



THEME :

**ETUDE TECHNIQUE DES TRAVAUX DE
CONSTRUCTION ET BITUMAGE DE L'ACCES
PRINCIPAL DU NOUVEL AEROPORT INTERNATIONAL
DE OUAGADOUGOU A DON SIN : DU PK 14 AU PK
22,7 EN CHAUSSEE DOUBLE REVETUE**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTEREN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : GENIE CIVIL

Présenté et soutenu publiquement le 25 Juin 2013 par

Mahamoudou KANAZUE

Travaux dirigés par :

Dr. Ismaila GUEYE;

Enseignant Chercheur au 2ie

CENTRE COMMUN DE RECHERCHE -

Energie et Habitat Durable

Boubacar GANGO,

Ingénieur Génie Civil à AGEIM

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Ismaila GUEYE**

Membres et correcteurs : Souleymane **BARRO**
S. **SOUISSI**
A. **LAWANE**

Promotion [2012/2013]

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et le concours combien inestimable de plusieurs personnes, à qui nous tenons à exprimer très sincèrement toute notre reconnaissance :

A Monsieur le Directeur General de AGEIM Ingénieurs Conseils, M. Tiraogo Hervé OUEDRAOGO pour avoir accepté nous accueillir au sein de sa structure ;

A mes encadreurs M. Sama BAWA et M. GANGO Boubacar qui malgré leurs multiples occupations ont assuré notre encadrement et suivi notre travail durant le stage.

Je remercie vivement Dr Ismaïla GUEYE, Enseignant Chercheur au 2IE, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de superviser mes travaux, d'avoir prêté attention en répondant à nos préoccupations.

Mes remerciements à l'endroit du corps enseignant en GENIE CIVIL du 2ie.

Je n'oublie pas non plus de remercier l'ensemble de mes collègues stagiaires avec lesquels nous avons échangé beaucoup d'idées et partager des informations capitales ;

A toute ma famille et à mes amis qui m'ont soutenu par leurs encouragements pour la réussite de ce travail, je les remercie du fond du cœur.

DEDICACE

A

Ma **m**ère, à

Mon **p**ère et à

Mes **f**rères et **S**œurs

Qui m'ont soutenus et apportés de l'aide

A

Tous mes **a**mis avec lesquels j'ai partagé les hauts et les bas.

RESUME

Ce rapport traite du projet portant sur les études techniques du tronçon principal menant au nouvel aéroport international de Ouagadougou à DONSIN long d'environ 23 km. Ce projet s'inscrit dans le cadre des études de construction des voies de desserte du nouvel aéroport souhaité par l'Etat du Burkina Faso qui permettrait de résoudre les problèmes d'embouteillage et d'espace dans le centre-ville de Ouagadougou. L'étude réalisée ici ne porte que sur 8,5 km de route allant du PK 14+500 au PK 23+000.

L'objectif du projet est de concevoir la route et les ouvrages de franchissement sur cet axe principal, capable d'assurer la sécurité des usagers et le confort dans la conduite. Une visite de site a permis d'identifier deux points importants de passage d'eau pour l'implantation d'un dalot et d'un pont. A cet effet, l'étude hydrologique a conduit au choix du dalot cadre à quatre (04) ouvertures soit une longueur totale de 17,8 m. L'étude du pont n'a pas été abordée dans ce rapport. L'analyse et le calcul sur les données concernant le trafic tout type de véhicules a permis de déterminer le profil en travers de la route qui est du type 2 x 2 voies avec un TPC et des accotements de 1,5 m. Le trafic poids lourd a déterminé la classe de niveau T3. Les études techniques à partir du fond topographique avec le logiciel Piste ont permis, en fonction des vitesses de référence, de dresser les différents profils : le profil en long, les profils en travers et le tracé en plan.

La détermination des différentes épaisseurs des couches de chaussée fait suite à l'analyse des données géotechniques et à l'utilisation des abaques du CEBTP. La couche de roulement est de 5 cm en béton bitumineux, la couche de base a une épaisseur de 20 cm et la couche de fondation est de 30 cm tous deux en graveleux latéritique.

Une étude d'impact environnemental a été abordée afin de déterminer la faisabilité du projet. L'évaluation sommaire du coût du projet, sur la base de l'Avant-métré et du coût des ouvrages, est de **9 554 797 633**FCFA toute taxe comprise.

Mots clés : Axe principal ; Dalot ; Trafic ; Profils ; Couches de chaussée

ABSTRACT

His report discusses the project on technical studies of the main section leading to the new international airport of Ouagadougou in the locality of Donsin remote of 23 km. This project is part of the studies for the construction of access roads to the new airport required by the State of Burkina Faso that would solve the problem of congestion and space in the city center of Ouagadougou. The study conducted here covers only 8.5 kilometers of road from KP 14 +500 m PK23+000.

The project objective is to design the road and crossings on the main axis, capable of ensuring user safety and comfort in driving. A site visit identified two major points of passage of water for the installation of a culvert and a bridge. To this end, the hydrological study led to the selection of culvert under four (04) holes for a total length of 17.8 m. The study of the bridge has not been addressed in this report. The analysis and calculation on data traffic all types of vehicles allowed to determine the cross section of the road which is type 2 x 2 channels with medians and shoulders of 1.5 m. The heavy vehicle traffic determined class T3 level. Technical studies from the topographic base with track software allowed, depending on speed reference to draw the different profiles: the longitudinal profile, cross sections and horizontal alignment.

The determination of the different thicknesses of floor follows the analysis of geotechnical data and the use of charts CEBTP. The surface layer is 5 cm asphalt concrete, the base layer has a thickness of 20cm and the foundation layer is 30cm in both lateritic gravel.

An environmental impact study was addressed to determine the feasibility of the project. The summative evaluation of the project cost, based on the preliminary surveying and cost of works is **9 554 797 633** FCFA all taxes included.

Keywords: Main axis ; Culvert ; Traffic ; Profiles ; Pavement layers.

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement ;
A.G.E.I.M	: Agence d'Etude d'Ingénierie et de Maitrise d'œuvre ;
ARP	: Aménagement des routes principales ;
BA	: Béton Armé ;
BAEL	: Béton Armé aux Etats Limites ;
BB	: Béton Bitumineux ;
BT	: Basse Tension ;
BV	: Bassin Versant ;
CBR	: Californian Bearing Ratio (Coefficient de Portance Californien) ;
CEBTP	: Centre Expérimental de recherche et d'étude du Bâtiment et des Travaux Publics ;
CPC	: Cahier des Prescriptions Communes ;
ELS	: Etat Limite de Service ;
ELU	: Etat Limite Ultime ;
G	: Charge permanente ;
HT	: Hors taxe ;
I_g	: Indice Global de pente (m/km) ;
K_{r10}	: Coefficient de Ruissellement Décennal (%) ;
LCPC	: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ;
LNBT	: Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics ;
MOAD	: Maîtrise d'Ouvrage de l'Aéroport de Donsin ;
MT	: Moyenne Tension ;
NE	: Nombre d'essieux ;
ONATEL	: Office Nationale des Télécommunication ;
ONEA	: Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement ;
OPM	: Optimum Proctor Modifié ;
P_{an}	: Pluie Annuelle Moyenne (mm) ;
PK	: Point Kilométrique ;
PL	: poids lourd ;
Q	: Charge d'exploitation ;
Q₁₀	: le débit de crue décennale (m ³ /s) ;
RN	: Route Nationale ;
SARL	: Société à Responsabilité Limitée ;

SBP	: Sodium Basse Pression ;
SCADD	: Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable ;
SETRA	: Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes ;
SONABEL	: Société Nationale d'électricité du Burkina Faso ;
Tb10	: Temps de Base ;
TN	: Terrain Naturel ;
TPC	: Terre-plein Central ;
TTC	: Tout Taxe Comprise ;
TVA	: Taxe à la Valeur Ajoutée ;
Uvp	: Unité de véhicule particulier ;
VP	: Véhicule particulier ;

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
Chapitre I : PRESENTATION DU PROJET	7
I.1 Contexte et justification du projet	7
I.2 Objectifs du projet	7
I.3 Méthodologie.....	8
I.4 Présentation de la zone du projet.....	9
I.5 Données physiques	11
I.5.1 Climat et végétation	11
I.5.2 Sols.....	11
Chapitre II : ETUDES TOPOGRAPHIQUE et GEOMETRIQUE	12
II.1 Etude topographique.....	12
II.2 Etude géométrique de la route	12
II.2.1 Norme technique d'aménagement routier	12
II.2.2 Type et catégorie de route	13
II.2.3 Géométrie du tracé en plan.....	13
II.2.4 Géométrie du profil en long	14
II.2.5 Profils en travers type.....	15
II.3 SECURITE ROUTIERE	17
II.3.1 Vitesse de référence	17
II.3.2 Vérification de la visibilité du profil en long	17
II.3.3 Vérification de la visibilité pour le tracé en plan	18
Chapitre III : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	20
III.1 Etude géotechnique.....	20
III.2 Etude du trafic	21
III.3 Dimensionnement de la structure de chaussée	23
Chapitre IV : ETUDES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	26
IV.1 Etude hydrologique.....	26
IV.1.1 Loi de Gumbel.....	27
IV.1.2 Détermination du débit de crue du projet.....	27
IV.2 Etude hydraulique.....	29
IV.2.1 Choix du type d'ouvrage	29

IV.2.2 Dimensionnement hydraulique de l'ouvrage.....	29
IV.3 DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DE L'OUVRAGE.....	32
IV.3.1 Pré dimensionnement dalot	32
IV.3.2 Dimensionnement structurel.....	33
a. Évaluation des charges permanentes	33
b. Calcul des surcharges	35
c. Charges du système B pour un ouvrage de 1 ^{ère} Classe.....	35
d. Vérification du tassement	37
IV.3.3 Calcul des sollicitations.....	37
Chapitre V : SIGNALISATION, ECLAIRAGE PUBLIC ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....	41
V.1 Signalisation	41
V.1.1 La signalisation horizontale	41
V.1.2 La signalisation verticale.....	42
V.1.3 La signalisation temporaire	43
V.2 L'éclairage public	43
V.3 Notice d'impact environnementale.....	44
V.3.1 Impacts négatif du projet.....	44
V.3.2 Impacts positifs du projet	45
V.3.3 les mesures spécifiques d'atténuation, de compensation et de bonification	45
Chapitre VI : ESTIMATION DU COÛT DES TRAVAUX	47
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	48
BIBLIOGRAPHIE	49
ANNEXES	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques du tracé en plan.....	13
Tableau 2: Caractéristique du profil en long.....	14
Tableau 3: Trafic moyen en équivalent uvp.....	15
Tableau 4: distance d'arrêt pour une vitesse de 100 Km/h.....	17
Tableau 5: distance d'arrêt pour une vitesse de 80 Km/h.....	18
Tableau 6: distance d'arrêt pour une vitesse de 100 km/h (tracé en plan).....	18
Tableau 7: distance d'arrêt pour une vitesse de 80 km/h.....	19
Tableau 8: Différentes classes de sol	21
Tableau 9: Trafic généré par l'aéroport de DONSIN à l'année de mise en service	21
Tableau 10: Equivalence des catégories de véhicules en essieux de 13 Tonnes.....	22
Tableau 11: Classe des trafics	23
Tableau 12: Choix des matériaux et épaisseur pour couche de chaussée	24
Tableau 13: Vérification par Alizé-Lcpc des structures pour couche de chaussée	25
Tableau 14: Caractéristiques du Bassin Versant	27
Tableau 15: Dimensionnement hydraulique du dalot	31
Tableau 16: Section des armatures du dalot.....	39
Tableau 17: Suite section des armatures du dalot	40
Tableau 18: Récapitulatif du coût des travaux	47
Tableau 19: Coefficients de frottement longitudinal des pneumatiques	56

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la Zone du projet	10
Figure 2: Domaine d'utilisation d'un profil en travers donnée en fonction des débits horaires et du TMJA	16
Figure 3: Bassin versant de la zone du projet.....	26
Figure 4: dimensions du dalot	32
Figure 5: Modélisation des charges permanentes	33
Figure 6: Représentation des charges de l'ouvrage à l'ELS.....	37
Figure 7: Caractéristiques des lignes directionnelles	42
- Figure 8: Visibilité suivant le profil en long	57
Figure 9: Distance de visibilité du tracé en plan	58
Figure 10: Disposition des camions types du système Bc	61
Figure 11: Disposition du système Bt	62
Figure 12: Disposition du système Br	62
Figure 13: Représentation des charges de l'ouvrage à l'ELS.....	63

INTRODUCTION

Les infrastructures de transport dans un pays sont un principal vecteur de communication et d'échange et très primordiales pour le développement économique. Elles jouent un rôle plus qu'essentiel dans l'intégration des activités économiques.

Il arrive parfois que les infrastructures construites se révèlent insuffisantes ou inadaptées du fait d'une augmentation rapide de l'urbanisation et de l'activité économique. C'est ainsi que pour parer à la saturation et à l'insuffisance de réseaux existants, naissent les projets d'études pour l'aménagement des infrastructures routières.

L'aéroport de la ville de OUAGADOUGOU au Burkina Faso de part sa position actuelle, en plein centre de la capitale empêche l'augmentation de ses capacités d'accueil et son contournement par les usagers voulant traverser la ville entraînant des bouchons et difficultés à circuler.

C'est dans cette optique que le gouvernement a entrepris le projet d'étude de déplacement de l'aéroport international vers le site de Tabtenga qui est une zone non habitée afin de demeurer compétitif et décongestionner la capitale. C'est dans ce cadre que sont menées les études pour la construction des voies de desserte du nouvel aéroport situé à une trentaine de kilomètre de la ville. Le projet d'étude intitulé **“ETUDE TECHNIQUE DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET BITUMAGE DE L'ACCES PRINCIPAL DU NOUVEL AEROPORT INTERNATIONAL DE OUAGADOUGOU A DONSSIN : DU PK 14 AU PK 22,7 EN CHAUSSEE DOUBLE REVETUE 2X2 VOIES AVEC TPC”** s'est effectué au sein du bureau d'études AGEIM-IC en charge des études de ces voies d'accès. Pour mener à bien les études de ce projet, il fut procéder à une reconnaissance du site et l'adoption de la démarche suivante :

- L'utilisation des normes d'aménagement des routes principales pour la conception géométrique de la route à l'aide d'un logiciel (le tracé, les profils en long et en travers courant, l'édition des cubatures, les tableaux des tracé, etc.) ;
- Les études géotechniques et trafic permettant de dimensionner la chaussée ;
- Les études hydrologique et hydraulique pour l'implantation des ouvrages d'assainissement ;
- L'étude de la sécurité routière ;

- L'étude de l'impact environnemental pour s'assurer que le projet est durable ;
- Pour terminer, nous avons proposé une évaluation financière pour le projet.
- Les plans détaillés des profils de la route et des ouvrages hydrauliques sont fournis en annexes.

Chapitre I : **PRESENTATION DU PROJET**

I.1 Contexte et justification du projet

Dans sa position géographique actuelle, l'aéroport de Ouagadougou est fortement enclavé et situé en plein centre ville. C'est une situation qui engendre des problèmes de sécurité et de sûreté. En outre le développement des collectivités riveraines a annihilé les possibilités d'extension des installations terminales, qui doivent être régulièrement adaptées à la croissance du trafic aérien. C'est dans cette optique que le gouvernement du Burkina Faso a entrepris le projet de déplacement de l'actuel aéroport de Ouagadougou vers le site de Tabtenga qui est une zone relativement non habitée situé à environ 30 km au nord de la ville de Ouagadougou. Ce projet permettra non seulement de résoudre les problèmes de sécurité et d'espace, mais aussi les problèmes de mobilités dans le centre ville de Ouagadougou. En effet, l'aéroport dans sa position actuelle scinde pratiquement la ville en deux, entraînant son contournement obligatoire par certaines grandes artères pour pouvoir desservir les quartiers périphériques à grande concentration de population du sud de la ville. Il a donc été entrepris au préalable le projet concernant les études techniques détaillées des travaux de constructions et de bitumage des voies d'accès et de desserte du nouvel aéroport dont l'axe principale qui fait l'objet de notre étude.

I.2 Objectifs du projet

La mise en œuvre de ce projet vise deux objectifs essentiels :

- Un objectif global qui vise à rendre compétitif l'aéroport au plan international contribuant ainsi à renforcer l'économie du Burkina Faso en facilitant les échanges au niveau national et international;
- Un objectif spécifique qui est de faciliter la mobilité des usagers en direction du nouvel aéroport tout en permettant de résoudre les difficultés de circulation et de sécurité routière dans le plein centre-ville de Ouagadougou ;
- L'objectif de cette étude consistera donc à définir toutes les caractéristiques de conception de la nouvelle route ainsi que les plans d'exécution des ouvrages. La démarche suivie a été présentée un peu plus haut en introduction.

I.3 Méthodologie

La méthodologie a consisté en la conception de la route à partir du fond topographique qui a été fourni et à traiter les données utiles pour l'étude du projet. Il y a eu recours en grande partie de l'outil informatique. En effet la conception de notre route a été réalisée avec le logiciel PISTE 5.05 et Autocad 2010 à partir du fond topographique situant l'emprise du projet. Mais avant le calage définitif du tracé, des études hydrologique et hydraulique ont été menés afin de déterminés les éventuels ouvrages d'assainissement à implanter sur le tronçon routier. L'utilisation de Microsoft Excel pour le complément de l'étude hydrologique et le logiciel CYPE 2012 pour le dimensionnement structurel des ouvrages de franchissement ont été un apport très utile pour l'étude. Le tracé et les profils de la route ainsi que le plan détaillé des ouvrages seront fourni en annexes. Il s'agit d'une voie principale en rase campagne, avec accès riverain ; la contrainte de relief est faible c'est-à-dire que le relief est peu accidenté. Pour la réalisation du projet afin d'atteindre les résultats escomptés c'est-à-dire assurer la liaison du nouvel aéroport international à la ville de Ouagadougou, il est nécessaire d'élaborer les documents suivants:

- le plan de situation de la zone du projet;
- le tracé en plan de la route;
- les profils en long de la route;
- les profils en travers courant et les profils en travers types;
- les plans détaillés de la signalisation ;
- l'avant métré sommaire des terrassements et l'estimation des quantités du projet.
- A la préparation des plans de détail des parties d'ouvrages au site;
- Des études géotechniques comprenant les études de reconnaissance des sols de plateforme, des sols de fondations des ouvrages éventuels (dalots et pont) et la recherche des matériaux d'emprunts pour couche de chaussée. Ces études ont déjà été effectuées par le LNBTP.
- L'élaboration des devis quantitatifs et estimatifs détaillés.

Après l'élaboration de l'ensemble des dessins, plans et pièces écrites nécessaires à la constitution du dossier, il sera procédé à la rédaction du rapport final présentant le projet.

I.4 Présentation de la zone du projet

Le projet couvre les régions du Plateau Central et du Centre du Burkina Faso et concerne les provinces du Kadiogo et de l'Ouhimbira. L'origine du projet est le croisement du prolongement du boulevard des Tansoba avec la RN3 à l'entrée de l'aéroport à Donsin (environ 23 km de route) en chaussée double séparée, revêtue avec TPC. Notre étude commence au PK14+000 à l'entrée de l'aéroport soit environ 8,5 km de long en rase campagne. La zone du projet est relativement non habitée, clairsemée d'arbustes, il a été identifié un passage d'eau au PK 14+680 où sera implanté un ouvrage d'assainissement et d'une zone de bas-fond où se pratique la culture du maraicher. Cette zone de bas-fond se situe au PK 19+325 et constitue le lit d'un cours d'eau ; il y sera construit un pont pour le passage de la route. Il faut préciser que l'axe de la route longe une voie ferrée. Brièvement décrite ci-dessous, le tracé présentant l'étude dans la zone du projet obtenu à partir d'une image de Google Earth.

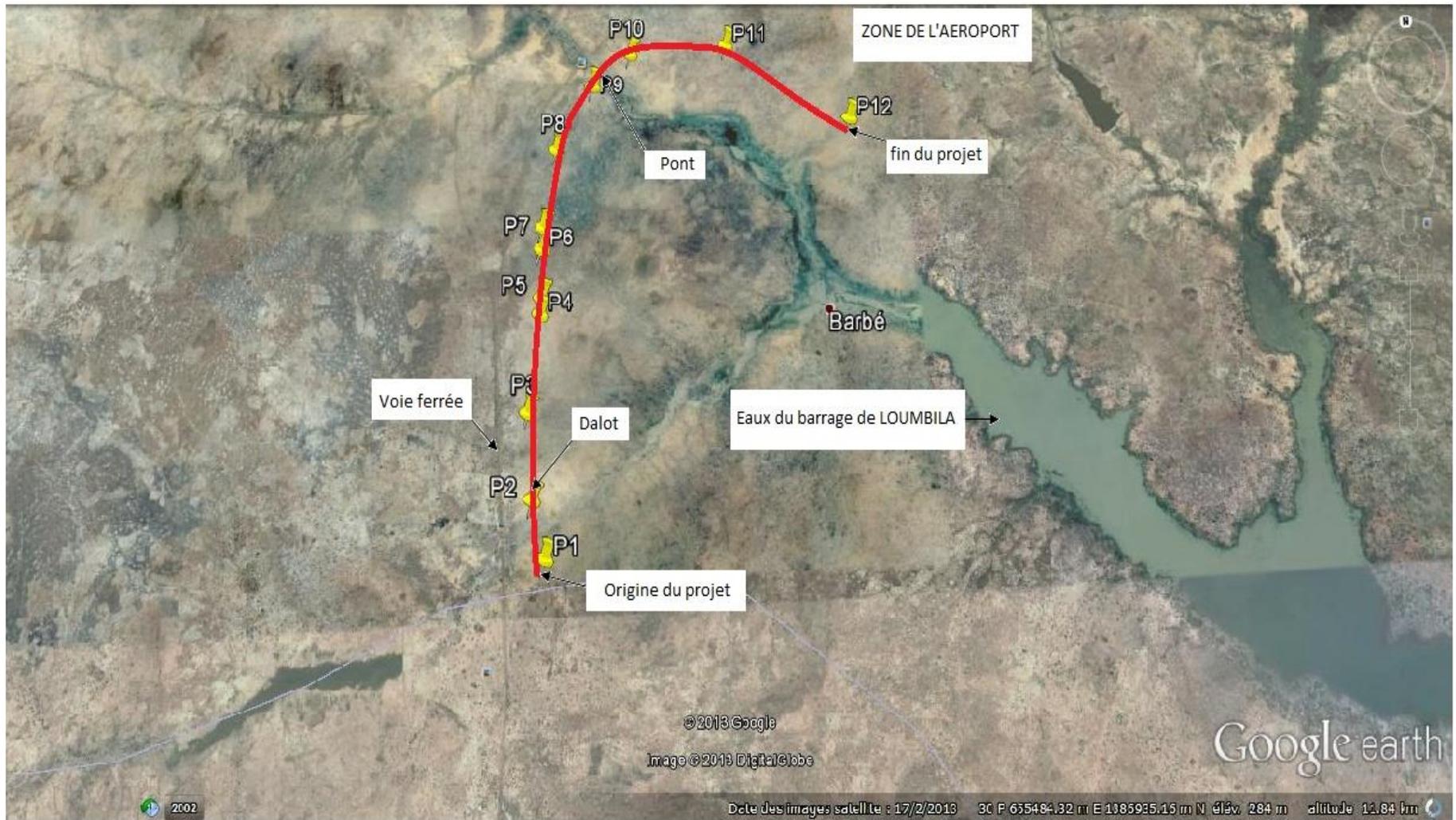


Figure 1: Localisation de la Zone du projet

I.5 Données physiques

I.5.1 Climat et végétation

Les provinces du Kadiogo et d'Oubritenga connaissent un climat du type subtropical avec une saison sèche et une saison pluvieuse de courte durée. Les pluies sont mal réparties dans l'espace et dans le temps. Les températures varient entre 27 et 40 degrés, les plus élevées s'observent de mars à mai, les plus basses de décembre à janvier.

La végétation que l'on rencontre dans cette zone est composée de savanes arbustives et arborées composées d'arbres de taille moyenne et de graminées. Le couvert végétal diminue sous l'effet combiné de la pression démographique et du mode d'exploitation des ligneux. La présence du cours d'eau au niveau de la zone de bas-fond favorise la culture de laitues et de légumes constituant ainsi une zone d'activités économiques pour certains riverains.

