



**ÉTUDES TECHNIQUES ET ÉTUDES D'AMÉNAGEMENT DE LA VOIE EXPRESS
(9,580km) RELIANT L'AÉROPORT DIORI HAMANI AU CENTRE-VILLE DE
NIAMEY**

**MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER**

**SPÉCIALITÉ : GÉNIE CIVIL HYDRAULIQUE
OPTION : ROUTES ET OUVRAGES D'ART**

Présenté et soutenu publiquement le 11 janvier 2019 par

Aghaly BAZO NAFEROU (n° 20120426)

**Directeur de mémoire : Dr Abdou LAWANE Chef de Département Génie Civil et
Hydraulique**

Encadrant 2iE : Moussa LO Enseignant chercheur à 2iE

**Maître de stage : Soumaïla MOUNKAÏLA, Ingénieur principal des travaux publics au
ministère de l'Équipement du Niger.**

Structure d'accueil : Ministère de l'Équipement /Direction Générale des Grands Travaux/
Direction des Études techniques

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Abdou LAWANE GANA

Membres et correcteurs : Césaire HEMA
Philbert NSHIMYMANA
Moussa LO

Promotion [2017/2018]

DEDICACES

Nous dédions ce modeste travail aux grandes familles **NAFEROU** et **GADJAL**, familles respectives de notre père **Bazo NAFEROU** et notre mère **Mimma GADJAL**. **En particulier nos dédicaces vont :**

- À notre **mère**, pour son amour inestimable, son soutien plus lourd que les océans, sa foi en nous et surtout ses prières plus importantes que tout.
- À notre **père**, notre modèle, le forgeron de notre vie et le feu de notre réussite pour tout le sacrifice qu'il a dû faire pour nous.
- À tous nos **frères** et **sœurs** qui ont toujours été nos appuis et nos sources d'inspiration.
- Et enfin, à tous nos **amis** et **proches parents** qui nous ont soutenus durant ce parcours. Qu'Allah vous bénisse et vous récompense par un bien encore plus grand !!!

REMERCIEMENTS

À ALLAH le tout miséricordieux, le très miséricordieux, seigneur de l'univers, reviennent nos remerciements pour sa miséricorde et ses bienfaits.

Nous remercions tous les professeurs, enseignants et instituteurs qui nous ont formés tout au long de notre parcours, et toutes les personnes qui de près ou de loin ont amené un complément dans cette formation. Enfin nous saisissons l'occasion pour remercier en particulier ces personnes dont les efforts conjugués nous ont permis d'effectuer ce modeste travail :

- Le Directeur Général de la Fondation 2iE, Prof. Mady KOUANDA
- Dr Abdou LAWANE, chef du département Génie Civil et Hydraulique à 2iE,
- M. Moussa LO, Enseignant chercheur à 2iE et encadreur pédagogique interne,
- Mr Mafaki MAHAMADOU Directeur des Études techniques au Ministère de l'Équipement du Niger,
- M. Soumaïla MOUNKAÏLA Chef de Division Études techniques au Ministère de l'Équipement du Niger et encadreur externe,
- Les Camarades-amis de la promotion 2012-2018.

RESUME

Le projet d'aménagement de la voie express tout comme celui de l'échangeur Diori Hamani, ou du troisième pont, rentre dans le cadre du programme renaissance acte II des autorités de la 7^e République. Ces projets ont été identifiés corrélativement à ceux destinés à faire de la ville de Niamey, une vitrine, véritable exemple d'urbanisation concertée et en adéquation total avec les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Longue de 9,58km, la voie express est présentée comme une voie rapide urbaine (VRU) de type « U80 » du PK0+000 (Accès aéroport) jusqu'au PK6+244 (rond-point des armées) et « U60 » du PK6+244 au PK9+580 (rond-point justice). Au terme de cette étude qui porte sur la proposition d'une variante de la voie, il a été retenu certaines caractéristiques clés.

Dans sa composition structurale, la voie express est présentée en deux tronçons de structures différentes. Pour ce qui est de sa conception géométrique, elle est de type 2 * 2voies du début à la fin du projet appuyée dans les zones de fort échange avec le tissu urbain, de deux contre-allées de type chaussées bidirectionnelles de part et d'autre de la VRU. Le caractère urbain de la voie express a présenté des contraintes tant dans la conception que dans le dimensionnement. Néanmoins, la situation de la zone de projet a facilité l'assainissement de la route qui ne comporte que deux caniveaux de part et d'autre pour l'évacuation des eaux pluviales issues de la chaussée et 8 dalots conçus pour le franchissement de ces eaux. Le seul cours d'eau qui coupe la voie express est le Gountou Yéna principal affluent du fleuve Niger pour lequel un dalot spécial 1 * 3 * 3 a été dimensionné.

Pour la sécurité, il a été proposé une signalisation et un éclairage efficace de la VRU, aussi des obstacles, causes de beaucoup d'accidents ont été supprimé du tracé de la voie.

Enfin, vu l'importance des impacts que la voie aura sur l'environnement biophysique et humain, une Étude d'Impact Environnemental et Social a été menée pour prendre des mesures d'atténuation et préserver au maximum l'environnement. L'estimation du coût global du projet a donné un total de : **13 733 851 560 FCFA.**

Mots Clés :

-
- 1 - Chaussée
 - 2 - Conception
 - 3 - Dimensionnement
 - 4 - Variante
 - 5 - Voie Express

ABSTRACT

The project of construction of the express way as the one of the intersection Diori Hamani, or of the third bridge, bring in the setting of the program rebirth 2nd act of the authorities of 7th Republic. These projects have been identified correlatively to those destined to make of the city of Niamey, a window, real concerted urbanization example and in total adequacy with the Objectives of the Millennium for the Development (OMD). Long of 9,58 km, the express way is presented like an urban fast way (UFW) of U80 type from PK0+000 (Access airport) to PK6+244 (traffic circle of the armies) and U60 from PK6+244 to PK9+580 (traffic circle justice). To the terms of this survey that carries on the proposition of a variant of the way, it has been kept some key features.

In its structural composition, the express way is presented in two different structure sections. Regarding the geometric design of the structure, it is of type 2*2 ways from the beginning to the end of the project pushed in the zones of strong exchange with the urban clothing, of two counter-alleys of the type bidirectional roadway on both sides of the UFW. The urban character of the express way presented some constraints so much in the design that in sizing.

Nevertheless, the localization of the project site facilitated the purification of the road that only includes on all sides two gutters for the evacuation of the pluvial waters descended of the pavement and 8 scuppers conceived for the clearing of these waters. The only river that cuts the express way is the Gountou Yéna, main flow from the Niger stream, for which a special scupper has been proportioned.

For the security, it has been proposed an efficient signaling and lighting of the VRU, also some obstacles, reasons of a lot of accident have been suppressed of the tracing of the way.

Finally, seen the importance of the impacts that the way will have on the biophysical and human environment, a Survey of Environmental and Social impact has been led to take measures of attenuation and to preserve to the maximum the environment. The evaluation of the global cost of the project gave a total of: **13 733 851 560 FCFA.**

Key words:

-
- 1 - Design**
 - 2 – Express way**
 - 3 - Roadway**
 - 4 - Sizing**
 - 5 – Variant**

LISTE DES ABREVIATIONS

- BA** : Béton Armé
- BAEL** : Béton Armé aux États Limites
- BCEAOM** : Bureau Central d l'Etude Pour l'Afrique et l'Outre-Mer
- BEEEI** : Bureau d'Évaluation Environnementale et des Études d'Impacts
- BV** : Bassin Versant
- CAM** : Coefficient d'Agressivité Moyenne
- CBR** : Californian Bearing Ratio
- CEBTP** : Centre Expérimentale de Recherche et d'Études du Bâtiment et des Travaux
Publics
- CIEH** : Comité Interafricain d'Études Hydraulique
- DGGT** : Direction Générale des Grands Travaux
- EIES** : Étude d'Impact Environnemental et Social
- ELS** : État Limite de Service
- ELU** : Etat Limite Ultime
- GPDCPT** : Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées dans les Pays Tropicaux
- ICTAVRU** : Instruction sur les Conditions techniques pour l'Aménagement des Voies
Rapides Urbaines
- INS** : Institut National de la Statistique
- LCPC** : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
- NEE** : Nombre d'Essieux Équivalents
- ORSTOM** : Office de Recherche Scientifique et Techniques Outre-Mer
- PICF** : Pont Inférieur à Cadre Fermé
- PK** : Point Kilométrique
- PL** : Véhicules Poids Lourds
- PTAC** : Poids Total à Charge
- RGP/H** : Recensement Général de la population et de l'Habitat
Tropicaux
- SETRA** : Service d'Études techniques des Routes et Autoroutes
- TPC** : Terre-plein central
- VRU** : Voie Rapide Urbaine

SOMMAIRE

Dédicaces.....	3
Remerciements	4
Résumé.....	5
ABSTRACT.....	6
liste des abréviations.....	7
Sommaire	1
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES	4
I. Introduction.....	5
II. Objectifs et plan de travail.....	6
III. Matériels et Méthodes	7
CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET.....	7
1) La voie express et son environnement :.....	7
2) La région de Niamey :.....	11
CHAPITRE 2 : CONCEPTION GÉOMÉTRIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA VOIE EXPRESS.....	12
1. Étude de trafic :.....	12
2. Normes d'aménagement et Caractéristiques géométriques de la Voie express :.....	19
3. Dimensionnement de la structure de la chaussée :.....	25
CHAPITRE 3 : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DE L'ASSAINISSEMENT ROUTIER DE LA VOIE.....	36
1) Étude des ouvrages d'assainissement existant.....	36
2) Étude hydrologique de la zone de projet.....	37
3) Dimensionnement des ouvrages d'assainissement.....	46
CHAPITRE 4 : SÉCURITÉ, SIGNALISATION ET ÉCLAIRAGE DE LA VOIE.....	52
1. La sécurité.....	52

2.	La signalisation.....	52
3.	Éclairage de la voie express	57
4.	Étude d'impact environnementale et social	58
CHAPITRE 5 : DEVIS ESTIMATIF DU COÛT DU PROJET		59
A.	Avant-métré	59
1.	Le terrassement + Revêtement.....	59
2.	Ouvrages Assainissement	59
3.	Signalisation et éclairage	60
4.	Coût de l'étude d'Impact environnemental et social.....	61
B.	Coût global Prévisionnel du projet	61
IV.	<i>Résultats et discussion</i>	62
1.	Résultats généraux de l'étude.....	62
2.	Analyse comparative des résultats avec ceux de la variante retenue.....	63
V.	<i>Conclusion</i>	66
VI.	<i>recommandations</i>	68
VII.	<i>Annexes</i>	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nomenclature de différents postes de comptage.....	12
Tableau 2 : Coefficients de saisonnalités	13
Tableau 3 : TMJA par poste et par sens	14
Tableau 4 : Les différentes classes de trafic selon CEBTP	15
Tableau 5 : Classe de trafic.	17
Tableau 6 : Correspondance des véhicules en UVP.....	18
Tableau 7 : valeurs limites du tracé en plan	20
Tableau 8 : Valeurs minimales.....	20
Tableau 9 : Synthèse des solutions de renforcement.....	25
Tableau 10 : Classification de sol selon le CEBTP.....	27
Tableau 11 : Module de Young des couches.....	30
Tableau 12 : Coefficients K	31
Tableau 13 : Contrainte admissible du sol support	32
Tableau 14 : Déformation verticale admissible au niveau du sol support	32
Tableau 15 : Déformation admissible au niveau des couches d'assise.	33
Tableau 16 : charges réelles appliquées aux structures.....	33
Tableau 17 : structures provisoires.....	33
Tableau 18 : Structures proposées.....	34
Tableau 19 : Structures définitives du dimensionnement	34
Tableau 20 : vérifications des sollicitations	35
Tableau 21 : Caniveaux existants.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 22 : Caractéristiques physiques du bassin versant.....	40
Tableau 23 : Équations donnant K_{r10} en fonction de la géologie et de la précipitation annuelle	44
Tableau 24 : Calcul du débit de pointe décennal	46
Tableau 25 : Récapitulatif des différents coûts du projet.....	61

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site du projet (Google Earth, 2018).....	9
Figure 2 : Dimensionnement des voies	21
Figure 3 : Représentation altimétrique de la zone de projet (Global Mapper).....	37
Figure 4 : Quelques accidents causés par la voie ferrée (source Facebook).	64
Figure 5 : L'utilisation inappropriée de la voie ferrée (source Facebook).	64

I. INTRODUCTION

Durant les deux dernières décennies, le Niger a connu une stabilité sociopolitique qui a favorisé le développement des activités économiques et la création d'opportunités notamment autour de la capitale Niamey. Ce développement économique plutôt positif et la forte croissance démographique de la population ont entraîné une urbanisation accélérée de la ville. D'où un besoin urgent d'infrastructures adaptées pour une mobilité et un assainissement réussi.

