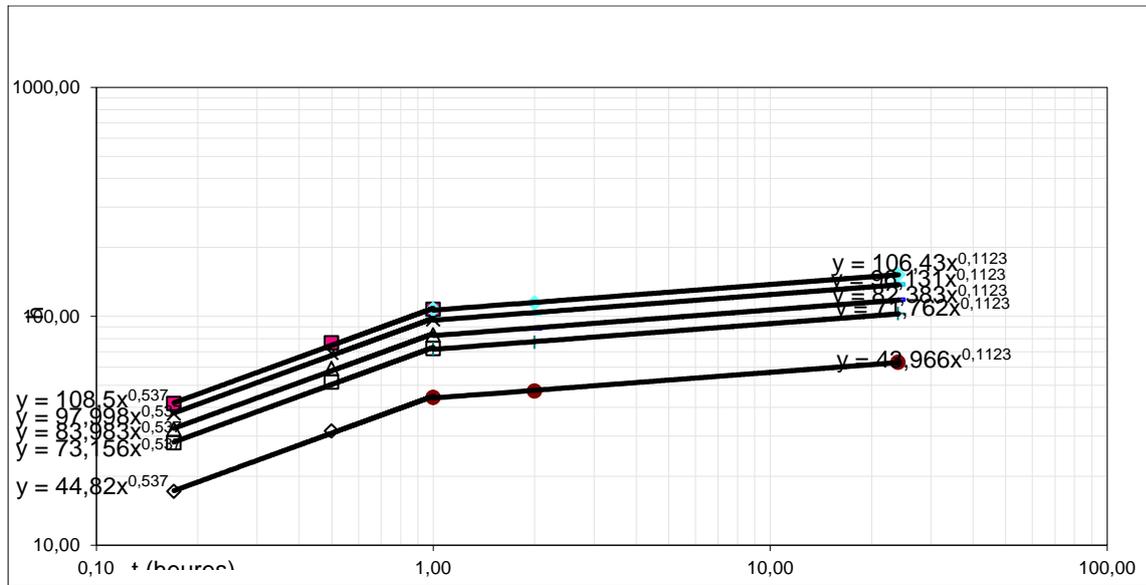
ANNEES	Pluie Journ.	DUREES EN HEURES									
		0,17		0,5		1		2		24	
	h (mm)	h (mm)	$X^2=(h_i-M)^2$	h (mm)	$X^2=(h_i-M)^2$	h (mm)	$X^2=(h_i-M)^2$	h (mm)	$X^2=(h_i-M)^2$	h (mm)	$X^2=(h_i-M)^2$
1982	50	13,64	22,46	25,08	75,92	35,15	149,19	37,46	169,46	50	301,83
1983	75,1	20,48	4,44	37,67	15,02	52,8	29,51	56,27	33,52	75,1	59,7
1984	32,3	8,81	91,52	16,2	309,43	22,71	608,05	24,2	690,64	32,3	1230,14
1985	71,1	19,39	1,03	35,66	3,49	49,99	6,86	53,27	7,8	71,1	13,89
1986	58,1	15,85	6,4	29,14	21,63	40,85	42,51	43,53	48,28	58,1	85,99
1987	40	10,91	55,75	20,06	188,48	28,12	370,37	29,97	420,68	40	749,3
1988	70,9	19,34	0,93	35,56	3,13	49,85	6,15	53,12	6,98	70,9	12,44
1989	108,1	29,49	123,4	54,22	417,22	76	819,87	81	931,23	108,1	1658,66
1990	65	17,73	0,42	32,6	1,42	45,7	2,78	48,7	3,16	65	5,63
1991	85,4	23,29	24,18	42,83	81,74	60,04	160,63	63,99	182,44	85,4	324,96

ETUDE TECHNIQUE DES TRAVAUX DE BITUMAGE DE LA VOIRIE URBAINE : CAS DU
BOULEVARD ASKIA MOHAMED (PK 0+00 AU PK 2+808) A NIAMEY AU NIGER

1992	103,2	28,15	95,49	51,76	322,87	72,56	634,45	77,33	720,63	103,2	1283,55
1993	41,2	11,24	50,97	20,66	172,32	28,97	338,61	30,87	384,61	41,2	685,04
1994	98,8	26,95	73,48	49,55	248,43	69,46	488,18	74,03	554,49	98,8	987,64
1995	37	10,09	68,64	18,56	232,06	26,01	456,01	27,72	517,95	37	922,54
1996	48,6	13,26	26,22	24,37	88,65	34,17	174,21	36,42	197,87	48,6	352,44
1997	69,2	18,87	0,25	34,71	0,84	48,65	1,65	51,85	1,87	69,2	3,34
1998	150,4	41,02	512,86	75,43	1733,99	105,74	3407,38	112,69	3870,21	150,4	6893,43
1999	44,8	12,22	37,91	22,47	128,17	31,5	251,87	33,57	286,08	44,8	509,56
2000	72,4	19,75	1,88	36,31	6,36	50,9	12,49	54,25	14,19	72,4	25,27
2001	65	17,73	0,42	32,6	1,42	45,7	2,78	48,7	3,16	65	5,63
2002	68,5	18,68	0,09	34,36	0,32	48,16	0,63	51,33	0,71	68,5	1,27
2003	55	15	11,39	27,58	38,51	38,67	75,68	41,21	85,96	55	153,1
2004	123,2	33,6	231,87	61,79	783,96	86,62	1540,52	92,31	1749,78	123,2	3116,62
2005	75	20,46	4,33	37,62	14,63	52,73	28,75	56,2	32,66	75	58,17
2006	40,5	11,05	53,73	20,31	181,66	28,47	356,97	30,35	405,46	40,5	722,18
2007	58	15,82	6,54	29,09	22,1	40,78	43,43	43,46	49,33	58	87,86
2008	63,2	17,24	1,3	31,7	4,38	44,43	8,61	47,36	9,78	63,2	17,42
2009	58,8	16,04	5,47	29,49	18,49	41,34	36,33	44,06	41,27	58,8	73,5
2010	51,2	13,97	19,46	25,68	65,8	36	129,3	38,36	146,86	51,2	261,58
2011	41,2	11,24	50,97	20,66	172,32	28,97	338,61	30,87	384,61	41,2	685,04

Tableau 3: Résultats des analyses statistiques

PARAMETRES DE GUMBEL										
$N = \sum h_i$		30		30		30		30		30
$M = \frac{\sum h_i}{N}$		18.38		33.79		47.37		50.48		67.37
$\sum X^2$		1583.76		5354.76		10522.37		11951.67		21287.70
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$		7.39		13.59		19.05		20.30		27.09
$\alpha = 1,283 / \sigma$		0.17		0.09		0.07		0.06		0.05
$\beta = M - 0,5772 / \alpha$		15.05		27.68		38.80		41.35		55.18
HAUTEURS MAXIMUM DES PRECIPITATIONS DE DUREE ET Tr INDIQUE										
Tr (ans)		0,17		0,50		1,00		2,00		24,00
2	hmax=(mm)	17.16		31.56		44.24		47.15		62.92
10	hmax=(mm)	28.01		51.51		72.21		76.96		102.71
20	hmax=(mm)	32.16		59.14		82.90		88.35		117.91
50	hmax=(mm)	37.53		69.00		96.73		103.09		137.58
100	hmax=(mm)	41.55		76.40		107.10		114.14		152.33



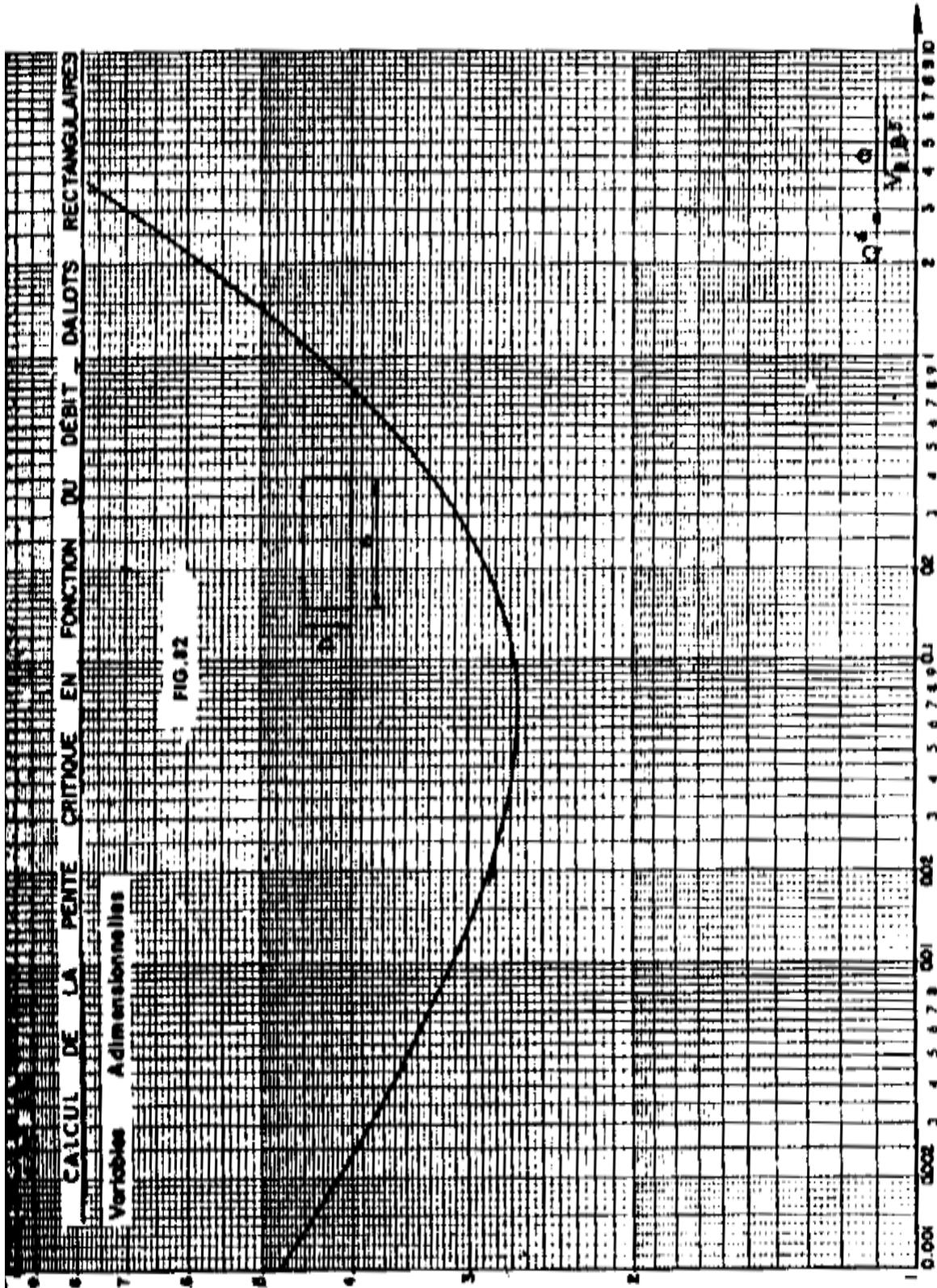


Fig. 82/ Calcul de la pente critique en fonction du débit. Dalots rectangulaires.

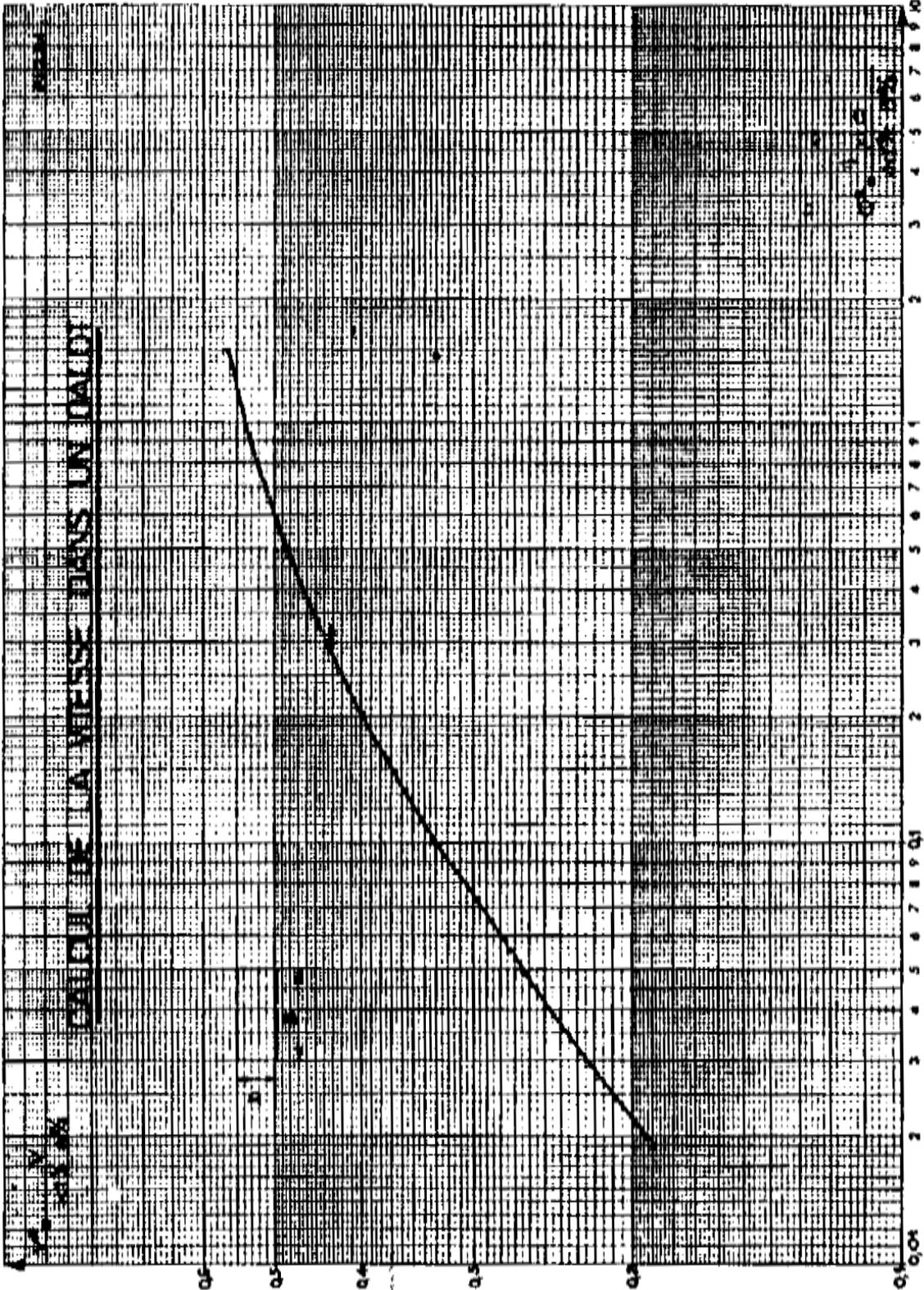


Fig. 84. Calcul de la vitesse dans un dalot.