I.5.2 Sols

Il a été identifié des sols à majorité latéritique et argilo-latéritiques sur toute l'étendue de la zone du projet. Les informations plus détaillées sont fournies dans de l'étude géotechnique.

Chapitre II : ETUDES

TOPOGRAPHIQUE

et

GEOMETRIQUE

II.1 Etude topographique

Les données topographiques ont été mises à disposition sous forme de semi de points en fichier DWG, qui permettront d'effectuer la conception géométrique de la route à l'aide du logiciel **Piste**. La zone du projet présente à certains endroits des ravinements et des points bas à cause des cours d'eaux qui la traversent notamment. Le terrain est peu accidenté ne présentant pas de grandes dénivellations. Les emprises ont été définies le long de la zone grâce à l'implantation de piquets de fer cimentés et des bornes de déport marqué par des écritures sur certains troncs d'arbres. Le levé général matérialise le paysage et comprend tous les détails rencontrés sur le site et dans son voisinage immédiat, il s'agit notamment:

- L'indication d'agglomérations traversées ;
- Des arbres ;
- Les supports des antennes relais ;
- Des passages d'eau ;
- Du bas-fond et des vergers ;

II.2 Etude géométrique de la route

Il sera procédé à la conception du tracé de notre route et à la détermination de ses caractéristiques géométriques : tracé en plan, profil en long et l'application des profils en travers types.

II.2.1 Norme technique d'aménagement routier

Le tracé de l'accès principal pour la desserte du nouvel aéroport s'est fait suivant les normes de l'ARP-Guide technique (Août 1994) – SETRA, document définissant les caractéristiques de ce type de route. La route doit permettre aux usagers de rejoindre l'aéroport et la ville de Ouagadougou en toute sécurité ; elle a ainsi une fonction de liaison à courte ou moyenne distance et prend en compte les usages liés à l'environnement. Etant une route nouvellement construite, il lui sera attribué un caractère multifonction.

II.2.2 Type et catégorie de route

En tenant compte de son caractère multifonction, la catégorie de route adaptée pour ce projet est le type **R80** avec TPC. Les caractéristiques de la catégorie inférieure à R80 sont systématiquement retenues lorsque le relief est vallonné ou au niveau des traversées de villages ou à l'approche des intersections et carrefours.

II.2.3 Géométrie du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué de 4970,685 m d'alignement droit sur 8366,035 m représentant la longueur de l'axe. Ces alignements droits sont au nombre de six reliés par des liaisons courbes (cinq au total) avec des rayons variant de 900 à 2000 m ; il y a deux clothoïdes de 133 m permettant de relier progressivement l'alignement droit et la partie courbe de rayon 900 m. Il y a ainsi 59,4% d'alignement droit sur tout le tracé. Les détails sont fournis en annexe.

Le tracé en plan de la route projetée permettant d'assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort et devra présenter les caractéristiques suivantes :

Tableau 1: Caractéristiques du tracé en plan

Type de route	R (Multifonction) Route à deux chaussées	
	R80	Dévers associé
Catégorie de route		
Rayon minimal R_m	425	7%
Rayon au dévers minimal R_{dm}	900	2,5%
Rayon non déversé R_{nd}	1300	2,5%

Source : Aménagement des routes principale – SETRA.

Le tracé devra assurer le confort, la bonne visibilité, la stabilité des véhicules au niveau des virages.

Les recommandations suivantes ont été respectées pour l'étude du tracé en plan afin d'assurer le confort et la sécurité des personnes :

- Eviter au maximum les expropriations ;
- Eviter les zones fortement accidentées,
- Eviter la succession de grandes courbes ;
- Recourir de préférence à des alignements droits présentant au moins 50% de l'itinéraire ;

- Eviter après des alignements droit de plus d'un kilomètre des courbes de rayon inférieur à 500 m ;
- Dans les zones où le rayon de raccordement entre deux alignements droit est inférieur au rayon non déversé, appliquer un raccordement progressif appelé clothoïde afin d'avoir la route avec un profil déversé d'un seul côté de pente -2,5%

$$\text{Longueur de la clothoïde (routes 2x2 voies) : } L = \inf[12R^{0.4}; 133]$$

- Exclure les courbes en ove, en C et à sommet.

Dans l'étude, le tracé en plan est imposé d'office par les limites de l'emprise déjà fixée sur le terrain. Au niveau des ouvrages de franchissement, la traversée se fera en alignement droit afin d'assurer une bonne visibilité et une bonne fonctionnalité.

II.2.4 Géométrie du profil en long

Le profil en long est une coupe longitudinale de la chaussée à son axe et projetée dans le plan vertical composé d'une succession d'éléments rectilignes (en pente et en rampe) reliés par des paraboles et qui présente les caractéristiques suivantes :

Tableau 2: Caractéristique du profil en long

Type de route	R (Multifonction)
Catégorie de route	R80
Déclivité maximale	6 %
Rayon en angle saillant	6 000 m
Rayon en angle rentrant	3 000 m

Source : Aménagement des routes principale – SETRA.

Le profil en long définit également les altitudes du projet pour chaque profil en travers. Il a été adopté en considérant les facteurs suivants :

- Donner à la route des mesures de sécurité tout en faisant une économie de remblais et déblai
- Assurer une distance de visibilité minimale de l'ordre de 400 m pour une vitesse de 100Km/h. En effet le temps de perception réaction d'un conducteur apercevant un obstacle sur la chaussée est de l'ordre de 1,5 secondes ; le conducteur doit donc avoir une marge pour enclencher les freins et s'arrêter avant d'atteindre l'obstacle. Les 400 m correspondent ainsi à la distance minimale de sécurité à laquelle le conducteur perçoit la route à tout moment.

II.2.5 Profils en travers type

Le profil en travers type est une coupe transversale de la chaussée projetée permettant de définir les différents constituants de la chaussée ainsi que leurs dimensions. C'est après cette étape qu'il sera possible d'évaluer les travaux de terrassement et les quantités des couches de chaussée. La zone de projet se situe en hors agglomération, la chaussée ne nécessite donc pas de piste cyclable ; Pour déterminer le nombre de voie de la route, il a été effectué une étude de trafic tout type de véhicule comme suit :

Pour obtenir le trafic équivalent, procédons tout d'abord à la conversion du trafic global en uvp afin d'obtenir le trafic moyen journalier tous types de véhicules confondus. Les équivalents suivants sont ainsi admis:

- 1 uvp pour les VP, les taxis et les camionnettes ;
- 2 uvp pour les bus, autocars et les camions moyens ;
- 2 uvp pour les camions lourds et les ensembles articulés ;
- 0,5 uvp pour les deux roues motorisées.

Ce trafic permet de déterminer le nombre de voie qu'on attribuera à la route en calculant sa capacité d'écoulement en heure de pointe dans les deux sens de circulation et de retenir le maximum. On trouve ainsi en récapitulatif, les quantités suivantes :

Tableau 3: Trafic moyen en équivalent uvp

Type véhicule	VP+Taxis	Bus-Autocars	Camionnettes	Camions	Total
TRAFIC TOTAL/jr	2102	20	4	4	2130
Equivalents uvp	2102	40	4	8	2154

Le choix du nombre de voie s'est fait suivant les instructions décrites sur la figure suivante :

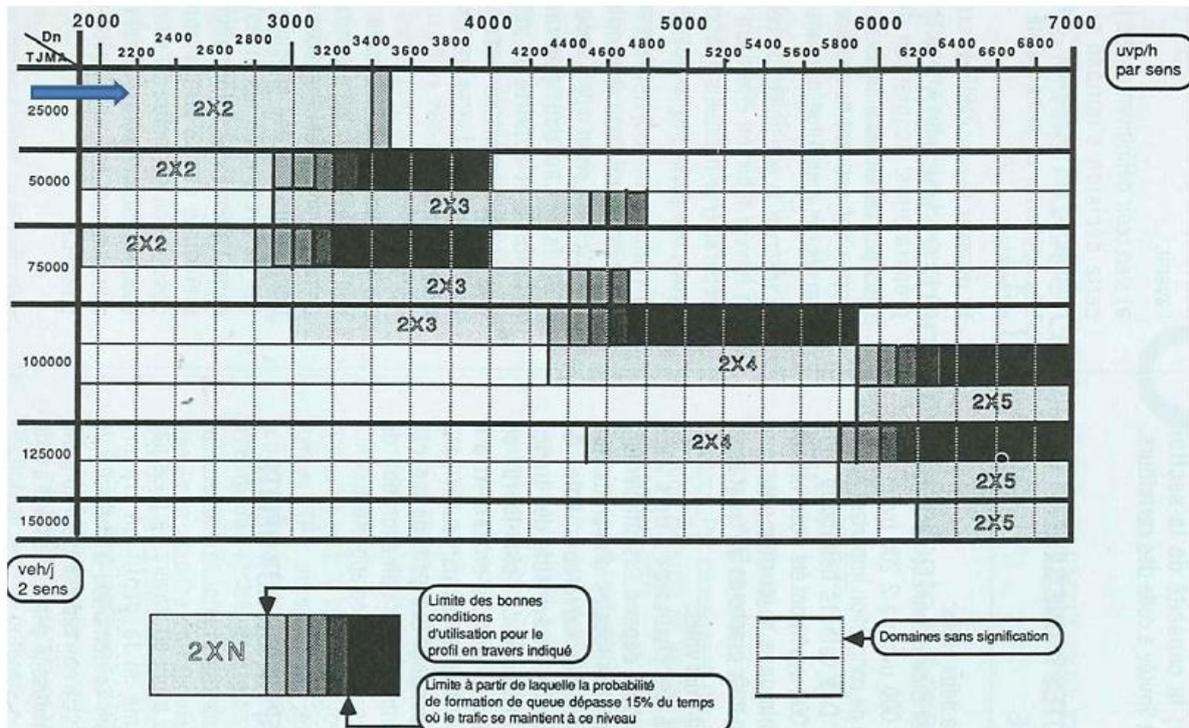


Figure 2: Domaine d'utilisation d'un profil en travers donnée en fonction des débits horaires et du TMJA

Source : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines.

Pour le projet, il a été retenu 2 voies par sens de circulation soit une route de 2 fois deux voies en tenant compte du TMJA.

La chaussée en béton bitumineux est large de 14 m comportant deux voies de largeur 7 m chacune séparée par un TPC constitué d'une bande médiale et de bande dérasée gauche. La pente transversale du revêtement est de 2,5%; les accotements en béton bitumineux de 1,5 m chacun ont une pente de 2,5%. Des fossés en terre de forme triangulaire seront aménagés au pied des talus de déblais et de remblais. Dans toutes courbes, une sur-largeur est introduite dans les virages. Cette sur-largeur vaut normalement, par voie de circulation, $50/R$ en mètres, R étant le rayon exprimé en mètres.

La plate-forme au droit des ouvrages hydrauliques devra présenter des sur-largeurs de 2 x 50 cm de plus que la section courante pour permettre de conserver le même profil en travers au droit des ouvrages hydrauliques compte tenu de l'implantation des balises pour l'indication des ouvrages hydrauliques de part et d'autre de la plate-forme.

Les détails des profils en travers type sont fournis en annexe.

II.3 SECURITE ROUTIERE

II.3.1 Vitesse de référence

La vitesse de référence adoptée dans l'étude pour la détermination des caractéristiques d'aménagement de la route est de 100 km/h.

Une vitesse de 80 km/h sera adoptée en rase campagne au niveau de la partie en courbe très accentuée (contraintes topographiques) pour éviter tout risque d'accident dû à la conception.

II.3.2 Vérification de la visibilité du profil en long

La vérification se fera en un point (au PK 5+520) où les contraintes du tracé impose un rayon en angle saillant de 5 000 m permettant de suivre au mieux le terrain naturel. Pour tous les autres points de raccordement, l'angle minimal requis a été respecté.

On calculera la visibilité sur obstacle. C'est la visibilité nécessaire au conducteur (hauteur 1 m, 2 m du bord de la chaussée) pour percevoir et s'arrêter avant un obstacle fixe sur la chaussée. Généralement c'est la hauteur du feu arrière le plus favorable d'un véhicule arrêté sur la chaussée qui est prise en compte (0,35 m pour le minimum réglementaire), mais cette hauteur peut être ramenée à 0,15 m pour des cas spécifiques tels que la présence de pierres sur la chaussée (zone de chute de pierres) ou à 0 lorsque la signalisation horizontale joue un rôle prépondérant (.zone d'échange). Les détails des calculs sont joints en annexe et les résultats récapitulatif présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4: distance d'arrêt pour une vitesse de 100 Km/h

déclivité p	0,027	
vitesse	27,78	m/s
g	9,81	m ² /s
cfl	0,3	
df	144,06 m	
da	199,61 m	

On constate que la distance d'arrêt est supérieure à la distance de visibilité ; Il faut donc réduire la vitesse en ce point pour éviter le risque d'entrer en collision avec l'obstacle.

Pour une vitesse de 80 km/h nous avons le tableau suivant :

Tableau 5: distance d'arrêt pour une vitesse de 80 Km/h

déclivité p	0,027	
vitesse	22,22	m/s
g	9,81	m ² /s
cfl	0,3	
df	92,20 m	
da	136,64 m	

La distance d'arrêt est inférieure à la distance de visibilité pour une vitesse maximale de 80 Km/h (même pour les obstacles situés à 0,15 m de haut). Nous devons donc fixer une limitation de vitesse dans ces zones.

II.3.3 Vérification de la visibilité pour le tracé en plan

Le calcul de la visibilité du tracé en plan s'effectuera en un point où le rayon utilisé pour le raccordement est de 900 m (le plus petit rayon du tracé). L'œil du conducteur est réputé à une hauteur de 1 m et à 2 m du bord de la chaussée. La hauteur n'intervient pas ici. Comme pour le profil en long, le détail des calculs se trouve en annexe.

Tableau 6: distance d'arrêt pour une vitesse de 100 km/h (tracé en plan)

Rayon	900	m
vitesse	27,78	m/s
g	9,81	m ² /s
cfl	0,3	
df	131,09 m	
da	208,31 m	

$d_a > d = 158,75 \text{ m}$: La distance d'arrêt est supérieure à la visibilité, il y a donc risque d'accident. On doit donc réduire la vitesse.

Tableau 7: distance d'arrêt pour une vitesse de 80 km/h

distance d'arrêt tracé en plan		
Rayon	900	m
vitesse	22,22	m/s
g	9,81	m ² /s
cfl	0,3	
df	83,90 m	
da	149,32 m	

$d_a = 149,32 < d = 158,75 \text{ m}$: Le risque d'entrer en collision avec un obstacle peut donc être évité si on impose une vitesse maximale de 80 km/h à l'entrée des parties courbes où le rayon est de 900 m.

Chapitre III : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

III.1 Etude géotechnique

Les études géotechniques des différents tronçons des voies de desserte du nouvel aéroport international de Ouagadougou ont été réalisées par le Laboratoire Nationale du Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP) en référence au Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (réimpression avec mise à jour 1984) du CEBTP. La consistance de l'étude géotechnique a porté sur :

- La reconnaissance des sols support de chaussée par l'exécution de sondages (59 sondages dont 17 pour la voie principale) avec prélèvements d'échantillons remaniés,
- L'établissement de coupe géotechnique de chaque sondage ;
- La recherche et la reconnaissance des matériaux de viabilité pour corps de chaussée ;
- La réalisation des essais en laboratoire.

Les essais ont permis l'identification des sols (analyse granulométrique par tamisage et détermination des limites d'Atterberg) et la détermination des paramètres d'état et de comportement mécanique des sols (Proctor Modifié et CBR).

Les sondages géotechnique dans la zone d'étude a permis d'identifier en général 4 types de sol :

- Sol en argile jaunâtre peu graveleuse de l'origine du projet au PK 3+200 et au PK 19+200 ; on a un CBR moyen de 8 à 95% de OPM donc un sol de classe S2.
- Sol en grave argileuse latéritique du PK 3+200 au PK 8+000 ; on y trouve également de l'argile latéritique friable ; Le CBR moyen est de 31 à 95% de OPM donc un sol de classe S5 en se référant au tableau des différentes classes de sol ci-dessous en fin de paragraphe.
- Sol en argile latéritique graveleuse et du Limon sableux du PK 8+000 au PK 12+800 ; Les CBR moyens sont de 17 et 27 à 95% de l'OPM correspondant à un sol de classe S4.
- Du PK 14+400 au PK 20+800, on y trouve de l'argile jaunâtre peu graveleuse, de l'argile latéritique friable et du grave argileuse latéritique. Le CBR moyen est de 8 à 95% de l'OPM correspondant à un sol de classe S2.

Le tronçon soumis à l'étude allant du PK 14+500 à l'entrée de l'aéroport, le type de classe de sol retenu est S2 pour le choix de nos couches de chaussée suivant la classification définie ci-dessous.

Tableau 8: Différentes classes de sol

Indice Portant CBR	Classe de sol
CBR < 5	S1
$5 \leq \text{CBR} < 10$	S2
$10 \leq \text{CBR} < 15$	S3
$15 \leq \text{CBR} < 30$	S4
$\text{CBR} \geq 30$	S5

Source : Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux

III.2 Etude du trafic

L'étude du trafic se base sur les résultats obtenus dans le cadre du projet d'études de faisabilité économique des travaux de construction et de bitumage des voies de desserte du nouvel aéroport. L'étude de trafic généré par l'aéroport de Donsin en 2011 en termes de trafic moyen journalier annuel par catégorie de véhicule se présente comme suit:

Tableau 9: Trafic généré par l'aéroport de DON SIN à l'année de mise en service

Type véhicule	VP+Taxis	Bus-Autocars	Camionnettes	Camions	Total
TRAFIC TOTAL/jr	2102	20	4	4	2130

Source : Etude antérieure effectuée par AGEIM

La méthode utilisée est celle développée dans le « Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux » élaboré par CEBTP et LCPC pour le compte du Ministère Français des relations extérieures en 1985 et la vérification par la méthode ALIZE.

L'étude du trafic est une étape fondamentale pour le dimensionnement de la chaussée. Au passage d'un véhicule, la structure de la chaussée accuse une petite fatigue. De ce point de vue les poids lourds sont particulièrement agressifs; le passage d'un essieu de 13 Tonnes a autant d'effet sur la structure de la chaussée que 1000 véhicules de tourisme. La répétition des charges entraîne une fatigue générale de la chaussée qui entraîne à la longue des dégradations. Le trafic relevé a été scindé selon quatre catégories de véhicules. Chaque

catégorie de véhicule est alors convertie en essieux équivalents de 13 tonnes selon les chiffres mentionnés dans le tableau ci-après.

Tableau 10: Equivalence des catégories de véhicules en essieux de 13 Tonnes

Type de véhicules	Essieux équivalent	TMJA	Total
VP + Taxis	0,003	2102	6,306
Camionnettes	0,003	4	0,012
Bus ; Autocars	1,85	20	37
Camions	1,85	4	7,4
TOTAL			50,718

Source : Conception et dimensionnement des structures de chaussée (guide technique)

Pour le dimensionnement de la chaussée, nous retenons comme référence le trafic poids lourds dans un seul sens de la circulation avec une majoration de 60%.

Le trafic moyen journalier annuel PL de la 1^{ère} année de mise en service est donc :

$$N_0 = 50,718 + 60\% \times 50,718 \text{ PL} = 81 \text{ PL/j/sens}$$

Trafic cumulé de PL

Le trafic cumulé de poids lourds noté **TN** est donné, dans le cas d'une croissance géométrique du trafic, par la formule suivante

$$TN = N_0 * 365 * \frac{(1 + i)^n}{i}$$

Avec :

N_0 = trafic moyen journalier de véhicules poids lourds de l'année de mise en service

i = Taux d'accroissement moyen du trafic pris égal à 7%.

n = La durée de vie escomptée. Dans notre cas $n = 20$

$$AN: \quad TN = 81 \times 365 \times \frac{(1 + 0,07)^{20}}{0,07} = 1\,634\,389 \text{ PL}$$

Le trafic cumulé équivalent **NE** est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée. Cependant, le constat est que les poids lourds qui circuleront sur la chaussée pourraient avoir une charge plus ou moins supérieure à cette dernière, il faut donc appliquer un coefficient d'équivalence qui prendra en compte cet écart entre le poids standard

et la charge réelle de PL qui circulerait sur la chaussée: **c'est le coefficient d'agressivité A**. Il est considéré approximativement égal à 1,3 dans ce cas précis.

Le trafic réel équivalent de véhicules Poids Lourds sera :

$$NE = TN * A = 2\,124\,705,7 = 2,12 \cdot 10^6 PL$$

Suivant le guide pratique de dimensionnement des chaussées en pays tropicaux, nous avons 5 classes de trafic en nombre cumulé de poids lourds ainsi définies :

Tableau 11: Classe des trafics

Nombre de véhicules cumulés PL	Classe de trafic
$NE < 5 \cdot 10^5$	T1
$5 \cdot 10^5 < NE < 1,5 \cdot 10^6$	T2
$1,5 \cdot 10^6 < NE < 4 \cdot 10^6$	T3
$4 \cdot 10^6 < NE < 1 \cdot 10^7$	T4
$10^7 < NE < 2 \cdot 10^7$	T5

Source : CEBTP 1984

Le trafic retenu pour notre dimensionnement est donc le T_3 .

III.3 Dimensionnement de la structure de chaussée

Le dimensionnement de la structure de chaussée a pour objet de déterminer l'épaisseur des différentes couches constituant le corps de chaussée, pour le niveau de trafic attendu et le type de sol. Il tient compte, entre autres, de la nature et des caractéristiques des matériaux de viabilité disponibles dans la zone du projet.

En se référant au guide pratique de dimensionnement de chaussée pour les pays tropicaux sachant le Trafic de type T3 et la classe CBR S2, nous obtenons quatre variantes possibles pour nos couches de chaussée :

Tableau 12: Choix des matériaux et épaisseur pour couche de chaussée

Variante	Couche de roulement (R)	Couche de base (B)	Couche de fondation (F)
Variante A	5 cm de Béton Bitumineux	20 cm de Graveleux Latéritique Naturel	30 cm de Graveleux Latéritique Naturel
Variante B	5 cm de Béton Bitumineux	20 cm de Graveleux ou grave Naturelle améliorée au ciment	25 cm de Graveleux Latéritique Naturel ou Grave Naturelle O/D
Variante C	5 cm de Béton Bitumineux	20 cm de concassé o/d	30 cm de Graveleux Latéritique Naturel ou Grave Naturelle O/D ou tout-venant de concassage
Variante D	5 cm de Béton Bitumineux	45 cm de concassé o/d	

Source : Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux

Choix de la variante :

- Pour la variante A, l'étude géotechnique effectuée par le LNBTP indique la présence du graveleux latéritique situé dans des emprunts pas très éloigné de la zone du projet. Il faut noter en plus qu'on peut en trouver suffisamment cette partie du pays. Sa mise en œuvre est relativement simple à effectuer ;
- Concernant la variante B, la mise en œuvre de la couche de base nécessitant une amélioration au ciment rendrait le coût du projet plus élevé et une main d'œuvre plus qualifiée ;
- Les variantes C et D nécessitent du concassé o/d qui coûte relativement plus cher que le graveleux latéritique.

A titre comparatif, la variante A se révèle être le choix adéquat pour nos couches de chaussée. Reste à effectuer la vérification des contraintes admissibles sur la plate-forme.

Vérification avec ALIZE-LCPC :

Tableau 13: Vérification par Alizé-Lcpc des structures pour couche de chaussée

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. E:\alizer.dat, Charge de référence)

E:\alizer.dat variante 4 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdéf)	SigmaZ (MPa)
0,050	1300,0	0,350	0,000	-227,5	-0,158	-57,6	0,657
	collé		0,050	-167,3	-0,010	461,5	0,595
0,230	400,0	0,350	0,050	-167,3	0,083	1103,4	0,595
	collé		0,280	-164,1	-0,010	358,7	0,144
0,330	400,0	0,350	0,280	-164,1	-0,010	358,7	0,144
	collé		0,610	-207,7	-0,108	241,9	0,025
infini	50,0	0,350	0,610	-207,7	-0,002	516,2	0,025

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

1-EpsiZ= 535,4

effacer=dble click
Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

Après vérification de cette variante A par le Alizé, on retient finalement pour les couches de chaussée les épaisseurs suivantes :

- Couche de fondation : **33 cm** en Graveleux Latéritiques Nature ;
- Couche de base : **23 cm** en en Graveleux Latéritiques Naturel ;
- Couche de roulement : **5cm** en Béton Bitumineux BB.