Ce processus de croissance urbaine engendre des impacts sur l'environnement urbain de la capitale, particulièrement en matière de mobilité. Ce qui nécessite la mise en place d'infrastructures et de services à la hauteur des attentes pour une population estimée à plus de 1 026 848 habitants (INS, 2012). Dans la perspective de remédier à ce problème, les autorités de la 7^e république, par leur programme de renaissance, ont initié un ensemble de projets sur plusieurs axes prioritaires. Ces projets ont été identifiés corrélativement à ceux destinés à faire de la ville de Niamey, une vitrine, véritable exemple d'urbanisation concertée. Dans le domaine des infrastructures, le projet prévoit la mise en place d'ouvrages d'art contemporains devant permettre de donner à la capitale Niamey, une allure de ville coquette. Malgré l'existence des nombreux voies et échangeurs, le trafic routier ne permet pas véritablement de désengorger les interminables « bouchons » de l'entrée de la ville (bienvenue) jusqu'au carrefour du Rond-point 6e, ce qui impact la fluidité du trafic au niveau du carrefour du grand marché, du rond-point wadata et du carrefour du commissariat central.

Le Ministère de l'Équipement a élaboré et mis en place le projet de construction d'une voie express qui reliera l'aéroport international Diori Hamani au centre-ville en passant par le rond-point 6^e, le carrefour du Grand marché, le rond-point Maourey et enfin le rond-point Justice. Cette voie de type autoroute permettra de fluidifier le trafic présent et futur, de répondre aux exigences de modernisation et d'embellissement de la capitale et aussi de préparer la ville à accueillir la Conférence de l'Union Africaine en juin 2019.

II. OBJECTIFS ET PLAN DE TRAVAIL

Dans cette partie il sera question de fixer les objectifs généraux et spécifiques du travail et aussi annoncer le plan méthodologique de l'étude.

Objectif global :

L'objectif général visé dans ce travail est l'étude technique et étude d'aménagement en vue de proposer une variante de la voie express.

Objectifs spécifiques :

Afin d'atteindre l'objectif global cité ci-haut, il sera fixé des objectifs spécifiques suivant un ordonnancement technique. Dans cette étude nous avons cinq objectifs spécifiques à atteindre :

- Détermination du débit et de la classe du trafic
- La conception géométrique et le dimensionnement structural de la voie,
- Le dimensionnement des ouvrages d'assainissement de la voie,

Plan de travail :

Notre travail sera structuré comme suit :

Toute l'étude sera faite dans la partie III Matériels et méthodes, et chaque objectif spécifique fera l'objet d'un chapitre. Ainsi nous auront :

- CHAPITRE I : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET,
- CHAPITRE II : CONCEPTION GÉOMÉTRIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA VOIE,
- CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT DE LA VOIE,
- CHAPITRE IV : SÉCURITÉ, SIGNALISATION, ÉCLAIRAGE ET ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL DE LA VOIE
- CHAPITRE V : ESTIMATION DU COÛT DU PROJET.

Dans la partie IV, nous présenterons les résultats avec une discussion à l'appui et pour finir dans la partie V une conclusion et les éventuelles recommandations.

III. MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

Introduction :

Ce chapitre portera sur la présentation globale du projet, son importance et sa localisation géographique.

1) La voie express et son environnement :

Direction Générale des Grands Travaux : (Structure d'Accueil)

La DGGT est la Direction Générale du ministère de l'Équipement du Niger chargée de la gestion des grands travaux. Paire avec la DGER qui est la Direction Générale de l'Entretien Routier, les principales tâches de la DGGT consistent en :

- L'élaboration des projets de construction des infrastructures routières, ferroviaires ou maritimes sur tout le territoire du pays ;
- Les passations des marchés pour les études, exécutions et suivis et contrôle des travaux ;
- Les Réceptions provisoires et finales des ouvrages ou portion des ouvrages ;

De par ses multiples directions (Direction des Études techniques...), elle assure le rôle de maître d'ouvrage ou maître d'œuvre dans tous les projets de l'État. Sous la tutelle du Directeur des études techniques, nous allons dans le cadre du projet de construction de la voie express, proposer une variante d'études techniques et études d'aménagement de ladite voie express reliant l'aéroport Diori Hamani au centre-ville de Niamey.

1.A. Description et justification du projet :

L'extension de la surface urbanisée de la ville de Niamey en moins de quarante ans a fait évoluer la population vivant dans la ville et autour de la ville. En effet, la consommation annuelle moyenne de l'espace a été de 500 hectares sous forme de lotissements sur les dix dernières années pendant que la ville de Niamey abrite actuellement plus de 40% de la population urbaine du pays (Audit urbain de Niamey, 2007).

Ce processus de croissance urbaine engendre des impacts sur l'environnement urbain de la capitale, particulièrement en matière d'assainissement. En effet, avec l'insuffisance du dispositif de drainage des eaux pluviales et de lutte contre l'érosion, il est enregistré chaque année, des inondations qui détruisent des infrastructures collectives et des habitations dans certains quartiers de la Ville de Niamey. À cela vient s'ajouter le faible niveau d'infrastructures et d'accès aux services, particulièrement en matière de mobilité. Ce déficit contribue à rendre plus précaires les conditions de vie et d'habitat des populations de Niamey qui vivent au quotidien une multitude de problèmes parmi lesquelles des embouteillages monstres, qu'il faille traiter rapidement, eu égard aux prévisions de hausse importante du trafic induit par les perspectives de croissance du pays.

En ce sens, le présent projet d'aménagement du tronçon Aéroport-Rond-point 6e ; Rond-point 6e carrefour du Grand-Marché et Grand-Marché -Rond-point justice en passant par la place Maourey, avec la construction des ouvrages d'art échangeurs, va contribuer à fluidifier la circulation dans la capitale et lui donner un visage d'une ville moderne. Ce projet consistera ainsi à construire une voie expresse de type Voie Rapide Urbaine, du PK0+000 (sortie de l'aéroport Diori Hamani) jusqu'au PK9+580 (rond-point justice).

1.B. Localisation du site :

La voie express longue de 9,580 km commence de la sortie de l'aéroport international Diori Hamani (PK0+000) pour terminer en plein centre-ville à la place de la république (PK9+580) en passant par le rond-point 6e, le Grand marché et la place Maourey.

La figure1 présente avec plus de détails la situation globale du site et son implantation dans le tissu urbain.



Figure 1 : Localisation du site du projet (Google Earth, 2018).

1.C. Aspects physico-naturels

a. Relief et Sol :

Le plateau de la rive gauche et la plaine de la rive droite constituent les deux éléments fondamentaux du relief de la région de Niamey. L'altitude moyenne du plateau de la rive gauche est de 250 m environ. Surplombant une dénivellation de 20 à 25 m, ce plateau occupe le plus grand espace urbanisé. On distingue trois types de sols :

- Les sols des plateaux cuirassés, qui sont très dégradés et n'offrent aucune possibilité agricole du fait de leur profondeur et de leur perméabilité et surtout de leur extrême aridité.
- Les sols à texture sableuse incluant les sols ferrugineux tropicaux des vallées sablonneuses.
- Les sols hydromorphes localisés dans la vallée du fleuve Niger. Ils sont réservés aux cultures de contre saison et abritent la plupart des vergers de la capitale en raison de leur fertilité et des possibilités d'irrigation qu'offre le fleuve (Monographie de Niamey 2016).

Pour les besoins des travaux, les matériaux vont provenir des carrières déjà en exploitation autour de la ville de Niamey.

b. Climat et Pluviométrie :

La région de Niamey bénéficie d'un climat sahélo-soudanien caractérisé par une courte saison de pluie (juin à septembre) et une longue saison sèche (octobre à mai). Par exemple en 2012, Niamey a enregistré 645,8 mm de pluie, avec une température moyenne des minimums de 23,7 °C et une moyenne des maximums de 36,8 °C.

On distingue aussi deux types de vent :

- L'harmattan, qui est un vent chaud et sec et qui souffle du nord au sud et
- La mousson, qui est un vent humide soufflant d'est en ouest.

Ces dernières années, on assiste à des vents violents en début et à la fin de la saison des pluies souvent assimilées à des tempêtes de sable. Lorsque ces vents violents surviennent lors des travaux, l'atmosphère locale pourrait être perturbée.

c. Faune et Flore :

La région de Niamey dispose comme faune des petits gibiers (écureuils, oiseaux, pintades et poissons), quelques reptiles (caïmans, serpents), des hippopotames et des animaux sauvages en captivité au musée national Boubou Hama et chez des particuliers. Quant au gros gibier, il a pratiquement disparu du fait de la dégradation de son habitat et du braconnage.

La présence du fleuve et des mares fait de la région de Niamey l'une des zones les plus riches en ressources halieutiques. Le fleuve Niger regorge comme espèces aquatiques : hippopotames, crocodiles, les canards sauvages et les poissons, etc.

En ce qui concerne les ressources forestières, malgré l'absence de forêts naturelles, on constate assez aisément que la région de Niamey dispose d'un potentiel appréciable de végétation. S'illustre par un important peuplement artificiel dans la ville constituée par la ceinture verte qui s'étend sur 2 201 ha et la flore naturelle le long du fleuve, des Koris et sur les plateaux.

2) La région de Niamey :

2.1 Situation géographique :

La capitale du Niger Niamey, se situe dans la partie Sud-ouest du pays entre les latitudes 13°35' et 13°24' Sud et les longitudes 2° et 2°15' Est. Avec une altitude comprise entre 160 m et 250 m et des limites administratives qui s'étendent sur 552,27 km, elle est traversée du Nord-Ouest vers le Sud-est par le fleuve Niger sur une longueur de 15km. Cette ville qui ne comptait que 3 communes vers les années 70 est passée à 5 communes en englobant certains villages périphériques au cours des dernières décennies.

2.2 Évolution démographique

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2012, la région de Niamey compte 1 026 848 habitants. Cette population majoritairement urbaine représente 6% de la population du pays. L'indice synthétique de fécondité régional est de 5 enfants par femme contre 7,6 enfants pour la moyenne nationale et la densité moyenne régionale est de 4026,9 hab/km.

L'autre caractéristique de la population de la région de Niamey est son extrême jeunesse. En effet, 50% de la population sont des personnes âgées de 15 à 49 alors que les personnes âgées de plus de 65 ans représentent seulement 2,3%.

2.3 Activités économiques :

La région de Niamey est le chef-lieu des principales activités économiques du pays. Un des points positifs de l'extension de la ville est qu'elle a favorisé le développement du commerce interne et externe, de la pêche et de l'artisanat. L'agriculture quant à elle se limite la culture des rizières et jardins jalonnant le fleuve Niger. Notons qu'au cours de ces dernières décennies le pays a connu une hausse de la création d'entreprise qui est pour la plupart basée à la capitale.

CHAPITRE 2 : CONCEPTION GÉOMÉTRIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA VOIE EXPRESS

Introduction :

Dans ce chapitre nous procéderons à la conception géométrique de la voie express, et au dimensionnement de la structure de chaussée. Rappelons que notre étude porte sur une proposition de variante de la voie express, il sera donc présenté en III Résultats et Discussion, une analyse comparative entre la variante retenue pour l'exécution et la variante proposée.