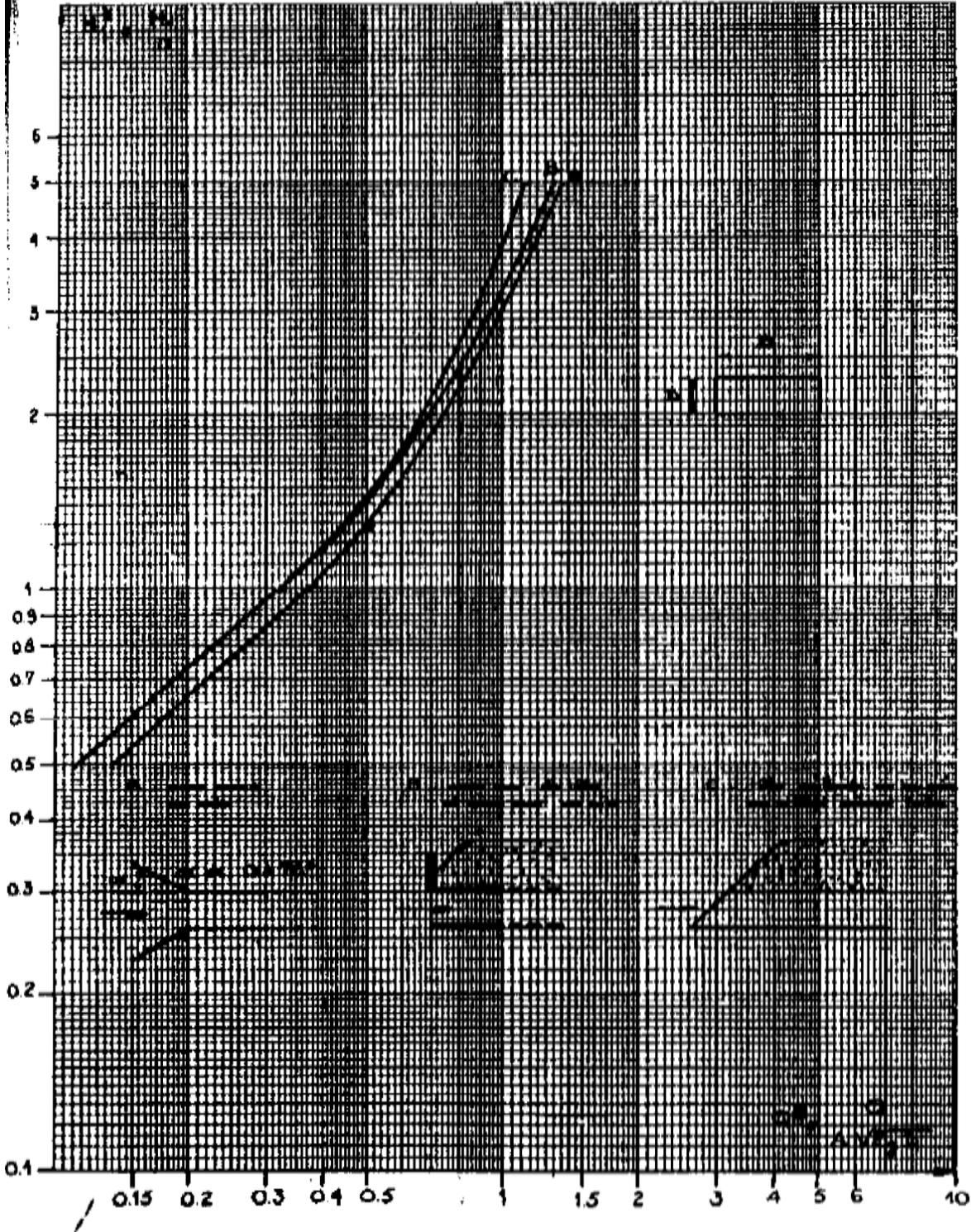


Fig. 77. Sortie libre. Datots rectangulaires.

Annexe III: Listing des éléments géométriques, Tracé combiné et cubatures diverses

VOLUME DES CUBATURES

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME
1	0.000	30.3	0.4	0.0
2	20.000	99.3	0.0	0.0
3	40.000	230.4	0.0	0.0
4	60.000	304.2	0.0	0.0
5	80.000	274.2	0.0	0.0
6	100.000	189.8	0.0	0.0
7	120.000	92.6	0.0	0.0
8	140.000	192.4	0.0	0.0
9	160.000	107.0	0.0	0.0
10	180.000	84.1	3.3	0.0
11	200.000	0.1	56.9	0.0
12	220.000	0.0	83.9	0.0
13	240.000	0.0	86.9	0.0
14	260.000	0.0	107.7	0.0
15	280.000	0.0	59.4	0.0
16	300.000	54.5	4.7	0.0
17	320.000	76.6	7.2	0.0
18	340.000	87.2	1.3	0.0
19	360.000	98.6	8.2	0.0
20	380.000	136.1	0.0	0.0
21	400.000	141.6	0.0	0.0
22	420.000	108.3	3.0	0.0
23	440.000	80.4	2.2	0.0
24	460.000	47.4	1.1	0.0
25	480.000	62.9	1.4	0.0
26	500.000	80.3	0.0	0.0
27	520.000	68.7	0.0	0.0
28	540.000	66.3	8.0	0.0
29	560.000	79.0	1.9	0.0
30	580.000	51.3	24.0	0.0
31	600.000	34.3	22.1	0.0
32	620.000	38.4	30.1	0.0
33	640.000	19.6	57.0	0.0
34	660.000	4.6	57.0	0.0
35	680.000	57.7	0.2	0.0

36	685.257	24.8	4.4	0.0
37	700.000	53.6	3.0	0.0
38	720.000	92.7	0.0	0.0
39	740.000	43.6	14.4	0.0
40	760.000	19.6	58.2	0.0
41	780.000	28.3	37.7	0.0
42	800.000	16.9	57.4	0.0
43	820.000	13.3	50.1	0.0
44	840.000	13.3	44.3	0.0
45	860.000	9.0	45.8	0.0
46	880.000	13.3	40.5	0.0
47	900.000	23.6	13.9	0.0
48	920.000	14.3	8.9	0.0
49	940.000	17.6	48.6	0.0
50	960.000	20.3	72.1	0.0
51	980.000	65.6	37.0	0.0
52	1000.000	22.5	48.7	0.0
53	1020.000	61.9	30.0	0.0
54	1040.000	79.6	36.0	0.0
55	1060.000	49.1	40.6	0.0
56	1080.000	44.2	27.2	0.0
57	1100.000	42.5	22.3	0.0
58	1120.000	66.5	2.9	0.0
59	1140.000	93.7	2.1	0.0
60	1160.000	102.0	0.0	0.0
61	1180.000	53.5	9.2	0.0
62	1200.000	69.4	3.8	0.0
63	1220.000	47.3	7.5	0.0
64	1240.000	71.6	6.6	0.0
65	1260.000	38.2	21.1	0.0
66	1280.000	25.1	60.5	0.0
67	1300.000	1.2	118.8	0.0
68	1320.000	14.9	56.7	0.0
69	1340.000	15.6	78.6	0.0
70	1360.000	15.4	58.6	0.0
71	1380.000	68.1	6.5	0.0
72	1400.000	51.1	16.4	0.0
73	1420.000	80.6	7.3	0.0
74	1440.000	160.5	14.8	0.0

75	1460.000	196.6	0.8	0.0
76	1480.000	43.6	22.2	0.0
77	1500.000	31.3	39.5	0.0
78	1520.000	15.8	67.4	0.0
79	1540.000	3.4	40.8	0.0
80	1560.000	28.9	27.0	0.0
81	1580.000	54.7	2.2	0.0
82	1600.000	218.7	0.0	0.0
83	1620.000	210.1	0.0	0.0
84	1640.000	164.6	0.0	0.0
85	1660.000	23.5	27.7	0.0
86	1680.000	0.0	87.6	0.0
87	1697.296	0.0	65.8	0.0
88	1700.000	0.0	76.9	0.0
89	1720.000	0.0	95.3	0.0
90	1724.576	0.0	74.3	0.0
91	1740.000	0.0	120.8	0.0
92	1760.000	0.0	61.3	0.0
93	1780.000	7.2	10.0	0.0
94	1800.000	23.8	37.9	0.0
95	1820.000	25.9	0.1	0.0
96	1840.000	49.4	0.0	0.0
97	1860.000	80.5	0.0	0.0
98	1880.000	131.1	2.4	0.0
99	1900.000	197.8	1.2	0.0
100	1920.000	146.7	4.8	0.0
101	1940.000	155.8	0.0	0.0
102	1960.000	168.6	0.0	0.0
103	1980.000	153.9	0.0	0.0
104	2000.000	130.7	0.0	0.0
105	2020.000	97.2	0.0	0.0
106	2040.000	79.4	0.0	0.0
107	2060.000	93.5	0.0	0.0
108	2080.000	33.0	7.8	0.0
109	2100.000	66.2	9.8	0.0
110	2120.000	35.5	14.8	0.0
111	2140.000	21.0	34.9	0.0
112	2160.000	34.5	34.4	0.0
113	2180.000	28.9	42.6	0.0

114	2200.000	6.6	83.3	0.0
115	2220.000	0.7	67.9	0.0
116	2240.000	69.0	0.6	0.0
117	2260.000	59.3	9.3	0.0
118	2280.000	41.1	33.4	0.0
119	2300.000	61.4	22.9	0.0
120	2320.000	25.2	33.7	0.0
121	2340.000	45.2	40.5	0.0
122	2360.000	20.0	50.8	0.0
123	2380.000	0.0	177.7	0.0
124	2400.000	0.0	206.5	0.0
125	2401.754	0.0	40.0	0.0
126	2404.056	0.0	178.4	0.0
127	2420.000	0.0	378.8	0.0
128	2440.000	0.0	385.0	0.0
129	2460.000	0.0	187.3	0.0
130	2480.000	41.1	11.3	0.0
131	2500.000	274.7	0.0	0.0
132	2520.000	261.0	0.0	0.0
133	2523.034	77.1	0.0	0.0
134	2526.677	193.2	0.0	0.0
135	2540.000	344.0	0.0	0.0
136	2560.000	155.3	0.0	0.0
137	2580.000	26.8	8.4	0.0
138	2600.000	1.6	133.8	0.0
139	2620.000	0.0	458.4	0.0
140	2640.000	0.0	786.4	0.0
141	2660.000	0.0	1071.5	0.0
142	2680.000	0.0	973.6	0.0
143	2700.000	0.0	628.0	0.0
144	2720.000	0.0	374.0	0.0
145	2740.000	1.6	112.4	0.0
146	2760.000	24.2	12.3	0.0
147	2780.000	28.3	9.4	0.0
148	2800.000	20.2	5.1	0.0
149	2807.827	3.5	5.9	0.0
		20 043	7625	0