Chapitre IV : ETUDES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

IV.1 Etude hydrologique

L'étude hydrologique va permettre d'examiner l'ensemble du bassin versant et de déterminer les différents débits. C'est à l'issue de cette étude qu'on pourra dimensionner les éventuels ouvrages d'assainissement.

On procède tout d'abord à la détermination des caractéristiques des bassins versants par l'identification et la localisation de tous les passages d'eau sur les plans d'implantation et l'exutoire sur la figure ci-dessous.

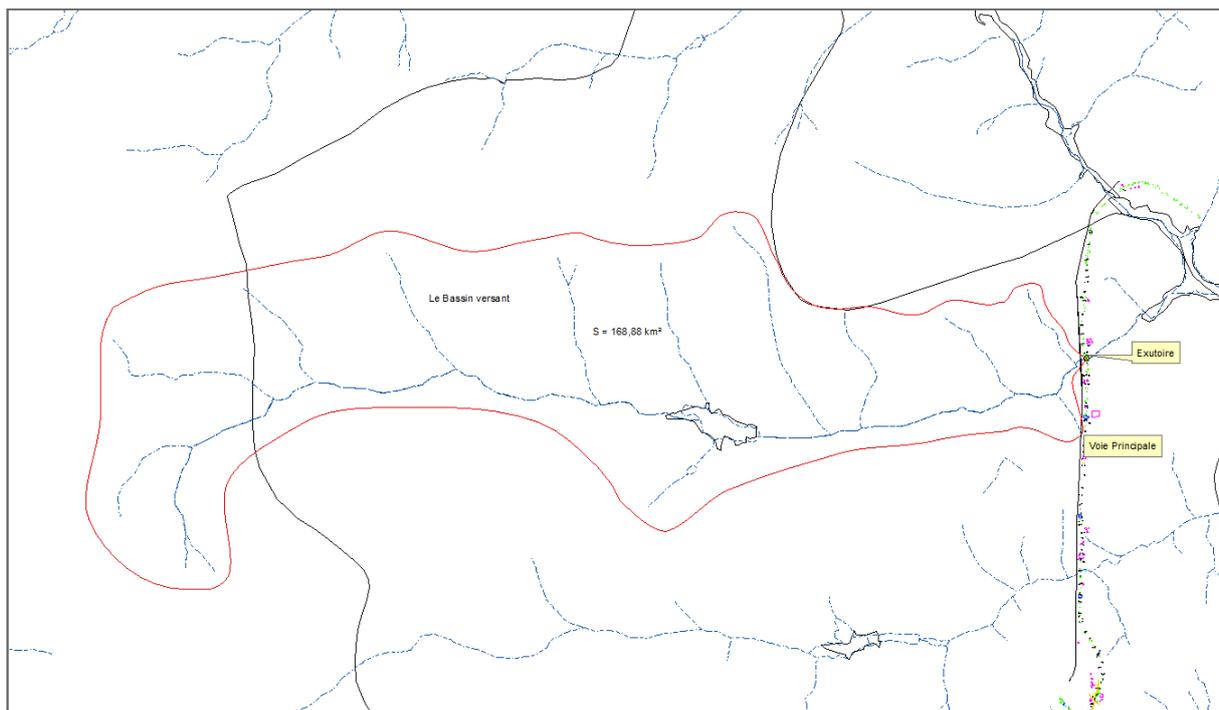


Figure 3: Bassin versant de la zone du projet

Le Bassin versant présente un réseau hydrographique en une forme allongée, bien hiérarchisé de type dendritique.

En récapitulatif les caractéristiques du bassin versant :

Tableau 14: Caractéristiques du Bassin Versant

Désignation	Symbole	Unité	Formules	Résultats
Superficie	S	Km ²	-	168
Périmètre	P	Km	-	77,96
Côte de l'exutoire	Z ₀	m	-	280
Côte du point le plus éloigné	Z	m	-	320
Pente (dénivelé entre l'exutoire et le point le plus éloigné du BV)	p	-	$\frac{\Delta H}{L}$	0,32
Indice de compacité	I _{comp}	-	$0,282 \times P \cdot S^{-1/2}$	1,7
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	$\frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$	34,05
Indice global de pente	I _g	m/Km	$\frac{D}{L}$	1,17
Indice global de pente corrigé	I _{gcor}		$[(n - 1) \cdot I_g + IT] / n$	1,68

- où :
- n = 2 pour L < 5 Km ;
 - n = 3 pour 5 Km < L < 25 Km ;
 - n = 4 pour 25 Km < L < 50 Km ;
 - n = 5 pour L > 50 Km.

A partir des données de la pluviométrie de la zone de l'aéroport qui ont été fournies, l'étude de la pluviométrie réalisée s'est basée sur la loi de Gumbel pour la détermination de la crue du projet.

IV.1.1 Loi de Gumbel

Il s'agit d'une analyse fréquentielle où les paramètres tels que la fréquence au non dépassement, la moyenne, l'écart type sont calculés afin de déterminer la pluie décennale et par la suite le débit de crue du projet (plus de détails en annexe).

IV.1.2 Détermination du débit de crue du projet

Cette partie consiste à déterminer le débit qui doit transiter par l'ouvrage de franchissement afin d'obtenir le niveau des plus hautes eaux (PHE) pour caler le niveau de l'ouvrage hydraulique situé au PK 14+680.

D'après la méthode ORSTOM, pour des bassins de superficie comprise entre 120 et 200 km², il est préférable de calculer le débit spécifique de crue décennale par une simple règle de trois.

On trouve un bassin de type R_2P_3 où :

R_2 : Pente faible, inférieures à 0,5% ($p = 0,32\%$).

P_3 : Bassins assez imperméables comportant des zones perméables d'étendue notable ou bassins homogènes assez peu perméables.

Ainsi pour ce type R_2P_3 de 200 km² comme bassin versant le débit est : $Q = 110 \text{ l/s.km}^2 = 0,110 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$

Pour ce bassin de 168 km², le débit décennal s' :

$$Q_{10} = \frac{0,110 \times 168}{200} \times 168$$

$$Q_{10} = 15,52 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le coefficient de ruissellement : $K_{r10} = 29\%$

- Pluviométrie annuelle : $P_{an} = 724,65 \text{ mm}$
- Le temps de base T_{b10} s'obtient à l'aide de la formule suivante :

$$T_{b10} = 250.S^{0,35} + 300$$

$$T_{b10} = 250 \times 168^{0,35} + 300 = 1802,44 \text{ min}$$

$$T_{b10} = 30 \text{ h}$$

Débit de crue centennal : Méthode du GRADEX

$$\text{On a: } Q_{100} = C \times Q_{10} \text{ avec } C = 1 + \frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} \times \frac{(T_b/24)^{0,12}}{K_{r10}}$$

$$\text{AN: } C = 1 + \frac{127,19 - 90,99}{90,99} \times \frac{(30/24)^{0,12}}{0,29} = 2,41$$

$$\text{d'où } Q_{100} = 2,41 \times 15,52 = 37,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

L'ouvrage sera dimensionné pour une période de retour de 100 ans. Le débit à évacuer est la somme des débits issus du bassin versant drainant le cours d'eau.

$$Q = 37,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

IV.2 Etude hydraulique

IV.2.1 Choix du type d'ouvrage

Au regard du débit qui est supérieur à $10\text{m}^3/\text{s}$ nous allons choisir un dalot pour notre projet.

Calculons la section minimale en adoptant une vitesse maximale dans l'ouvrage $V_{\max} = 3 \text{ m/s}$

$$Q = V_{\max} \times S_{\min} \Leftrightarrow S_{\min} = \frac{Q}{V_{\max}} = \frac{37,40}{3} = 12,47\text{m}^2$$

Choix d'un dalot à quatre (04) ouvertures.

Calculons les débits par ouverture :

$$q = \frac{Q}{4} = \frac{37,40}{4} = 9,35\text{m}^3/\text{s}$$

Calculons la section S_{\min} par ouverture

$$S_{\min} = \frac{9,35}{3} = 3,12\text{m}^2$$

Pour notre travail, fixons l'ouverture $b = 4\text{m}$; et la hauteur $h = 2\text{m}$.

IV.2.2 Dimensionnement hydraulique de l'ouvrage

Il s'agit de dimensionner un dalot en sortie libre avec mur en aile.

On tiendra compte d'une vitesse maximale de $V_{\max} = 3 \text{ m/s}$ par ouverture de l'ouvrage.

La méthode de calcul est tirée du document « **la route et l'hydraulique** »

- On calcule le débit réduit : $Q^* = Q / S_x(2xgxh)^{1/2}$
- De l'abaque des dalots rectangulaires à sortie libre avec mur en aile (courbe A) on détermine $H1/D$; Ce qui permet d'avoir $H1$ connaissant D .
- On détermine ensuite la pente critique :

$$Q^* = q / (g * b^5); \quad \text{De l'abaque nous tirons } I_c^* = I_c / (g / D^{1/3} * K_s^2) \rightarrow \\ I_c = 3.3 * g / D^{1/3} * K_s^2$$

- On en déduit ensuite la vitesse critique :

$$Q^* = q / (K_s * b^{2/3} * I^{1/2}); \quad \text{On lit à partir de } Q^* \text{ sur l'abaque de la figure 81 la vitesse } V^*; \\ \text{Avec la formule } V^* = 0.41 * V / (K_s * I^{1/2} * B^{2/3}) \text{ on détermine la vitesse } V: \\ V = 0.41 * (K_s * I^{1/2} * B^{2/3}).$$

La valeur de la vitesse obtenue doit vérifier la condition imposée au départ c'est-à-dire inférieur à 3 m/s ; sinon le processus est repris en fixant d'autres sections jusqu'à ce que la condition soit satisfaite. Pour la résolution du problème, un tableur Excel a permis d'automatiser les calculs (voir tableau ci-dessous).

Tableau 15: Dimensionnement hydraulique du dalot

CALCUL DES PETITS OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT			
METHODE GRAPHIQUE			
données			
débit total	QT	37,4	m ³ /s
nombre d'ouvertures	n	4	
débit par ouverture	q	9,35	m ³ /s
vitesse max à la sortie	V max	3	m/s
cote ligne rouge	H	282,93	m
hauteur du remblai	hr	0,6	m
rugosité matériau	ks	67	
pente de pose	l	0,02	
largeur chaussée	Lc	19	m
Pente des talus	Pt	1,5	
largeur des ouvertures	b	4	m
Accélération pesanteur	g	10	m ² /s
PREDIMENSIONNEMENT ET CALCULS			
section mini	S mini	3,12	m ²
Hauteur mini	H mini	0,78	m
choix hauteur ouvrage	D	2	m
longueur ouvrage	L	17,8	m
débit réduit	Q*	0,18	adimensionnelle
hauteur d'eau réduite avec entrée chanfreinée avec mur en aile de 30° (fig 77)	h*	0,52	adimensionnelle choix graphique
hauteur d'eau amont	h1	1,04	m
Cote ligne rouge		282,93	m
CALCUL DE Ic			
débit réduit	Q*	0,09	adimensionnelle
pente critique adimensionnelle de l'ouvrage (fig 82)	Ic*	2,65	choix graphique
pente critique de l'ouvrage	Ic	0,0047	
CALCUL DE V			
débit adimensionnelle	Q*	0,051	
vitesse adimensionnelle (fig 84)	V*	0,22	choix graphique
vitesse à l'aval	V	2,54	m/s
Si V < 3 projet compatible Si V > 3 projet incompatible			
NB Augmenter la section de l'ouvrage ou le nombre d'ouvrage SI PROJET INCOMPATIBLE			

On obtient ainsi un dalot de **4 X 4X 2** c'est-à-dire un dalot comportant **4** ouvertures de hauteur **2 m** et **4 m** par ouverture.

IV.3 DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DE L'OUVRAGE

IV.3.1 Pré dimensionnement dalot

- Épaisseur Traverse supérieure

$$e_{ts} \geq \frac{l}{32} + 0,125$$

$$l = 5 \text{ m donc } e_{ts} \geq \frac{4,10}{32} + 0,125 = 0,253 \text{ m}$$

$$\text{soit } e_{ts} = \mathbf{30 \text{ cm}}$$

- Épaisseur piédroits

L = 5 m (ouverture biaise) donc d'après l'abaque on aura $e_{pd} = \mathbf{30 \text{ cm}}$ avec $E_{sol} = 55 \text{ MPa}$.
(Argile normalement consolidé).

- Épaisseur Traverse inférieure

On l'a prendra égale à l'épaisseur des piédroits

$$e_{ti} = \mathbf{30 \text{ cm}}$$

L'ouvrage est sous remblai:

On majore chaque épaisseur selon la formule approximative suivante :

$$e_i = e_{i0} \sqrt{1 + \frac{H \cdot d^2}{2000 \cdot e_{i0}^2}} \text{ avec: } \begin{cases} H = \text{hauteur de remblai (m)} \\ d = \text{ouverture de l'ouvrage (m)} \end{cases}$$

$$AN: e_i = 0,30 \sqrt{1 + \frac{0,6 \times 2^2}{2000 \times 0,30^2}} = 0,31 \text{ m}$$

On retiendra ainsi pour les épaisseurs de la traverse et des piédroits $\mathbf{35 \text{ cm}}$

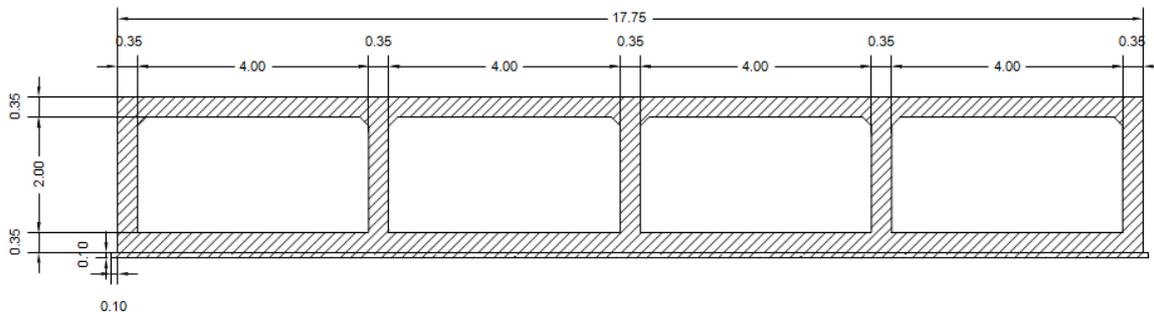


Figure 4: dimensions du dalot

IV.3.2 Dimensionnement structurel

Hypothèses de calcul :

- Le calcul du béton armé sera conduit suivant les règles du BAEL 91 révisées 99 ;
- Les surcharges routières prises en compte dans les calculs sont issues du Fascicules N°61 (conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art) Titre II (programmes de charges et épreuves des ponts-routes) ;
- Le calcul des fondations sera mené suivant le fascicule N°62 Titre V.

Matériaux

- Résistance caractéristique du béton :
En compression : $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$;
En Traction : $f_{t28} = 2,10 \text{ Mpa}$.
- Acier haute adhérence (HA), classe fe E500 (Nuance fe = 500Mpa) ;
- $\gamma_b = 1,5$;
- $\gamma_s = 1,15$.

Sol de fondation

- Densité des terres : $\gamma_{terre} = 20 \text{ kN/m}^3$;
- Coefficient de poussée : $k_a = \cot \alpha = 0,33$;
- Surcharge de remblai : $q_{remblai} = 10 \text{ kN/m}^2$; $H_{remblai} = 0,6 \text{ m}$;
- Contrainte admissible du sol $\sigma_{sol} = 0,15 \text{ MPa}$.

Le dimensionnement sera mené suivant la fissuration préjudiciable.

a. Évaluation des charges permanentes

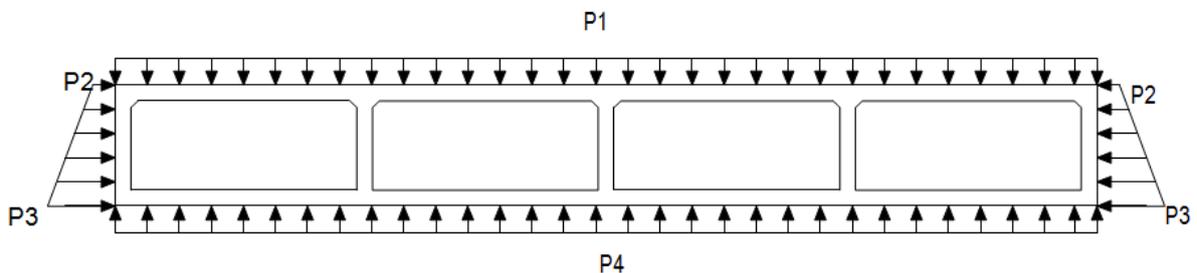


Figure 5: Modélisation des charges permanentes

Il y a la présence de Garde-corps de poids linéaire : 1,5 kN/ml

❖ Traverse supérieure

Sur la traverse supérieure, nous avons le remblai de 0,6 m de hauteur, le revêtement BB et le poids propre de la traverse.

- Revêtement BB

$$P_{BB} = 1,68 \text{ kN/m}^2$$

- Poids de la traverse

$$P_{ts} = 8,75 \text{ kN/m}^2$$

- Poids du remblai au dessus de la traverse :

$$P_{remb} = 12 \text{ kN/m}^2$$

Total de la charge permanente sur la traverse supérieure :

$$P_1 = P_{BB} + P_{remb} + P_{ts} + P_{garde-corps}$$

$$P_1 = 23,93 \text{ kN/m}^2$$

❖ Piédroits

- Poussée des terres

$$P_3 = 0,33 \times 20 \times (0,6 + 0,35 + 2 + 0,35) = 21,78 \text{ kN/m}^2$$

❖ Traverse inférieure

C'est la charge qui arrive sur toute la surface du radier soit la charge permanente des piédroits et de la dalle de couverture (traverse supérieure).

$$P_4 = P_1 + P_{pd}$$

Poids propre du piédroit $P_{pd} = 35 \text{ kN/m}^2$

- Poids propre de la traverse inférieure

$$P_{tinf} = \gamma_b \times e_{tinf}$$

$$P_{tinf} = 20 \times 0,35 = 7 \text{ kN/m}^2$$

❖ charge permanente du radier

$$P_4 = P_1 + P_{pd} + P_{tinf} = 65,93 \text{ kN/m}^2$$

b. Calcul des surcharges

❖ Surcharge A(l)

Elle ne s'applique entièrement qu'aux ouvrages de première classe supportant une ou deux voies de 3,5 m.

Classe du pont:

La largeur roulable $l_r = 14\text{ m} > 7\text{ m} \rightarrow$ donc on a un pont de **1^{ère} classe**.

La largeur chargeable sera: $l_c = l_r - 2 \times 0,5 = 14 - 2 \times 0,5$

d'où: $l_c = 13\text{ m}$

$$A(l) = 230 + \frac{36000}{l + 12} = 230 + \frac{36000}{13 + 12}$$

$$A(l) = 1670\text{ daN/m}^2$$

$$A_1(l) = \max \left[\begin{array}{l} 400 - 0,2l = 400 - 0,2 \times 13 = 397,4 \\ a_1 \times A(l) = 0,75 \times 1670 = 1252,5 \end{array} \right]$$

$$A_1(l) = 1252,5\text{ daN/m}^2$$

$$A_2(l) = 13,527\text{ kN/m}^2$$

c. Charges du système B pour un ouvrage de 1^{ère} Classe

❖ Sous-système B_c

b_c est le coefficient de dégressivité transversale et est fonction de la classe du pont et le nombre de voies chargées. Le pont de classe 1 comporte quatre voies d'où le coefficient $b_c = 0,8$.

Disposition : $\left\{ \begin{array}{l} \text{—Transversalement } \mathbf{4\ camions} \text{ peuvent être disposés} \\ \text{—Longitudinalement } \mathbf{1\ camion} \text{ disposé} \end{array} \right.$

Le cas de charge le plus défavorable s'obtient pour les essieux arrières dans une travée, soit au total $(12t+12t) \times 4$ et en prenant en compte la surface d'influence, la charge sera de :

$$Q_{Bc} = \frac{S_{Bc}}{t_x \times t_y} = \frac{768}{2 \times 10} = 38,4\text{ kN/m}^2$$

❖ Sous-système B_t

Disposition : $\begin{cases} -\text{Transversalement } \mathbf{2camions} \text{ sont disposés} \\ -\text{Longitudinalement } \mathbf{1camion} \text{ est disposé} \end{cases}$

Dalot (pont) de 1^{ière} classe donc le coefficient $b_t = 1$

$$S_{Bt} = b_t \cdot N_{véhicule} \cdot P_{trans}$$

$$S_{Bt} = \mathbf{640kN}$$

La surface d'influence = $t_x \times t_y$ où $t_x = 0,25 + 1,35 + 0,25 = 1,85 \text{ m}$ et $t_y = 0,60 + 2 + 1 + 2 + 0,60 = 6,2 \text{ m}$; on obtient :

$$Q_{Bt} = \frac{S_{Bt}}{t_x \times t_y} = \frac{640}{1,85 \times 6,2} = \mathbf{55,80 \text{ kN/m}^2}$$

❖ Sous-système B_r

Il est composé d'une roue isolé de 10 t

$$S_{Br} = \mathbf{100kN}$$

La surface d'influence = $t_x \times t_y$ où $t_x = 3,5 \text{ m}$ et $t_y = 17,75 \text{ m}$; On obtient:

$$Q_{Br} = \frac{S_{Br}}{t_x \times t_y} = \frac{100}{3,5 \times 17,8} = \mathbf{1,60 \text{ kN/m}^2}$$

On a $Q_{Br} < Q_{Bc} < Q_{Bt} \Rightarrow Q = Q_{Bt}$ la surcharge B_t est la plus prépondérante.

Calcul du coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times G}{S}} \quad \text{où } S = P_1 \text{ et } S = Q_{Bt}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 4,35} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times (25 \times 0,35 + 20 \times 0,6 + 1,5)}{55,80}} = \mathbf{1,58}$$

$$d'où \quad Q_{Bt} = 1,45 \times 55,8 = \mathbf{80,64 \text{ kN/m}^2}$$

$Q_A < Q_B \Rightarrow$ le système B_t sera retenu pour le dimensionnement

d. Vérification du tassement

L'hypothèse pour la contrainte admissible du sol est la suivant :

$$\sigma_{\text{sol}} = 0,15 \text{ Mpa}$$

Charge totale arrivant sur le sol :

$$P'_4 = P_4 + Q_{Bt} = 65,93 + 80,64 = 146,57 \text{ kN/m}^2 = 0,14657 \text{ Mpa}$$

$$P'_4 = 0,14657 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{sol}} = 0,15 \text{ Mpa}$$

Le sol supporte donc la charge plus les surcharges transmises par l'ouvrage.

IV.3.3 Calcul des sollicitations

A l'ELS.

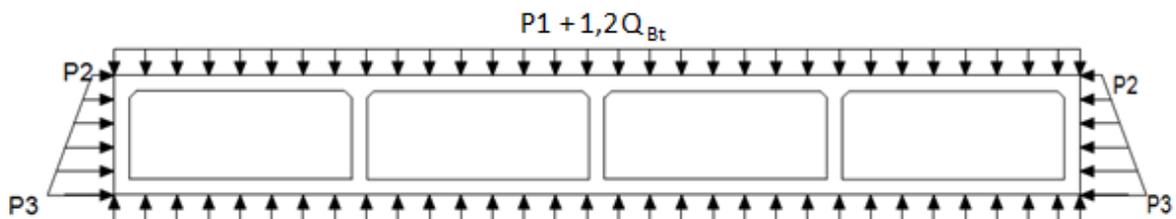


Figure 6: Représentation des charges de l'ouvrage à l'ELS

Nous utiliserons la méthode des trois moments pour la détermination des moments sur appuis:

$$L_i M_{i-1} + 2 \times (L_i + L_{i+1}) \times M_i + L_{i+1} M_{i+1} = -6 \times \left(\frac{w_i \times a_i}{L_i} + \frac{w_{i+1} \times b_{i+1}}{L_{i+1}} \right)$$

Les formules à l'ELS :

- La combinaison de charge est la suivante :

$$P = G + 1,2Q = P_1 + 1,2Q_{Bt}$$

$$AN: P = 23,93 + 1,2 \times 80,64 = 120,7 \text{ kN/m}^2$$

- Le moment réduit $\mu = \frac{M_s}{b \times d^2 \times \sigma_s}$

- Calcul de la section d'acier $A_s = \frac{M_s}{b \times d \times \sigma_s}$

- Paramètre de déformation: $\alpha = 1 + 2\sqrt{\lambda} \times \cos \left(4 \times \frac{\pi}{3} + \frac{\varphi}{3} \right)$

$$\text{où } \lambda = 1 + 30 \times \mu \text{ et } \boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\arccos}(\lambda^{-3/2})$$

- La condition de non fragilité : $A_{\min} = 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$

Les résultats du calcul des armatures sont résumés dans le tableau ci-dessous et les détails des calculs en annexe.