1. Étude de trafic :

Le trafic est l'élément prépondérant dans la conception et le dimensionnement d'une route ; sa maîtrise permet de concevoir une géométrie adaptée aux besoins du trafic et une structure qui pourra assurer efficacement sa fonction pendant la durée de vie prévue pour la route.

1.1. Campagne de comptage :

Pour ce projet des enquêtes de comptage de trois jours sur dix postes stratégiques et par sens, ont été organisées et effectuées à la date du 12, 13 et 14 décembre 2017. Ces comptages ont été réalisés pour déterminer le trafic moyen journalier actuel de la voie. (Nomenclature des postes dans le tableau 1).

Tableau 1 : Nomenclature de différents postes de comptage.

N°	Emplacement	sens
Poste 1	Aéroport international Diori Hamani	Sens 1 : vers Centre-ville
		Sens 2 : vers aéroport
Poste 2	Croisement avec Boulevard Mali Béro (juste après le carrefour)	Sens 1 : vers Carrefour des armées
		Sens 2 : vers aéroport
Poste 3	Carrefour des armées (juste avant le carrefour)	Sens 1 : vers le carrefour
		Sens 2 : vers aéroport
Poste 4	Carrefour des armées (juste après le carrefour)	Sens 1 : vers Grand Marché
		Sens 2 : vers aéroport
Poste 5	Place du Temple (rond-point église) - juste avant le carrefour	Sens 1 : vers Rond-point église
		Sens 2 : vers aéroport
Poste 6	Place du Temple (rond-point église) - juste après le carrefour	Sens 1 : vers Grand Marché
		Sens 2 : vers rond-point église
Poste 7	Grand Marché	Sens 1 : vers Place de Liberté
		Sens 2 : vers rond-point église
Poste 8	Début Avenue de Maoré	Sens 1 : vers Place Maoré
		Sens 2 : vers Grand Marché
Poste 9	Début Avenue de Maoré - juste après la Place Maoré	Sens 1 : vers rond-point Justice
		Sens 2 : vers Place Maoré
Poste 10	Place de la République (Rond-point Justice)	Sens 1 : vers rond-point Justice
		Sens 2 : vers Place Maoré

Les campagnes de comptage nous ont permis d'obtenir les trafics moyens journaliers (TMJ) au mois de décembre. La Direction Générales des Grands Travaux (DGGT) a déterminé des coefficients de saisonnalité à appliquer aux trafics moyens journaliers pour obtenir les trafics moyens journaliers

annuels (TMJA).

Ainsi les TMJA ont été obtenus en divisant les TMJ ($TMJ_{\text{comptage}} + TMJ_{\text{induit}} + TMJ_{\text{dévies}}$) par le coefficient de saisonnalité relatif au mois de comptage (décembre).

Tableau 2 : Coefficients de saisonnalités

Mois	Coefficient	Mois	Coefficient
Janvier	1,05	Juillet	0,96
Février	1,01	Août	0,99
Mars	1,07	Septembre	0,88
Avril	1,14	Octobre	0,96
Mai	1,09	Novembre	1,14
Juin	1,04	Décembre	1,17

(INS, 2012)

Le tableau 3 présente les trafics moyens journaliers annuels avec la prise en compte des trafics déviés et induits :

Le trafic normal (Comptage) : il correspond au trafic utilisant la route avant et après son aménagement. Son accroissement tient compte de l'évolution de l'environnement économique et social escomptée.

Le trafic dévié ou détourné : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et qui, sans cet investissement, emprunterait d'autres routes ayant la même destination, ou d'autres modes de transports (chemin de fer, voie d'eau ...) sur le même itinéraire.

Le trafic induit : Il s'agit du trafic de marchandises ou de déplacement de personnes généré par les facilités offertes par le nouvel aménagement routier alors qu'ils ne s'effectuaient pas jusqu'à présent en raison de la mauvaise qualité ou du coût trop élevé du transport.

Le tableau 3 ci-dessous nous présente les trafics moyens journaliers annuels par sens et par poste après pondération avec le coefficient de saisonnalité.

Tableau 3 : TMJA par poste et par sens

N° catégorie	Type	Sens	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
1	Véhicule particulier / Taxi	Sens 1	3 667	3 897	6 573	4 919	9 337	5 340	3 873	3 364	2 167	3 457
		Sens 2	3 167	3 363	4 862	3 793	8 223	4 398	3 519	3 421	3 205	4 294
2	Véh- tout terrain 4x4	Sens 1	1 982	1 751	2 861	1 047	985	990	476	343	500	1 418
		Sens 2	1 657	1 436	2 784	786	1 555	1 069	477	294	429	1 772
	Camionnettes<5t	Sens 1	618	288	442	377	145	134	53	156	37	65
		Sens 2	613	215	303	239	177	127	79	81	68	68
	Minibus<5t	Sens 1	1 087	686	1 978	1 465	1 485	1 365	236	121	94	89
		Sens 2	936	1 337	1 161	1 033	1 731	1 358	262	115	186	104
3	Bus (Rimbo,,)/Cars	Sens 1	50	102	70	18	15	2	16	0	6	20
		Sens 2	46	44	31	57	15	4	4	1	1	27
4	camions 2 essieux	Sens 1	150	79	124	80	65	33	10	15	3	8
		Sens 2	80	71	70	41	28	40	10	6	0	10
	camions 3 essieux	Sens 1	111	121	147	52	20	18	9	2	2	4
		Sens 2	45	66	2	21	13	11	5	2	8	6
5	Citernes et Ensembles articulés	Sens 1	240	282	118	75	35	19	0	0	0	12
		Sens 2	163	138	87	38	27	18	1	0	0	6

1.2. Classe de trafic :

La détermination de la classe de trafic se fera suivant la méthode CEBTP. Les véhicules légers (véhicules particuliers/taxi, véhicules tout terrain 4*4, Mini-Bus<5t, camionnettes<5t) sont considérés à faible influence sur la structure et négligés, seuls les poids lourds (PTAC>5t) seront considérés dans la détermination de la classe de trafic.

Le tableau4 suivant montre la classification des trafics selon le CEBTP :

Tableau 4 : Les différentes classes de trafic selon CEBTP

Trafic en essieux équivalents de 13 T suivant la classification CEBTP				
		T1	<	5,00. 10 ⁵
5,00. 10 ⁵	<	T2	<	1,50. 10 ⁶
1,50. 10 ⁶	<	T3	<	4,00. 10 ⁶
4,00. 10 ⁶	<	T4	<	1,00. 10 ⁷
1,00. 10 ⁷	<	T5	<	2,00. 10 ⁷

(GPDCPT, 1980)

En considérant une croissance exponentielle du trafic, le Trafic Moyen Journalier Annuel (année n) est donné par :

(F) 1

$$T_n = T_0 \times (1 + i)^{n-1}$$

Le trafic total cumulé en nombre de poids lourds est donné par :

(F) 2

$$N_{PL} = 365 \times T_1 \times \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Avec

N_{PL} = trafic total cumulé en nombre de poids lourds

T_1 = trafic moyen journalier de la première année (année de mise en service)

T_0 = trafic moyen journalier de poids lourd à l'année du comptage

T_n = trafic journalier de l'année n

n = durée de vie de la route

i = taux de croissance annuel du trafic

Hypothèses à considérer :

Pour l'estimation du trafic de dimensionnement de la structure, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- ✓ Trafic TMJA en PL (PTAC>5t) à la mise en service de la route, soit en 2019 :
- ✓ Coefficient moyen d'agressivité (CAM) : 1,3
- ✓ Taux géométrique de croissance annuelle du trafic des PL : 5%
- ✓ Durée de vie de la chaussée réhabilitée : 20 ans

Le Nombre d'Essieux Équivalent de 13 tonnes est déterminé par la formule suivante :

(F) 3

$$NEE\ 13T = N_{PL} \times CAM$$

Avec : N_{PL} = nombre de poids lourd

CAM = Coefficient d'agressivité moyen

Pour la détermination de la classe de trafic, nous avons procédé étape par étape :

- Dans un premier temps, il a été déterminé pour chaque poste et par sens, le total des TMJA des véhicules de catégorie 3, 4 et 5 (PL/PTAC>5t), soit TMJA par sens de 2017 ;
- Ensuite, il a été projeté par la méthode de croissance exponentielle (F)1, le trafic à l'année de mise en service (2019),
- Puis par la formule (F)2, le trafic cumulé à l'horizon 2039,
- Et enfin par la formule (F)3, le Nombre d'Essieux Équivalent de 13tonnes **NEE 13T**.

Le choix de classe de trafic a été fait conformément au tableau3 qui présente la classification selon le CEBTP.

Le Tableau 5 montre les résultats de calcul jusqu'à la détermination de la classe de trafic.

Tableau 5 : Classe de trafic.

N° catégorie	Type	Sens	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
3	Bus (Rimbo,,,) / Cars	Sens 1	50	102	70	18	15	2	16	0	6	20
		Sens 2	46	44	31	57	15	4	4	1	1	27
4	camions 2 essieux	Sens 1	150	79	124	80	65	33	10	15	3	8
		Sens 2	80	71	70	41	28	40	10	6	0	10
	camions 3 essieux	Sens 1	111	121	147	52	20	18	9	2	2	4
		Sens 2	45	66	2	21	13	11	5	2	8	6
5	Citernes et Ensembles articulés	Sens 1	240	282	118	75	35	19	0	0	0	12
		Sens 2	163	138	87	38	27	18	1	0	0	6
TMJA sens 1 (2017)			551	584	459	225	135	72	35	17	11	44
TMJA sens 2 (2017)			334	319	190	157	83	73	20	9	9	49
TMJA sens 1 (2019)			607	644	506	248	149	79	39	19	12	49
TMJA sens 2 (2019)			368	352	209	173	92	80	22	10	10	54
Trafic cumulé à la fin 2039 sens1			7,3,E+06	7,8,E+06	6,1,E+06	3,0,E+06	1,8,E+06	9,6,E+05	4,7,E+05	2,3,E+05	1,5,E+05	5,9,E+05
Trafic cumulé à la fin 2039 sens2			4,4,E+06	4,2,E+06	2,5,E+06	2,1,E+06	1,1,E+06	9,7,E+05	2,7,E+05	1,2,E+05	1,2,E+05	6,5,E+05
NEE 13T sens 1			9,5E+06	1,0E+07	7,9E+06	3,9E+06	2,3E+06	1,2E+06	6,1E+05	2,9E+05	1,9E+05	7,6E+05
NEE 13T sens 2			5,8E+06	5,5E+06	3,3E+06	2,7E+06	1,4E+06	1,3E+06	3,5E+05	1,6E+05	1,6E+05	8,5E+05
Classe de trafic			T4			T3		T2		T1		T2
Classe de trafic définitive			T4			T3		T2				

Le choix de classe de trafic a été fait avec le NEE 13T du sens le plus chargé (tableau5 police rouge). En milieu urbain le trafic varie rapidement d'un tronçon à un autre et pour mieux apprécier cette variation sur tout le tronçon, nous avons déterminé la classe de trafic au niveau de chaque poste. Cela nous a permis de découper notre route en trois AXES de classes de trafic différentes et supposées homogènes.

- **AXE1** : Du poste1 (entrée de la ville) au poste 3 (juste avant le rond-point des armées), soit du Pk0+000 au Pk6+244, le trafic est de classe **T4**,
- **AXE2** : Du poste 4 (juste après le rond-point des armées) au poste 5 (avant le rond-point église), soit 7+571 au Pk8+440, il est de classe **T3**,
- **AXE3** : Et du poste 6 (après le rond-point église) au poste 10 (rond-point justice), soit Pk8+440 au Pk9+580, il est de classe **T2**.

1.3. Débit de trafic en UVP :

Le Débit de trafic est le Nombre de véhicules par unités de temps (en UVP/heure/jour)

$$Q = \frac{\text{Nbre véhicules}}{\text{Unité tmps}} = \frac{\text{UVP}}{\text{temps}}$$

Tous les débits s'expriment en unités de voiture particulières (UVP) dont la correspondance, en section courante, avec les différents types de véhicules est indiquée dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Correspondance des véhicules en UVP.