Tableau : Caractéristiques géométriques du profil en long

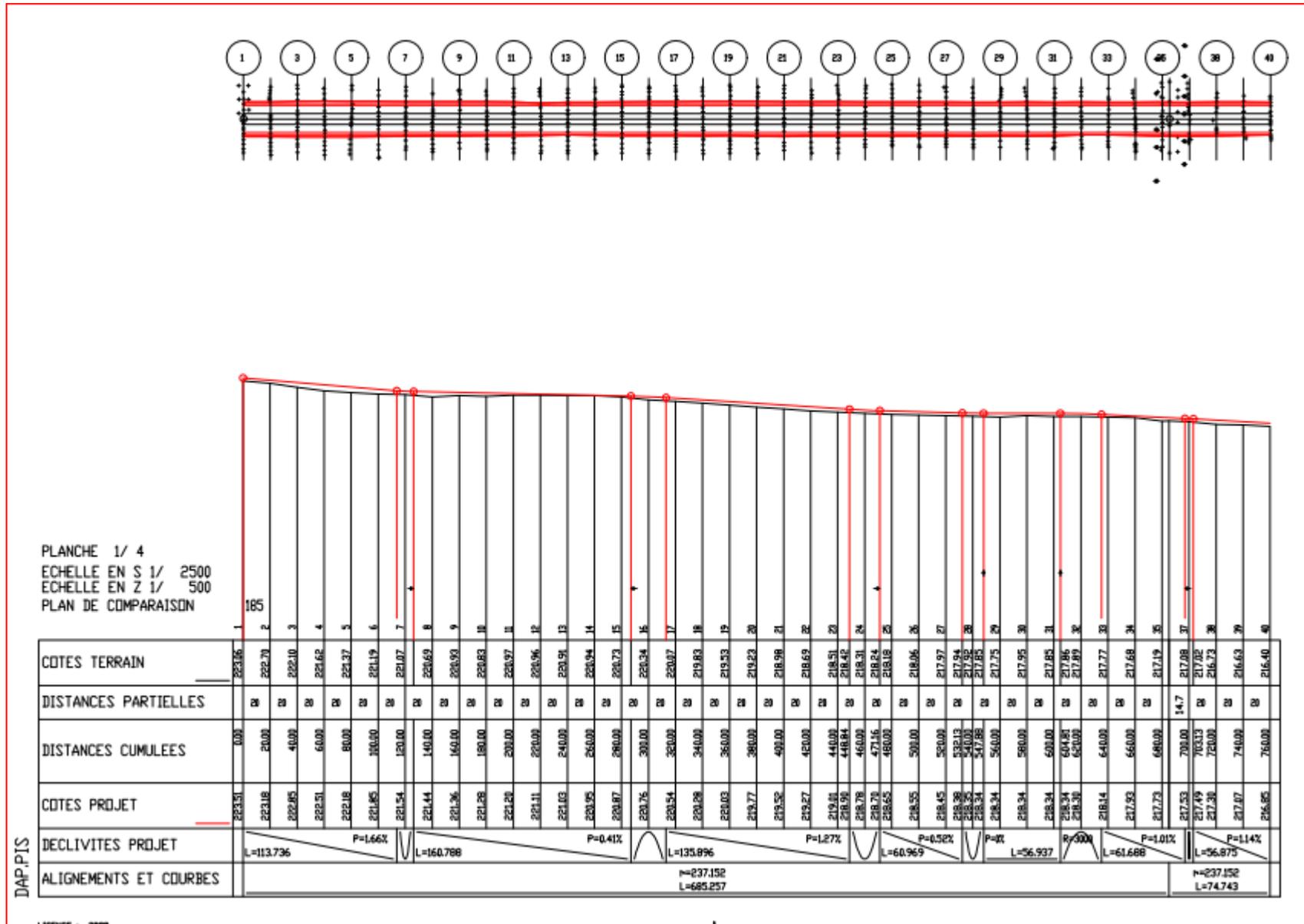
Eléments	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Cote
			0	223,51
D1	PENTE= -1.658 %	113,736		
			113,736	221,624
PA1	SS= 130.319 ZS= 221.486			
	RS = 1000.000	12,528		
			126,264	221,495
D7	PENTE= -0.406 %	160,788		
			287,052	220,843
PA16	SS= 274.885 ZS= 220.867			
	RS = -3000.000	25,896		
			312,948	220,626
D16	PENTE= -1.269 %	135,896		
			448,844	218,902
PA24	SS= 486.906 ZS= 218.660			
	RS = 3000.000	22,313		
			471,156	218,701
D24	PENTE= -0.525 %	60,969		
			532,125	218,381
PA28	SS= 547.875 ZS= 218.340			
	RS = 3000.000	15,75		
			547,875	218,34
D28	PENTE= 0.000 %	56,937		
			604,812	218,34
PA32	SS= 604.812 ZS= 218.340			
	RS = -3000.000	30,375		
			635,187	218,186
D32	PENTE= -1.013 %	61,688		
			696,875	217,562
PA37	SS= 646.250 ZS= 217.818			
	RS = -5000.000	6,25		
			703,125	217,494
D37	PENTE= -1.137 %	73,437		
			776,562	216,659
PA41	SS= 719.687 ZS= 216.983			
	RS = -5000.000	6,875		
			783,437	216,576
D41	PENTE= -1.275 %	58,75		

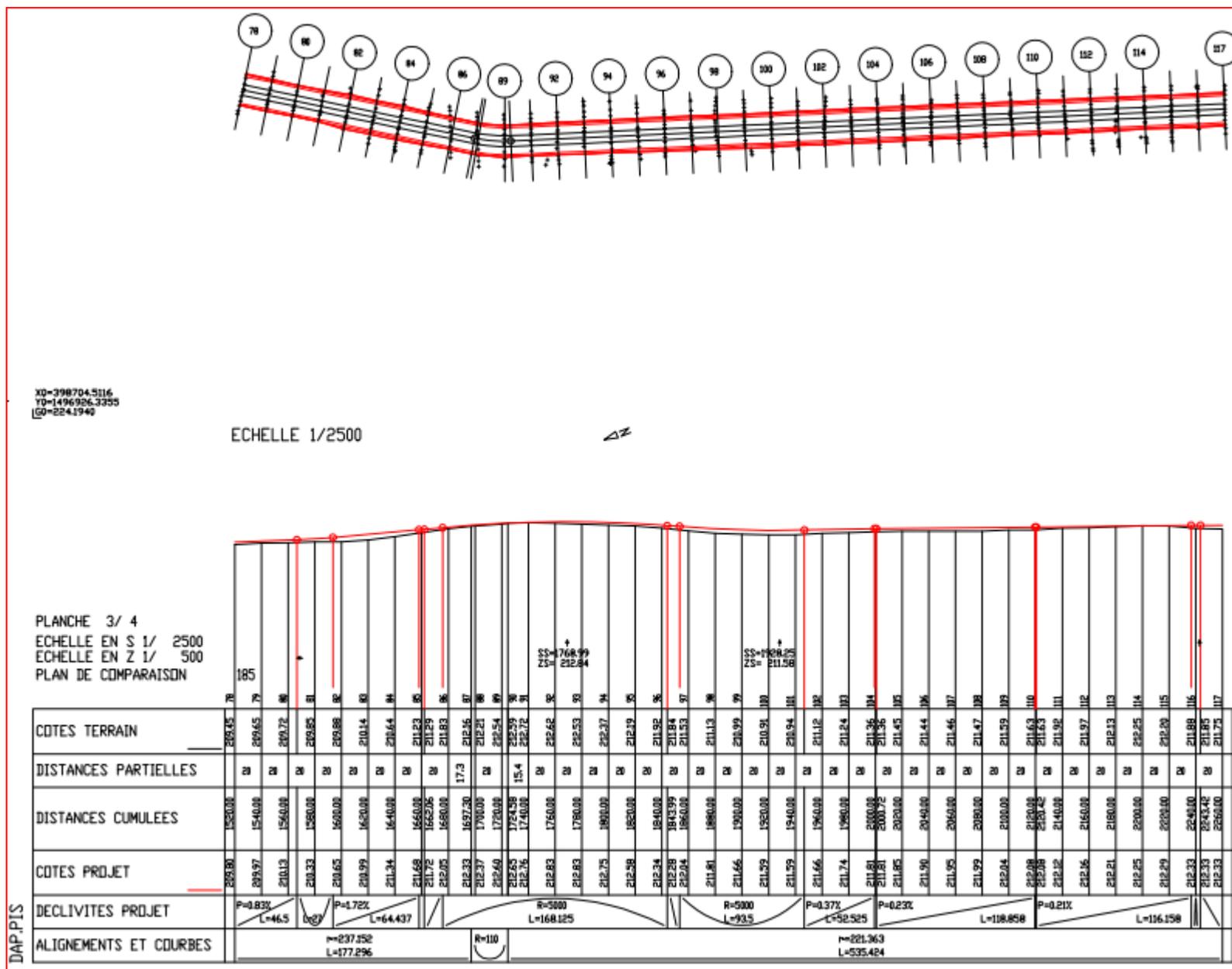
			842,188	215,827
PA45	SS= 778.438 ZS= 216.234			
	RS = -5000.000	35,625		
			877,813	215,246
D45	PENTE= -1.988 %	56,187		
			934	214,129
PA48	SS= 993.625 ZS= 213.537			
	RS = 3000.000	12		
			946	213,915
D49	PENTE= -1.587 %	71,563		
			1017,563	212,779
PA49	SS= 1065.188 ZS= 212.401			
	RS = 3000.000	4,875		
			1022,438	212,705
D53	PENTE= -1.425 %	65,687		
			1088,125	211,769
PA53	SS= 1159.375 ZS= 211.262			
	RS = 5000.000	23,75		
			1111,875	211,487
D57	PENTE= -0.950 %	51,875		
			1163,75	210,994
PA57	SS= 1211.250 ZS= 210.769			
	RS = 5000.000	32,5		
			1196,25	210,791
D61	PENTE= -0.300 %	49,688		
			1245,937	210,642
PA61	SS= 1230.937 ZS= 210.665			
	RS = -5000.000	28,125		
			1274,062	210,479
D65	PENTE= -0.862 %	58,438		
			1332,5	209,975
PA65	SS= 1375.625 ZS= 209.789			
	RS = 5000.000	15		
			1347,5	209,868
D69	PENTE= -0.562 %	52,812		
			1400,312	209,571
PA69	SS= 1428.437 ZS= 209.492			
	RS = 5000.000	39,375		
			1439,687	209,504

D73	PENTE= 0.225 %	45,313		
			1485	209,606
PA73	SS= 1473.750 ZS= 209.594			
	RS = 5000.000	30		
			1515	209,764
D77	PENTE= 0.825 %	51,5		
			1566,5	210,189
PA77	SS= 1541.750 ZS= 210.087			
	RS = 3000.000	27		
			1593,5	210,533
D81	PENTE= 1.725 %	64,437		
			1657,937	211,644
PA81	SS= 1606.187 ZS= 211.198			
	RS = 3000.000	4,125		
			1662,062	211,718
D85	PENTE= 1.862 %	13,801		
			1675,863	211,975
PA85	SS= 1768.988 ZS= 212.843			
	RS = -5000.000	168,125		
			1843,988	212,28
D91	PENTE= -1.500 %	9,262		
			1853,25	212,141
PA99	SS= 1928.250 ZS= 211.579			
	RS = 5000.000	93,5		
			1946,75	211,613
D99	PENTE= 0.370 %	52,525		
			1999,275	211,807
PA103	SS= 2002.975 ZS= 211.814			
	RS = -1000.000	1,45		
			2000,725	211,812
D104	PENTE= 0.225 %	118,858		
			2119,583	212,079
PA104	SS= 2130.833 ZS= 212.092			
	RS = -5000.000	0,833		
			2120,417	212,081
D110	PENTE= 0.208 %	116,158		
			2236,575	212,323
PA110	SS= 2242.825 ZS= 212.329			
	RS = -3000.000	6,85		

			2243,425	212,329
D116	PENTE= -0.020 %	87,982		
			2331,407	212,312
PA116	SS= 2330.807 ZS= 212.312			
	RS = -3000.000	17,186		
			2348,593	212,259
D122	PENTE= -0.593 %	115,175		
			2463,768	211,576
PA122	SS= 2445.982 ZS= 211.629			
	RS = -3000.000	32,464		
			2496,232	211,208
D130	PENTE= -1.675 %	32,448		
			2528,68	210,665
PA130	SS= 2444.930 ZS= 211.366			
	RS = -5000.000	142,641		
			2671,32	206,241
D138	PENTE= -4.528 %	136,506		
			2807,827	200,06
LONGUEUR DE L'AXE 2807.827				

Tracé combiné....





Annexe IV: Dimensionnement BA

A. NOTE DE CALCUL DALOT

SOMMAIRE

SOMMAIRE	89
NORMES ET REGLEMENTS DE CALCUL	90
CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX	90
PRINCIPE ET METHODE DE CALCUL DES SOLLICITATIONS	91
CALCUL DES SOLLICITATIONS	93
I. Récapitulatif des données.....	93
II. Calcul des sollicitations sous l'action des charges permanentes	95
II.1. Charges permanentes sur le tablier.....	95
II.2. Charges permanentes dues aux piédroits	96
II.3. Calcul des sollicitations sous l'action des poussées des terres.....	97
III. Calcul des sollicitations sous l'action des charges d'exploitation.....	100
III.1. Sollicitations sous l'action des charges roulantes	100
III.2. Sollicitations sous l'action des surcharges routières de remblai d'accès.....	102
III.3. Sollicitations sous l'action des forces de freinage	103
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES EFFORTS ET SOLLICITATIONS	105
CALCUL DES ARMATURES	106
I. Données	106
II. Sections d'acier	106
II.1. Calcul des armatures du tablier	106
II.2. Calcul des armatures du radier	109
II.3. Calcul des armatures des piédroits	112

Nous nous proposons de présenter ici les différentes étapes de calcul pour le dimensionnement d'un dalot de section 2m x 1m.

NORMES ET REGLEMENTS DE CALCUL

Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) Français en la matière.

Les sollicitations sont déterminées à partir des expressions de KLEINLOGEL portant sur le «Formulaire des cadres simples ».

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

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

a. Béton

Fissuration préjudiciable

Béton **B25** de poids volumique = 2.5 t/m^3

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

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

La contrainte à l'état limite du béton : $\sigma_{bc} = \frac{0.85 \cdot f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5} = 14.17 \text{ MPa}$ avec $\gamma_b = 1.5$

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

L'enrobage : $c = 3 \text{ cm}$. car la fissuration est préjudiciable (Ouvrage enterré).

b. Acier

Nuance : acier Haute Adhérence **Fe E 400**

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

Contrainte de calcul de l'acier : $\sigma_s = f_e / \gamma_s = 347.83 \text{ MPa}$ avec $\gamma_s = 1.15$

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

Avec $\eta = 1.6$ car acier Haute Adhérence.

c. Caractéristiques du remblai

Il est indiqué que le remblai d'accès est constitué d'un graveleux latéritique de poids spécifique de **21 KN/m³** et de coefficient de poussée des terres **k = 0.333**.

Le dalot est surmonté de **0.45m**.

PRINCIPE ET METHODE DE CALCUL DES SOLLICITATIONS

De manière générale. Les études seront faites par bande d'un mètre de dalot ($b = 1 \text{ m}$).