Tableau 16: Section des armatures du dalot

	TABLIER			FONDATION			PIEDROITS DE RIVE		
	Aux angles		A mis-travée	Aux angles		A mis-travée	Face interne		Face externe
Réactions d'Appui (kN)	62,70			62,70			62,70		
Moment Mu (kN.m)	152,18		76,09	181,30		90,65	163,14		148,97
Section Au (cm²)	11,58		5,62	13,97		6,73	1,30		1,01
Moment Ms (kN.m)	113,72		56,86	135,29		67,65			
Section As (cm²)	11,29		5,48	13,59		6,55			
Section min Amin (cm²)	3,0912			3,0912			8,4		
Armature en partie inférieure et supérieure	principales	10HA14	15,39 cm ²	principales	7HA16+3HA10	16,43 cm ²	principales	7HA14	10,78 cm ²
	de répartition	5HA10	3,93 cm ²	de répartition	5HA10	3,93 cm ²	de répartition	5HA10	3,93 cm ²
	principales	7HA14+7HA16	24,85 cm ²	principales	14HA14+7HA16	35,63 cm ²	principales	7HA14	10,78 cm ²
	de répartition	5HA10	3,93 cm ²	de répartition	5HA10	3,93 cm ²	de répartition	5HA10	3,93 cm ²

Tableau 17: Suite section des armatures du dalot

	PIEDROITS INTERMEDIAIRES				OUVRAGE DE TETE								
					Mur en aile		Radier						
Effort normal (kN)	305,84				123,50								
Moment Mu (kN.m)	148,97				37,13		573,25						
Section Au (cm²)	1,30				2,29		0,00						
Section min Amin (cm²)	8,4				8,4		3,0912						
Armature en partie inférieure et supérieure	principales	7HA14	10,78	cm ²	principales	7HA14	10,78	cm ²	principales	5HA10	3,93	cm ²	
	de répartition	5HA10	3,93	cm ²	de répartition	7HA8	3,52	cm ²	de répartition	5HA8	2,51	cm ²	

Chapitre V : SIGNALISATION, ECLAIRAGE PUBLIC ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL

V.1 Signalisation

Les signalisations routières réduisent les causes d'accident et facilitent la circulation. On distingue deux types de signalisation : la signalisation verticale constituée essentiellement des panneaux et la signalisation horizontale représentée par des marquages peints sur la chaussée.

V.1.1 La signalisation horizontale

Les marquages au sol sont représentés par différents types de lignes qui sont soit continus, soit discontinus et par des flèches directionnelles et d'autres types qui ne seront pas abordés dans ce rapport. Il faut noter que la largeur des lignes est définie à une largeur unité « u » différentes selon le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour « u » : **u = 6 cm** importantes telles que les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne donc applicable à ce projet. Cette valeur doit être homogène sur tout un itinéraire. Pour le choix des modulations et largeurs des lignes, ils seront définies par type de ligne comme suit:

- **La ligne de rive simple ou ligne de type T2 :**

C'est une ligne qui comprend des traits pleins et des intervalles; elle est située à droite et sépare la chaussée de l'accotement. La longueur du trait plein notée L est de 3m et l'intervalle entre deux traits noté I est de 3,5 m. La largeur de la ligne est de 3u soit 18 cm.

- **La ligne discontinue ou ligne de type T1 :**

C'est une ligne qui comprend des traits pleins et des intervalles ; elle est située dans la partie centrale (ligne axiale) et sépare la chaussée en voies. La longueur de la ligne notée L est de 3 m et l'intervalle noté I est de 10 m. Sa largeur est de 2u soit 12 cm

- **La ligne d'avertissement :**

C'est une ligne faite aussi de traits pleins et d'intervalles ; la longueur de la ligne L est de 3 m et l'intervalle I est de 1,33 m. C'est une ligne qui a un caractère dissuasif. On la retrouve dans la partie

centrale. Dans ce projet il y a une zone centrale de séparation des sens de circulation représentée physiquement par le TPC. On ne retrouvera donc pas la ligne d'avertissement sur cet itinéraire.

- **La ligne continue.**

C'est une ligne qu'on retrouve dans la partie centrale au niveau des endroits dangereux comme les virages et les sommets de côtes pour interdire tout dépassement et à gauche de la chaussée permettant de distinguer la voie de circulation. Les lignes de délimitation du TPC sont continues de type de T2 de largeur 3u soit 18 cm.

- **La flèche directionnelle**

C'est une flèche indiquant la voie à suivre qui se trouve dans la partie centrale de chaque voie de circulation dont les caractéristiques sont décrites sur la figure ci-dessous :

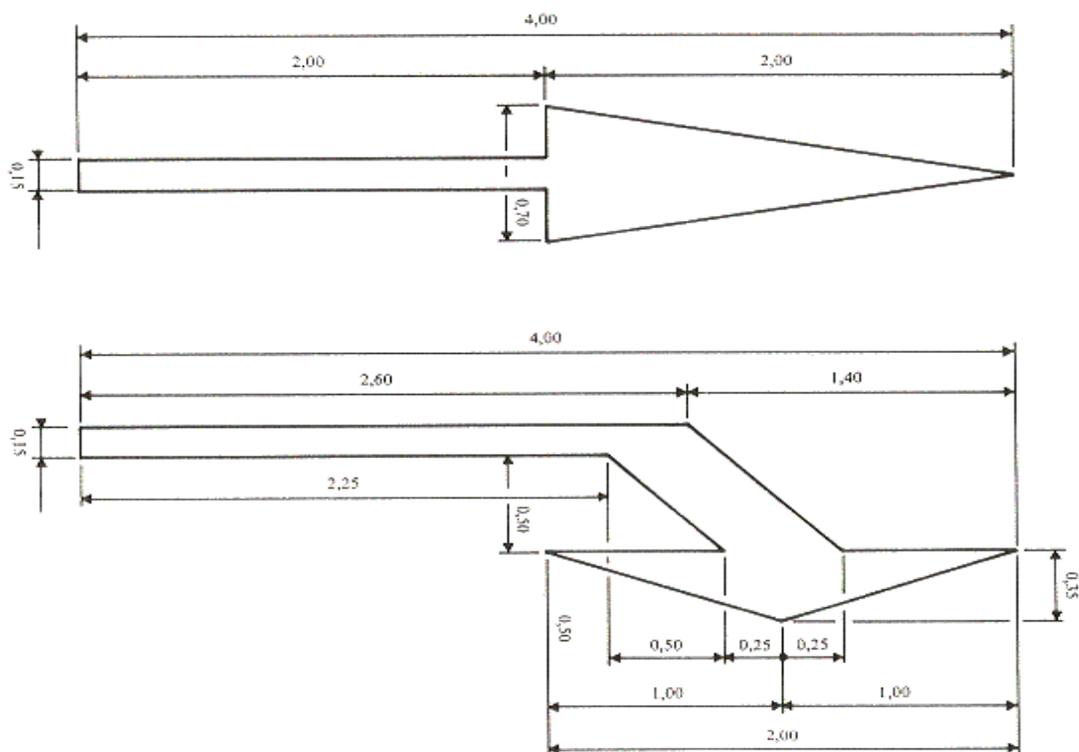


Figure 7: Caractéristiques des lignes directionnelles

V.1.2 La signalisation verticale

Ils sont implantés en des points remarquables du tronçon et ont pour but de renseigner les usagers afin d'assurer leur sécurité et celle des riverains.

Cinq (05) types de panneaux seront utilisés pour la signalisation verticale. Il s'agit de :

- Panneaux de type A : pour la signalisation des ouvrages hydrauliques, des virages dangereux;
- Panneau de type D : pour la signalisation de direction ;
- Panneau de type C : pour les diverses indications ;
- Panneau de type EB : la localisation des agglomérations ;
- Panneau de type AB4: pour l'arrêt obligatoire (Stop) au niveau des amorces.

L'implantation requiert un certain nombre de dispositions pour :

- Les panneaux de prescription : Ils doivent être implantés au voisinage immédiat de l'endroit où s'applique la prescription, notamment les panneaux d'obligation qui limiteront la vitesse à 80 km/h aux endroits de visibilité insuffisante. En effet pour permettre aux usagers de réduire progressivement leur vitesse avant d'entrer dans la zone dangereuse, un premier panneau devra être implanté à environ 200 m du point d'entrée. Le second panneau pourra être implanté à titre de rappel dans la zone dangereuse.

V.1.3 La signalisation temporaire

La signalisation temporaire est mise en place pendant la durée d'exécution des travaux. Elle a pour but d'avertir et de guider l'utilisateur, afin d'assurer sa sécurité et celle du personnel et de favoriser la fluidité de la circulation. Ces panneaux de signalisation temporaire sont généralement à fond jaunes.

V.2 L'éclairage public

L'éclairage de la route est primordiale, la circulation de nuit n'est pas négligeable car étant une voie desservant l'aéroport où plusieurs atterrissages de nuit sont possibles. L'éclairage public fait partie intégrante de la sécurité routière. Il permet d'avoir une bonne visibilité principalement de nuit ou par temps obscur.

Les travaux à réaliser pour l'éclairage comprennent essentiellement les tâches suivantes :

- La réalisation des mini-réseaux MT,
- La pose et le raccordement des postes de transformateurs MT/BT au réseau de distribution SONABEL ;
- La pose des candélabres et des luminaires;

Le type d'implantation des candélabres est du type double crosse implantés suivant l'axe du terre plein centrale. La hauteur des candélabres est de 12 m et espacés de 40 m. Pour l'étude du projet, le

choix s'est porté sur le luminaire pour lampe ballon et SBP car il a une durée de vie de 8000 h et pour 4h/allumage, il peut atteindre les 12000 h.

La section des conducteurs actifs est déterminée en fonction des intensités admissibles, des chutes de tension et des protections amont. Il est admis entre le tableau de distribution et les foyers lumineux, une chute de tension n'excédant pas 4.8%.

Chaque circuit doit être mise en marche automatiquement dès qu'il y a assombrissement du temps (de nuit comme par mauvais temps) et mis hors tension à l'apparition des rayons lumineux solaires (c'est le fonctionnement par photorésistance).

V.3 Notice d'impact environnementale

Cette étude a été conduite conformément aux lois, conventions, règlements et politiques en vigueur au Burkina Faso, en matière d'environnement et d'aménagement du territoire, notamment le code de l'environnement et ses décrets d'applications, dont le décret n°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 qui fait obligation à tout promoteur de réaliser une étude ou une notice d'impact environnemental pour tout projet susceptible d'avoir des impacts significatifs sur l'environnement.

L'étude tient compte également des politiques nationales en matière de bien être sociale, principalement défendu dans le CSLP, revue en Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable (SCADD) depuis février 2009. Les principales tâches à réaliser lors de ce projet de route sont les suivantes :

- Une plate-forme constituée d'une mise en forme du terrain naturel ;
- Une couche de fondation, une couche de base et le revêtement ; le tracé se rapprochant au terrain naturel au maximum ;
- La réalisation d'ouvrages d'assainissement (pont, dalots, fossés latéraux)
- La mise en place des panneaux d'indication et de signalisation routière ;

Ces réalisations seront accompagnées de travaux d'enrochement et d'opérations de purges pour les zones à faible portance constituant ainsi des impacts sur l'environnement immédiat.

V.3.1 Impacts négatif du projet

L'étude relève comme principaux impacts environnementaux du projet la destruction des ligneux implantés le long des emprises de la route, la perturbation temporaire des activités socio-économiques principalement la culture maraichère dans la zone du bas-fond, l'augmentation des

risques d'érosion du fait de la modification du terrain naturel et de pollution du sol au voisinage de la route, l'épuisement des ressources locales en eau pendant les phases de terrassement et compactage du sol et même l'arrosage de la route pour réduire la poussière, la destruction de quelques plantations privées mineures, etc.

Sur le plan sanitaire et sécuritaire, il faut retenir, entre autres, les risques d'accidents (circulation), l'accroissement des maladies respiratoires (poussières et gaz), l'accroissement des risques et gênes (nuisances sonores), de pollution des eaux souterraines et de surface (produits dangereux, huiles de vidange, hydrocarbures, etc.). Tout ceci pendant la phase d'exécution des travaux uniquement. Cependant les impacts positifs seront considérables.

V.3.2 Impacts positifs du projet

Ce sont notamment la facilité du transport assurant la liaison entre la ville et l'aéroport, la facilitation du franchissement des zones de bas fond et autres talwegs en toute sécurité, l'amélioration de l'accès aux agglomérations traversées par la route, l'interconnexion des villages traversés au réseau des routes praticables en toute saison (routes bitumées et en terre du réseau classé), la sécurité des usagers, la réduction du temps de parcours inter-localités, la création d'emplois locaux et la dynamisation des économies locales pendant et après les travaux tout autour de l'infrastructure routière. Ces impacts concernent aussi bien la phase des travaux que la phase d'exploitation de la route.

V.3.3 les mesures spécifiques d'atténuation, de compensation et de bonification

On entend par mesures d'atténuation l'ensemble des moyens envisagés pour éviter ou réduire les impacts négatifs du projet sur l'environnement. Elles sont réalisées en principe dans le cadre de l'élaboration du projet.

Et quant aux mesures de compensation, elles permettent de compenser les dommages causés à l'environnement par le projet et les pertes qui en résultent pour la collectivité. Elles concernent des impacts très précis sur un thème identifié. Bien que ces mesures n'agissent pas directement sur l'impact, ses effets sont équilibrés par les mesures compensatoires prises (dédommagements monétaires, création de milieux qui compenseront la perte d'autres, plantations d'arbres à valeurs équivalentes, etc.).

Ces mesures sont soit à la charge de l'entreprise, soit à la charge de tiers, si elles ne relèvent pas de la responsabilité de l'entrepreneur. Il devra les arrêter en concertation avec le Maître d'œuvre avant le début des travaux.

Des mesures d'accompagnement viseront à maintenir une bonne qualité environnementale du tronçon pendant la phase d'exploitation. Il s'agira de mesures de suivi environnemental qui sont imposées par la réglementation relative à la gestion environnementale des projets au Burkina Faso.

Afin de réduire les impacts négatifs du projet, en plus d'application rigoureuse des règles en matière de protection de l'environnement dans la mise en œuvre des chantiers de BTP, des mesures spécifiques d'atténuation, de compensation et de bonification identifiées entre autres, sont les suivantes :

- La conduite de campagnes d'information et de sensibilisation sur les risques, d'accidents, l'hygiène alimentaire, les maladies respiratoires, etc., au profit des riverains et du personnel de chantiers ;
- La réalisation de diguettes antiérosives, à l'aide de cordons pierreux sur les zones menacées d'érosion à proximité de la route ;
- La remise en état des sites d'emprunts, de base vie et de stockage de matériaux (garages d'engins, dépôts d'hydrocarbures et autres produits dangereux, etc.) ;
- Satisfaire aux conditions fixées par les autorités coutumières pour l'exploitation de certains sites, notamment pour les sacrifices et offrandes souhaités par le Chef de terre de la localité;
- L'arrosage au moins 2 fois par jour des pistes qui seront aménagées pour les besoins de déviations à proximité des habitations ;

Au terme de cette étude, il ressort que les activités d'aménagement de la route principale accédant à l'aéroport de DONSIN auront des impacts négatifs et positifs, d'importance différente sur le milieu physique, biologique et humain. Cependant si les mesures proposées sont appliquées il ne restera que très peu d'impacts résiduels. Par conséquent nous concluons que le projet du point de vue environnemental est réalisable.

Chapitre VI: ESTIMATION DU COÛT DES TRAVAUX

L'évaluation estimative est un document présentant les prix des ouvrages à réaliser, détaillés dans les devis descriptifs et quantitatifs qui est fourni en annexe 11 et le récapitulatif dans le tableau 17 ci-dessous. L'estimation du coût des travaux du projet s'élève à environ *Neuf milliards cinq cent cinquante-quatre millions sept cent quatre-vingt-dix-sept mille six cent trente-trois* francs CFA (*9 554 797 633*FCFA) soit X /km :

Tableau 18: Récapitulatif du coût des travaux

SECTIONS	RECAPITULATIF	MONTANT en FCFA
SECTION 000	INSTALLATION DE CHANTIER	283 180 000
SECTION 100	DEGAGEMENT DES EMPRISES	124 750 000
SECTION 200	TERRASSEMENTS GENERAUX	703 131 500
SECTION 300	CHAUSSEES	6 211 500 000
SECTION 400	ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE	683 648 000
SECTION 500	OUVRAGES D'ART	46 523 630
SECTION 600	SIGNALISATION-ECLAIRAGE PUBLIQUE	21 829 000
SECTION 700	PRESTATIONS ENVIRONNEMENTALES	22 019 000
	TOTAL HORS TVA	8 097 286 130
	TVA AU TAUX 18%	1 457 511 503
	TOTAL TTC	9 554 797 633

La structure de la chaussée à elle seul englobe près de 65% du coût du projet ; il est donc particulièrement important de faire un choix bien mesuré de nos couches de chaussée car il influence considérablement le coût de réalisation. Quant à la prestation environnementale, elle n'atteint pas les 1% mais demeure tout de même important dans l'étude de réalisation du projet.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a été effectuée dans le cadre du déplacement de l'actuel aéroport international de la ville de Ouagadougou permettant ainsi d'augmenter sa capacité d'accueil et par la même occasion faciliter la circulation des usagers dans cette zone de la capitale. L'étude a porté sur environ 8,4 km sur les 22,7 km que compte la route principale. Cette route est prévue pour assurer un trafic important, la prise en compte du confort et de la sécurité des usagers a été un des points primordiaux tout en essayant de respecter au mieux les contraintes environnementales. Le but final étant de pouvoir proposer un projet réaliste, techniquement réalisable à un coût acceptable, des propositions techniques ont été proposées sur la structure de la chaussée, sur la sécurité routière grâce à la signalisation et l'éclairage, sur l'ouvrage de franchissement et opter pour des fossés en terre, tout ceci pour un coût global d'un peu plus de Neuf Milliards cinq cent cinquante-quatre millions de francs CFA.

Au terme de notre étude, on peut mentionner que le projet a été pour nous, d'un intérêt capital. En effet, il nous a permis d'acquérir des connaissances pratiques sur la conception et le dimensionnement d'une route ainsi que les ouvrages de franchissement ; cela à travers les outils de conception tels que "PISTE 05" pour les routes et "CYPE" pour les dalots.

Pour terminer, nous proposons les recommandations suivantes qui nous paraissent utiles pour la réussite du projet de façon durable :

- La formation d'une équipe chargée d'un contrôle périodique pour prévenir les éventuels dommages que pourrait subir la plate-forme ;
- Faire respecter les mesures de sécurité en interdisant l'accès aux charrettes dans les traversées des localités;
- S'assurer du dégagement de l'emprise dû à l'activité économique qui sera probablement engendrée.
- Le suivi des mesures environnementales prises lors des études.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SETRA 1994: Aménagement des routes principales ; Guide Technique
- [2] BRUNEL H. 2007 ; Cours de route, université d'Orléans IUT de Bourges, Département Génie Civil.
- [3] CEBTP 1984 : Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (Réimpression avec mise à jour) par le Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.
- [4] FAO 1996 : Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche,
- [5] BERTHIER J. Projet et construction de routes - l'école Nationale des Ponts et Chaussées, Président du BCEOM ;
- [6] Mongi BEN OUEZDOU, Juin 2003 ; cours d'ouvrages d'art Tome 2 : dimensionnement.
- [7] Ministère de la coopération française, Juillet 1972 ; Manuel d'exécution de petits ouvrages routier en Afrique.
- [8] RODIER J, 1993 ; Hydrologie continentale, Orstom - volume 8, N°2, p 136-160.
- [9] Cahier des prescriptions communes applicables au marchés de travaux publics ; Fascicule N°61 conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, titre II : programme de charges et épreuves de ponts routes par le Ministère de l'Équipement et du Logement
- [10] SETRA, décembre 2006 ; Manuel de référence – conception d'infrastructures linéaires,.

ANNEXES

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Caractéristiques du tracé en plan	52
Annexe 2: Caractéristiques du profil en long.....	53
Annexe 3: Détails calcul du dalot cadre 4x4x2.....	56
Annexe 4: Plan de ferrailage du tablier.....	72
Annexe 5: Plan Ferrailage sections du dalot.....	73
Annexe 6: Plan de ferrailage du radier de fondation	74
Annexe 7: Plan de ferrailage du mur en aile Tronçon 1	75
Annexe 8: Plan de ferrailage du mur en aile Tronçon 2	76
Annexe 9: COUT DETAILLE DU PROJET	77
Annexe 10: Plan détaillé du dalot	81
Annexe 11: Profil en travers mixte de l'accès principal.....	82
Annexe 12: TRACES COMBINE	83

Annexe 1: Caractéristiques du tracé en plan

Le 15/05/2013 à 07:14 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1109

RP2.PIS

Axe_principale_aeroport_Donsin

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	663555.167	1385556.818
D1	ANG = 115.002g	547.011			
			547.011	663427.455	1386088.711
L1	XC= 665663.890 YC= 1386625.701 R = -2300.000	817.816			
			1364.827	663380.409	1386900.864
D2	ANG = 92.365g	970.095			
			2334.922	663496.467	1387863.992
L2	XC= 662007.240 YC= 1388043.446 R = 1500.000	172.578			
			2507.501	663507.223	1388036.140
D3	ANG = 99.690g	510.530			
			3018.031	663509.709	1388546.864
L3	XC= 665009.692 YC= 1388539.357 R = -1500.000	232.249			
			3250.280	663528.780	1388777.896
D4	ANG = 89.833g	867.200			
			4117.480	663666.687	1389634.061
L4	XC= 664851.416 YC= 1389443.230 R = -1200.000	852.033			
			4969.513	664077.378	1390360.217
D5	ANG = 44.631g	500.177			
			5469.690	664459.591	1390682.847
L5	A = 345.977 Rf= -900.000 L = 133.000				
			5602.690	664563.280	1390766.087
	XC= 665091.455 YC= 1390037.368 R = -900.000 L = 1054.674				
			6657.364	665557.788	1390807.131
	Rd= -900.000 A = 345.977 L = 133.000	1320.674			
			6790.364	665667.983	1390732.717
D6	ANG = 360.620g	1575.672			
			8366.035	666951.694	1389819.029
LONGUEUR DE L'AXE 8366.035					

Annexe 2: Caractéristiques du profil en long

Le 12/06/2013 à 07:47 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1109
RP2.PIS

Axe_principale_aeroport_Donsin				
PROFIL EN LONG				
ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEM	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	282.248
D1	PENTE= -1.265 %	52.102		
			52.102	281.589
PAR1	S= 90.0622 Z= 281.3487			
	R = 3000.00	45.796		
			97.898	281.359
D'2	PENTE= 0.261 %	56.207		
			154.105	281.506
PADAL	S= 175.0000 Z= 281.5330			
	R = -8000.00	16.448		
			170.553	281.532
DD	PENTE= 0.056 %	273.148		
			443.701	281.684
PAD	S= 439.2541 Z= 281.6824			
	R = 8000.00	62.598		
			506.299	281.963
D24	PENTE= 0.838 %	459.495		
			965.794	285.814
PAR47	S= 1066.3614 Z= 286.2356			
	R = -12000.00	18.412		
			984.206	285.954
D47	PENTE= 0.685 %	814.616		
			1798.822	291.531
PAR75	S= 1764.5900 Z= 291.4143			
	R = 5000.00	2.357		
			1801.178	291.548
D79	PENTE= 0.732 %	633.702		
			2434.881	296.185
PAR'4	S= 2412.9278 Z= 296.1050			
	R = 3000.00	68.047		
			2502.928	297.455
D107	PENTE= 3.000 %	24.188		
			2527.116	298.181
PAR'5	S= 2617.1160 Z= 299.5307			
	R = -3000.00	145.768		
			2672.884	299.012
D11	PENTE= -1.859 %	55.076		
			2727.960	297.989
PAR33	S= 2820.9071 Z= 297.1246			
	R = 5000.00	44.079		
			2772.040	297.363
D12	PENTE= -0.977 %	368.491		
			3140.530	293.762
PAR130	S= 3199.1712 Z= 293.4754			
	R = 6000.00	18.940		

PROFIL EN LONG				
			3159.470	293.607
D36	PENTE= -0.662 %	751.657		
			3911.127	288.633
PAR180	S= 3831.7243 Z= 288.8958			
	R = -12000.00	27.746		
			3938.873	288.417
D180	PENTE= -0.893 %	968.768		
			4907.640	279.767
PAR'6	S= 4952.2856 Z= 279.5679			
	R = 5000.00	123.746		
			5031.386	280.194
D'5	PENTE= 1.582 %	198.694		
			5230.080	283.337
PARPON	S= 5325.0000 Z= 284.0878			
	R = -6000.00	138.314		
			5368.393	283.931
D'6	PENTE= -0.723 %	213.720		
			5582.113	282.385
PAR'7	S= 5625.5060 Z= 282.2283			
	R = 6000.00	41.155		
			5623.268	282.229
D22	PENTE= -0.037 %	693.024		
			6316.292	281.970
PAR'8	S= 6319.2759 Z= 281.9697			
	R = 8000.00	17.416		
			6333.708	281.983
D23	PENTE= 0.180 %	686.526		
			7020.234	283.221
PAR'9	S= 7041.8823 Z= 283.2407			
	R = -12000.00	9.531		
			7029.766	283.235
D304	PENTE= 0.101 %	333.279		
			7363.044	283.571
PAR'12	S= 7373.1414 Z= 283.5762			
	R = -10000.00	23.911		
			7386.956	283.567
D'10	PENTE= -0.138 %	324.096		
			7711.051	283.119
PAR'10	S= 7700.0000 Z= 283.1266			
	R = -8000.00	42.181		
			7753.232	282.949
D'11	PENTE= -0.665 %	208.093		
			7961.325	281.565
PAR'14	S= 7994.5950 Z= 281.4542			
	R = 5000.00	77.350		
			8038.675	281.648
D'13	PENTE= 0.882 %	72.307		
			8110.982	282.286
PAR'15	S= 8181.5104 Z= 282.5968			

PROFIL EN LONG				
	R = -8000.00	78.035		
			8189.018	282.593
D33	PENTE= -0.094 %	40.134		
			8229.152	282.556
PAF	S= 8223.5214 Z= 282.5583			
	R = -6000.00	91.696		
			8320.848	281.769
DF	PENTE= -1.622 %	45.187		
			8366.035	281.036
LONGUEUR DE L'AXE		8366.035		

Annexe 3: Visibilité du tracé

Norme de visibilité

Vitesse réellement pratiquée : on utilise la notion de V85 qui est la vitesse en dessous de laquelle roulent 85% des usagers (ce qui permet d'exclure les vitesses considérées comme atypiques et extrêmes).