Types de véhicules	Équivalence en UVP
Cycle	0,5
Motocycle	1
VL ou PL (PTCA < 3,5 t)	1
PL (PTCA > 3,5 t)	2

(ICTAVRU, 2009)

$$\text{Débit horaire} = \frac{\text{UVP}}{h(\text{heure de pointe})}$$

- Véhicule particulier/Taxi = 1 UVP
- Véh tout terrain 4x4 = 1 UVP
- Camionnettes = 2 UVP
- Minibus = 2 UVP
- Camion 2 essieux = 2 UVP
- Camion 3 essieux = 2 UVP

D'après le rapport d'étude économique de la voie express, l'heure de pointe se situe entre 7h30 et 8h30 du matin. Et le nombre de véhicules par unité de voiture particulière par sens à l'heure de pointe est de : **2027uvp/sens**.

- $Q = \frac{UVP}{h}$ avec $h = 7h30 \text{ à } 8h30 = 1 \text{ unité}$
- $Q = \frac{2027}{1} = 2027 \text{ UVP/h/sens}$

Le débit horaire ainsi cherché est vaux : **$Q=2027\text{uvp/h/sens}$** .

2. Normes d'aménagement et Caractéristiques géométriques de la Voie express :

La conception géométrique d'une route répond toujours à un certain nombre de contraintes.

Dans ce projet, nous faisons face à des contraintes politiques d'une part et techniques d'autre part. Toutefois, dans cette étude portant sur une proposition de variante, nous avons pris la liberté de mettre en avant le respect des normes techniques et des règles de l'Art dans la conception et dimensionnement de notre Route.

2.A Normes d'aménagement :

La route est définie comme étant une voie expresse de type « U80 » du Pk0+000 (Accès aéroport) jusqu'au Pk6+244 (rond-point des armées).

Du Pk6+244 au Pk8+440(Grand Marché), la voie expresse est de type « U60 » compte tenu de la fréquence d'échange élevée entre la route et le tissu urbain.

Les aménagements adoptés doivent respectés les normes géométriques relatives au tracé en plan, au profil en long et au profil en travers indiquées dans le guide INSTRUCTION SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES D'AMÉNAGEMENT DES VOIES RAPIDES URBAINES (ICTARVU).

2.B Caractéristiques géométriques de la Voie express

Tracé en Plan :

Le tracé en plan est la vue de dessus d'une route. Il se caractérise par une succession de courbes et d'alignements droits séparés par des raccordements progressifs ou des raccordements circulaires. Les rayons du tracé en plans et les dévers associés en section courante sont choisis pour que, dans les conditions conventionnelles retenues, le véhicule ne soit pas conduit à mobiliser plus des deux tiers du frottement transversal mobilisable.

Sur les voies de type U, les courbes de faible rayon ne sont pas nécessairement déversées vers l'intérieur du virage ; ce sont les conditions d'évacuation des eaux qui sont déterminantes.

Les valeurs limites du tracé en plan sont dans le tableau suivant :

Tableau 7 : valeurs limites du tracé en plan

Catégorie	U 60	U 80
Rayon non déversé	200 m	400 m
Rayon minimal	120 m	240 m

(ICTAVRU, 2009)

Le tracé en Plan dessiné à l'aide du logiciel de conception routière Autopiste13 est donné dans l'ANNEXE I

Profil en long

Le profil en long est une coupe longitudinale de la route suivant son axe généralement situé au milieu de la chaussée. Il se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements circulaires ou paraboliques. Le tableau suivant montre les valeurs limites de déclivité moyenne et des rayons (en angle saillant et rentrant).

Tableau 8 : Valeurs minimales

Catégorie	U 60	U80
Déclivité moyenne p	6 %	6 %
Rayon normal en angle saillant	2 500 m	6 000 m
Rayon minimal en angle saillant	1 500 m	3 000 m
Rayon normal en angle rentrant	1 500 m	2 000 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m	1 000 m

(ICTAVRU, 2009)

L'ANNEXE II présente les profils en long des deux tronçons U80 et U60.

Profil en travers

Les profils en travers sont des coupes transversales perpendiculaires au profil en long. Ils se caractérisent par un ensemble de couches de matériaux juxtaposées ou superposées permettant de définir la géométrie de la voie et sa structure.

Nous allons proposer pour notre projet quatre types de profil en travers. Ce choix se justifie d'une part, par la fréquence d'échange de la voie avec le tissu urbain et d'autre part, par la largeur d'emprise disponible. Ainsi nous retenons les quatre axes suivants à profil constant :

AXE1 : de l'Aéroport au croisement avec l'Avenue Mali-Béro

AXE2 : du croisement avec l'Avenue Mali-Béro au Rond-point des armées

AXE3 : du Rond-point des armées au Grand marché,

AXE4 : du Grand marché au Rond-point Justice.

Sont retenus respectivement pour ces axes les Profils en travers type (1, 2, 3, et 4).

Détermination du nombre de voies :

Contrairement au tracé en plan et au profil en long dont la géométrie est liée à la vitesse de référence, le profil en travers d'une VRU a une géométrie fortement liée au débit de trafic à écouler. D'où la nécessité de déterminer le nombre de voies.

En I-3, nous avons déterminé le débit de trafic $Q=2027 \text{ uvp/h/sens}$.

L'étude des résultats du tableau 4 quant à elle nous a permis de déterminer, par la formule (F)1 de la croissance exponentielle, le TMJA par 2sens pour les postes les plus chargés de chaque axe à l'horizon 2039 (voir ANNEXE III). Soit :

- $\text{TMJA}_{\text{Axe1}} : 37682 \text{ Véh/j/2sens}$
- $\text{TMJA}_{\text{Axe2}} : 54615 \text{ Véh/j/2sens}$
- $\text{TMJA}_{\text{Axe3}} : 60321 \text{ Véh/j/2sens}$
- $\text{TMJA}_{\text{Axe4}} : 28706 \text{ Véh/j/2sens}$.

La détermination du nombre de voies de la VRU se fait suivant le schéma suivant :

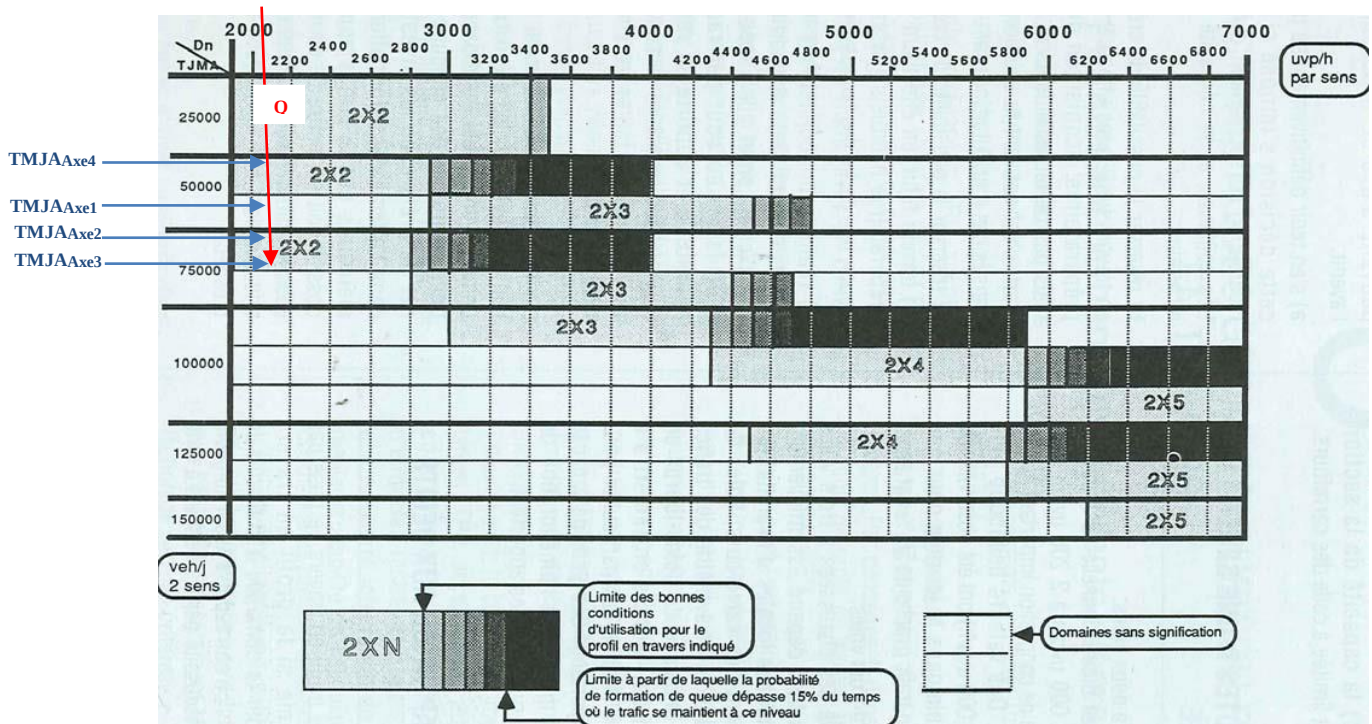


Figure 2 : Dimensionnement des voies

Nous retenons pour la voie express des profils en travers de type **2*2 voies** de **3,5m** chacune pour des chaussées séparées. La **figure2** ci-dessus, issu des Instructions sur les Conditions techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines, présente les détails du choix.

Notons bien, que pour des raisons techniques et de sécurité, la voie ferrée qui passait initialement par le TPC a été supprimé et la gare ferroviaire déplacée (détails à la partie Résultat et Discussion).

C.1 Profil type1 : De l'Aéroport au croisement Mali-béro

Le profil en travers type1 est conçu de façon à respecter les normes d'aménagement des voies rapides urbaines décrites dans l'ICTAVRU. Nous proposons ainsi les caractéristiques suivantes :

La plate-forme présente une largeur égale à **20m**, une chaussée bidirectionnelle qui comprend :

- ✓ Deux voies de **7m (2x3,50m)** de largeur chacune ;
- ✓ Un TPC de **1,6m** (DBA de **0,6m** et une bande dérasée de gauche départ et d'autre de **0,50m** de largeur chacune) ;
- ✓ Deux trottoirs en pavés autobloquants de **1,50 m** de largeur de part et d'autre de la chaussée permettant la circulation des piétons en toute sécurité ;
- ✓ Revêtement en béton bitumineux
- ✓ Deux caniveaux de **0,70m** chacun de part et d'autre (avant dimensionnement).

(Voir ANNEXE IV).

C.2 Profil type2 : Du croisement Mali-béro au Rond-point des Armées :

À partir du carrefour, croisement avec Mali-Béro, l'échange avec le tissu urbain s'intensifie. Ceci nous pousse à ajouter au profil en travers type précédent deux chaussées bidirectionnelles pour faciliter l'échange et permettre de grandes vitesses sans encombrement sur la U80.

La plate-forme présentera ainsi une largeur égale à **38m** répartie comme suit :

- ✓ Deux chaussées de **7m (2x3,50m)** de largeur chacune, séparées d'un TPC ;
- ✓ Un TPC de **1,6m** (Dispositif Béton Armé de **0,6m** et une bande dérasée de gauche départ et d'autre du DBA de **0,50m** de largeur chacune) ;
- ✓ Deux trottoirs en pavés autobloquants de **1,50 m** de largeur de part et d'autre de la chaussée permettant la circulation des piétons en toute sécurité et contenant les équipements d'éclairage) ;
- ✓ Deux caniveaux de **1,20*1,20m** chacun de part et d'autre (avant dimensionnement).
- ✓ Deux chaussées bidirectionnelles **7m (2*3,5)** de part et d'autre de la U80,
- ✓ Deux trottoirs en pavés autobloquants de **1,50 m** de largeur de part et d'autre de la chaussée permettant la circulation des piétons en toute sécurité

(Voir ANNEXE V).

C.3 Profil type3 : Du Rond-point des Armées au Grand marché :

Compte tenu de la vitesse de référence (U60), nous avons changé le TPC initialement en DBA par un TPC composé d'une bande médiane (avec plantation) et deux bordures T3.