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

Les valeurs de sollicitation du moment fléchissant M et de l'effort normal N seront déterminées sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage de KLEINLOGEL.

a. Données diverses

La largeur roulable et la largeur chargeable sont identiques et égale à **6.00 m ($L_R = L_C$)**; ainsi. On aura :

- La classe du pont : **deuxième classe**
- Le nombre de voies : $n = E \left(\frac{L_c}{3} \right) = 2$
- Les coefficients b_t et b_c

Le coefficient b_c est fonction de la classe du pont et du nombre de files considérés ; ainsi. Le pont étant de première classe et pouvant disposer au maximum deux files sur celui-ci. $b_c = 1$;

Le coefficient b_t est fonction uniquement de la classe du pont ; ainsi. Pour un pont de première classe. $b_t = 0.9$;

- Le coefficient de majoration dynamique δ

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

b. Convention des signes

Les moments fléchissant sont **positifs** lorsqu'ils entraînent de la **traction** dans la partie interne du cadre.

Pour l'effort normal. On conviendra de considérer qu'il y a **compression** s'il est **positif** et **traction** s'il est **négatif**.

CALCUL DES SOLLICITATIONS

I. RECAPITULATIF DES DONNEES

➤ *Dalot cadre simple. à une ouverture*

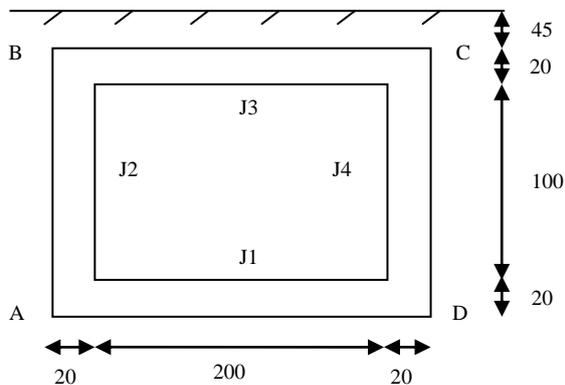
Largeur nette de passage de l'eau : $L = 2 \text{ m}$

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

Longueur du dalot entre guide-roues : 23.00 m

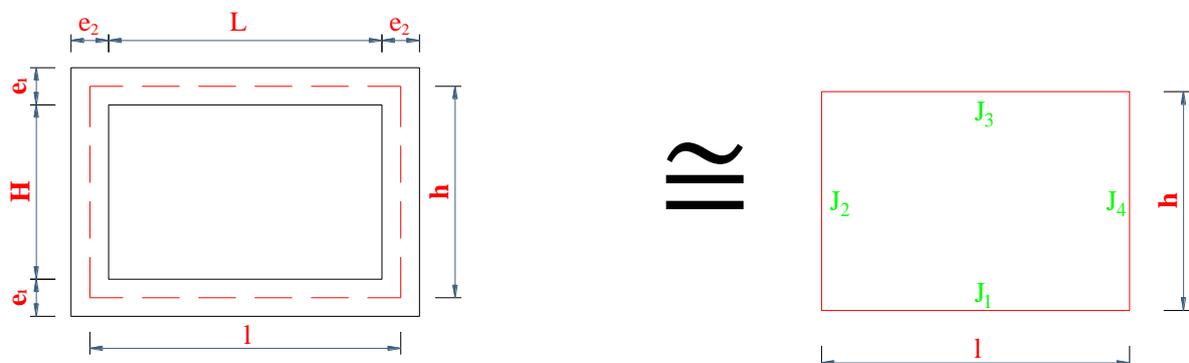
Épaisseur de tous les éléments de structure du dalot. Uniformes et de $e_1 = e_2 = 0.20 \text{ m}$.

➤ *Récapitulatif des dimensions du dalot.*



➤ *Schéma statique*

Les distances utilisées pour le dimensionnement sont celles de la fibre moyenne ; l'épaisseur de tous les éléments de la structure du dalot étant de 0.20 m ; le schéma statique de calcul du cadre simple ainsi que les nouvelles dimensions sont :



$$l = L + e_2 = 2 + 0.20 = 2.20 \text{ m} \quad l = \mathbf{2.20 \text{ m}}$$

$$h = H + e_1 = 1 + 0.20 = 1.20 \text{ m} \quad h = \mathbf{1.20 \text{ m}}$$

❖ Calcul des moments d'inertie de chaque élément de structure du cadre

$$J_{AD} = J_{AB} = J_{BC} = J_{CD} = \frac{be_1^3}{12} = \frac{1 \times 0.20^3}{12} = 0.67 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

❖ Définition et calcul des constantes

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

$$k_2 = \frac{J_{BC}}{J_{AB}} \times \frac{h}{l} = 1 \times \frac{1.20}{2.20} = \mathbf{0.55}$$

$$K_1 = 2k_2 + 3 = 2 \times 0.55 + 3 = \mathbf{4.1}$$

$$K_2 = 3k_1 + 2k_2 = 3 \times 1 + 2 \times 0.55 = \mathbf{4.1}$$

$$K_3 = 3k_2 + 1 - \frac{k_1}{5} = 3 \times 0.55 + 1 - \frac{1}{5} = \mathbf{2.45}$$

$$K_4 = \frac{6}{5}k_1 + 3k_2 = \frac{6}{5} \times 1 + 3 \times 0.55 = \mathbf{2.85}$$

$$F_1 = K_1 \cdot K_2 - k_2^2 = 4.1 \times 4.1 - 0.55^2 = \mathbf{16.51}$$

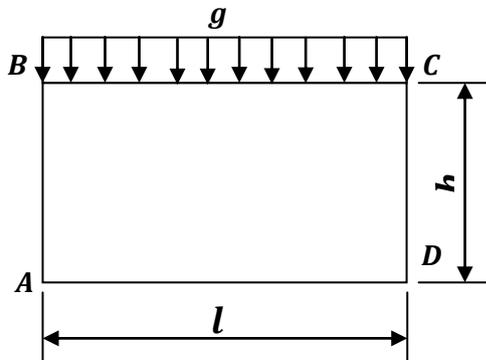
$$F_2 = 1 + k_1 + 6k_2 = 1 + 1 + 6 \times 0.55 = \mathbf{5.3}$$

Soient :

J1 = J3	0.00067	K1	4.1
J2 = J4	0.00067	K2	4.1
k1	1.00	K3	2.45
k2	0.55	K4	2.85
F1	16.51	F2	5.3

II. CALCUL DES SOLLICITATIONS SOUS L'ACTION DES CHARGES PERMANENTES

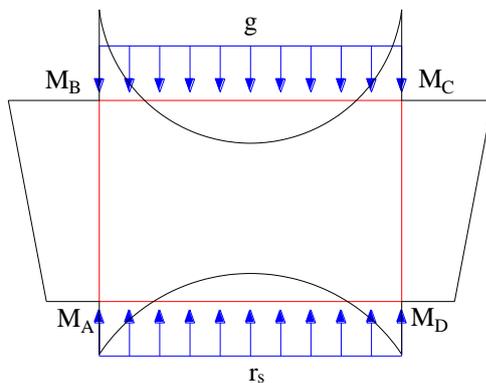
II.1. Charges permanentes sur le tablier



- Poids propre du tablier : $25 \times 0.20 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$
- Poids du remblai : $21 \times 0.45 \times 1 = 9.45 \text{ kN/ml}$
- Poids propre des guide-roues : $25 \times 0.50 \times 0.20 \times 2.20 \times 2/23.00 = 0.478 \text{ kN/ml}$

La somme des actions permanentes sur le tablier : $g = 5 + 9.45 + 0.478 = 14.928 \text{ kN/ml}$

a. Moments sur appuis



$$M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4F_1}(k_1K_1 - k_2) = -3.883 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_B = M_C = -\frac{gl^2}{4F_1}(K_2 - k_1k_2) = -3.883 \text{ m. kN/ml}$$

b. Moments à mi-travée

$$M_{(A,D)} = \frac{gl^2}{8} + M_A = 5.154m. kN/ml$$

$$M_{(B,C)} = \frac{gl^2}{8} + M_B = 5.154 m. kN/ml$$

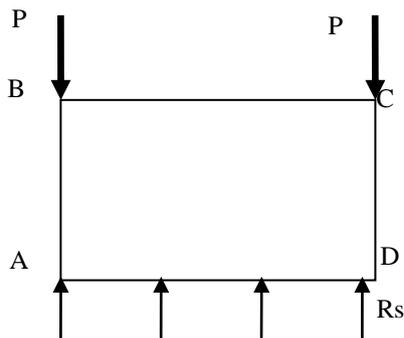
$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{M_A + M_B}{2} = -3.883 m. kN/ml$$

c. Efforts normaux

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

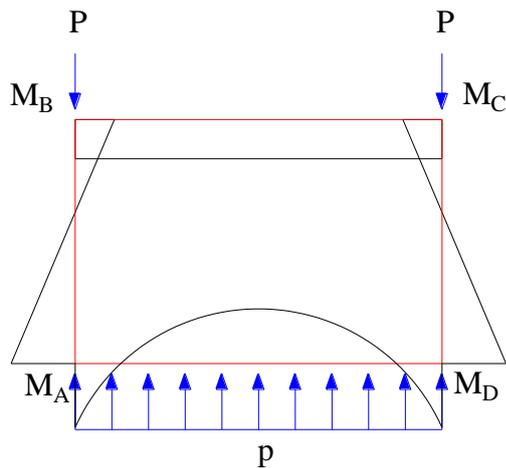
$$N_2 = N_4 = \frac{gl}{2} = 16.420kN$$

II.2. Charges permanentes dues aux piédroits



- Poids propre des piédroits : $P = 25 \times 1.2 \times 0.25 \times 1 = 6 kN$
- La réaction du sol est : $R_S = p = \frac{2P}{l} = \frac{2 \times 6}{2.20} = 5.45 \frac{kN}{ml}$;

a. Moments sur appuis



$$M_A = M_D = -\frac{Plk_1K_1}{2F_1} = -1.639 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_B = M_C = \frac{Plk_1k_2}{2F_1} = 0.220 \text{ m. kN/ml}$$

b. Moments à mi-travée

$$M_{(A,D)} = \frac{R_S \frac{l}{2} \frac{l}{2}}{2} + M_A = \frac{R_S l^2}{8} + M_A = 1.658 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = 0.220 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(A,B)} = \frac{M_A + M_B}{2} = -0.710 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(C,D)} = \frac{M_C + M_D}{2} = -0.710 \text{ m. kN/ml}$$

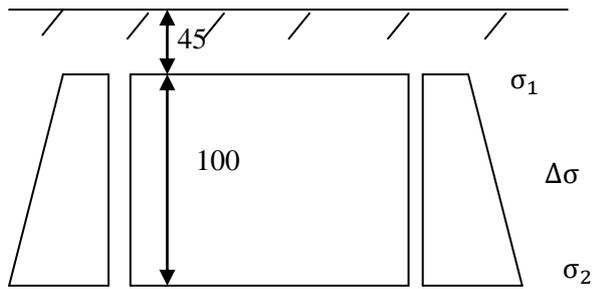
c. Efforts normaux

$$N_2 = N_4 = \frac{3Plk_1(1+k_2)}{2hF_1} = 1.549 \text{ kN}$$

$$N_1 = N_3 = P = 6 \text{ kN}$$

II.3. Calcul des sollicitations sous l'action des poussées des terres

a. Calcul des contraintes σ_1, σ_2 et $\Delta\sigma$

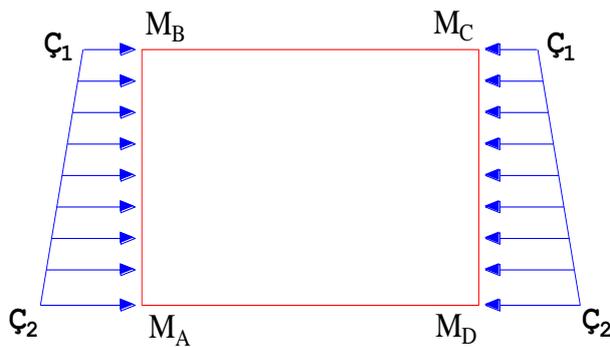


$$\sigma_1 = K \times \gamma_d \times \left(0.45 + \frac{0.20}{2}\right) = 3.846 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = K \gamma_d \times \left(1.20 + 0.45 + \frac{0.20}{2}\right) = 12.238 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 8.392 \text{ kN/m}^2$$

b. Moments sur appuis.



$$M_A = M_D = -\left(\frac{k_2(k_2 + 3)}{4F_1} * \sigma_1 h^2 + \frac{k_2(3k_2 + 8)}{20F_1} * \Delta\sigma h^2\right)$$

$$M_A = M_D = -0.358 \text{ m.kN/ml}$$

$$M_B = M_C = -\frac{k_2(3k_1 + k_2)}{4F_1} * \sigma_1 h^2 - \frac{k_2(7k_1 + 2k_2)}{20F_1} * \Delta\sigma h^2$$

$$M_B = M_C = -0.327 \text{ m.kN/ml}$$

c. Efforts normaux

$$N_1 = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_2}{6} \times h + \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l}$$

$$N_1 = 5.690 \text{ kN}$$

$$N_3 = \frac{(2\sigma_1 + \sigma_2)h}{6} + \frac{M_A - M_B}{h} + \frac{M_C - M_B}{l}$$

$$N_3 = 4.757 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = 0 \text{ kN}$$

d. Moment à mi-travée.

$$M_{(A,B)} = \frac{\sigma_1 h^2}{8} + \frac{\Delta\sigma h^2}{12} + \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{3.846 \times 1.20^2}{8} + \frac{8.392 \times 1.20^2}{12} + \frac{-0.358 - 0.327}{2}$$

$$M_{(C,D)} = M_{(A,B)} = 1.357 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(A,D)} = \frac{M_A + M_D}{2} = -0.358 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = -0.327 \text{ m. kN/ml}$$

III. CALCUL DES SOLLICITATIONS SOUS L'ACTION DES CHARGES D'EXPLOITATION

III.1. Sollicitations sous l'action des charges roulantes

a. Détermination de la charge d'exploitation maximale

❖ Calcul de charge sous l'action du convoi de camion type Bc de 30t

- On peut disposer transversalement sur le tablier un file de deux (02) essieux chacun de 12t côte à côte soit 48t au total ou 480 kN.
- Le coefficient majorateur de la charge. $bc = 1$. car ouvrage de deuxième classe à deux voies ;

La surface la plus contraignante d'encombrement de la surcharge à la surface de roulement est de :

$$A = 5.00 \times l = 5.00 \times 2.20 = \mathbf{11 \text{ m}^2}$$
. Correspondant à une charge de 480 KN.