La vitesse V85 en fonction du nombre de voies et du rayon en plan R en m :

$$\text{Pour } 2 \times 2 \text{ voies } V_{85} = \frac{120}{1 + \frac{346}{R^{1,5}}}$$

La distance de freinage se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$d_f = \frac{v^2}{2g(cfl \pm p)}$$

Où :

- V : vitesse en m/s
- g = 9,81 m/s²
- cfl = coefficient de frottement longitudinal des pneumatiques

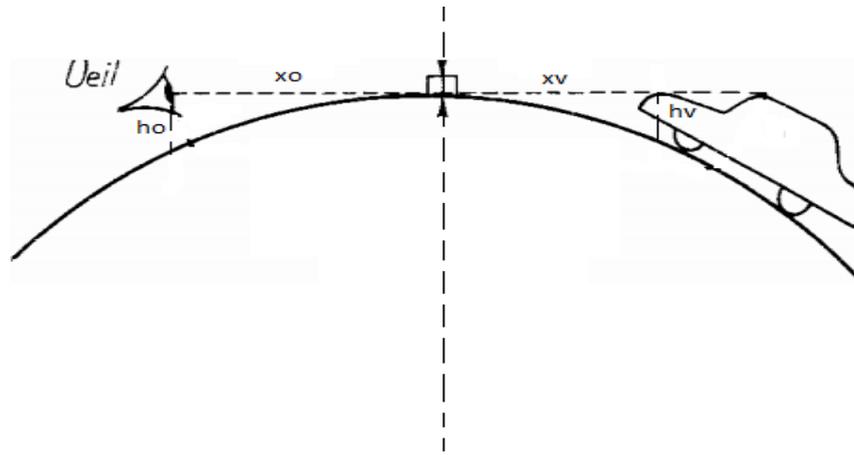
Tableau 19: Coefficients de frottement longitudinal des pneumatiques

V (km/h)	120	100	80	60	40
cfl =F (v) en alignement droit	0,34	0,38	0,42	0,46	0,46
cfl=F (v) en courbe	0,27	0,30	0,34	0,37	0,37

Source : Cours de route de M. OUEDRAOGO DAVID

- p = déclivité du profil en long
- Déclivité max = 6%
- Rayon minimal absolu en angle saillant = 6 000 m ;
- Rayon minimal absolu en angle rentrant = 3 000 m

1. Vérification de la visibilité



- **Figure 8:** Visibilité suivant le profil en long

Soit h_o la hauteur de l'œil du conducteur par rapport au sol et h_v la hauteur visée. Nous emploierons les formules dérivées de celle de la parabole.

$$h_o = \frac{x_o^2}{2R} \quad \text{et} \quad h_v = \frac{x_v^2}{2R}$$

De cette relation on obtient : $x_o = \sqrt{2Rh_o}$ et $x_v = \sqrt{2Rh_v}$

$$\text{distance de visibilité} = x_o + x_v = \sqrt{2R}(\sqrt{h_o} + \sqrt{h_v})$$

Par rapport au feu arrière d'un véhicule arrêté : $d = \sqrt{2 \times 5000} (\sqrt{1} + \sqrt{0,35}) = \mathbf{159,16 \text{ m}}$

Par rapport à la présence de pierre : $d' = \sqrt{2 \times 5000} (\sqrt{1} + \sqrt{0,15}) = \mathbf{138,73 \text{ m}}$

Visibilité du marquage au sol : on a : $h_v = 0 \text{ m}$ d'où $d'' = \sqrt{2 \times 5000}(\sqrt{1}) = \mathbf{100 \text{ m}}$

Déterminons la distance d'arrêt en courbe :

$$d_a = 2v + d_f$$

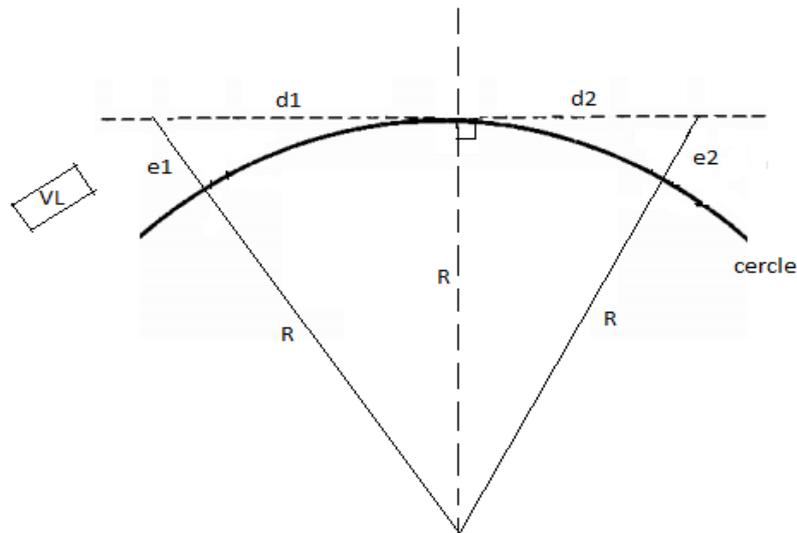


Figure 9: Distance de visibilité du tracé en plan

La distance de visibilité : $d = d_1 + d_2$

Graphiquement on détermine les relations suivantes :

$$(R + e_1)^2 = d_1^2 + R^2 \quad \text{et} \quad (R + e_2)^2 = d_2^2 + R^2$$

On considère que : $d_1 = d_2 = \frac{d}{2}$ et $e_1 = e_2 = e$

Des relations précédentes on trouve finalement : $d^2 = 8Re$ où $e = 2m + l_a$

$$l_a = \text{largeur de l'accotement} = 1,5m$$

$$d = \sqrt{8Re}$$

$$AN: \text{ distance visibilité } d = \sqrt{8 \times 900 \times (2 + 1,5)} = \mathbf{158,75 \text{ m}}$$

Détermination de la distance d'arrêt :

Elle s'obtient en majorant la distance de freinage d_f de 25% en effet le freinage doit être moins énergétique en courbe :

$$d_a = 1,25d_f + 2v$$

Annexe 4: Détermination des charges du dalot

➤ Revêtement BB

- $e_{BB} = 7 \text{ cm}$;
- $\gamma_{BB} = 24 \text{ kN/m}^3$

$$P_{BB} = \gamma_{BB} \times e_{BB} = 24 \times 0,07$$

$$\mathbf{P_{BB} = 1,68 \text{ kN/m}^2}$$

➤ Poids de la traverse

$$P_{ts} = \gamma_b \times e_{ts} = 25 \times 0,35$$

$$\mathbf{P_{ts} = 8,75 \text{ kN/m}^2}$$

➤ Poids du remblai au dessus de la traverse :

$$P_{remb} = \gamma_{remb} \times H = 20 \times 0,6$$

$$\mathbf{P_{remb} = 12 \text{ kN/m}^2}$$

Total de la charge permanente sur la traverse supérieure :

$$P_1 = P_{BB} + P_{remb} + P_{ts} + P_{garde-corps}$$

$$\mathbf{P_1 = 23,93 \text{ kN/m}^2}$$

❖ Piédroits

➤ Poussée des terres

- $\phi = 30$
- $k_a = \cotg\phi = 0,33$

$$P_2 = k_a \cdot \gamma_{sol} \cdot H$$

$$P_2 = 0,33 \times 20 \times 0,6 = 3,96 \text{ kN/m}^2$$

$$P_3 = k_a \cdot \gamma_{sol} \cdot (H + e_{ts} + b + e_{tinf})$$

$$P_3 = 0,33 \times 20 \times (0,6 + 0,35 + 2 + 0,35) = 21,78 \text{ kN/m}^2$$

❖ Traverse inférieure

C'est la charge qui arrive sur toute la surface du radier soit la charge permanente des piédroits et de la dalle de couverture (traverse supérieure).

$$P_4 = P_1 + P_{pd}$$

Poids propre du piédroit

$$P_{pd} = 5(\gamma_b \times e_{pd})$$

$$P_{pd} = 5 \times (20 \times 0,35) = 35 \text{ kN/m}^2$$

➤ Poids propre de la traverse inférieur

$$P_{tinf} = \gamma_b \times e_{tinf}$$

$$P_{tinf} = 20 \times 0,35 = 7 \text{ kN/m}^2$$

❖ charge permanente du radier

$$P_4 = P_1 + P_{pd} + P_{tinf} = 65,93 \text{ kN/m}^2$$

Calcul des surcharges

❖ Surcharge A(l)

Elle ne s'applique entièrement qu'aux ouvrages de première classe supportant une ou deux voies de 3,5 m.

Classe du pont:

La largeur roulable $l_r = 14 \text{ m} > 7 \text{ m} \rightarrow$ donc on a un pont de **1^{ère} classe**.

La largeur chargeable sera: $l_c = l_r - 2 \times 0,5 = 14 - 2 \times 0,5$

d'où: $l_c = 13 \text{ m}$

$$A(l) = 230 + \frac{36000}{l + 12} = 230 + \frac{36000}{13 + 12}$$

$$A(l) = \mathbf{1670 \text{ daN/m}^2}$$

$$A_1(l) = \max \left[\begin{array}{l} 400 - 0,2l = 400 - 0,2 \times 13 = 397,4 \\ a_1 \times A(l) = 0,75 \times 1670 = 1252,5 \end{array} \right]$$

$$A_1(l) = \mathbf{1252,5 \text{ daN/m}^2}$$

$$A_2(l) = a_2 \times A_1(l)$$

$$a_2 = \frac{V_0}{V} \text{ avec } V_0 = 3,5 \text{ m}$$

$$n = \frac{l_c}{4} = \frac{13}{4} = 3,25$$

$$d'où a_2 = \frac{3,5}{3,25} = 1,08$$

$$A_2(l) = 1,08 \times 1252,5$$

$$A_2(l) = \mathbf{1352,7 \text{ daN/m}^2}$$

$$A_2(l) = \mathbf{13,527 \text{ kN/m}^2}$$

Charges du système B pour un ouvrage de 1^{ère} Classe❖ Sous-système B_c

b_c est le coefficient de dégressivité transversale et est fonction de la classe du pont et le nombre de voies chargées. Nous avons un pont de classe 1 comportant quatre voies d'où le coefficient $b_c = 0,8$.

Disposition : $\begin{cases} -\text{Transversalement nous pouvons placer 4 camions} \\ -\text{Longitudinalement nous pouvons placer 1 camion} \end{cases}$

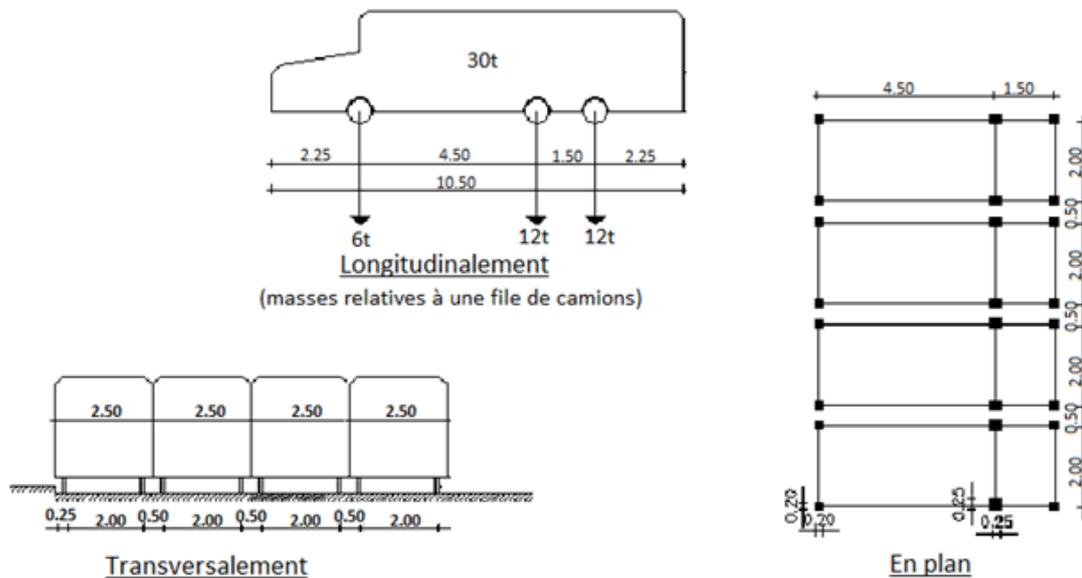


Figure 10: Disposition des camions types du système Bc

Nous obtenons le cas le plus défavorable pour les essieux arrières dans une travée, soit au total $(12t+12t) \times 4$.

$$S_{Bc} = b_c \cdot N_{véhicule} \cdot P$$

$$\text{Avec } P = \sum P_i = 120 + 120 = 240 \text{ kN} ;$$

$$N_{véhicule} = 4$$

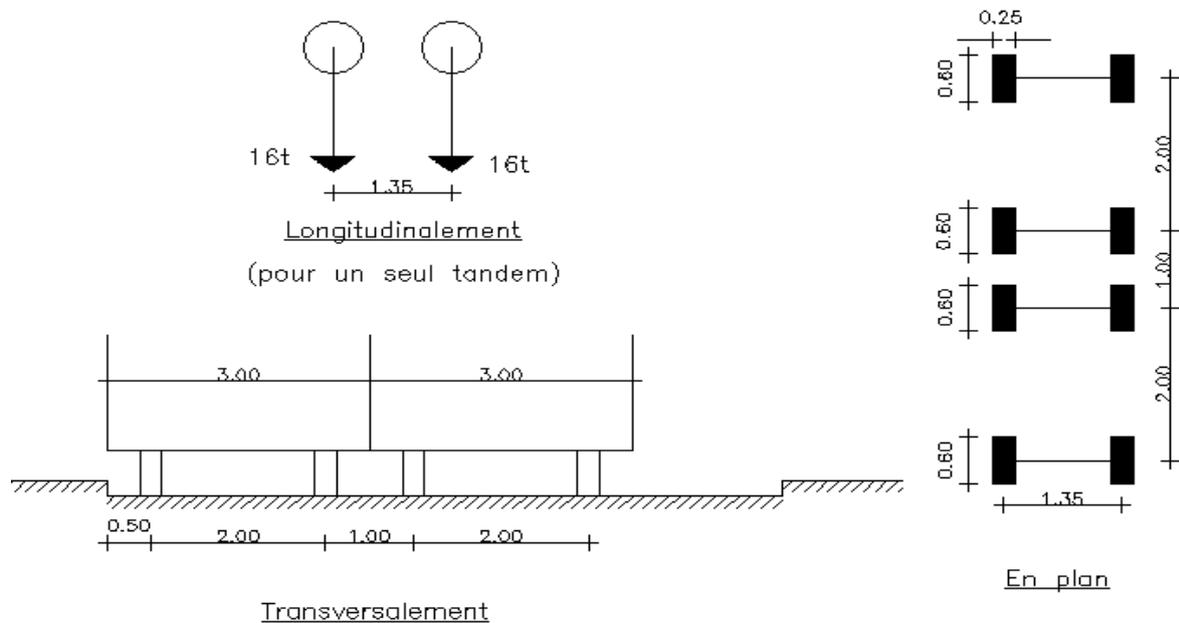
$$\text{donc } S_{Bc} = 0,8 \times 4 \times 240 \quad \mathbf{S_{Bc} = 768 \text{ kN}}$$

En tenant compte de la surface d'influence $t_x \times t_y$ où $t_x = 0,25 + 1,5 + 0,25 = 2 \text{ m}$ et $t_y = 0,25 + 2 + 0,5 + 2 + 0,5 + 2 + 0,5 + 2 + 0,25 = 10 \text{ m}$, nous obtenons :

$$Q_{Bc} = \frac{S_{Bc}}{t_x \times t_y} = \frac{768}{2 \times 10} = \mathbf{38,4 \text{ kN/m}^2}$$

❖ Sous-système B_t

Disposition : $\begin{cases} -\text{Transversalement on place 2 camions} \\ -\text{Longitudinalement on place 1 camion} \end{cases}$


Figure 11: Disposition du système Bt

Dalot (pont) de 1^{ère} classe donc le coefficient $b_t = 1$

$$S_{Bt} = b_t \cdot N_{véhicule} \cdot P_{trans}$$

Avec $P_{trans} = \sum P_i = 160 \times 2 = 320 \text{ kN}$;

$$N_{véhicule} = 2$$

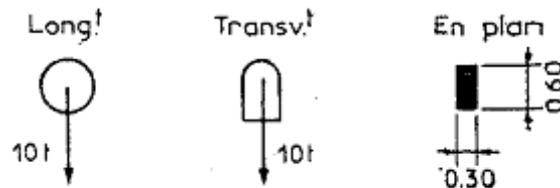
$$\text{donc } S_{Bt} = b_t \times 2 \times (320) = 1 \times 2 \times (320) S_{Bt} = \mathbf{640 \text{ kN}}$$

La surface d'influence = $t_x \times t_y$ où $t_x = 0,25 + 1,35 + 0,25 = 1,85 \text{ m}$ et $t_y = 0,60 + 2 + 1 + 2 + 0,60 = 6,2 \text{ m}$; nous obtenons :

$$Q_{Bt} = \frac{S_{Bt}}{t_x \times t_y} = \frac{640}{1,85 \times 6,2} = \mathbf{55,80 \text{ kN/m}^2}$$

❖ Sous-système B_r

Il est composé d'une roue isolé de 10 t


Figure 12: Disposition du système Br

$$S_{Br} = \mathbf{100 \text{ kN}}$$

La surface d'influence = $t_x \times t_y$ où $t_x = 3,5 \text{ m}$ et $t_y = 17,75 \text{ m}$; nous obtenons :

$$Q_{Br} = \frac{S_{Br}}{t_x \times t_y} = \frac{100}{3,5 \times 17,8} = \mathbf{1,60 \text{ kN/m}^2}$$

On a $Q_{Br} < Q_{Bc} < Q_{Bt} \Rightarrow Q = Q_{Bt}$ la surcharge Bt est la plus prépondérante.

Calcul du coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times G}{S}} \quad \text{où } S = P_1 \text{ et } S = Q_{Bt}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 4,35} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times (25 \times 0,35 + 20 \times 0,6 + 1,5)}{55,80}} = \mathbf{1,58}$$

$$Q_{Bt} = 1,45 \times 55,8 = 80,64 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_A < Q_B \Rightarrow \text{le système } B_t \text{ sera retenu pour le dimensionnement}$$

Vérification du tassement

Nous prenons pour hypothèse la contrainte admissible du sol suivant :

$$\sigma_{\text{sol}} = 0,15 \text{ Mpa}$$

Charge totale arrivant sur le sol :

$$P'_4 = P_4 + Q_{Bt} = 65,93 + 80,64 = 146,57 \text{ kN/m}^2 = 0,14657 \text{ Mpa}$$

$$P'_4 = 0,14657 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{sol}} = 0,15 \text{ Mpa}$$

Le sol supporte donc la charge plus les surcharges transmises par l'ouvrage.

Calcul des sollicitations

l'ELS.