La plate-forme présentera ainsi une largeur égale à **37,60m** répartie comme suit :

- ✓ Deux chaussées de **7m (2x3,50m)** de largeur chacune, séparées d'un TPC ;
- ✓ Un TPC de **1,2m** (Dispositif Béton Armé de **0,6m** et une bande dérasée de gauche départ et d'autre du DBA de **0,50m** de largeur chacune) ;
- ✓ Deux trottoirs en pavés autobloquants de **1,50 m** de largeur de part et d'autre de la chaussée permettant la circulation des piétons en toute sécurité et contenant les équipements d'éclairage) ;
- ✓ Deux caniveaux de **1,20*1,20m** chacun de part et d'autre (avant dimensionnement).
- ✓ Deux chaussées bidirectionnelles **7m (2*3,5)** de part et d'autre de la U80,
- ✓ Deux trottoirs en pavés autobloquants de **1,50 m** de largeur de part et d'autre de la chaussée permettant la circulation des piétons en toute sécurité

(Voir ANNEXE VI).

C.4 Profil type 4 : Du Grand-marché au Rond-point justice :

Ce tronçon est le moins chargé de la voie express avec un trafic de classe T3. Et compte tenu de l'étroitesse de la largeur d'emprise, nous avons gardé la U60 avec deux chaussées séparées par un TPC en bordures T3 continues et des aires de parking de part et d'autre de la structure.

La plate-forme présentera ainsi une largeur égale à **33,60m** répartie comme suit :

- ✓ Deux chaussées de **7m (2x3,50m)** de largeur chacune, séparées d'un TPC ;
- ✓ Un TPC de **1,6m** (doubles bordures T3 continues de **0,6m** et une bande dérasée de gauche départ et d'autre du T3 de **0,50m** de largeur chacune) ;
- ✓ Deux trottoirs en pavés autobloquants de **1,50 m** de largeur de part et d'autre de la chaussée permettant la circulation des piétons en toute sécurité et contenant les équipements d'éclairage) ;
- ✓ Deux caniveaux de **1,20*1,20m** chacun de part et d'autre (avant dimensionnement).
- ✓ Deux chaussées bidirectionnelles **7m (2*3,5)** de part et d'autre de la U80,
- ✓ Deux trottoirs en pavés autobloquants de **1,50 m** de largeur de part et d'autre de la chaussée permettant la circulation des piétons en toute sécurité

(Voir ANNEXE VII).

Aménagements :

a) Carrefour en plan :

Un giratoire est avant tout un carrefour. Point de rencontre de plusieurs rues, le carrefour n'existe que s'il a au moins 3 branches. Un giratoire à 2 branches n'est pas concevable, la création d'un îlot central en section courante ne justifie pas de donner la priorité à d'hypothétiques demi-tours.

Un giratoire peut avoir de 3 à 8 branches en milieu urbain dense. En zone périurbaine, il est préférable de le limiter à 6 branches.

Tout en tenant compte de ces principes, avec la collection du guide des carrefours urbain (Certu carrefours urbains - 1992), **sept (7) carrefours plans giratoires** ont été proposés au niveau des principales intersections de l'axe principal avec les voiries revêtues existantes regroupant ainsi sur un même plan, l'ensemble des échanges entre les voiries concernées.

Début du tracé ou du projet à l'accès de l'aéroport ;

1. À 2,457 km croisement avec le Boulevard Mali-Béro ;
2. À 4,900 km croisement avec la route de la zone industrielle ;
3. À 6,244 km croisement au rond-point des armées (rond-point 6e) ;
4. À 7,550 km croisement au rond-point église ;
5. À 8,427 km croisement au Grand marché et avenue MAOUREY ;
6. À 8,760 km croisement au rond-point MAOUREY ;
7. À 9.580 km fin du projet au Rond-point Justice.

Ces principaux carrefours feront l'objet d'une étude particulière.

b) Passerelles

Une passerelle est, dans le domaine de l'architecture, un pont ou un passage aérien, à l'usage exclusif des piétons voire des cyclistes, pouvant par exemple relier deux bâtiments entre eux, enjamber un cours d'eau ou une voie navigable, un axe de circulation routière ou ferroviaire, etc. Elle est parfois couverte, fermée ou vitrée sur les côtés pour abriter les usagers.

Dans le cadre de ce projet, il est prévu **quatre (4) passerelles** en béton armé qui permettront la traversée des piétons en toute sécurité compte tenu de la nature du trafic et de l'envergure du projet qui est en contact direct avec le tissu urbain. Ces passerelles feront aussi l'objet d'une étude particulière :

Les différentes passerelles sont prévues au niveau des points suivants :

- La première se situe entre le boulevard Tanimoune et rond-point 6e ;
- La deuxième à 350m après le giratoire rond-point 6e
- La troisième à 150m après le giratoire rond-point Église ;
- La quatrième à 250m avant le giratoire du Grand Marché ;

3. Dimensionnement de la structure de la chaussée :

Dimensionner la structure d'une chaussée c'est déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie. Pour cela, il est impératif d'avoir la maîtrise de certains paramètres dont les plus importants sont : la classe de trafic, la portance de la plate-forme d'assise, et les caractéristiques des matériaux disponibles.

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement de structure d'une chaussée. Pour ce projet nous allons utiliser la méthode semi-empirique du CEBTP, et procèderons à une vérification des résultats par une méthode rationnelle avec le logiciel Alizé-LCPC.

A.1 La voie existante

Synthèse de solution et décision finale

Le tableau suivant montre une synthèse des solutions proposées par le guide de renforcement des chaussées dans les pays tropicaux :

Tableau 9 : Synthèse des solutions de renforcement

Trafic / Qualité		T ₁	T ₂	T ₃
SOLUTIONS	Q ₁	ENTRETIEN courant		
	Q ₂	ENTRETIEN prioritaire		
	Q ₃	RECHARGEMENT (10 - 15 cm GNT)		
	Q ₄	RENFORCEMENT (15 - 20 cm GNT)		
	Q ₅	RENFORCEMENT matériaux traités		
		REFECTION DE CHAUSSEE		
Couches de roulement		Enduits superficiels Tapis sable ou tapis S.D. (2 - 3 cm) (4 - 6 cm)		

On remarque que dans le tableau ci-dessus, la réfection est recommandée au-delà de T2. Pour le cas de la voie expresse en étude, le trafic trouvé varie de T3 à T4, ce qui nous pousse à la réfection de la chaussée. Nous opterons plutôt pour le recyclage de la couche existante pour former la couche de fondation de **20cm** avant de recevoir les couches de base et de roulement.

B.1 Paramètres du dimensionnement

1.1 Résultats d'étude de trafic :

L'étude de trafic nous a permis de déterminer la classe de trafic pour les trois tronçons définis en I-2. :

Tronçon1 : Du poste1 (entrée de la ville) au poste 3 (juste avant le rond-point des armées), soit du Pk0+000 au Pk6+244, le trafic est de classe **T4**

Tronçon2 : Du poste 4 (juste après le rond-point des armées) au poste 5 (rond-point église), soit Pk6+244 au Pk7+571, il est de classe **T3**,

Tronçon3 : Et du poste 6 (rond-point église) au poste 10 (rond-point justice), soit Pk7+700 au Pk9+580, il est de classe **T2**.

La campagne de comptage a été faite en 2017 au moment où le marché de Djémadjé situé sur le tronçon 3 était encore opérationnel et bloquait le trafic. Le déplacement de ce marché et la libération de la voie pourrait engendrer une évolution spectaculaire du trafic, et pour anticiper cette évolution, nous décidons de le considérer de **classe 3** pour le reste de l'étude.

Ainsi nous retiendrons deux tronçons pour le dimensionnement de la structure de la chaussée :

- **Tronçon1** : Du poste1 (entrée de la ville) au poste 3 (juste avant le rond-point des armées), soit du Pk0+000 au Pk6+244, le trafic est de classe **T4**
- **Tronçon2'** : Du poste 4 (juste après le rond-point des armées) au poste 10 (rond-point justice), soit Pk6+244 au Pk9+580, il est de classe **T3**.

1.2 Classe de portance de la plate-forme :

La capacité portante d'un sol se caractérise par sa résistance au tassement en fonction de la cohésion et des frottements internes. L'indice portant CBR (Californian Bearing Ratio) nous permet de calculer la portance d'un sol en estimant sa résistance au poinçonnement. Ici il nous renseigne sur la capacité portante de notre plate-forme d'assise.

Le Guide de pratique du dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux du CEBTP présente les classes de sol en fonction du CBR comme l'indique le tableau 12 suivant :

Tableau 10 : Classification de sol selon le CEBTP

Classe de sol	Valeur CBR
S1	CBR<5
S2	5<CBR<10
S3	10<CBR<15
S4	15<CBR<30
S5	CBR>30

Les études géotechniques ont révélé que la classe du sol de la plate-forme en place a un CBR minimal de 15, soit une plate-forme de **classe S4**.

1.3 Ressources locales en matériaux :

Lors des études géotechniques menées par le Laboratoire National du Bâtiment et Travaux Public (LNBTP/B Niamey), des recherches des carrières de matériaux ont été faites de façon systématique dans les zones avoisinant le projet à une distance de transport raisonnable de l'itinéraire du projet.

Trois carrières ont été retenues :

Carrière1 : Emprunt- Route de Dosso : (coordonnés N 13° 26' 561''- E 002° 14' 999'')

Située à 15500 m du rond-point des armées (rond-point 6e), elle est l'extension d'une ancienne carrière et a un volume exploitable de plus de 200000 m³ de matériaux graveleux latéritiques de caractéristique :

- % passant au tamis de 0,08mm égal à 15,2%
- IP égal à 9,8.
- CBR à 98% de l'OPM égal à 82.
- CBR à 95% de l'OPM égal à 41.

Carrière2 : Emprunt - Rive droite : (coordonnés N 13° 28' 150''- E 002° 04' 682'')

Située sur la rive droite du fleuve Niger à 6300 m du rond-point Kennedy, elle est l'extension d'une ancienne carrière et a un volume exploitable de plus de 220000 m³ de matériaux graveleux latéritiques de caractéristique :

- % passant au tamis de 0,08mm égal à 15,4%
- IP égal à 13,7.
- CBR à 98% de l'OPM égal à 93.
- CBR à 95% de l'OPM égal à 60.

Carrière3 : Carrière de roche massive pour enrobés bitumineux et bétons

Située sur la route de Tillabéry à environ 70 000 m de Niamey, elle est la carrière qui est actuellement en train d'être exploitée pour les travaux routiers autour de Niamey ainsi que pour la voirie urbaine. Le matériau provenant de cette carrière a un coefficient Los Angeles variant de 25.48% à 27.25% et a pour coefficient Micro Déval Humide variant de 9.90% à 12.33%.

C.1 Choix de structure de chaussée :

Le Guide pratique du dimensionnement des chaussées dans les pays tropicaux du CEBTP propose des structures qui peuvent être adoptées en fonction des ressources locales en matériaux, des trafics et de la portance des sols de plate-forme.

La classe de sol de plate-forme étant la même, nous allons choisir pour chaque tronçon la structure en fonction du trafic et la disponibilité de matériaux.

2.1 Tronçon1

De l'entrée de la ville (Aéroport Diori Hamani) au rond-point des armées, soit du Pk0+000 au Pk6+244 le trafic est de classe **T4** couplé à un sol de classe **S4**. Le GPDCPT nous propose plusieurs structures parmi lesquelles nous retiendrons celle-ci, en fonction des matériaux disponibles :

Structure :

Couche de roulement: Béton bitumineux de 7cm

Couche de Base : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D de 20cm

Couche de fondation : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D de 20cm

(Les détails du choix sont donnés dans l'ANNEXE VIII).

2.2 Tronçon2'

Nous avons vu un peu plus haut que les tronçons 2 et 3 sont tous les deux de classe de trafic T3. Avec une plate-forme de classe S4, la structure de la chaussée du Rond-point des armées au Rond-point justice sera la même conformément au (GPDCPT, 1985) :

Il est ainsi retenu pour les tronçons 2 et 3 la structure suivante :

Couche de roulement: Béton bitumineux de 5cm

Couche de Base : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D de 20cm

Couche de fondation : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D de 15cm

(Les détails du choix sont donnés dans l'ANNEXE IX).