- La charge répartie est de : $q_{bc} = \frac{480}{11} \times 1 = \mathbf{43.64 \text{ kN/m}^2}$;

❖ Calcul de la charge sous l'action du convoi de camion type Bte de 32t

On peut disposer transversalement sur le tablier deux files d'un tandem chacun de 16t côte à côte soit 64t au total ou 640 kN.

Le coefficient adrateur de la charge. $bt = 0.9$ car ouvrage de deuxième classe;

La surface la plus contraignante d'encombrement de la surcharge à la surface de roulement est de :

$$A = 6.00 \times 2.20 = \mathbf{13.2 \text{ m}^2}$$
. Correspondant à une charge de 640 KN.

$$\text{La charge répartie est de : } q_{bt} = \frac{640}{13.2} \times 0.9 = \mathbf{43.64 \text{ kN/m}^2}$$
 ;

❖ Calcul de la charge sous l'action de la roue isolée Br de 10 tonnes

Il s'agit d'une roue isolée de 10 tonnes pour un impact de 0.30 x 0.60 m à la surface de la couche de roulement. Ainsi. On aura à la fibre moyenne. Une surface :

$$A = (0.30 + 1.50 + e_1/2)(0.60 + 1.50 + e_1/2) = \mathbf{4.18 \text{ m}^2}$$

La charge répartie est de $q_1 = \frac{100}{4.18} \times 0.9 = 21.53 \text{ kN/m}^2$

Après comparaison nous constatons que les systèmes **Bc** et **Bt** sont les plus défavorable pour la structure avec $q_{bc} = 43.64 \text{ kN/m}^2$; ainsi c'est celle là que nous considérons pour dimensionner notre structure.

Le coefficient de majoration :

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

$$G = g \times l \times L_R = 14.928 \times 2.20 \times 6 = 197.050 \text{ kN};$$

$$Q = \text{Max} (Q_{bc}; Q_{bt}; Q_{br}) = \text{Max} (480; 6400; 100) = 640 \text{ kN}$$

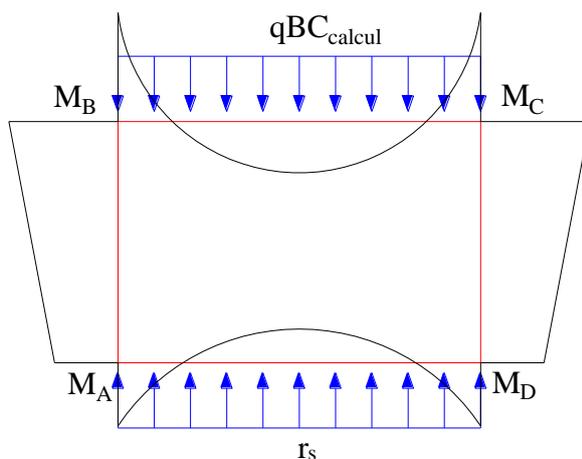
$$L = \text{max}(L_R; \text{portée de la travée}) = 6.00 \text{ m}$$

$$\delta = 1.450$$

La charge par mètre de longueur est alors : $q = \delta \times q_{bc} = 63.278 \text{ kN/ml}$

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

❖ Moments sur appuis



$$M_A = M_D = \frac{-ql^2}{4 \times F_1} (k_1 \times K_1 - k_2) = -16.463 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_B = M_C = \frac{-ql^2}{4 \times F_1} (K_2 - k_1 k_2) = -16.463m. kN/ml$$

❖ Efforts normaux

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

$$N_2 = N_4 = \frac{ql}{2} = 69.606kN$$

❖ Moments à mi-travée

$$M_{(B,C)} = M_{(A,D)} = \frac{ql^2}{8} + M_B = 21.820m. kN/ml$$

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{MA + MB}{2} = -16.463 m. kN/ml$$

III.2. Sollicitations sous l'action des surcharges routières de remblai d'accès

Cette surcharge est de $10kN/m^2$

Remblai d'accès des deux côtés

❖ Calcul de la charge



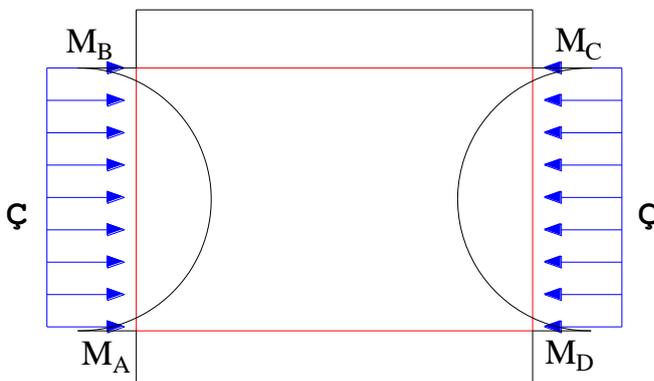
La contrainte horizontale :

$$\sigma = K. q = 0,333 \times 10 = 3,33 \text{ KN/m}^2$$

La résultante :

$$R = \sigma. h = 3,33 \times 1,20 = 4,00 \text{ KN/m}$$

❖ Moments sur appuis



$$M_A = M_D = -\frac{k_2(k_2 + 3)}{4F_1} \times \sigma \times h^2$$

$$M_A = M_D = -0.170 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_A = M_D = M_B = M_C = -0.170 \text{ m. kN/ml}$$

❖ Efforts normaux

$$N_2 = N_4 = 0 \text{ kN}$$

$$N_1 = N_3 = \frac{\sigma \times h}{2} = \frac{3.33 \times 1.20}{2} = 2 \text{ kN}$$

❖ Moments à mi-travée

$$M_{(A.B)} = \frac{\sigma \times h^2}{8} + \frac{M_A + M_B}{2} = 0.429 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(C.D)} = \frac{\sigma \times h^2}{8} + \frac{M_C + M_D}{2} = 0.429 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(A.D)} = \frac{M_A + M_D}{2} = -0.170 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(B.C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = -0.170 \text{ m. kN/ml}$$

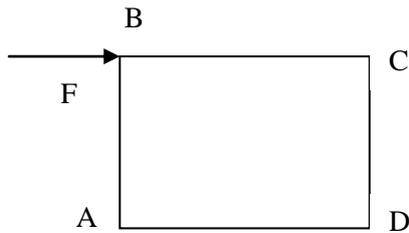
III.3. Sollicitations sous l'action des forces de freinage

a. Calcul de la force de freinage

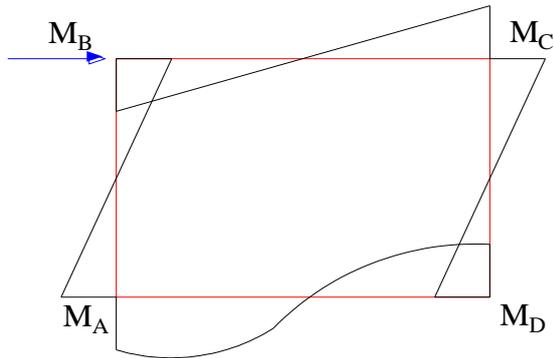
Pour les surcharges de type Bc. le fascicule précise bien qu'un camion au maximum peut freiner sur le pont. L'effort horizontal correspondant à prendre en compte est égal à son poids. Soit 30t.

La force de freinage est :

$$F = \frac{48.00}{5.00} = 9.6 \text{ t/ml soit } 96 \text{ kN/ml}$$



b. Moments sur appui



$$M_A = M_D = \pm \frac{Fhk_3}{2 \times F_2} = \pm 26.626 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_B = M_C = \pm \frac{FhK_4}{2 \times F_2} = \pm 30.974 \text{ m. kN/ml}$$

c. Efforts normaux

$$N_1 = N_3 = \pm \frac{FhK_4}{l \times F_2} = \pm 28.157 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = \pm \frac{F}{2} = \pm 48 \text{ kN}$$

d. Moments à mi-travée.

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = -\frac{M_A + M_B}{2} = -28.800 \text{ m. kN/ml}$$

$$M_{(B,C)} = M_{(A,D)} = 0 \text{ kNm}$$

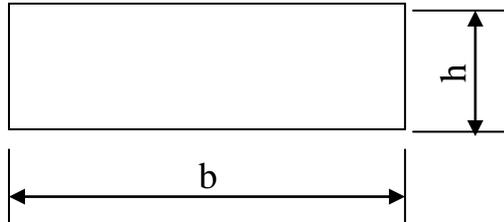
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES EFFORTS ET SOLLICITATIONS

	Cas	Piédroits			Tablier		Piédroits			Radier	Radier	Piédroits		Tablier
		MA	M (A-B)	MB	M (B-C)	MC	M(C-D)	MD	M (A-D)	N(AD)	N(AB)	N(CD)	N(BC)	
Tablier	1	-3.883	-3.883	-3.883	5.154	-3.883	-3.883	-3.883	5.154	0.000	16.420	16.420	0.000	
Piédroits	2	-1.639	-0.710	0.220	0.220	0.220	-0.710	-1.639	1.658	1.549	6	6	1.549	
Radier	3	-1.300	-1.300	-1.300	1.725	-1.300	-1.300	-1.300	1.725	0.000	12.100	12.100	0.000	
Poussée terre	4	-0.358	1.357	-0.327	-0.327	-0.327	1.357	-0.358	-0.358	5.690	0.000	0.000	4.757	
Charge B (Bc;Bt;Br)	5	-16.463	-16.463	-16.463	21.820	-16.463	-16.463	-16.463	21.820	0.000	69.606	69.606	0.000	
Remblai 2 coté	6	-0.170	0.429	-0.170	-0.170	-0.170	0.429	-0.170	-0.170	2	0.000	0.000	2	
Freinage	7	-26.626	-28.800	-30.974	0.000	-30.974	-28.800	-26.626	0.000	28.157	48	48	28.157	
G	Charges Permanentes	1+2+3+4	-7.18	-4.536	-5.29	6.772	-5.29	-4.536	-7.18	8.179	7.239	34.52	34.52	6.306
	Charges Variables V1	5+6	-16.633	-16.034	-16.633	21.65	-16.633	-16.034	-16.663	21.65	2	69.606	69.606	2
	Charges Variables V2	5+7	-43.089	-45.263	-47.437	21.82	-47.437	-45.263	-43.089	21.82	28.157	117.606	117.606	28.157
	Charges Variables V3	5+6+7	-43.259	-44.834	-47.607	21.65	-47.607	-44.834	-43.259	21.65	30.157	117.606	117.606	30.157
Q	Max de charges variables	5+6+7	-43.259	-44.834	-47.607	21.65	-47.607	-44.834	-43.259	21.65	30.157	117.606	117.606	30.157

CALCUL DES ARMATURES

I. DONNEES

Section rectangulaire.



$$b = 1.00m \quad h = 0.20m \quad d = h - 3 = 0.17m \quad f_{c_{28}} = 25 MPa \quad f_e = 400MPa$$

Dimensionnement à l'état limite de service ELS

$$\bar{\sigma}_{bc} = 15 MPa$$

$$\bar{\sigma}_s = 201.633 MPa$$

II. SECTIONS D'ACIER

II.1. Calcul des armatures du tablier

a) Aux abouts B et C (lit supérieur)

Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1,35 \times 0,529 + 1,6 \times 4,761 = 8,332 \text{ t.m}$$

$$N_u = 1,35 \times 0,631 + 1,6 \times 3,016 = 5,677 \text{ t}$$

$$e = M_u / N_u = 8,332 / 5,677 = 1,468m \text{ d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 8,332 + 5,677 \times 0,07 = 8,729 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{M}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{8,729 \times 10^5}{(100 \times 17^2 \times 150)} = 0,201 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,201}) = 0,283$$

$$Z = d \times (1 - 0,4 \times \alpha) = 0,17 \times (1 - 0,4 \times 0,283) = 0,151m$$

$$A_u = (M/Z - N_u) / \sigma_s = (8,729 \times 10^5 / 15,1 - 5,677 \times 10^3) / 3480 = 14,98$$

$$\rightarrow A_u 14,98 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat Ultime de Service

$$M_s = 0,529 + 1,2 \times 4,761 = 6,242 \text{ t.m}$$

$$N_s = 0,631 + 1,20 \times 3,016 = 4,250 \text{ t}$$

$$e = M_s / N_s = 6,242 / 4,250 = 1,469 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 6,242 + 4,250 \times 0,07 = 6,540 \text{ t.m}$$

$$\mu l = \frac{M}{b d^2 \sigma_s} = \frac{6,540 \cdot 10^5}{100 \times 17^2 \times 3480} = 0,00650$$

$$\beta_1 = 0,868 \text{ et } k_1 = 22,35$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1} = 3480 / 22,35 = 155,705 \text{ bars} < \sigma_{bl} = 150 \text{ bars}$$

$$A_s = \frac{M}{\beta_1 d \sigma_s} - \frac{N_s}{\sigma_s} = \frac{6,540 \cdot 10^5}{0,868 \times 17 \times 3480} - \frac{4,250 \cdot 10^3}{3480}$$

$$A_s = 11,51 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b d = 0,23 \times \frac{21}{4000} \times 100 \times 17 = \mathbf{2,05 \text{ cm}^2}$$