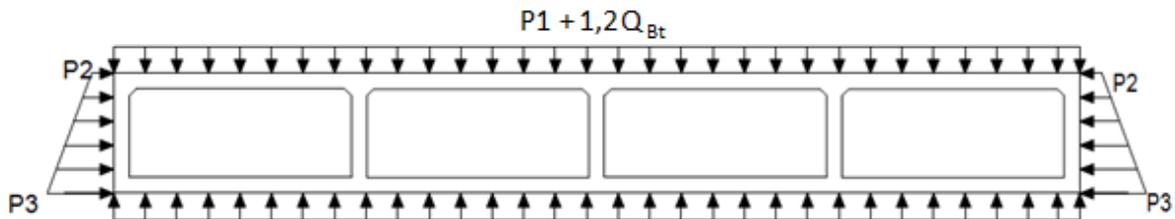


Figure 13: Représentation des charges de l'ouvrage à l'ELS

Nous utiliserons la méthode des trois moments pour la détermination des moments sur appuis:

$$L_i M_{i-1} + 2 \times (L_i + L_{i+1}) \times M_i + L_{i+1} M_{i+1} = -6 \times \left(\frac{w_i \times a_i}{L_i} + \frac{w_{i+1} \times b_{i+1}}{L_{i+1}} \right)$$

Les formules à l'ELS :

- La combinaison de charge est la suivante :

$$P = G + 1,2Q = P_1 + 1,2Q_{Bt}$$

$$AN: P = 23,93 + 1,2 \times 80,64 = 120,7 \text{ kN/m}^2$$

- Le moment réduit $\mu = \frac{M_s}{b \times d^2 \times \sigma_s}$

- Calcul de la section d'acier $A_s = \frac{M_s}{b \times d \times \sigma_s}$

- Paramètre de déformation: $\alpha = 1 + 2\sqrt{\lambda} \times \cos\left(4 \times \frac{\pi}{3} + \frac{\varphi}{3}\right)$

$$\text{où } \lambda = 1 + 30 \times \mu \text{ et } \varphi = \arccos(\lambda^{-3/2})$$

- La condition de non fragilité : $A_{smin} = 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$

Les résultats du calcul des armatures sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Annexe 5: Détails calcul du dalot cadre 4x4x2**CALCUL DU DALOT CADRE FERME**

4 x 4,00 x 2,00

Localisation: Accès principal_aeroport_Donsin
PK 14+680

Règlements appliqués et Méthodes de calcul

Fascicule 61, Titre II: Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art
Fascicule 62, Titre I: Règles de calcul du béton armé aux états limites (BAEL 91, mod. 99)
Calculs avec les Formules dites "Equations de trois moments" ou de CLAPEYRON (cadres à ouvertures multiples)

Hypothèses de l'étude

Chargement système Bc	ELU: 1,35G+1,60Q Masse totale (t) = 30	ELS: 1,00G+1,20Q Masse essieu avt (t) = 6 Aire d'impact roue avt: 0,20x0,20	Masse essieu arr (t) = 12 Aire d'impact roue arr: 0,25x0,25
Chargement système Bc "Niger"	ELU: 1,35G+1,60Q Masse totale (t) = 42 Masse essieu arr (t) = 13	ELS: 1,00G+1,20Q Masse 1er essieu avt (t) = 6,5 Aire d'impact roue avt: 0,25x0,25	Masse 2è essieu avt (t) = 9,5 Aire d'impact roue arr: 0,30x0,30
Chargement système Bt	ELU: 1,35G+1,60Q Masse totale par essieu (t) = 18	ELS: 1,00G+1,20Q Aire d'impact d'une roue: 0,25x0,80	
Chargement système Br	ELU: 1,35G+1,60Q Masse totale de la roue isolée (t) = 10	ELS: 1,00G+1,20Q Aire d'impact de la roue: 0,30x0,80	

Etude réalisée sur une bande de 1 ml de largeur de dalot

Données

Epaisseur Dalle de couverture		$E_d = 0,35$ m
Epaisseur Piédroits		$E_p = 0,35$ m
Epaisseur Radier		$E_r = 0,35$ m
Epaisseur Murs de tête (en aile ou en retour)		$E_{mur} = 0,35$ m
Epaisseur Remblai sur dalle de couverture		$E_{remb} = 0,60$ m
Epaisseur TPC		$E_{TPC} = 0,20$ m
Largeur TPC		$L_{TPC} = 1,50$ m
Contrainte du béton à 28 jours		$f_{c28} = 25$ MPa
Contrainte de l'acier utilisé		FeE 500 $f_e = 500$ MPa
Contrainte de sol admissible		$\sigma_{a\ sol} = 0,15$ MPa
Caractéristiques des matériaux	Béton	Poids volumique du béton armé $\gamma_b =$ 25 kN/m ³
		Poids volumique du béton ordinaire $\gamma_b =$ 20 kN/m ³
	Aciers	Resistance du béton à la traction $F_t =$ 2,10 MPa
		Contrainte admissible $\sigma_b\ lim =$ 15,00 MPa
Sol	Coefficient de sécurité $\gamma_b =$ 1,5	
	Facteur d'équivalence $n =$ 15	
Garde-corps	Aciers	Coefficient de sécurité $\gamma_s =$ 1,15
		Coefficient d'adhérence $\eta =$ 1,6
	Sol	Poids volumique des terres $\gamma_{sol} =$ 20 kN/m ³
Coefficient de poussée $k_p =$ 0,33		
Cas de fissuration	Garde-corps	Surcharge de remblai $q'_{remb} =$ 10 kN/m ³
		Poids linéaire = 1,50 kN/ml
Classification de pont	Largeur roulable du dalot	Si peu nuisible, entrer "0"
		Si préjudiciable, entrer "1"
		Contrainte admissible $\sigma_s\ lim =$ 201,63 MPa
Classification de pont	Largeur roulable du dalot	$L_{roul} = 14,00$ m
		donc pont de première classe
		Nombre maximal de files $n = 4$ Coefficient Bc = 1,1 Portée d'une travée = 4,35 m

CALCUL DU DALOT CADRE FERME

Caractéristiques de l'étude			
Charges permanentes			
Dalle de couverture		$g_d = 20,75 \text{ kN/m}^2$	
Piédroits de rive	en partie supérieure	$g_{p \text{ sup}} = 5,12 \text{ kN/m}^2$	
	en partie inférieure	$g_{p \text{ inf}} = 19,47 \text{ kN/m}^2$	
Radier de fondation		$g_r = 34,43 \text{ kN/m}^2$	
Mur en aile	en partie supérieure	$g_{\text{mur sup}} = 3,30 \text{ kN/m}^2$	
	en partie inférieure	$g_{\text{mur inf}} = 19,80 \text{ kN/m}^2$	
TPC		$g_{\text{TPC}} = 4,00 \text{ kN/m}^2$	
Radier de tête		$g_r \text{ tête} = 10,31 \text{ kN/m}^2$	
Surcharges			
Système Bc	1 roue avant seule	$q_{\text{avt1 Bc}} = 14,27 \text{ kN/m}^2$	
	2 roues avant de deux files	$q_{\text{avt2 Bc}} = 21,22 \text{ kN/m}^2$	
	1 roue arrière seule	$q_{\text{arr1 Bc}} = 26,67 \text{ kN/m}^2$	
	2 roues arrières de deux files	$q_{\text{arr2 Bc}} = 40,00 \text{ kN/m}^2$	
Système Bc "Niger"	Premier essieu avant	1 roue avant seule	$q_{\text{avt1 BcN}} = 14,44 \text{ kN/m}^2$
		2 roues avant de deux files	$q_{\text{avt2 BcN}} = 21,67 \text{ kN/m}^2$
	Deuxième essieu avant	1 roue avant seule	$q'_{\text{avt1 BcN}} = 21,11 \text{ kN/m}^2$
		2 roues avant de deux files	$q'_{\text{avt2 BcN}} = 31,67 \text{ kN/m}^2$
	Roues arrières	1 roue arrière seule	$q_{\text{arr1 BcN}} = 27,06 \text{ kN/m}^2$
		2 roues arrières de deux files	$q_{\text{arr2 BcN}} = 40,91 \text{ kN/m}^2$
Système Bt	1 essieu arrière seul	$q_{\text{arr1 Bt}} = 28,83 \text{ kN/m}^2$	
	2 essieux arrières de deux files	$q_{\text{arr2 Bt}} = 28,83 \text{ kN/m}^2$	
Système Br	roue isolée	$q_{\text{arr1 Br}} = 34,87 \text{ kN/m}^2$	

Calculs			
Efforts et sollicitations			
Dalle de couverture	Charges permanentes	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = g_d \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 32,72 \text{ kN.m}$
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = g_d \times L^2 / 8 - g_d \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 16,36 \text{ kN.m}$
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = g_d \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 45,73 \text{ kN}$
	Surcharges Bc	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr2 Bc}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 63,08 \text{ kN.m}$
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{arr2 Bc}} \times L^2 / 8 - q_{\text{arr2 Bc}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 31,54 \text{ kN.m}$
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr2 Bc}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 87,00 \text{ kN}$
	Surcharges Bc "Niger"	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr2 BcN}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 64,51 \text{ kN.m}$
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{arr2 BcN}} \times L^2 / 8 - q_{\text{arr2 BcN}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 32,26 \text{ kN.m}$
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr2 BcN}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 88,99 \text{ kN}$
	Surcharges Bt	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr1 Bt}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 45,46 \text{ kN.m}$
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{arr1 Bt}} \times L^2 / 8 - q_{\text{arr1 Bt}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 22,73 \text{ kN.m}$
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr1 Bt}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 62,70 \text{ kN}$
	Surcharges Br	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr Br}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 54,99 \text{ kN.m}$
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{arr Br}} \times L^2 / 8 - q_{\text{arr Br}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 27,50 \text{ kN.m}$
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr Br}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 75,85 \text{ kN}$

CALCUL DU DALOT CADRE FERME

Calculs			
Efforts et sollicitations			
Radier de fondation	Charges permanentes	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = g_r \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 54,29$ kN.m
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = g_r \times L^2 / 8 - g_d \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 27,15$ kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = g_r \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 74,88$ kN
	Surcharges Bc	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr2 Bc}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 63,08$ kN.m
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{arr2 Bc}} \times L^2 / 8 - q_{\text{arr2 Bc}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 31,54$ kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr2 Bc}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 87,00$ kN
	Surcharges Bc "Niger"	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr2 BcN}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 64,51$ kN.m
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{arr2 BcN}} \times L^2 / 8 - q_{\text{arr2 BcN}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 32,26$ kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr2 BcN}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 88,99$ kN
	Surcharges Bt	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr1 Bt}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 45,46$ kN.m
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{arr1 Bt}} \times L^2 / 8 - q_{\text{arr1 Bt}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 22,73$ kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr1 Bt}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 62,70$ kN
	Surcharges Br	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr Br}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} = 54,99$ kN.m
		Moment à mi-travée $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{arr Br}} \times L^2 / 8 - q_{\text{arr Br}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{mi-travée}} = 27,50$ kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr Br}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} = 75,85$ kN

CALCUL DU DALOT CADRE FERME

Calculs				
Efforts et sollicitations				
Piédroit	Charges permanentes dues aux poussées de terre	Moment aux angles supérieurs $M_{\text{angle sup}} = \Delta g_p / 60 \times H^2 \times k \times (2k+7) / (k^2+4k+3)$	$M_{\text{angle sup}} =$	1,06 kN.m
		Moment aux angles inférieurs $M_{\text{angle inf}} = \Delta g_p / 60 \times H^2 \times k \times (3k+8) / (k^2+4k+3)$	$M_{\text{angle inf}} =$	1,26 kN.m
		Moment à mi-hauteur $M_{\text{mi-travée}} = \Delta g_p \times H^2 / 8 - (M_{\text{angle sup}} + M_{\text{angle inf}}) / 2$	$M_{\text{mi-hauteur}} =$	8,75 kN.m
	Surcharge dues aux remblai	Moment aux angles supérieurs $M_{\text{angle sup}} = q_{\text{remb}} / 12 \times H^2 \times k / (k+1)$	$M_{\text{angle sup}} =$	0,53 kN.m
		Moment aux angles inférieurs $M_{\text{angle inf}} = q_{\text{remb}} / 12 \times H^2 \times k / (k+1)$	$M_{\text{angle inf}} =$	0,53 kN.m
		Moment à mi-hauteur $M_{\text{mi-travée}} = q_{\text{remb}} \times H^2 / 8 - (M_{\text{angle sup}} + M_{\text{angle inf}}) / 2$	$M_{\text{mi-hauteur}} =$	1,75 kN.m
	Surcharges Bc	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr2 Bc}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} =$	63,08 kN.m
		Moment à mi-hauteur $M_{\text{mi-hauteur}} = (M_{\text{angle couv}} + M_{\text{angle rad}}) / 2$	$M_{\text{mi-hauteur}} =$	63,08 kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr2 Bc}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} =$	87,00 kN
	Surcharges Bc "Niger"	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr2 BcN}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} =$	64,51 kN.m
		Moment à mi-hauteur $M_{\text{mi-hauteur}} = (M_{\text{angle couv}} + M_{\text{angle rad}}) / 2$	$M_{\text{mi-hauteur}} =$	64,51 kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr2 BcN}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} =$	88,99 kN
	Surcharges Bt	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr1 Bt}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} =$	45,46 kN.m
		Moment à mi-hauteur $M_{\text{mi-hauteur}} = (M_{\text{angle couv}} + M_{\text{angle rad}}) / 2$	$M_{\text{mi-hauteur}} =$	45,46 kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr1 Bt}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} =$	62,70 kN
	Surcharges Br	Moment aux angles $M_{\text{angle}} = q_{\text{arr Br}} \times L^2 / 12$	$M_{\text{angle}} =$	54,99 kN.m
		Moment à mi-hauteur $M_{\text{mi-hauteur}} = (M_{\text{angle couv}} + M_{\text{angle rad}}) / 2$	$M_{\text{mi-hauteur}} =$	54,99 kN.m
		Réaction d'appui $R_{\text{appui}} = q_{\text{arr Br}} \times L / 2$	$R_{\text{appui}} =$	75,85 kN
Calculs				
Efforts et sollicitations				
Ouvrages de tête	Mur en aile	Moment à la base du mur $M_{\text{base mur}} = g_{\text{mur sup}} \times H^2 / 2 + \Delta g_{\text{px}} \times H^2 / 6$	$M_{\text{angle sup}} =$	27,50 kN.m
	Radier	Moment au milieu du radier	$M_{\text{radier}} =$	424,63 kN.m

CALCUL DU DALOT CADRE FERME

Calculs							
Armatures							
Dalle de couverture	Surcharges Bc	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,55	
		Mi-travée	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	100,20 kN.m	
				Section des armatures	$A_u =$	7,47 cm ²	
		Mi-travée	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	74,95 kN.m	
				Section des armatures	$A_{ser} =$	7,29 cm ²	
		Angles	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	200,40 kN.m	
				Section des armatures	$A_u =$	15,57 cm ²	
		Angles	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	149,89 kN.m	
				Section des armatures	$A_{ser} =$	15,19 cm ²	
		Condition de non fragilité 0,23xbxdxFt28/Fe					
Dalle de couverture	Surcharges Bc "Niger"	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,55	
		Mi-travée	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	102,16 kN.m	
				Section des armatures	$A_u =$	7,62 cm ²	
		Mi-travée	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	76,41 kN.m	
				Section des armatures	$A_{ser} =$	7,44 cm ²	
		Angles	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	204,31 kN.m	
				Section des armatures	$A_u =$	15,90 cm ²	
		Angles	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	152,83 kN.m	
				Section des armatures	$A_{ser} =$	15,51 cm ²	
		Condition de non fragilité 0,23xbxdxFt28/Fe					
Dalle de couverture	Surcharges Bt	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,48	
		Mi-travée	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	76,09 kN.m	
				Section des armatures	$A_u =$	5,62 cm ²	
		Mi-travée	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	56,86 kN.m	
				Section des armatures	$A_{ser} =$	5,48 cm ²	
		Angles	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	152,18 kN.m	
				Section des armatures	$A_u =$	11,58 cm ²	
		Angles	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	113,72 kN.m	
				Section des armatures	$A_{ser} =$	11,29 cm ²	
		Condition de non fragilité 0,23xbxdxFt28/Fe					
Dalle de couverture	Surcharges Br	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,51	
		Mi-travée	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	88,66 kN.m	
				Section des armatures	$A_u =$	6,58 cm ²	
		Mi-travée	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	66,29 kN.m	
				Section des armatures	$A_{ser} =$	6,42 cm ²	
		Angles	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	177,33 kN.m	
				Section des armatures	$A_u =$	13,64 cm ²	
		Angles	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	132,59 kN.m	
				Section des armatures	$A_{ser} =$	13,30 cm ²	
		Condition de non fragilité 0,23xbxdxFt28/Fe					
Choix des armatures	En partie inférieure	7,47 cm ²		Armatures retenues	principales	10HA14	15,39 cm ²
					de répartition	5HA10	3,93 cm ²
	En partie supérieure				11,58 cm ²		principales
		de répartition	5HA10				3,93 cm ²

CALCUL DU DALOT CADRE FERME

Calculs						
Armatures						
Radier de fondation	Surcharges Bc	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,55
		Mi-travée	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	114,76 kN.m
				Section des armatures	$A_u =$	8,60 cm ²
		Mi-travée	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	85,73 kN.m
				Section des armatures	$A_{ser} =$	8,38 cm ²
		Angles	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	229,53 kN.m
				Section des armatures	$A_u =$	18,06 cm ²
			ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	171,47 kN.m
				Section des armatures	$A_{ser} =$	17,60 cm ²
		Condition de non fragilité $0,23xbxdxFt28/Fe$				
Radier de fondation	Surcharges Bc "Niger"	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,55
		Mi-travée	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	116,72 kN.m
				Section des armatures	$A_u =$	8,76 cm ²
		Mi-travée	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	87,20 kN.m
				Section des armatures	$A_{ser} =$	8,53 cm ²
		Angles	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	233,43 kN.m
				Section des armatures	$A_u =$	18,40 cm ²
			ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	174,40 kN.m
				Section des armatures	$A_{ser} =$	17,93 cm ²
		Condition de non fragilité $0,23xbxdxFt28/Fe$				
Radier de fondation	Surcharges Bt	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,48
		Mi-travée	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	90,65 kN.m
				Section des armatures	$A_u =$	6,73 cm ²
		Mi-travée	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	67,65 kN.m
				Section des armatures	$A_{ser} =$	6,55 cm ²
		Angles	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	181,30 kN.m
				Section des armatures	$A_u =$	13,97 cm ²
			ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	135,29 kN.m
				Section des armatures	$A_{ser} =$	13,59 cm ²
		Condition de non fragilité $0,23xbxdxFt28/Fe$				
Radier de fondation	Surcharges Br	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,51
		Mi-travée	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	103,22 kN.m
				Section des armatures	$A_u =$	7,70 cm ²
		Mi-travée	ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	77,08 kN.m
				Section des armatures	$A_{ser} =$	7,50 cm ²
		Angles	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	206,45 kN.m
				Section des armatures	$A_u =$	16,08 cm ²
			ELS	Moment de calcul	$M_{ser} =$	154,16 kN.m
				Section des armatures	$A_{ser} =$	15,66 cm ²
		Condition de non fragilité $0,23xbxdxFt28/Fe$				
Choix des armatures	En partie supérieure	8,60 cm ²	Armatures retenues	principales	7HA16+3HA10	16,43 cm ²
				de répartition	5HA10	3,93 cm ²
	En partie inférieure	18,06 cm ²		principales	14HA14+7HA16	35,63 cm ²
				de répartition	5HA10	3,93 cm ²

CALCUL DU DALOT CADRE FERME

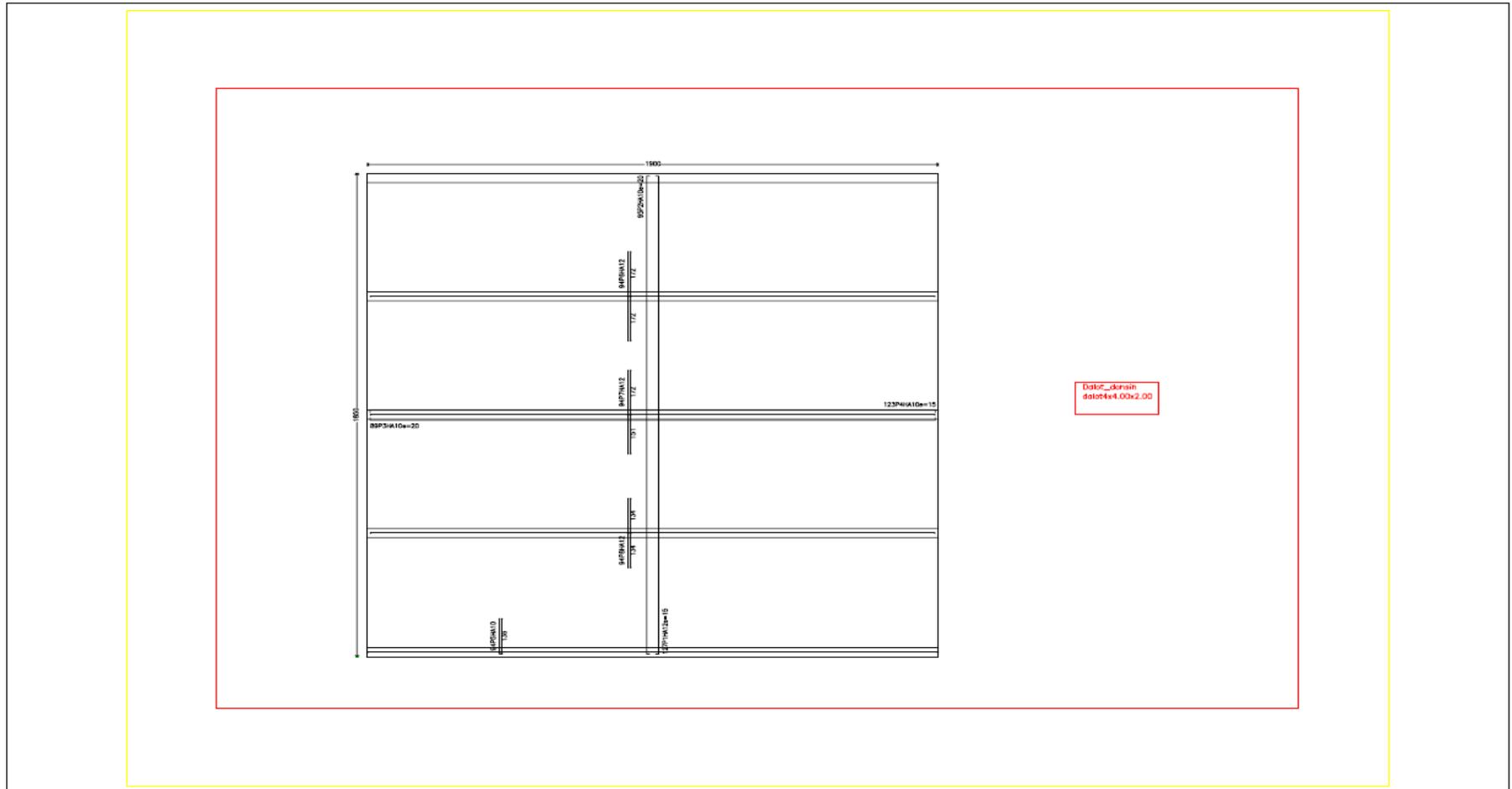
Calculs							
Armatures							
Piédroits de rive	Surcharges Bc	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,55	
		Mi-hauteur face interne	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	229,66 kN.m	
				Effort de calcul	$N_u =$	358,35 kN	
				Section des armatures	$A_u =$	1,68 cm ²	
		Mi-hauteur face externe	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	215,49 kN.m	
				Effort de calcul	$N_u =$	358,35 kN	
				Section des armatures	$A_u =$	1,64 cm ²	
Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²		
Piédroits de rive	Surcharges Bc "Niger"	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,55	
		Mi-hauteur face interne	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	235,05 kN.m	
				Effort de calcul	$N_u =$	363,74 kN	
				Section des armatures	$A_u =$	1,71 cm ²	
		Mi-hauteur face externe	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	220,88 kN.m	
				Effort de calcul	$N_u =$	363,74 kN	
				Section des armatures	$A_u =$	1,67 cm ²	
Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²		
Piédroits de rive	Surcharges Bt	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,48	
		Mi-hauteur face interne	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	163,14 kN.m	
				Effort de calcul	$N_u =$	291,83 kN	
				Section des armatures	$A_u =$	1,30 cm ²	
		Mi-hauteur face externe	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	148,97 kN.m	
				Effort de calcul	$N_u =$	208,18 kN	
				Section des armatures	$A_u =$	1,01 cm ²	
Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²		
Piédroits de rive	Surcharges Br	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,51	
		Mi-hauteur face interne	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	197,83 kN.m	
				Effort de calcul	$N_u =$	326,52 kN	
				Section des armatures	$A_u =$	1,50 cm ²	
		Mi-hauteur face externe	ELU	Moment de calcul	$M_u =$	183,66 kN.m	
				Effort de calcul	$N_u =$	326,52 kN	
				Section des armatures	$A_u =$	1,45 cm ²	
Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²		
Choix des armatures		Face interne	8,40 cm ²	Armatures retenues	principales	7HA14	10,78 cm ²
		face externe	8,40 cm ²		de répartition	5HA10	3,93 cm ²
					principales	7HA14	10,78 cm ²
					de répartition	5HA10	3,93 cm ²

CALCUL DU DALOT CADRE FERME

Calculs							
Armatures							
Piédroit intermédiaire	Surcharges Bc	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,55	
		Mi-hauteur	ELU	Moment de calcul	$M_y =$	215,49 kN.m	
				Effort de calcul	$N_y =$	372,36 kN	
				Section des armatures	$A_y =$	1,68 cm ²	
Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²		
Piédroit intermédiaire	Surcharges Bc "Niger"	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,55	
		Mi-hauteur	ELU	Moment de calcul	$M_y =$	220,88 kN.m	
				Effort de calcul	$N_y =$	377,75 kN	
				Section des armatures	$A_y =$	0,00 cm ²	
Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²		
Piédroit intermédiaire	Surcharges Bt	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,48	
		Mi-hauteur	ELU	Moment de calcul	$M_y =$	148,97 kN.m	
				Effort de calcul	$N_y =$	305,84 kN	
				Section des armatures	$A_y =$	1,30 cm ²	
Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²		
Piédroit intermédiaire	Surcharges Br	Coefficient de majoration dynamique $\delta_{Bc} = 1+0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$			$\delta_{Bc} =$	1,51	
		Mi-hauteur	ELU	Moment de calcul	$M_y =$	183,66 kN.m	
				Effort de calcul	$N_y =$	340,53 kN	
				Section des armatures	$A_y =$	1,49 cm ²	
Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²		
Choix des armatures		Chaque face	8,40 cm ²	Armatures retenues			
				principales	7HA14	10,78 cm ²	
				de répartition	5HA10	3,93 cm ²	