2.3 Les contre-allées

À partir du croisement avec l'avenue Mali-béro jusqu'au Grand-marché, des chaussées bidirectionnelles sont aménagées de part et d'autre de la VRU pour faciliter l'échange avec le tissu urbain et aussi fluidifier la circulation du trafic. Ces chaussées inexistantes auparavant, sont dimensionnées avec un trafic de classe T2 pour une plate-forme toujours homogène de classe S4. Nous retenons conformément au GPDCPT la structure suivante :

Revêtement : Enduit superficiel en tricouche

Couche de Base : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D de 15cm

Couche de fondation : Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D de 20cm

(Les détails du choix sont donnés dans l'ANNEXE X).

D.1 Vérification des déformations avec la Logiciel Alizé LCPC

Il est important de rappeler que le dimensionnement de toutes nos structures de chaussée a été fait par la méthode semi-empirique du CEBTP décrite dans le Guide du Dimensionnement des chaussées pour les Pays Tropicaux (GPDCPT, 1985). La vérification des déformations va nous permettre de confirmer la résistance de notre structure via une méthode rationnelle du Guide Technique de Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussée du SETRA-LCPC. Cette vérification ne concerne que la VRU c'est-à-dire toute la voie sauf les contre-allées qui sont considérées bien dimensionnées en raison de leur trafic hypothétique.

Rappelons que la méthode rationnelle est plus précise que la méthode semi-empirique, car elle minimise au maximum les erreurs en prenant en compte les compositions réelles du trafic et des matériaux locaux. Le principe de cette vérification consiste à calculer les contraintes et déformations dues au trafic sur chacune des différentes couches et le sol support, puis les comparer aux valeurs limites admissibles des matériaux.

3.1 Démarche de vérification et hypothèses de calcul

Démarche :

Dans un premier temps il sera calculé les valeurs limites à savoir :

- La déformation transversale admissible au niveau du Béton bitumineux,
- La contrainte admissible au niveau du sol support.
- La déformation verticale admissible au niveau du sol support,
- La déformation verticale admissible au niveau de la grave latéritique naturelle (couche de base et fondation),

Ensuite il sera fait, au moyen du logiciel Alizé, une modélisation de la structure et le calcul des valeurs réelles appliquées à la structure, suivis d'une comparaison avec les valeurs limites admissibles.

En conclusion, si les valeurs réelles sont inférieures aux valeurs admissibles, la structure sera adoptée définitivement, dans le cas contraire un redimensionnement s'impose (ajustement d'épaisseur ou changement de matériaux).

Hypothèse de calcul :

Il sera considéré les hypothèses suivantes :

- Les épaisseurs des couches H considérées sont celles retenues lors du dimensionnement avec la méthode semi-empirique du CEBTP,
- Le coefficient de poisson ν , il sera pris égal à 0,35 pour toutes les couches,
- Toutes les interfaces entre les couches seront considérées collées.

- La contrainte admissible au niveau du sol support sera calculée par la formule semi-empirique de Kerkhoven et Dormon donnée par CEBTP.
- Les déformations admissibles au niveau de toutes les couches seront calculées conformément au Guide Technique de Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussée du SETRA-LCPC.

3.2 Valeurs limites admissibles :

Rappelons que les structures sujettes à la vérification sont le tronçon1 et le tronçon2' (2+3) sauf les contre-allées. Nous regrouperons alors les résultats du calcul dans un tableau.

a) Détermination du module de Young :

Le module de Young de la plate-forme est donné par la formule $E = 5 * CBR$. Avec une plate-forme de classe **S4**, soit un CBR minimal de 15MPa, la formule ci-dessus nous donne un module de Young $E = 75MPa$ plafonné à **50MPa**.

Pour les autres couches, il sera donné par la formule $E_n = E_{n-1} * K$, avec :

E_n = Module de la couche inférieure

E_{n-1} = Module de la couche considéré

K est pris égal à 2,5 ; le module de la couche de base étant plafonné à 400MPa et celui de la couche de fondation plafonné à 600MPa.

Nous avons ainsi :

Tableau 11 : Module de Young des couches

Couches de chaussée	Module de Young E (MPa)	
	Tronçon1	Tonçon2'
sol support	50	50
Couche de fondation	2,5*50=125 plafonné à 400	2,5*50=125 plafonné à 400
couche de base	2,5*400=1000 ramené à 600	2,5*400=1000 ramené à 600

b) Déformation transversale admissible à la base de la couche de béton bitumineux

Elle est calculée selon le Guide Technique de Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussée du SETRA-LCPC, par la formule suivante :

(F) 4

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon(NE, \theta_{eq}, f) * K_c * K_r * K_s$$

Avec : $\varepsilon(NE, \theta_{eq}, f)$: la déformation pour laquelle la rupture conventionnelle en flexion sur éprouvette est obtenue au bout de NE cycles avec une probabilité de 50%, pour la température de θ_{eq} et à la fréquence f caractéristique des sollicitations subies par la couche considérée. Elle

est communément appelée loi de fatigue des matériaux bitumineux.

Les coefficients **K** sont liés aux phénomènes suivants :

Tableau 12 : Coefficients K

Coefficients	Phénomènes
K_c	Calage
K_r	Risque et dispersions
K_s	Défaut de portance des PF _i

Les valeurs de tous ces paramètres sont données dans l'ANNEXE XI.

Après calcul nous obtenons les valeurs suivantes :

	Tronçon1	Tonçon2'
NE (PL)	1,20E+07	3,70E+06
θ_{eq}	31°	31°
$f_{E(10Hz)} = f(\theta_{eq})$	1300	1300
Déformation transversale admissible à la base du BB $\varepsilon_{t,adm}(\mu\text{déf})$	129,2	163,5

L'ANNEXE XII présente les notes de calcul de ces déformations admissibles.

c) Calcul de la contrainte admissible du sol support :

La note technique CEBTP 10-3 propose de considérer comme contrainte admissible de compression ($\sigma_{z,adm}$) au niveau supérieur de la plate-forme celle donnée par la formule semi-empirique de Kerkhoven et Donnon (cette formule est très sécuritaire dans le cas des sols latéritiques) faisant intervenir l'effet de la répétition des charges (NE) et le CBR

Elle est donnée par :

(F) 5

$$\sigma_{z,adm} = \frac{0,3 * CBR}{1 + 0,7 * \log(NE)}$$

- NE, qui est le nombre cumulé d'essieux équivalents sur la durée de vie de la chaussée (voir Tableau4 en rouge) et,
- Le CBR du sol support, classe S4=> CBR=20MPa.

Le tableau suivant nous donne les contraintes admissibles des deux tronçons :

Tableau 13 : Contrainte admissible du sol support

	Tronçon1	Tonçon2'
CBR sol support (MPa)	20	20
NE (PL)	1,20E+07	3,70E+06
Contrainte admissible $\sigma_{z,adm}$ (MPa)	1,007	1,072

d) Déformation verticale admissible au niveau du sol support

Pour les deux tronçons considérés à moyen et fort trafic ($T \geq T3$), le Guide Technique de Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussée du SETRA-LCPC, donne la formule suivante pour le calcul de la déformation verticale admissible au niveau du sol support :

(F) 6

$$\varepsilon_{z,adm} = 12000(NE)^{-0,222}$$

Soit :

Tableau 14 : Déformation verticale admissible au niveau du sol support

	Tronçon1	Tonçon2'
NE (PL)	1,20E+07	3,70E+06
Déformation verticale admissible $\varepsilon_{z,adm}$ (μdéf)	322	418

e) Déformation verticale admissible au niveau de la couche de fondation et la couche de base

Pour le gawe latéritique non traité (GNT), le Guide Technique de Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussée du SETRA-LCPC, donne la formule suivante pour le calcul de la déformation verticale admissible au niveau des couches de fondation et de base :

(F) 7

$$\varepsilon_{z,adm} = 14400(NE)^{-0,222}$$

Tableau 15 : Déformation admissible au niveau des couches d'assise.

	Tronçon1	Tonçon2'
NE (PL)	1,20E+07	3,70E+06
Déformation verticale admissible $\varepsilon_{z,adm}(\mu\text{déf})$	386,2	501,4

3.3 Les charges réelles appliquées aux structures

À présent que les valeurs limites dites admissibles sont calculées, nous allons procéder à la modélisation des charges réelles appliquées sur nos structures. Pour cela, il sera considéré que nos différentes couches superposées suivront un comportement linéaire, isotrope et élastique.

Le tableau suivant présente les résultats de ce calcul :

Tableau 16 : charges réelles appliquées aux structures

	Tronçon1	Tronçon2'
Déformation transversale max à la base du BB $\varepsilon_t(\mu\text{déf})$	290,1 > $\varepsilon_{t,adm} (!!!)$	373,9 > $\varepsilon_{t,adm} (!!!)$
Contrainte verticale max sur le sol support σ_z (MPa)	0,002 < $\sigma_{z,adm}$ (OK)	0,003 < $\sigma_{z,adm}$ (OK)
Déformation verticale max sur le sol support $\varepsilon_z(\mu\text{déf})$	695,6 > $\varepsilon_{z,adm} (!!!)$	674,7 > $\varepsilon_{z,adm} (!!!)$
Déformation verticale sur les couches d'assises $\varepsilon_z(\mu\text{déf})$	681,5 > $\varepsilon_{z,adm} (!!!)$	877,4 > $\varepsilon_{z,adm} (!!!)$

Après la simulation par le logiciel Alizé de l'application répétitive des charges réelles sur la structure, il s'avère que celles-ci sont nettement supérieures aux valeurs limites admissibles. Ceci implique que l'on doit faire varier les épaisseurs jusqu'à avoir des valeurs inférieures aux valeurs admissibles ou améliorer le matériau des couches d'assise. Après le calcul des variantes en faisant évoluer les épaisseurs des couches par pas de 1cm (ANNEXE XIII), nous obtenons des structures provisoires vérifiées d'épaisseurs :

Tableau 17 : structures provisoires

Couches	Tronçon 1	Tronçon 2'
Roulement : Béton bitumineux	16 cm	14 cm
Base : Grave latéritique	29 cm	29 cm
Fondation : Grave latéritique	29 cm	24 m

3.4 Redimensionnement des structures :

Comparées aux structures pré dimensionnées par la méthode du CEBTP, les variantes

provisaires présentent un rehaussement de la chaussée de **27cm**. Mais pour éviter un changement brusque du profil en long, nous allons plutôt améliorer les matériaux de notre structure. Ainsi nous allons refaire la vérification avec les mêmes épaisseurs initiales cependant les couches de fondation et de base seront faites de graves latéritiques traités au ciment soient : Après modélisation, les structures proposées (tableau16) s'avèrent sûres et résistantes aux contraintes et déformations maximales comme l'indique le tableau 22 (page38). Une légère modification de l'épaisseur de la couche de fondation du tronçon2' est cependant observée, soit :

$$e'_{fond2} = 17cm :$$

Tableau 18 : Structures proposées

Couches	Tronçon 1	Tronçon 2'
Roulement : Béton bitumineux	8 "7" cm	5 cm
Base : Grave latéritique traité au ciment	20 cm	20 cm
Fondation : Grave latéritique traité au ciment	20 cm	17 cm "15"

Détail de la procédure de redimensionnement :

La vérification de ces structures a été faite suivant les étapes suivantes :

Etape1 : valeurs admissibles

- Calcul de la déformation transversale admissible à la base du BB,
- Calcul de la contrainte transversale admissible au niveau du grave ciment. (ANNEXE XIV)
- Calcul de la déformation verticale admissible au niveau du sol support,
- Calcul de la contrainte verticale admissible au niveau du sol support. (Tableau11)

Etape2 : modélisation des charges

Analyse mécanique des structures sous l'effet de fatigue. Les ANNEXES XV et XVI montrent les résultats des calculs des sollicitations par le logiciel alizé.