On retient **Au = 14,98 cm²**

b) A mi travée B-C (lit inférieur)

Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1,35 \times 0,677 + 1,6 \times 2,165 = 4,378 \text{ t.m}$$

$$N_u = 1,35 \times 0,631 + 1,6 \times 3,016 = 5,677 \text{ t}$$

$$e = M_u / N_u = 4,378 / 5,677 = 0,771 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 4,378 + 5,677 \times 0,07 = 4,775 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{M}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{4,775 \times 10^5}{(100 \times 17^2 \times 150)} = 0,110 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 1.25 X (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1.25 X (1 - \sqrt{1 - 2 X 0,110}) = 0,146$$

$$Z = d X (1 - 0,4 X \alpha) = 0,17 X (1 - 0,4 X 0,146) = 0,160m$$

$$Au = (M/Z - Nu) / \sigma_s = (4,775 \times 10^5 / 16,00 - 5,677 \times 10^3) / 3480 = 6,94$$

→ Au 6,94 cm²

Calcul à l'Etat Ultime de Service

$$Ms = 0,677 + 1,2 \times 2,165 = 3,275 \text{ t.m}$$

$$Ns = 0,631 + 1,20 \times 3,016 = 4,250 \text{ t}$$

$$e = Ms / Ns = 3,275 / 4,250 = 0,771 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 3,275 + 4,250 \times 0,07 = 3,573 \text{ t.m}$$

$$\mu l = \frac{M}{b d^2 \sigma_s} = \frac{3,573 \cdot 10^5}{100 \times 17^2 \times 3480} = 0,00355$$

$$\beta_1 = 0,906 \text{ et } k_1 = 35,60$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1} = 3480 / 35,60 = 97,75 \text{ bars} < \sigma_{bl} = 150 \text{ bars}$$

$$As = \frac{M}{\beta_1 d \sigma_s} - \frac{Ns}{\sigma_s} = \frac{3,573 \cdot 10^5}{0,906 \times 17 \times 3480} - \frac{4,250 \cdot 10^3}{3480}$$

$$As = 5,44 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} bd = 0,23 \times \frac{21}{4000} \times 100 \times 17 = \mathbf{2,05 \text{ cm}^2}$$

On retient **Au = 6,94 cm²**

II.2. Calcul des armatures du radier

a) Aux abouts A et D (lit inférieur)

Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1,35 \times 0,718 + 1,6 \times 4,326 = 7,891 \text{ t.m}$$

$$N_u = 1,35 \times 0,724 + 1,6 \times 3,016 = 5,803 \text{ t}$$

$$e = M_u / N_u = 7,891 / 5,803 = 1,360 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 7,891 + 5,803 \times 0,07 = 8,297 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{M}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{8,297 \times 10^5}{(100 \times 17^2 \times 150)} = 0,191 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,191}) = 0,267$$

$$Z = d \times (1 - 0,4 \times \alpha) = 0,17 \times (1 - 0,4 \times 0,267) = 0,152 \text{ m}$$

$$A_u = (M/Z - N_u) / \sigma_s = (8,297 \times 10^5 / 0,152 - 5,803 \times 10^3) / 3480 = 14,02$$

→ Au 14,02 cm²

Calcul à l'Etat Ultime de Service

$$M_s = 0,718 + 1,2 \times 4,326 = 5,909 \text{ t.m}$$

$$N_s = 0,724 + 1,20 \times 3,016 = 4,343 \text{ t}$$

$$e = M_s / N_s = 5,909 / 4,343 = 1,361 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 5,909 + 4,343 \times 0,07 = 6,213 \text{ t.m}$$

$$\mu_l = \frac{M}{b d^2 \sigma_s} = \frac{6,213 \cdot 10^5}{100 \times 17^2 \times 3480} = 0,00618$$

$$\beta_1 = 0,877 \text{ et } k_1 = 23,80$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1} = 3480 / 23,80 = 146,22 \text{ bars} < \sigma_{bl} = 150 \text{ bars}$$

$$A_s = \frac{M}{\beta 1 d \sigma_s} - \frac{N_s}{\sigma_s} = \frac{6,213 \cdot 10^5}{0,908 \times 17 \times 3480} - \frac{4,343 \cdot 10^3}{3480}$$

$$A_s = 10,73 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b d = 0,23 \times \frac{21}{4000} \times 100 \times 17 = \mathbf{2,05 \text{ cm}^2}$$

On retient **Au = 14,02 cm²**

b) A mi travée A-D (lit supérieur)

Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1,35 \times 0,818 + 1,6 \times 2,165 = 4,568 \text{ t.m}$$

$$N_u = 1,35 \times 0,724 + 1,6 \times 3,016 = 5,803 \text{ t}$$

$$e = M_u / N_u = 4,568 / 5,803 = 0,787 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 4,568 + 5,803 \times 0,07 = 4,974 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{M}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{4,974 \times 10^5}{(100 \times 17^2 \times 150)} = 0,115 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,115}) = 0,153$$

$$Z = d \times (1 - 0,4 \times \alpha) = 0,17 \times (1 - 0,4 \times 0,153) = 0,160 \text{ m}$$

$$A_u = (M/Z - N_u) / \sigma_s = (4,974 \times 10^5 / 16,00 - 5,803 \times 10^3) / 3480 = 7,27$$

$$\rightarrow A_u 7,27 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat Ultime de Service

$$Ms = 0,818 + 1,2 \times 2,165 = 3,416 \text{ t.m}$$

$$Ns = 0,724 + 1,20 \times 3,016 = 4,343 \text{ t}$$

$$e = Ms / Ns = 3,416 / 4,343 = 0,787 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 3,416 + 4,343 \times 0,07 = 3,720 \text{ t.m}$$

$$\mu l = \frac{M}{b d^2 \sigma_s} = \frac{3,720 \cdot 10^5}{100 \times 17^2 \times 3480} = 0,00370$$

$$\beta_1 = 0,902 \text{ et } k_1 = 35,54$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1} = 3480 / 35,54 = 97,92 \text{ bars} < \sigma_{bl} = 150 \text{ bars}$$

$$As = \frac{M}{\beta_1 d \sigma_s} - \frac{Ns}{\sigma_s} = \frac{3,720 \cdot 10^5}{0,902 \times 17 \times 3480} - \frac{4,343 \cdot 10^3}{3480}$$

$$As = 5,72 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b d = 0,23 \times \frac{21}{4000} \times 100 \times 17 = \mathbf{2,05 \text{ cm}^2}$$

On retient **Au = 7,27 cm²**

II.3. Calcul des armatures des piédroits

a) En pied (Nœuds A et D)

Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1,35 \times 0,718 + 1,6 \times 4,326 = 7,891 \text{ t.m}$$

$$N_u = 1,35 \times 3,452 + 1,6 \times 11,761 = 23,478 \text{ t}$$

$$e = M_u / N_u = 7,891 / 23,478 = 0,336 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 7,891 + 23,478 \times 0,07 = 9,534 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{M}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{9,534 \times 10^5}{(100 \times 17^2 \times 150)} = 0,220 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,220}) = 0,315$$

$$Z = d \times (1 - 0,4 \times \alpha) = 0,17 \times (1 - 0,4 \times 0,315) = 0,149 \text{ m}$$

$$A_u = (M/Z - N_u) / \sigma_s = (9,534 \times 10^5 / 14,9 - 23,478 \times 10^3) / 3480 = 11,64$$

→ Au 11,64 cm²

Calcul à l'Etat Ultime de Service

$$M_s = 0,718 + 1,2 \times 4,326 = 5,909 \text{ t.m}$$

$$N_s = 3,452 + 1,20 \times 11,761 = 17,565 \text{ t}$$

$$e = M_s / N_s = 5,909 / 17,565 = 0,336 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 5,909 + 17,565 \times 0,07 = 7,139 \text{ t.m}$$

$$\mu_l = \frac{M}{b d^2 \sigma_s} = \frac{7,139 \cdot 10^5}{100 \times 17^2 \times 3480} = 0,00710$$

$$\beta_1 = 0,862 \text{ et } k_1 = 23,25$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K1} = 3480 / 23,25 = 149,68 \text{ bars} < \sigma_{bl} = 150 \text{ bars}$$

$$A_s = \frac{M}{\beta 1 d \sigma_s} - \frac{N_s}{\sigma_s} = \frac{7,139.10^5}{0,862 \times 17 \times 3480} - \frac{17,565.10^3}{3480}$$

$$A_s = 8,95 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b d = 0,23 \times \frac{21}{4000} \times 100 \times 17 = \mathbf{2,05 \text{ cm}^2}$$

On retient **Au = 11,64 cm²**

b) En tête (Nœuds B et C)

Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1,35 \times 0,529 + 1,6 \times 4,761 = 8,332 \text{ t.m}$$

$$N_u = 1,35 \times 3,452 + 1,6 \times 11,761 = 23,478 \text{ t}$$

$$e = M_u / N_u = 8,332 / 23,478 = 0,355 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 8,332 + 23,478 \times 0,07 = 9,975 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{M}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{9,975 \times 10^5}{(100 \times 17^2 \times 150)} = 0,230 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,230}) = 0,331$$

$$Z = d \times (1 - 0,4 \times \alpha) = 0,17 \times (1 - 0,4 \times 0,331) = 0,147 \text{ m}$$

$$A_u = (M/Z - N_u) / \sigma_s = (9,975 \times 10^5 / 14,7 - 23,478 \times 10^3) / 3480 = 12,75$$

$$\rightarrow A_u \mathbf{12,75 \text{ cm}^2}$$

Calcul à l'Etat Ultime de Service

$$M_s = 0,529 + 1,2 \times 4,761 = 6,242 \text{ t.m}$$

$$N_s = 3,452 + 1,20 \times 11,761 = 17,565 \text{ t}$$

$$e = M_s / N_s = 6,242 / 17,565 = 0,355 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 6,242 + 17,565 \times 0,07 = 7,471 \text{ t.m}$$

$$\mu l = \frac{M}{b d^2 \sigma_s} = \frac{7,471 \cdot 10^5}{100 \times 17^2 \times 3480} = 0,00743$$

$$\beta_1 = 0,860 \text{ et } k_1 = 23,23$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1} = 3480 / 23,23 = 149,80 \text{ bars} < \sigma_{bl} = 150 \text{ bars}$$

$$A_s = \frac{M}{\beta_1 d \sigma_s} - \frac{N_s}{\sigma_s} = \frac{7,471 \cdot 10^5}{0,860 \times 17 \times 3480} - \frac{17,565 \cdot 10^3}{3480}$$

$$A_s = 9,63 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b d = 0,23 \times \frac{21}{4000} \times 100 \times 17 = \mathbf{2,05 \text{ cm}^2}$$

On retient **Au = 12,75 cm²**

c) A mi travée A-B

Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1,35 \times 0,454 + 1,6 \times 4,483 = 7,786 \text{ t.m}$$

$$N_u = 1,35 \times 3,452 + 1,6 \times 11,761 = 23,478 \text{ t}$$

$$e = M_u / N_u = 7,786 / 23,478 = 0,332 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 7,786 + 23,478 \times 0,07 = 9,429 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{M}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{9,429 \times 10^5}{(100 \times 17^2 \times 150)} = 0,218 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,218}) = 0,311$$

$$Z = d \times (1 - 0,4 \times \alpha) = 0,17 \times (1 - 0,4 \times 0,311) = 0,149 \text{ m}$$

$$A_u = (M/Z - N_u) / \sigma_s = (9,429 \times 10^5 / 14,9 - 23,478 \times 10^3) / 3480 = 11,43$$

$$\rightarrow A_u 11,43 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat Ultime de Service

$$M_s = 0,454 + 1,2 \times 4,483 = 5,834 \text{ t.m}$$

$$N_s = 3,452 + 1,20 \times 11,761 = 17,565 \text{ t}$$

$$e = M_s / N_s = 5,834 / 17,565 = 0,332 \text{ m d'où section partiellement comprimée}$$

$$M = 5,834 + 17,565 \times 0,07 = 7,064 \text{ t.m}$$

$$\mu_l = \frac{M}{b d^2 \sigma_s} = \frac{7,064 \cdot 10^5}{100 \times 17^2 \times 3480} = 0,00702$$

$$\beta_1 = 0,864 \text{ et } k_1 = 23,27$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_s}{K_1} = 3480 / 23,27 = 149,55 \text{ bars} < \sigma_{bl} = 150 \text{ bars}$$

$$A_s = \frac{M}{\beta_1 d \sigma_s} - \frac{N_s}{\sigma_s} = \frac{7,064 \cdot 10^5}{0,864 \times 17 \times 3480} - \frac{17,565 \cdot 10^3}{3480}$$