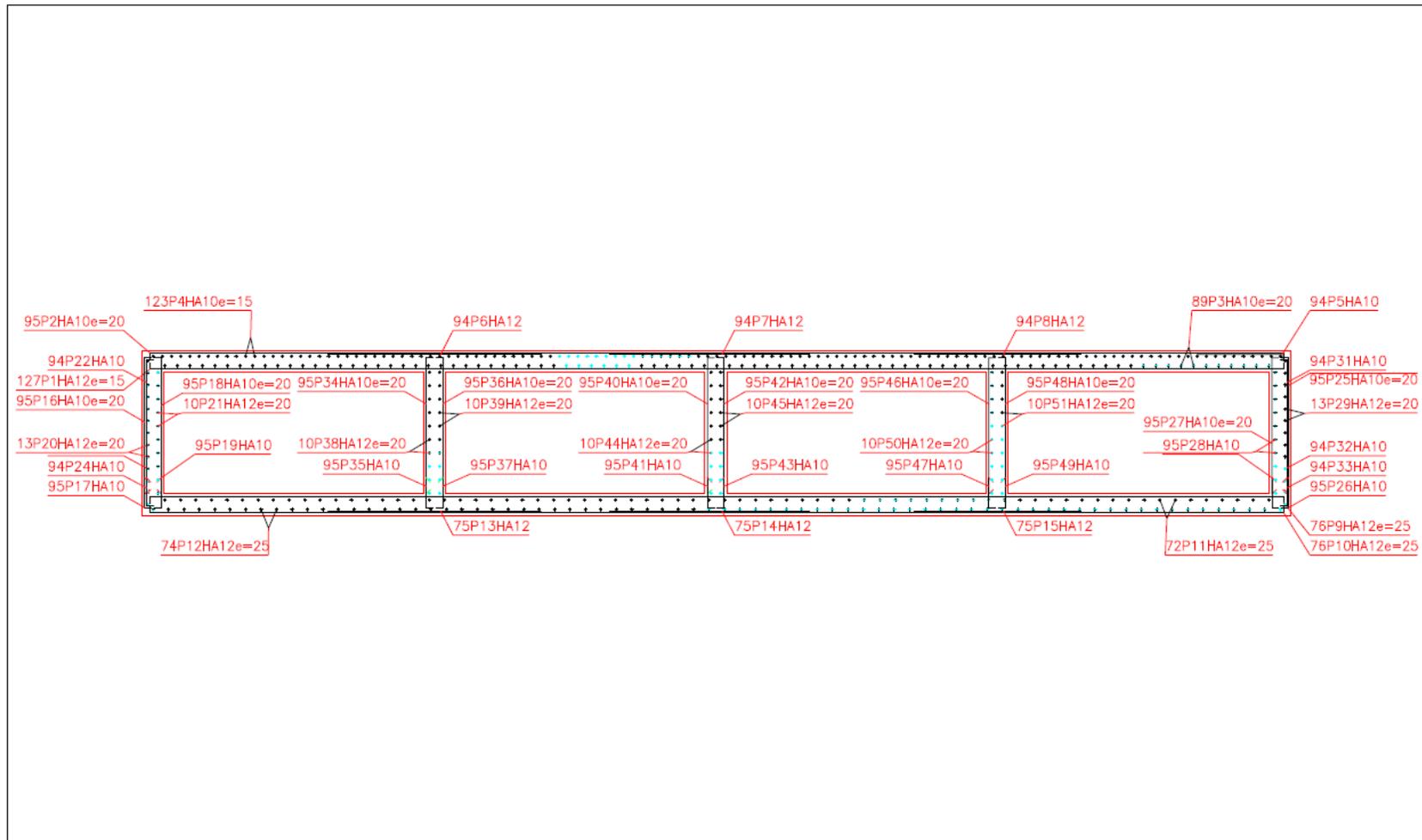
Calculs							
Armatures							
Ouvrages de tête	Mur en aile	A la base du mur	ELU	Moment de calcul	$M_y =$	37,13 kN.m	
				Effort de calcul	$N_y =$	123,50 kN	
				Section des armatures	$A_y =$	2,29 cm ²	
		Armatures minimales				$A_{min} =$	8,4 cm ²
	Choix des armatures par face		Armatures retenues	principales	7HA14	10,78 cm ²	
				de répartition	7HA8	3,52 cm ²	
	radier	Au milieu du radier	ELU	Moment de calcul	$M_y =$	573,25 kN.m	
				Section des armatures	$A_y =$	0,00 cm ²	
				Condition de non fragilité 0,23xLxLxFT28/Fe			
		Choix des armatures par face		Armatures retenues	principales	5HA10	3,93 cm ²
		de répartition	5HA8		2,51 cm ²		

Annexe 6: Plan de ferrailage du tablier



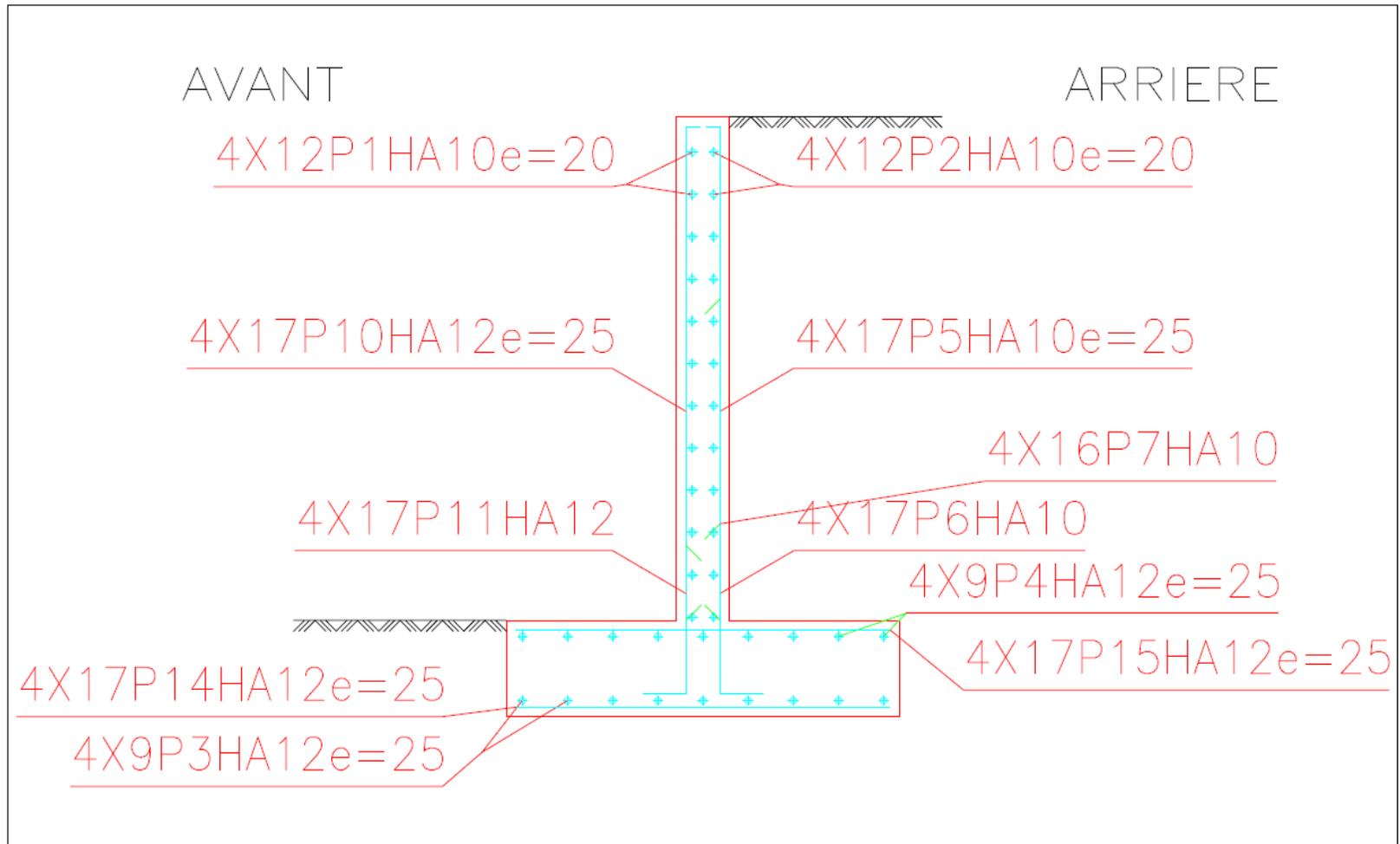
	KANAZUE Mahamoudou <i>Master 2</i> <i>Génie civil</i>	Plan détaillé du dalot cadre sur l'axe principal menant à l'aéroport de DONSIN au PK 14+680	Ech.:1/100 Date: Mai 2013
		Module TABLIER	

Annexe 7: Plan Ferrailage sections du dalot



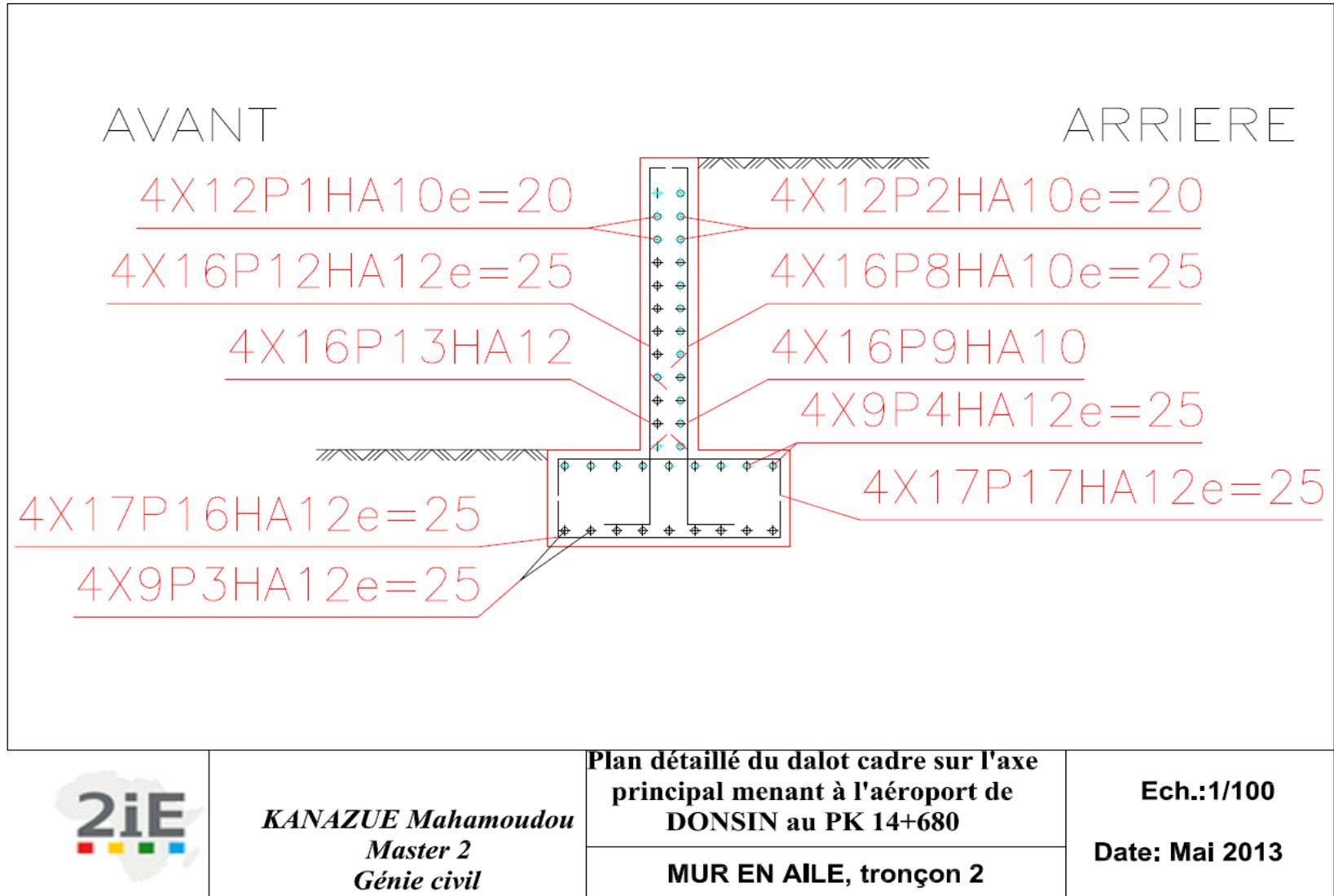
	KANAZUE Mahamoudou <i>Master 2</i> <i>Génie civil</i>	Plan détaillé du dalot cadre sur l'axe principal menant à l'aéroport de DON SIN au PK 14+680	Ech.:1/100
		MODULE SECTION	Date: Mai 2013

Annexe 9: Plan de ferrailage du mur en aile Tronçon 1



	KANAZUE Mahamoudou <i>Master 2</i> <i>Génie civil</i>	Plan détaillé du dalot cadre sur l'axe principal menant à l'aéroport de DONSIN au PK 14+680	Ech.:1/100
		MUR EN AILE, tronçon 1	Date: Mai 2013

Annexe 10: Plan de ferrailage du mur en aile Tronçon 2



DQE (DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF)

PROJET D'AMENAGEMENT ET TRAVAUX ROUTIERS

Objet: Travaux de construction et de bitumage d'une route principale

SECTION 000: INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
001	Installations générales de chantier et des services généraux de l'entreprise	F	1	215 000 000	215 000 000
003	Installation de la station d'enrobage	F	1	4 000 000	4 000 000
004	Installation du poste de concassage	F	1	8 000 000	8 000 000
005	Amené et repli du matériel pour ouvrage d'art	F	1	1 500 000	1 500 000
010	Construction de logements pour le Mission de contrôle	U	1	25 000 000	25 000 000
011	Mobiliers et équipements des logements de la Mission de Contrôle	F	1	7 000 000	7 000 000
013	Etudes d'exécution et contrôle des plans du projet	F	1	22 000 000	22 000 000
014b	Sondages carrotés	F	17	25 000	425 000
TOTAL SECTION 000 - INSTALLATION DE CHANTIER					282 925 000
SECTION 100 - DEGAGEMENT DES EMPRISES					
-					
103	Abattage et dessouchage d'arbre	F	1	400 000	400 000
105	Décapage de terre végétale en savane ou en forêt sur 0,20 m d'épaisseur	m ²	165 800	750	124 350 000
TOTAL SECTION 100 - DEGAGEMENT DES EMPRISES					124 750 000
SECTION 200 - TERRASSEMENTS GENERAUX					

DQE (DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF)

203	Remblais provenant de déblais	m ³	61 817	2 000	123 634 000
203a	en terrain meuble	m ³		3 500	-
204	Remblais provenant d'emprunts	m ³	46 500	8 000	372 000 000
204a	Remblais ordinaires provenant d'emprunts ordinaires	m ³		7 000	-
204b	Remblais provenant d'emprunts pour couche de forme	m ³	45 005	3 500	157 517 500
207	Réglage et compactage de l'arase de la plate-forme des terrassements	m ²	142 800	350	49 980 000
TOTAL SECTION 200 - TERRASSEMENTS GENERAUX					703 131 500
SECTION 300 - CHAUSSEES					
300	Réglage et compactage de l'arase des terrassements	m ²		300	-
301	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritiques sur 20 cm pour couche de base	m ³	29 397	50 000	1 469 850 000
302	Fourniture et mise en œuvre de Graveleux Latéritique Naturel ou Grave Naturelle 0/D sur 30 cm pour couche de Fondation	m ³	42 840	50 000	2 142 000 000
303	Fourniture et mise en œuvre de ciment CPA pour stabilisation de la couche de base à 4%	Kg	117 000	250	29 250 000
304	Fourniture et mise en œuvre de cut-back 0/1 à 1,200 kg/m ² pour couche d'imprègnation	m ²		1 000	-
BETON BITUMINEUX					-
	A - Epaisseur 4 cm	m ²		15 000	-
	B - Epaisseur 5 cm	m ²	142 800	18 000	2 570 400 000
	C - Epaisseur 7 cm	m ²		20 000	-
TOTAL SECTION 300: CHAUSSEES					6 211 500 000

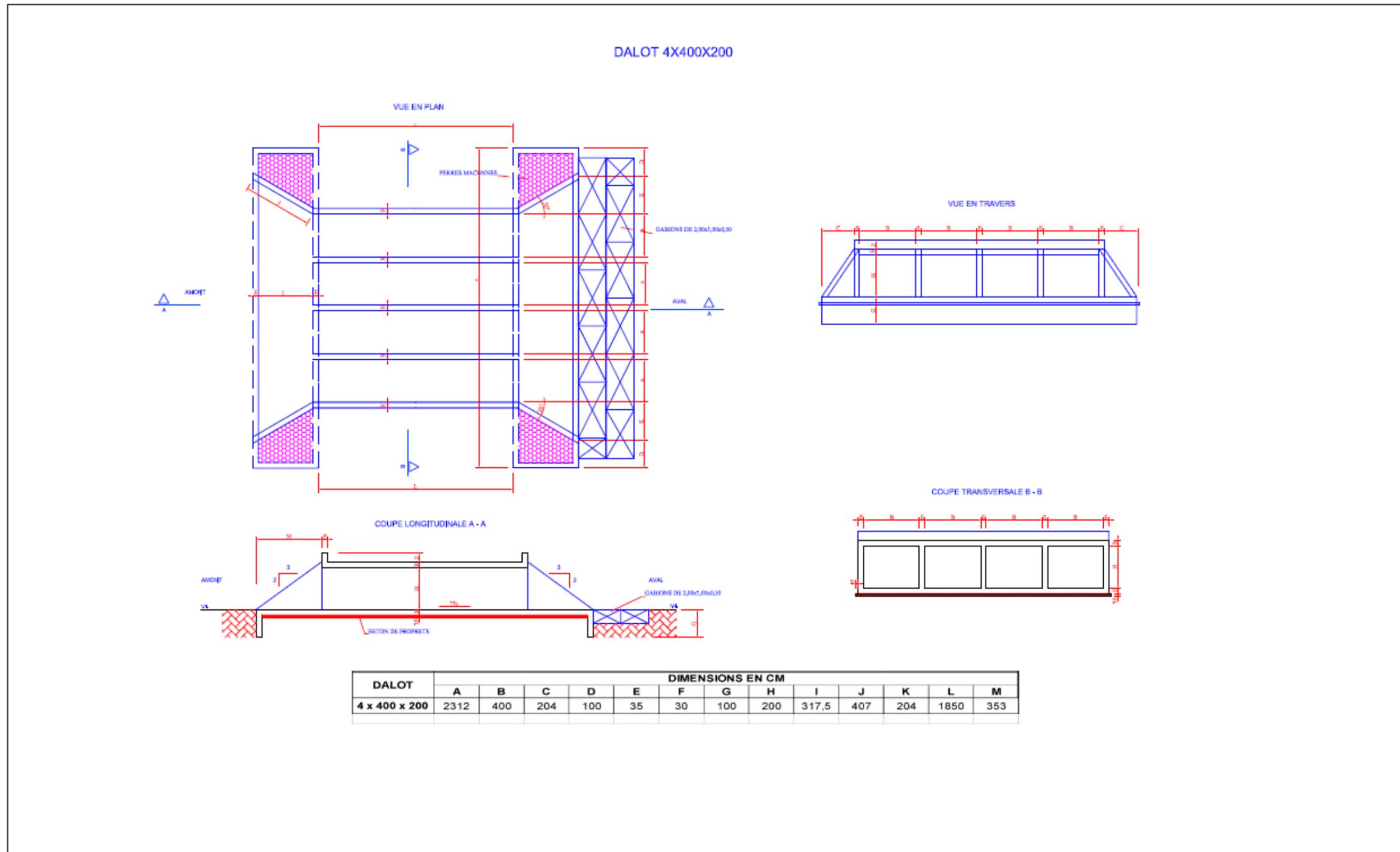
DQE (DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF)

SECTION 400 : ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE					
400	Bordures				
	a- A2C52	ml		15 000	-
	b- T2C52	ml		20 000	-
	c- A2	ml		7 500	-
	d- T2	ml	16 800	22 000	369 600 000
	e- CC2	ml		25 000	-
402	Fouilles pour fondation d'ouvrages en terrain meuble	m ³	328	3 500	1 148 000
403	Remblais de fouilles	m ³		6 500	-
404	Fabrication et mise en œuvre de béton				-
404a	Béton de propreté C 150 (épaisseur 10 cm)	m ³	252	75 000	18 900 000
404b	Béton C 250 pour berceaux d'ouvrages	m ³		0	-
405	Coffrage pour ouvrage			12 500	-
405a	Plans ordinaires fossés en terre	ml	16 800	17 500	294 000 000
405b	Parements soignés	m ²			-
TOTAL SECTION 400 : ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE					683 648 000
SECTION 500 : OUVRAGES D'ART					
502	Fouille pour fondation en terrain meuble	m ³	120	3 000	360 000
506	Remblais contigus aux ouvrages	m ³	1 600	6 500	10 400 000
510	Béton de propreté C 150 (épaisseur 10 cm)	m ³	13	75 000	975 000
511	Béton de fondation QF 350 au ciment spécial fondations	m ³		250 000	-
512	Béton de qualité Q 350 au ciment CPA 350	m ³		200 000	-
517	Armatures à haute adhérence	kg	15 379	1 000	15 379 130
518	Badigeonnage des parements enterr	m ²		2 000	-
524	Corniches préfabriquées	ml	50	50 000	2 500 000
525	Garde-corps de type S7	ml	36	12 000	432 000
526	total béton Q350 de l'OA	m ³	220	75 000	16 477 500

DQE (DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF)

		u			-
TOTAL SECTION 500 : OUVRAGES D'ART					46 523 630
SECTION 600 : SIGNALISATION					
601	Confection de bandes blanches	ml	14 106	1 500	21 159 000
602	Marquage au sol d'îlots et de flèche	u		2 000	-
603	Fourniture, transport et pose de panneaux de signalisation	F	1		-
603a	Panneau triangulaire type A ou AB	u		60 000	-
603b	Panneau circulaire type B	u	4	60 000	240 000
603c	Panneau "STOP" type AB4	u		70 000	-
603e	Pannonceaux pour panneaux A, Ab, B ou AB4	u		0	-
603f	panneaux de localisation type EB10/20	u	6	80 000	480 000
605	Balise de virages dangereux	u	2	15 000	30 000
607	Portiques de présignalisation	u			-
608	Bornes kilométriques	u	16	20 000	320 000
609	Glissières de sécurité métalliques	ml		30 000	-
TOTAL SECTION 600 : SIGNALISATION					22 229 000
SECTION 700 : PRESTATIONS ENVIRONNEMENTALES					
701	Réhabilitation des zones d'emprunts	F	1	7 735 000	7 735 000
702	Dédomagement des personnes déguerpies	F			
703	Mésures de compensation environnementales	F			
706	Stabilisation à la terre végétale des zones de dépôt	F	1	1 200 000	1 200 000
TOTAL SECTION 700 : PRESTATIONS ENVIRONNEMENTALES					22 579 000
MONTANT TOTAL HORS TVA EN FCFA					8 097 286 130
TVA AU TAUX DE 18%					1 457 511 503
MONTANT TOTAL TOUTES TAXES COMPRISES					9 554 797 633