Etape3 : conclusion

Sont adoptées définitives, les structures vérifiées suivantes :

Tableau 19 : Structures définitives du dimensionnement

Couches	Tronçon 1	Tronçon 2'
Roulement : Béton bitumineux	8 cm	5 cm
Base : Grave latéritique traité au ciment	20 cm	20 cm
Fondation : Grave latéritique traité au ciment	20 cm	17 cm

Tableau 20 : vérifications des sollicitations

Sollicitations	Troçon1				Tronçon2'			
	Valeurs admissibles	signe de comparaison	Valeurs réelles max	observations	Valeurs admissibles	signe de comparaison	Valeurs réelles max	observations
Déformation transversale à la base du BB	129,2	>	12,3	Vérifiée!	163,5	>	16,7	Vérifiée!
Contrainte transversale au niveau de la grave ciment	0,613	>	0,550	Vérifiée!	0,671	=	0,671	Vérifiée!
Déformation verticale au niveau du sol support	321,8	>	74,8	Vérifiée!	417,9	>	91,5	Vérifiée!
Contrainte verticale au niveau du sol support	1,007	>	0,005	Vérifiée!	1,072	>	0,006	Vérifiée!

CHAPITRE 3 : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DE L'ASSAINISSEMENT ROUTIER DE LA VOIE

Introduction :

La route, structure linéaire et continue, est de par sa définition un obstacle évident aux écoulements naturels. Et réciproquement le pire ennemi de la route, c'est l'eau. Cette problématique oblige le concepteur à trouver une solution, gagnant-gagnant, pour un projet routier réussi et un écoulement naturel des eaux contrôlé ou rétabli.

L'objectif par ce chapitre est la conception et le dimensionnement des ouvrages nécessaires pour la mise hors d'eau de la route et le rétablissement des écoulements naturels. Cette partie de l'étude sera structurée comme suit :

- I Étude des ouvrages d'assainissement existant,
- II Étude hydrologique Étude hydraulique de la zone du projet,
- III Dimensionnement des ouvrages retenus.

1) Étude des ouvrages d'assainissement existant

D'après l'étude de la voie existante, le système d'assainissement en place fonctionne normalement et a permis de mettre le tronçon à l'abri des crues observées jusqu'ici. Ce fait est particulièrement frappant entre l'aéroport et le rond-point des armées où les ouvrages existants fonctionnent parfaitement. Seuls quelques dalots nécessitent un entretien qui consistera en un curage et un dégagement des ordures au niveau des entrées et sorties d'ouvrages. Dans la seconde partie située en zone plus urbanisée (du PK6+200 au PK9+150), on constate quelques caniveaux bouchés surtout par des déchets solides (plastiques) du fait de l'absence ou du mauvais état des dalottes de couverture.

L'aménagement de la voie express entre l'aéroport et le centre-ville de Niamey n'induit pas une modification significative de l'organisation actuelle des écoulements superficiels d'eaux pluviales. Par conséquent, la présente analyse hydrologique et hydraulique se borne à justifier les sections des ouvrages hydrauliques existants retenus et ceux nouvellement proposés.

1.1. Dalots existants

Il a été recensé 8 dalots sur le tronçon existant, tous en bon état mais quelques fois obstrués par des déchets (voir ANNEXE XVII) :

1.2. Caniveaux existants :

Pour les caniveaux, 5 sont dénombrés dont 3 en très bon état et 2 passables

L'étude du système d'assainissement existant nous a fourni d'importantes informations, en particulier sur l'état des ouvrages d'assainissement existants. L'analyse hydrologique et hydraulique de la zone du projet nous permettra de statuer sur l'éventuel recyclage de certains ouvrages.

2) Étude hydrologique de la zone de projet

L'étude hydrologique permet, dans un projet routier, d'identifier, de calculer et de rétablir les écoulements naturels interceptés ou induits par la route. Dans un premier temps, il sera question d'identifier les cours d'eau coupant la route et leurs bassins versants associés. Puis, au moyen des logiciels (Google Earth et Global Mapper), calculer les caractéristiques de ces bassins versants et cours d'eau. Et pour finir dans l'étude hydraulique, dimensionner les ouvrages susceptibles de transiter les débits de ces éventuels écoulements.

Dans ce projet, l'un des avantages particuliers que nous offre la nature est la situation altimétrique de la zone du projet. Notre voie express longe sur plus de 8km la courbe de niveau d'altitude 220m. cette position épargne la voie express du franchissement des eaux d'un quelconque bassin versant sur les huit premiers kilomètres.

Le seul écoulement intercepté par la voie express est le grand affluent du fleuve Niger connu

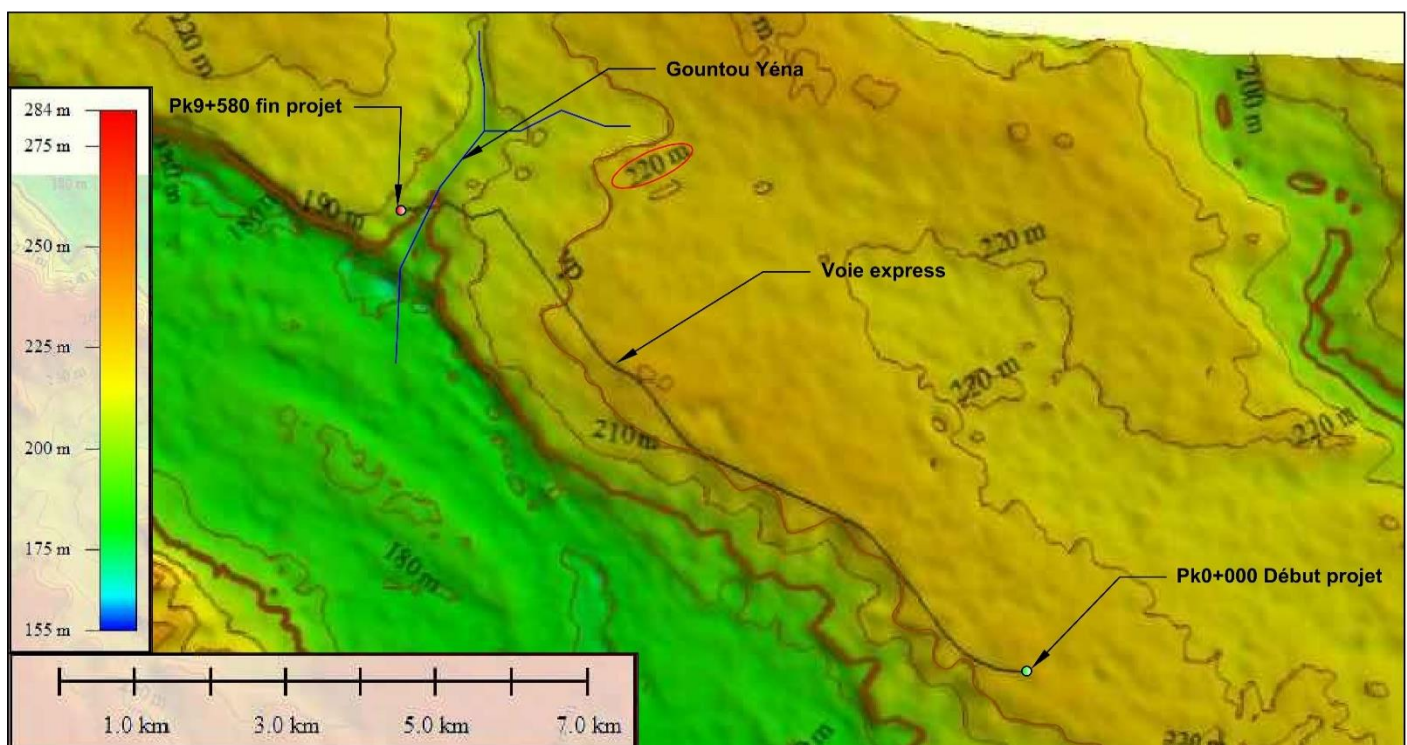


Figure 3 : Représentation altimétrique de la zone de projet (Global Mapper)

Dans la suite de notre étude, nous allons déterminer les caractéristiques (Surface, périmètre, altitude max, altitude min, pente moyenne, longueur d'écoulement) du bassin versant alimentant le Gountou Yéna et le bassin versant alimentant les caniveaux d'assainissement de la route. Les caractéristiques physiques de ces bassins versants nous permettront d'estimer leurs débits de fuite pour enfin pouvoir dimensionner les ouvrages nécessaires pour les évacuer.

2.1 Calcul des débits par la méthode rationnelle

a) Débit du dimensionnement des caniveaux

Le débit à évacuer par les caniveaux est celui induit par la surface de la chaussée et les talus associés. La méthode rationnelle qui sera utilisée est celle employée pour le calcul des bassins versants de superficie inférieure à 4km². Le débit est ainsi donné par :

(F) 8

$$Q = 0,278 * C * I * A$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} C = \text{Coefficient de Ruissellement} \\ I = \text{Intensité de pluie (en mm/h)} \\ A = \text{Superficie du Bassin Versant (en km}^2\text{)} \\ Q = \text{Débit de crue décennale (en m}^3\text{/s)} \end{cases}$$

a.1 Superficie du Bassin Versant des caniveaux

Notre variante de la voie express est symétrique par rapport à l'axe de la bande médiane du TPC. Elle comporte sur toute sa longueur deux caniveaux identiques et évacuant le même débit. Pour chaque canal, la largeur d'influence est donnée par la somme d'une des chaussées de la VRU et (pour certaines parties) la chaussée des contre-allées, soit l=0,02km. Est considérée quant à la longueur d'influence, la longueur totale de la route L=9,580km. La surface du Bassin Versant des caniveaux est ainsi donnée par :

$$A = L * l$$

$$\checkmark A = 0,1916\text{km}^2$$

a.2 Coefficient de ruissellement

Pour tenir compte du débit maximal et considérant l'hypothèse que notre chaussée est totalement imperméable, nous retenons pour la valeur du coefficient de ruissellement la valeur maximale pour les sols imperméables :

$$\checkmark C = 0,9$$

a.3 Intensité de pluie

L'intensité de l'averse décennale de la pluie est donnée par la formule de Montana qui prend

en compte la relation existante entre le climat de région et la durée de l'averse à savoir le temps de concentration.

(F) 9

$$I = a * T_c^{-b}$$

Avec T_c = temps de concentration,

a et b , les coefficients de Montana

Les valeurs des coefficients a et b nous sont données par les résultats de recherche de l'Office de Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, sur les bassins versants de la région de Niamey. $a = 7,5$ et $b = 0,5$

Le temps de concentration est quant à lui donné par la formule de Kirpich.

(F) 10

$$T_c = \frac{1}{52} * \frac{L^{0,77}}{H^{0,38}}$$

$$\text{Avec: } \begin{cases} T_c = \text{temps de concentration(en mm)} \\ L = \text{longueur du plus longché min hydraulique (m)} \\ H = \text{Pente moyenne du Bassin Versant}(\frac{m}{m}) \end{cases}$$

Hypothèses :

- La longueur totale de la route est considérée comme celle du chemin hydraulique de plus long $L = 9580m$,
- La pente moyenne du Bassin Versant est prise égale à $H = 0,7\%$

Le calcul nous donne :

$$T_c = 148mn$$

D'où

$$\checkmark I = 36,99mm/h$$

Tout calcul bien fait, le débit du dimensionnement des caniveaux équivaut à :

$$Q = 1,78m^3/s$$

b) Débit de l'affluent Gountou Yéna pour le dimensionnement du Dalot

Rappelons que le Gountou Yéna est le principal affluent du fleuve Niger qui se trouve dans la zone urbanisée de la région de Niamey. Son bassin versant (ANNEXE XVIII) a pour caractéristiques physiques celle du tableau 21 suivant : (source Global Mapper).