$$A_s = 8,77 \text{ cm}^2$$

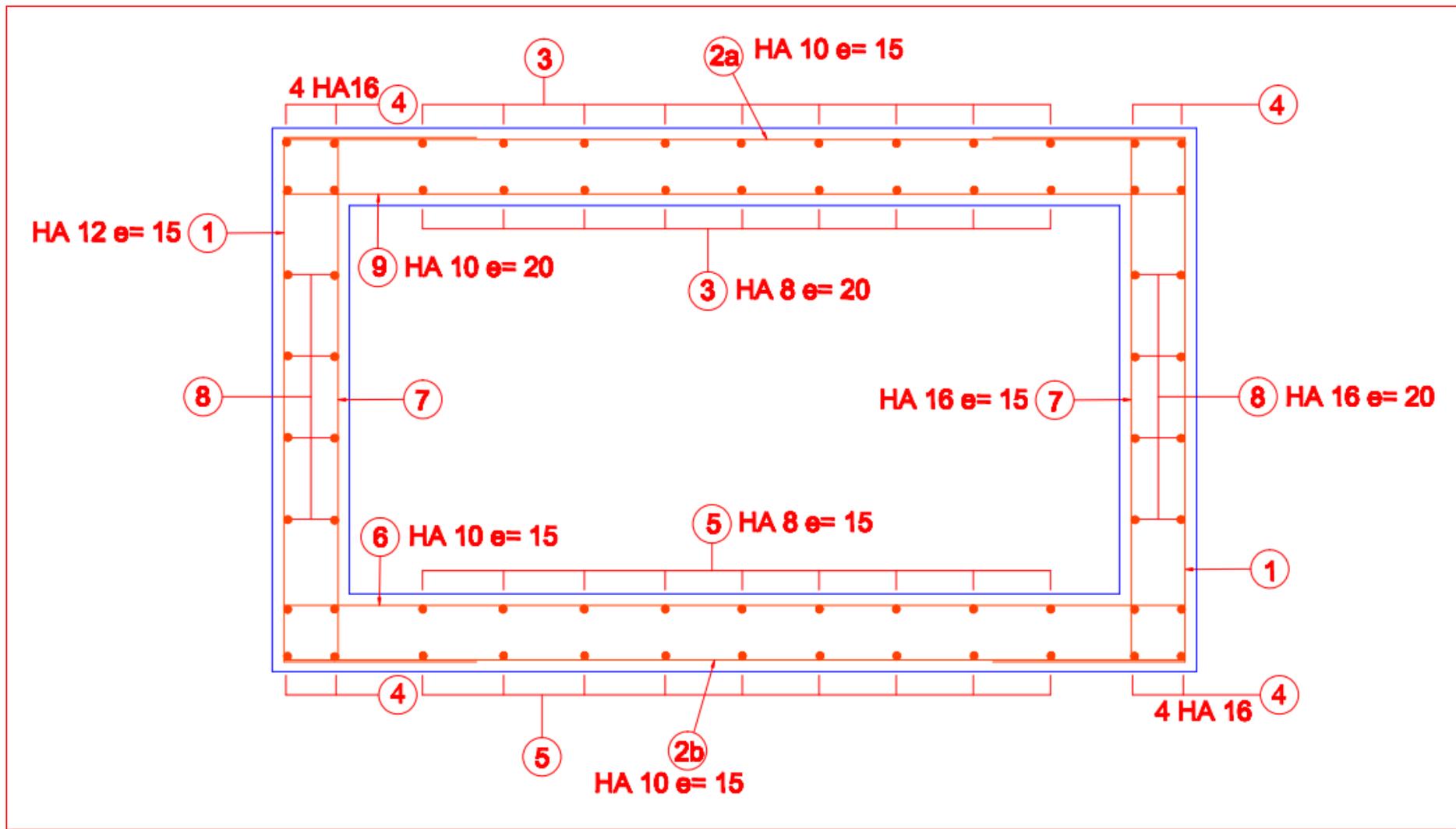
Condition de non fragilité

$$A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b d = 0,23 \times \frac{21}{4000} \times 100 \times 17 = \mathbf{2,05 \text{ cm}^2}$$

On retient **Au = 11,43 cm²**

RECALPITULATIF DES SECTIONS D'ACIERS DALOT 1						
		Au (cm ²)	As (cm ²)	Amin (cm ²)	A (cm ²)	Acier HA
Tablier	Aux abouts B et C	14,98	11,51	2,05	14,98	8HA16
	A mi-travée B-C	6,94	5,44	2,05	6,94	9HA10
Radier	Aux abouts A et D	14,02	10,73	2,05	14,02	8HA16
	A mi-travée A-D	7,27	5,72	2,05	7,27	10HA10
Piédroits	En pied (Nœuds A et D)	11,64	8,95	2,05	11,64	4HA20
	A mi-travée A-B	11,43	8,77	2,05	11,43	6HA16
	En tête (Nœuds B et C)	12,75	9,63	2,05	12,75	4HA20+4HA8

PLAN DE FERRAILLAGE DU DALLOT...



B.NOTE DE CALCUL CANIVEAU

1 HYPOTHESES DE CALCUL DE CANIVEAU

Règlements

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

Les sollicitations sont déterminées à partir de la METHODE DES TRANCHEES.

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

Caractéristiques des Matériaux

Béton

Fissuration préjudiciable

Béton **B25** de poids volumique = **2.5 t/m³**

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

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

La contrainte à l'état limite du béton : **$\sigma_{bc} = \frac{0.85 \cdot f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5} = 14.17 \text{ MPa}$** avec $\gamma_b = 1.5$

Contrainte limite du béton : **$\overline{\sigma}_{bc} = 0.6 \cdot f_{c28} = 0.6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$**

L'enrobage : **c = 3 cm**. car la fissuration est préjudiciable (Ouvrage enterré).

Aciers

Nuance : acier Haute Adhérence **Fe E 400**

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

Contrainte de calcul de l'acier : **$\sigma_s = f_e / \gamma_s = 347.83 \text{ MPa}$** avec $\gamma_s = 1.15$

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

Avec $\eta = 1.6$ car acier Haute Adhérence.

Caractéristiques du remblai

Poids volumique des terres : $\gamma=21 \text{ KN/m}^3$

Coefficient de poussée : $k_p=0,33$

Surcharges de remblai : $q=10 \text{ KN/m}^2$

□□ Principe de calcul des efforts et sollicitations

De manière générale, on mènera les calculs par bande de 1,00 mètre linéaire de longueur de caniveaux

□□ Charges appliquées

1..1. Charges permanentes

Poids propre de la structure

Poussées des terres sur le voile

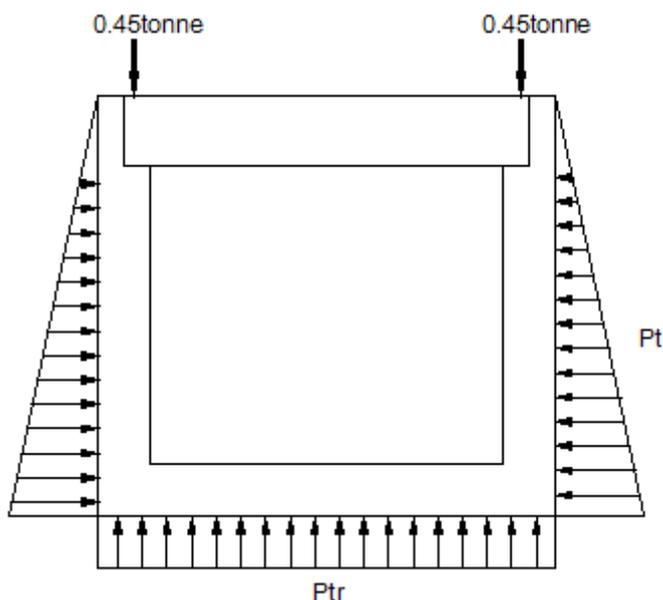
1..2. Charges d'exploitation

Roue isolée de 0.9tonnes dont 0,45tonnes sur chaque voile

2. Calcul des sollicitations

Caniveau de $100 \times 100 \text{ cm}^2$

Schéma de répartition des charges



Dimensionnement de la dalle

Sollicitation

Poids propre de la dalle $g = 2,5 \times 0,2 \times 1 \times 0,5 = 0,25t$

Surcharge : $Br = 0,9t$

Combinaison des charges à l'ELU

$P_u = 1,35g + 1,5q = 1,6875t$

Combinaison des charges à

l'ELS $P_{ser} = g + q = 1,15t$

Moment de flexion à l'ELU

$M_u = 2,10kN.m$

Moment à l'ELS

$M_{ser} = 1,44kN.m$

Détermination des sections d'armature

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = 1,46$$

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b d^2 \cdot f_{bu}} = \frac{0,00210}{0,5 \times 0,18^2 \times 14,16} = 0,00915$$

$$10^4 \mu_{lu} = 34400\gamma + 49 \frac{f_{c28}}{\theta} - 3050 \text{ Pour FeE400}$$

$$\mu_{lu} = 0,32$$

$\mu_{lu} > \mu_{bu}$ Donc ya pas d'acier comprimé

$\mu_{bu} < 0,275$ on peut utiliser la méthode simplifiée

$$Z_b = d(1 - 0,6\mu_{bu}) = 0,179$$

$$A_u = \frac{M_u}{Z_b f_{ed}} = 0,34cm^2$$

$$\mu_{bu} < 0,03 \text{ vérification de } A_{min} \rightarrow A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b d = 1,18cm^2$$

$$A = A_{min} = 1,18cm^2$$

Dimensionnement à l'ELS

Coefficient de la fibre neutre $\bar{\alpha}_1 = \frac{15 \bar{\alpha}_{bc}}{15 \bar{\alpha}_{bc} + \bar{\sigma}_s} = 0,527$

Ordonnée d la fibre neutre $y = d \times \alpha = 0.090$

Bras de levier du couple interne $Z_b = d - \left(\frac{y}{3}\right) =$

Moment résistant du béton

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \bar{\alpha}_1 \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right) b_o \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_{bc} = 0,047 MN.m$$

$M_{ser} < M_{rb}$ donc pas d'acier comprimé

Calcul de la section d'armatures tendues $A_s = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} Z_b} = 0.51 \text{ cm}^2$

$A = \max(A_u ; A_s) = 1.18 \text{ cm}^2$

Retenons 4HA10 soit $3,14 \text{ cm}^2$ avec un espacement de 15cm

Aciers de répartition: Nous allons prendre 6HA8 comme aciers de répartition soit un espacement de 20cm

Nous allons uniformiser les sections d'armature calculées sur toutes les dalles

Dimensionnement des voiles.

Pour le dimensionnement des piédroits le calcul sera mené à l'ELS

Calcul des sollicitations

Poids propre du piédroit : $P_p = 25 \times 0.15 \times 1 \text{ m} = 3,75 \text{ kN/ml}$

Charge venant de la dalle $P_d = 11.5 \text{ kN}$

Poids propre du radier : $25 \times 0.15 \times 1 = 3,75$

Poussée des terres : $p_t = k \times \gamma_s \times \frac{h^2}{2} = 0,33 \times 21 \times \frac{1^2}{2} = 3.465 \text{ kN/ml}$

Poussée des terres sous le radier : $P_{tr} = \frac{2 \times P_p + P + P_d}{l} = 22,75 \text{ kN/ml}$

Effort normal maximal dans le piédroit : $N_{max1} = P_p + P_d / 2 = 9.5 \text{ kN/ml}$

Effort normal maximal dans le radier : $N_{max2} = K \times \gamma_s \times h = 6,60 \text{ kN/ml}$

Moments

Moment maximal dû au poids du radier : $M_p = \frac{p l^2}{8} = 0,47 \text{ kN.m/ml}$

Moment maximum dû à la poussée des terres : $M_{p_t} = \frac{P_t \times h}{3} = 1,16 \text{ kN.m/ml}$

Moment maximum dû à la poussée des terres sous le radier :

$$M_{ptr} = \frac{P_{tr} X l^2}{2} = 11,375 \text{KN.m/ml}$$

Combinaison des moments

$$\text{Moment maximum dans le radier : } M_{max2} = M_p - M_{ptr} = -10,91 \text{KN.m}$$

$$\text{Moment maximum à la base du piédroit : } M_{max} = P_t X \frac{h}{3} = 1.155 \text{KN.m/ml}$$

Calcul des aciers

Aciers aux appuis de piédroit :

$$\text{L'excentricité } e_o = \frac{M_{max}}{N_{max1}} = 0,12$$

$$M_{ser} = M_{max} + N_{max} X \left(d - \frac{h}{2} \right) = 1.725 \text{KN.m}$$

$$\text{Coefficient de la fibre neutre } \bar{\alpha}_1 = \frac{15 \bar{\alpha}_{bc}}{15 \bar{\alpha}_{bc} + \bar{\sigma}_s} = 0.527$$

$$\text{Ordonnée d la fibre neutre } y = d \times \alpha = 0.071 \text{m}$$

$$\text{Bras de levier du couple interne } \bar{\alpha}_1 = \frac{15 \bar{\alpha}_{bc}}{15 \bar{\alpha}_{bc} + \bar{\sigma}_s} = 0.111 \text{m}$$

$$\text{Moment résistant du béton } M_{rb} = \frac{1}{2} \bar{\alpha}_1 \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3} \right) b_o \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_{bc} = 0,009 \text{MN.m}$$

$M_{ser} < M_{rb}$ donc pas d'acier comprimé

$$\text{Calcul de la section d'armatures tendues } A_s = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} z_b} = 0.77 \text{cm}^2$$

Calcul à l'ELU

$$M_u = M_{max} = 1.155$$

$$\mu = \frac{M_u}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{1,155 \cdot 10^{-3}}{1 \times 0,135^2 \times 14,17} = 0,00447$$

$$\alpha = 1.25 X \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu} \right) = 1.25 X \left(1 - \sqrt{1 - 2 X 0,00447} \right) = 0,0056$$

$$Z = d X \left(1 - 0,4 X \alpha \right) = 0,13$$

$$A_u = \frac{M_u}{Z X \sigma_s} = \frac{1,155 \cdot 10^{-3}}{0,13 \times 347,83} = 0,255 \text{cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} \geq 0,23 \frac{ft_{28}}{fe_d} bd = 1,87cm^2$$

Nous retenons $As=1.87cm^2$

Le choix porte 5HA10 soit $2.51cm^2$ avec un espacement de 20cm

Prenons 5HA8 comme aciers de répartition avec un espacement de 20cm

Nous allons garder les sections d'armature pour tous les caniveaux.