Annexe 12: Plan détaillé du dalot



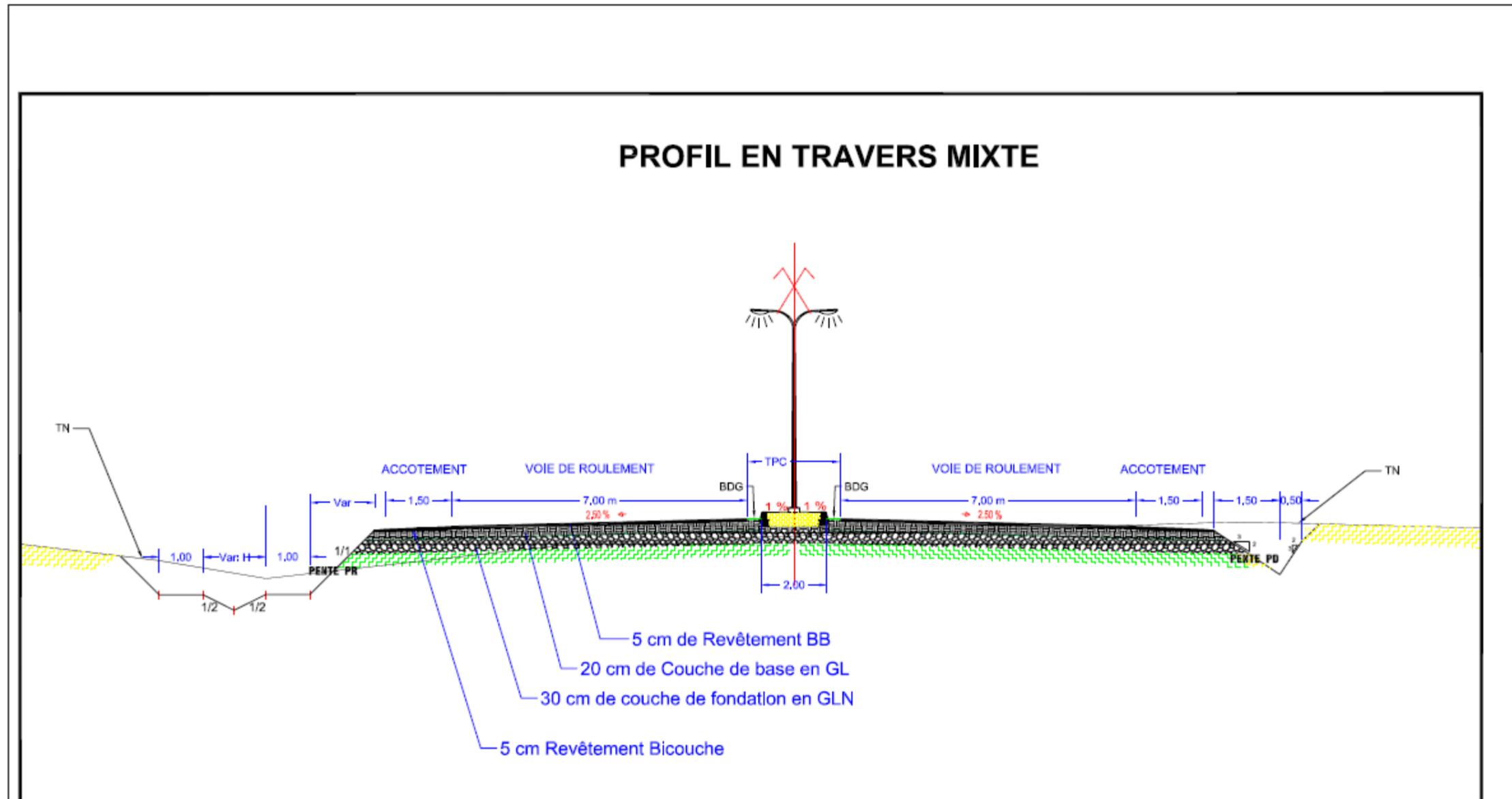
KANAZUE Mahamoudou
Master 2
Génie civil

Plan détaillé du dalot cadre sur l'axe principal menant à l'aéroport de DONSIN au PK 14+680

Plan de coffrage: Dalot 4x400x200

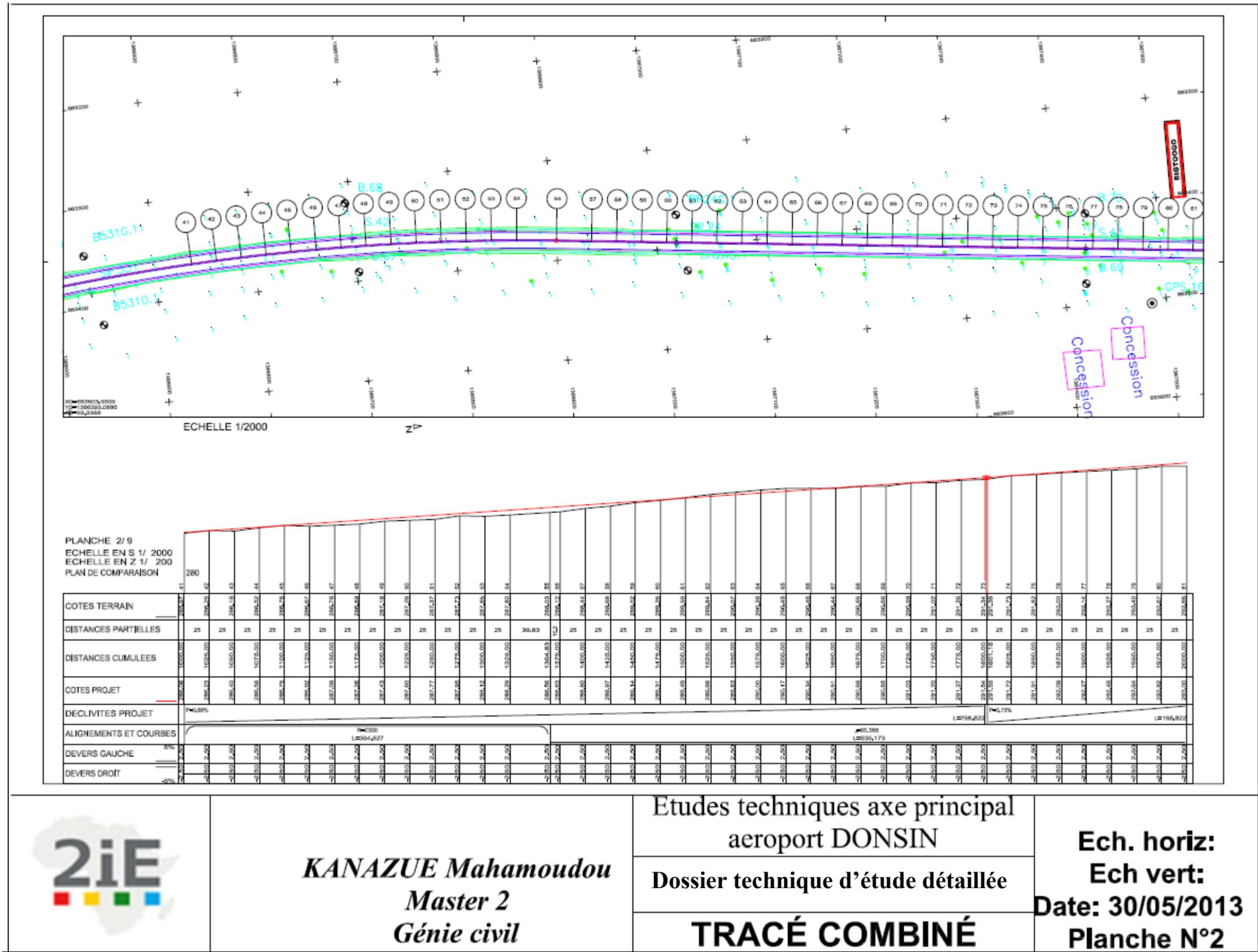
Ech.: Variable
Date: Mai 2013

Annexe 13: Profil en travers mixte de l'accès principal



	KANAZUE Mahamoudou <i>Master 2</i> <i>Génie civil</i>	Etudes techniques axe principal aéroport DONSIN	Ech: 1/100
		Dossier technique d'étude détaillée PROFIL MIXTE	Date: Mai 2013

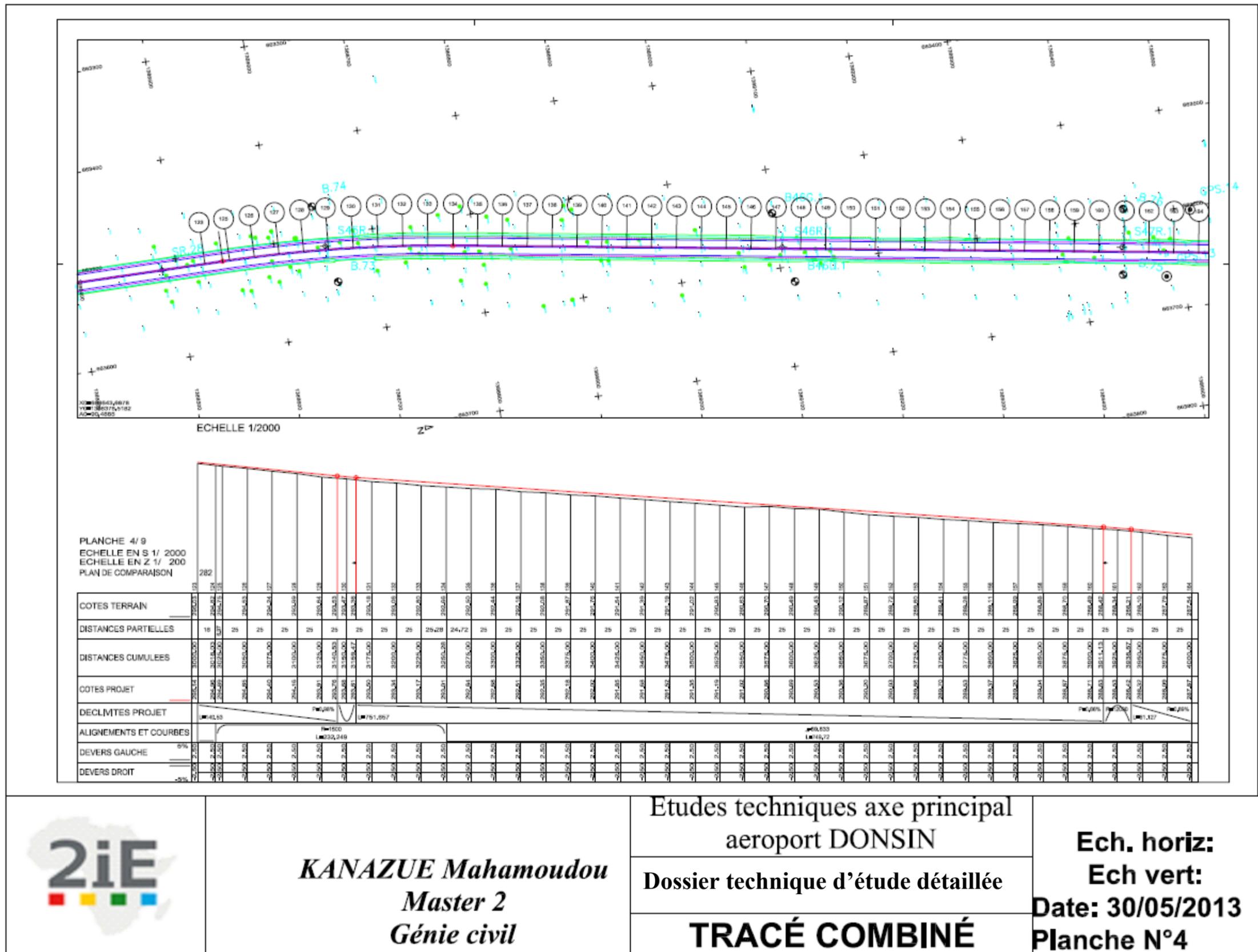
Annexe 14: TRACES COMBINE

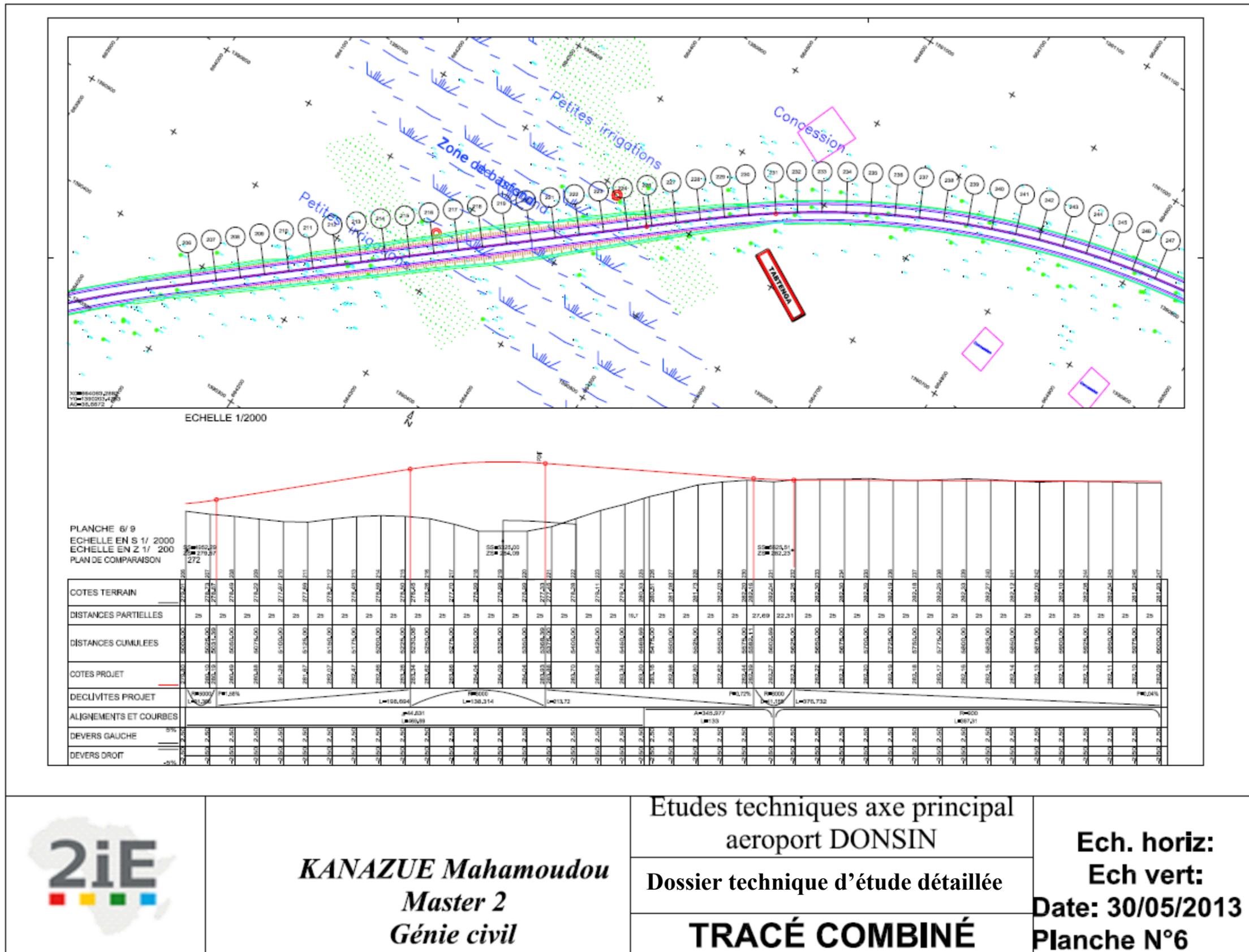


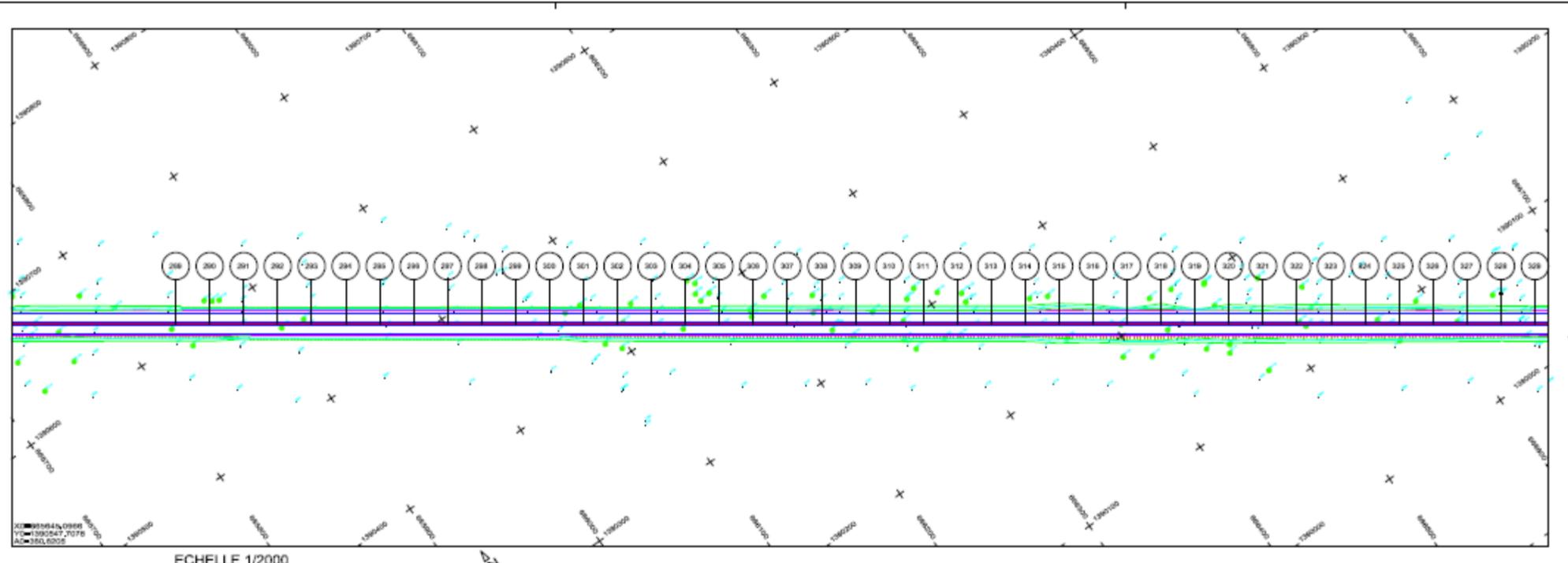
KANAZUE Mahamoudou
 Master 2
 Génie civil

Etudes techniques axe principal
 aéroport DON SIN
 Dossier technique d'étude détaillée
TRACÉ COMBINÉ

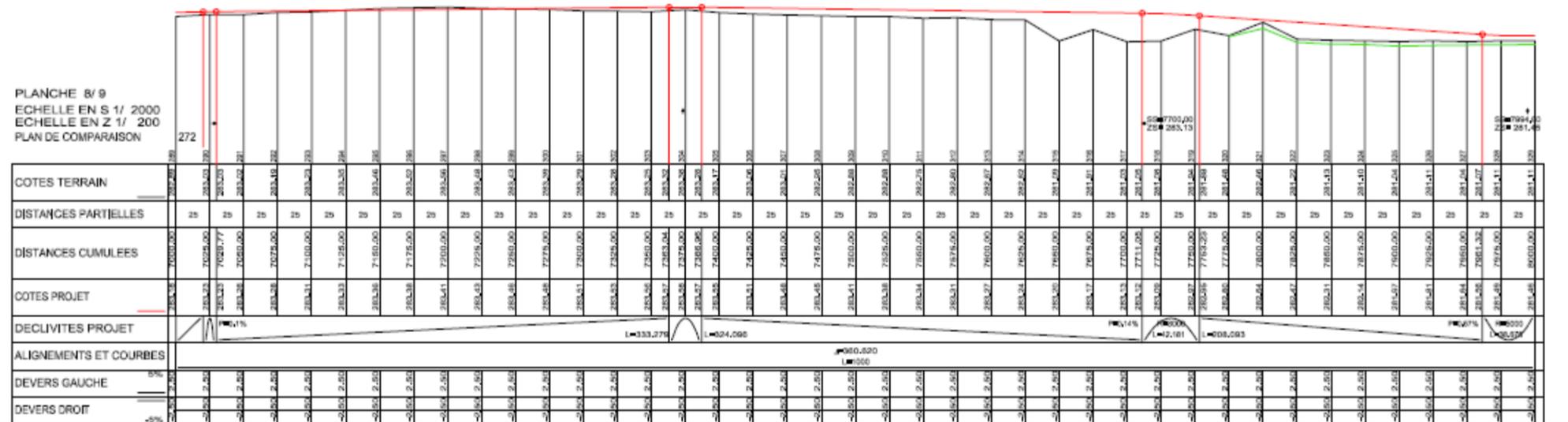
Ech. horiz:
 Ech vert:
 Date: 30/05/2013
 Planche N°2







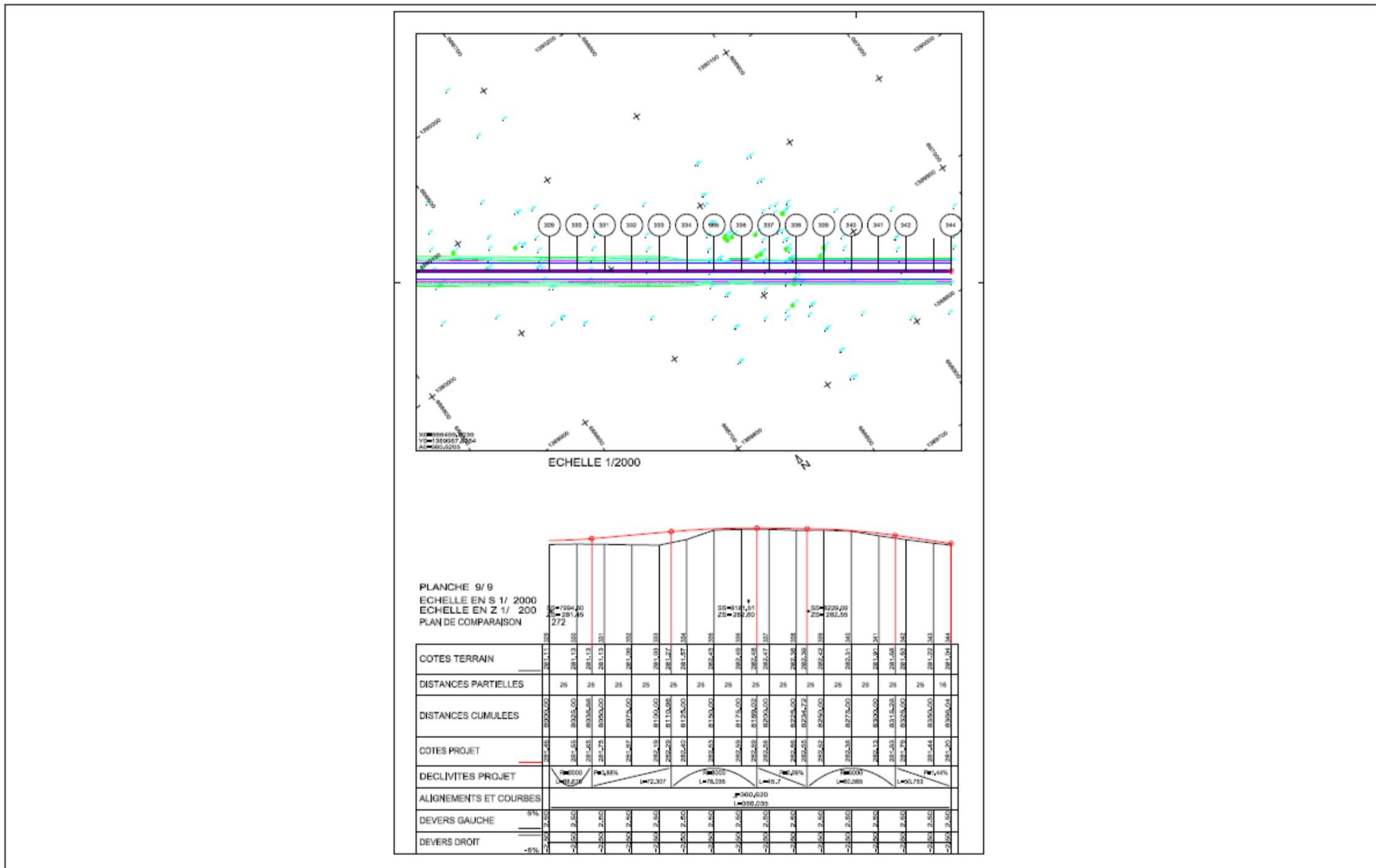
ECHELLE 1/2000



KANAZUE Mahamoudou
 Master 2
 Génie civil

Etudes techniques axe principal
 aéroport DON SIN
 Dossier technique d'étude détaillée
TRACÉ COMBINÉ

Ech. horiz:
 Ech vert:
 Date: 30/05/2013
 Planche N°8



KANAZUE Mahamoudou
Master 2
Génie civil

Etudes techniques axe principal
aeroport DON SIN

Dossier technique d'étude détaillée

TRACÉ COMBINÉ

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 30/05/2013
Planche N°9