Calcul des aciers en travée du radier

$$M_{ser} = M_{max} + N_{max} \times \left(d - \frac{h}{2}\right) = -10.51$$

$$\text{Coefficient de la fibre neutre } \bar{\alpha}_1 = \frac{15 \bar{\alpha}_{bc}}{15 \bar{\alpha}_{bc} + \bar{\sigma}_s} = 0.527$$

$$\text{Ordonnée d la fibre neutre } y = d \times \alpha = 0.071m$$

$$\text{Bras de levier du couple interne } Z_b = d - \left(\frac{y}{3}\right) = 0.111m$$

$$\text{Moment résistant du béton } M_{rb} = \frac{1}{2} \bar{\alpha}_1 \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right) b_o \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_{bc} = 0.009MN.m$$

$M_{ser} < M_{rb}$ donc pas d'acier comprimé

$$\text{Calcul de la section d'armatures tendues } As = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} Z_b} = 4.53 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'ELU

$$M_u = M_{max} = -10.91$$

$$\mu = \frac{M_u}{b d^2 \sigma_{bc}} = \frac{10,91 \cdot 10^{-3}}{1 \times 0,135^2 \times 14,17} = 0,0422$$

$$\alpha = 1.25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right) = 1.25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,0422}\right) = 0,0431$$

$$Z = d \times \left(1 - 0,4 \times \alpha\right) = 0,13$$

$$A_u = \frac{M_u}{Z \times \sigma_s} = \frac{10,91 \cdot 10^{-3}}{0,13 \times 347,83} = 2,36cm^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} \geq 0,23 \frac{f_{t28}}{f_{e_d}} bd = 1,87 cm^2$$

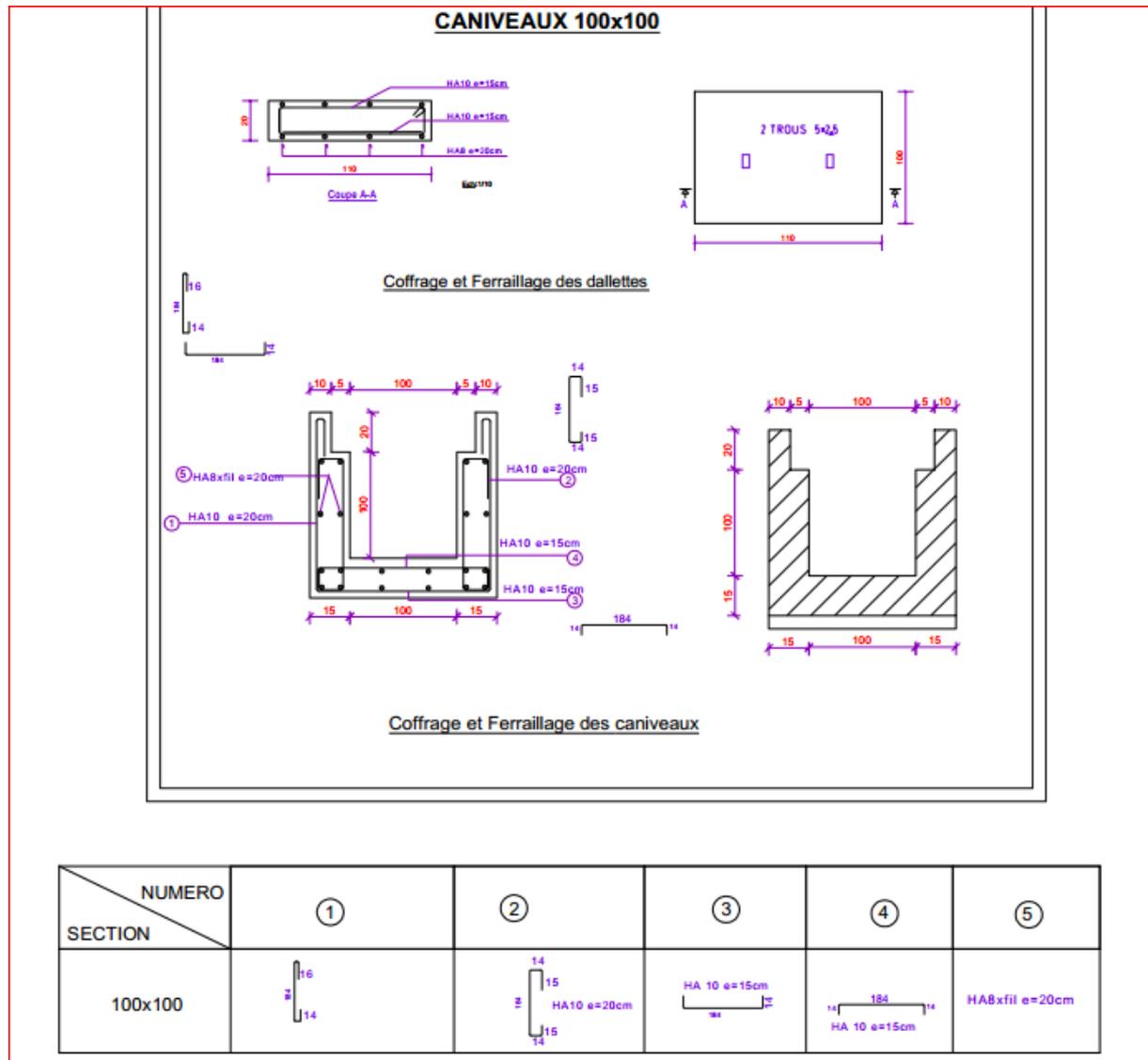
Nous retenons $A_s=4.53cm^2$

Le choix porte 6HA10 soit $4.71cm^2$ avec un espacement de 15cm

Aciers de répartition

$A_r=1/4A_s=1.18cm^2$ nous retenons 5HA8 avec un espacement de 20cm Nous allons garder les sections d'armature pour tous les caniveaux

	Aciers	espacement	nombre	Aciers de	espacement	nombre
dallettes	HA10	15	4	HA8	20	5
piédroit	HA10	20	5	HA8	20	5
Radier	HA10	15	6	HA8	20	5



Annexe V: Devis quantitatif et estimatif

ETUDE TECHNIQUE DES TRAVAUX DE BITUMAGE DE LA VOIRIE URBAINE : CAS DU
BOULEVARD ASKIA MOHAMED (PK 0+00 AU PK 2+808) A NIAMEY AU NIGER

N° PRIX	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	MONTANT
	SERIE 000 - INSTALLATION DU CHANTIER				
001	<i>Installation des bases</i>	<i>FF</i>	<i>1</i>	<i>128 152 602</i>	<i>128 152 602</i>
002	<i>Amenée et repli du chantier</i>	<i>FF</i>	<i>1</i>	<i>88 338 072</i>	<i>88 338 072</i>
003	<i>Installation de la Mission de Contrôle</i>	<i>FF</i>	<i>1</i>	<i>58 892 048</i>	<i>58 892 048</i>
	TOTAL SERIE 000				275 382 722
	SERIE 100 - TRAVAUX PREPARATOIRES				
101	<i>Abattage d'arbres</i>	<i>U</i>	<i>23</i>	<i>45 000</i>	<i>1 035 000</i>
102	<i>Débroussaillage et préparation du terrain</i>	<i>m2</i>	<i>127 996</i>	<i>230</i>	<i>29 439 080</i>
103	<i>Evacuation des ordures</i>	<i>m3</i>	<i>174</i>	<i>4 500</i>	<i>783 000</i>
104	<i>Déplacement réseaux existants</i>				
104a	<i>Déplacement installation de la SEEN (réseau de distribution)</i>	<i>FF</i>	<i>1</i>	<i>20 000 000</i>	<i>20 000 000</i>
	TOTAL SERIE 100				51 257 080
	SERIE 200 - TERRASSEMENT GENERAUX				
201	<i>Décaissement de la chaussée existante</i>	<i>m3</i>	<i>63 228</i>	<i>6 000</i>	<i>379 368 600</i>
202	<i>Remblais en provenance d'emprunts</i>	<i>m3</i>	<i>20 043</i>	<i>7 000</i>	<i>140 303 450</i>
203	<i>Déblais mis en dépôts définitifs</i>	<i>m3</i>	<i>7 625</i>	<i>3 400</i>	<i>25 923 300</i>
204	<i>Compactage de l'arase de la plateforme des terrassements</i>	<i>m²</i>	<i>105 379</i>	<i>600</i>	<i>63 227 115</i>
	TOTAL SERIE 200				608 822 465

	SERIE 300 - CHAUSSEES				
301	Fourniture et mise en œuvre de matériaux graveleux latéritiques pour couche de forme	m ³	21 076	8 500	179 143 493
302	Plus value au prix 301 pour transport de matériaux pour la couche de forme au-delà de 5 000 mètres	m ³ xkm	210 757	250	52 689 263
303	Fourniture et mise en œuvre de matériaux graveleux pour couche de fondation	m ³	20 674	8 500	175 731 236
304	Plus value au prix 303 pour transport de matériaux pour la couche de fondation au-delà de 5 000 mètres	m ³ xkm	206 743	250	51 685 658
305	Fourniture et mise en œuvre de matériaux graveleux pour couche de base	m ³	20 273	9 000	182 455 389
306	Plus value au prix 305 pour transport de matériaux pour la couche de base au-delà de 5000 mètres	m ³ xkm	202 728	250	50 682 053
	TOTAL SERIE 300				692 387 090
	SERIE 400 - REVETEMENT				
401	Fourniture du bitume pur pour imprégnation, accrochage enduits superficiels	t	116	950 000	110 652 542
402	Fourniture et transport de gravillons 10/14 pour monocouche	m ³	493	75 000	36 958 845
403	Mise en œuvre du béton bitumineux	m ³	2 240	250 000	559 982 500
	TOTAL SERIE 400				707 593 887
	SERIE 500 - OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT				
501	Fouilles de fondation des ouvrages				

ETUDE TECHNIQUE DES TRAVAUX DE BITUMAGE DE LA VOIRIE URBAINE : CAS DU
BOULEVARD ASKIA MOHAMED (PK 0+00 AU PK 2+808) A NIAMEY AU NIGER

501a	Fouilles en terrain meuble	m3	455	5 500	2 501 796
502	Fourniture et mise en œuvre de bétons				
502a	Fourniture et mise en œuvre de Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3	m3	13	110 000	1 376 947
502b	Fourniture et mise en œuvre de béton dosé à 350 kg/m3 y compris coffrage pour ouvrage	m3	119	160 000	18 999 136
503	Caniveaux en béton armé				
503a	Caniveaux en béton armé 1x1	ml	2 900	145 000	420 500 000
504	Armatures	Kg	12 605	1 100	13 865 716
505	Perrés maçonnés	m2	98	27 500	2 688 125
506	Gabions	m3	17	50 000	864 225
507	Descentes d'eau	U	62	41 000	2 546 100
	TOTAL SERIE 500				463 342 045
	SERIE 600 - SIGNALISATION				
601	Fourniture et pose des panneaux de signalisation				
601a	Prix 601a : de type A et B	U	26	190 000	4 940 000
601b	Prix 601b : de type "stop" AB4	U	12	220 000	2 640 000
601c	Prix 601c : de type C	U	2	220 000	440 000
602	Fourniture et pose de balise de signalisation	U	2	45 000	90 000
603	Bande discontinue (normale ou avancée) peinte sur chaussée	ml	1 804	10 000	18 043 811
604	Ligne de rive module T2 largeur = 15 cm	ml	3 609	10 000	36 087 621

605	<i>Marquage spécial passage piétons</i>	<i>m2</i>	<i>140</i>	<i>17 300</i>	<i>2 422 000</i>
606	<i>Marquage embranchements et carrefours</i>	<i>ml</i>	<i>330</i>	<i>5 000</i>	<i>1 650 000</i>
607	<i>Ralentisseur de Vitesse</i>	<i>U</i>	<i>12</i>	<i>3 500 000</i>	<i>42 000 000</i>
608	<i>Fourniture et pose de feux tricolores</i>	<i>U</i>	<i>3</i>	<i>10 710 000</i>	<i>32 130 000</i>
TOTAL SERIE 600					140 443 432
SERIE 700 - TRAVAUX DIVERS					
701	<i>Fourniture et pose bordure T2</i>	<i>ml</i>	<i>13 381</i>	<i>13 000</i>	<i>173 958 200</i>
702	<i>Fourniture et pose pavés autobloquants</i>	<i>m2</i>	<i>10 705</i>	<i>15 000</i>	<i>160 576 800</i>
703	<i>Grille de protection à la traversée des écoles</i>	<i>ml</i>	<i>52</i>	<i>130 000</i>	<i>6 727 500</i>
704	<i>Aménagement des carrefours</i>	<i>m2</i>	<i>934</i>	<i>25 000</i>	<i>23 350 000</i>
705	<i>Séparateur en béton armé type GEA</i>	<i>ml</i>	<i>4 400</i>	<i>65 000</i>	<i>286 000 000</i>
TOTAL SERIE 700					650 612 500
SERIE 800 - ECLAIRAGE PUBLIC					
801	<i>Fourniture et pose Candélabre et Accessoire pour la mise en œuvre d'une électrification à énergie solaire</i>	<i>U</i>	<i>146</i>	<i>7 355 500</i>	<i>1 073 903 000</i>
TOTAL SERIE 800					1 073 903 000
SERIE 900 - AMENAGEMENTS CONNEXES					
901	<i>Clôture des écoles aux abords de la route</i>	<i>ml</i>	<i>481</i>	<i>70 000</i>	<i>33 670 000</i>

902	Construction de blocs de trois (3) classes dans les écoles aux abords de la route	U	2	8 000 000	16 000 000
TOTAL SERIE 800					49 670 000
SERIE 1000 - MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES					
701	Plantation d'arbres	U	669	6 000	4 014 420
702	Sensibilisation et suivi sur le projet et ses impacts sur la sécurité routière, la pollution, etc.	FF	1	1 666 667	1 666 667
TOTAL ENVIRONNEMENT					5 681 087
TOTAL GENERAL HTVA					4 719 095 307
TVA 19%					896 628 108
MONTANT TOTAL TTC					5 615 723 415