Tableau 21 : Caractéristiques physiques du bassin versant

Caractéristiques	Superficie (km ²)	périmètre (km)	Altitude max (m)	Altitude min (m)	Pente moyenne (%)	Longueur d'écoulement (km)
Bassin versant	13,20	21,19	234	178	1,30	3,615

Pour la détermination du débit à transiter, il sera utilisé les méthodes rationnelles ORSTOM et CIEH. Ceci afin d'avoir deux valeurs comparatives et choisir le cas le plus défavorable c.-à-d. le débit le plus important. Rappelons que la zone de projet se situe dans la partie Sud-ouest du pays entre les latitudes 13°35' et 13°24' Sud et les longitudes 2° et 2°15' Est soit un emplacement favorable à l'application des deux méthodes.

b.1 Méthode ORSTOM ou RODIER AUVRAY

Cette méthode a été établie à partir d'un certain nombre des données provenant de 90 bassins versants représentatifs et expérimentaux aménagés et équipés par l'ORSTOM en Afrique. Rappelons que le bassin versant se situe dans une des zones expérimentales de la méthode et sa superficie étant inférieure à 200km², le rend parfaitement compatible pour l'application de cette méthode. Le débit de maximal ruisselé ainsi cherché est donné par :

(F) 11

$$Q_{r10} = \alpha * M = \frac{\alpha * S * K * P_{10} * K_{r10}}{T_B}$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{r10} = \text{Débit de pointe de ruissellement superficiel de la crue décennale} \\ \alpha = \text{coefficient de pointe de la crue décennale fonction de climat} \\ S = \text{superficie du bassin (en km}^2\text{)} \\ K_{r10} = \text{coefficient de ruissellement décennal} \\ P_{10} = \text{pluie décennale journalière ponctuelle (en mm)} \\ K = \text{coefficient d'abattement} \\ T_b = \text{temps de Base (en second)} \end{array} \right.$$

Déterminations des paramètres de la méthode :

✓ Le coefficient de pointe de la crue décennale :

Pour les bassins sahéliens et subdésertiques : de l'isohyète 150 mm à l'isohyète 750-800 mm. La hauteur de l'averse décennale varie entre 60 et 110 mm. Notre bassin à une superficie 13,km² soit un coefficient de pointe de la crue décennale $\alpha = 3$.

✓ La superficie du bassin versant :

Comme indiquée dans le tableau21, le bassin versant du Gountou Yéna à une superficie de **S = 13,20km²**.

✓ La pluie décennale journalière ponctuelle

Les données pluviométriques utilisées pour les besoins de notre étude sont celles relatives à la station pluviométrique Niamey-aéroport qui est la seule station de référence à proximité immédiate du site. Ces données sont :

La série des pluies journalières maximales sur une période de trente (30) ans à partir de l'année pluviométrique 1987 incluse (de 1987 à 2016) ; les cumuls annuels de pluviométries à cette station pour la même période ;

D'après un ajustement de cette série de pluies maximales journalières à une loi de Gumbel, les valeurs suivantes ont été retenues pour des périodes de retours comme suit :

5 ans : 90 mm ; 10 ans : 107mm ; 50 ans : 145 mm et 100 ans : 161 mm.

La moyenne des cumuls annuels à la station de Niamey aéroport étant de **577 mm**.

Les débits projet considérés sont les débits décennaux calculés à partir de la pluie maximale journalière décennale **P₁₀ = 107 mm**. (Ces résultats nous ont été fournis par le Bureau d'études GERMS CONSUTING, chargé de l'étude d'APS et du contrôle et suivis de l'exécution).

✓ Le coefficient de ruissellement kR10 : (le même pour les deux méthodes)

La superficie du Bassin versant étant supérieure à 10km² et la pluie décennale ponctuelle différente de 70mm et 100mm, le coefficient de ruissellement K_{r10} sera obtenu par interpolation des valeurs de k_{r70} et k_{r100} données par la formule :

(F) 12

$$K_{r70} \text{ ou } K_{r100} = \frac{a}{(S + b)} + c$$

Avec

{ $S =$ superficie du Bassin versant
 a, b et c les coefficient dependant des caractéristiques du Bassin données en annexe10

Caractéristiques du bassin versant :

Pour déterminer les valeurs de K_{r10} et K_{r100} nous devons déterminer les valeurs des coefficients a , b et c en fonction de l'indice global de pente et de la classe d'infiltrabilité du sol. Des six classes d'infiltrabilité définies par Rodier (voir ANNEXE XIX), notre bassin versant correspond à la classe :

I : bassin imperméable. Pas moins de 85 à 90 % de la surface sont constitués par des sols imperméables : roche très saine et sans trop de rugosité, regs (plaines d'argiles et de cailloux très vite saturées), glacis (surfaces planes à faible pente aux sols les plus divers, mais à forte propension à engendrer des formations pelliculaires), colluvions argileuses, argiles pouvant parfois présenter des fentes de retrait telles que celles rencontrées fréquemment dans les bas-fonds (vertisols par exemple). Les sols argile sableuse, sable argileux, voire sableux peuvent également être classés dans cette catégorie, s'ils sont recouverts d'une pellicule superficielle imperméable stable.

L'indice global de pente I_g en (m/km) est quant à lui donné par la formule :

$$I_g = \frac{D}{L}$$

Avec : D = dénivelée, exprimée en mètres, séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elles; ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique. À défaut de cette courbe, nous allons considérer ΔH comme la différence entre l'altitude max et l'altitude min du Bassin Versant.

L = Longueur du rectangle équivalent, exprimée en (km).

AN :

$$D = \Delta H = 234 - 178 = 56m$$

$$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4} = 9,15km$$

D'où : $I_g = 6.11m/km$

On supposera un indice global de pente corrigé $I_{g_{cor}} = 7\%$ pour la suite du calcul

À présent nous avons toutes les données pour le calcul de K_{r10} et K_{r100} . Les tableaux de l'ANNEXE XX présente les valeurs de a , b et c pour le couple (**classe I**; $I_{g_{cor}}$).

$$\text{Soit :} \quad \text{pour } K_{r70} \begin{cases} a = 1140 \\ b = 30 \\ c = 20 \end{cases} \quad \text{pour } K_{r100} \begin{cases} a = 1476 \\ b = 37 \\ c = 22 \end{cases}$$

D'où : $K_{r70} = 46,40\%$ et $K_{r100} = 51,40\%$

Avec ces valeurs nous allons procéder par interpolation linéaire pour déterminer K_{10} .

Interpolation linéaire :

$$Kr(70) = 46,4$$

$$Kr(100) = 51,4$$

$$K_r(x) = \frac{46,40 - 51,40}{70 - 100} * x + \frac{70 * 51,40 - 100 * 46,40}{70 - 100}$$

$$K_r(10) = 0,167 * 10 + 34,73 = 36,40\% = 36,40m/km$$

✓ Coefficient d'abattement

Le coefficient d'abattement permet d'estimer les pertes dues aux vents et de calculer la pluie moyenne sur tout le bassin versant .il est déterminé par l'équation simplifiée de VUILLAUME (1974) suivante :

$$K = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 * P_{an})}{1000} * \log(S) \right]$$

Avec : S = superficie du bassin en km^2

P_{an} = la hateur moyenne de précipitation annuelle en mm.

$$K \approx 0,85$$

✓ Le temps de Base

Le temps de base exprimé en second, est défini comme le temps qui s'écoule entre le début et la fin du ruissellement de la crue décennale. Il est déterminé en fonction de la superficie, de l'indice global de pente $I_{g_{cor}}$ et de la classe d'infiltrabilité. La projection sur l'abaque (ANNEXE XXI) donne :

$$T_b = 400mn = 24000s$$

Calcul du débit du débit de maximal ruisselé :

$$Q_{r10} = \alpha * M = \frac{\alpha * S * K * P_{10} * K_{r10}}{T_B}$$

AN :

$$Q_{r10} = 5,46m^3/s$$

Détermination du débit de pointe décennal :

Le débit de pointe ou débit maximal total Q_{10} comprend le débit maximal de ruissellement Q_{r10} et le débit dû à l'écoulement retardé Q_{ret10} . En région sahélienne, le second n'est jamais très important. Pour en tenir compte, on appliquera les relations suivantes :

- Pour un indice d'infiltrabilité I :

$$Q_{10} = 1,03 * Q_{r10}$$

Soit :

$$Q_{10} = 5,63m^3/s$$

b.2 Méthode CIEH

Cette méthode a été établie à partir des débits des crues décennales estimées et des données hydrométriques de base sur 162 bassins versants du recueil de DUBREUIL couvrant des superficies de 0.02 km² à 2000 km² recevant des pluies annuelles comprises entre 95 et 2000mm. La formulation retenue pour retrouver l'expression du débit de pointe Q_{10} est basée sur un schéma de régression multiple et se présente sous la forme :

(F) 13

$$Q_{10} = a * S^s * P_{an}^p * I_g^i * K_{r10}^k * Dd^d \dots$$

$$\text{Où : } \begin{cases} a, s, p, i, k, d \text{ sont des coefficients à déterminer} \\ S = \text{surface du bassin (km}^2\text{)} \\ I_g = \text{indice global de pente (m/km)} \\ P_{an} = \text{pluie annuelle moyenne (mm)} \\ K_{r10} = \text{coefficient de ruissellement décennal (\%)} \\ Dd = \text{la densité de drainage (km}^{-1}\text{)} \end{cases}$$

Les Paramètres connus :

$$\begin{cases} S = 13,20 \text{ km}^2 \\ I_g = 7\% \\ P_{an} = 577 \text{ mm} \end{cases}$$

Détermination de K_{r10} :

Pour cette méthode, Puech et Chabi-Gonni ont établie des équations pour déterminer K_{r10} en fonction de la géologie et de la précipitation annuelle.

Tableau 22 : Équations donnant K_{r10} en fonction de la géologie et de la précipitation annuelle

Type de sol	estimation de K_{r10}
<i>Granites</i>	$K1 = 2300. P_{an}^{-0,67}$
<i>Grès</i>	$K2 = 300. P_{an}^{-0,375}$
<i>Sables</i>	$K3 = 2.10^7 P_{an}^{-2,2}$
<i>Argiles + Marnes</i>	$K4 = 300. P_{an}^{-0,3}$
<i>Schistes</i>	$K5 = 370. P_{an}^{-0,375}$

(Chabi-Gonni P. , 1983)

D'après la géologie de la région de Niamey, notre bassin versant comprend deux catégories de sols (Sables et Argiles), ce qui nous permet donc de prendre comme valeur de K_{r10} la moyenne de K3 et K4.

$$K_3 = 2.10^7 * P_{an}^{-2,2} = 2.10^7 * 577^{-2,2} = 16,84\%$$

$$K_4 = 300 * P_{an}^{-0,3} = 300 * 577^{-0,3} = 44,54\%$$

$$K_{r10} = \frac{K_3 + K_4}{2} = \frac{16,84 + 44,54}{2} = 30,69\%$$

$$K_{r10} = 30,69\%$$

Détermination de Dd :

« 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 » donne pour tous les bassins versants du Niger la même densité de drainage soit $Dd = 3,20km/km^2$ (voir ANNEXE XXII).

Détermination de P_{m10} :

La précipitation moyenne sur le bassin P_{m10} est obtenue en multipliant la hauteur de précipitation ponctuelle P_{10} par le coefficient d'abattement A , déterminé par l'équation simplifiée de Vuillaume (1974) :

$$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 * P_{an})}{1000} * \log(S) \right]$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} P_{an} = 577mm \\ S = 13,20km^2 \\ P_{10} = 107mm \end{cases}$$

Le calcul donne : $A = 0,85$

D'où : $P_{m10} = 90,60mm$

Connaissant $I_g, S, K_{r10}, P_{an}, P_{m10}, Dd$, il sera calculé Q_{10} Pour plusieurs équations (F)13, différentes en fonction d'une part du découpage géographique et d'autre part de la zone de pluviométrie. Après nous procéderons à une analyse critique pour retenir le débit de pointe le plus critique.

Le « 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 » propose un certain nombre de coefficients de régression multiples en fonction de l'emplacement géographique du bassin versant et de la zone de pluviométrie. Nous retiendrons pour le calcul du débit de pointe, les coefficients des équations (11, 12, 41, 42, 43, 44) (ANNEXE XXIII).

Ces dernières sont retenues en fonction de leur compatibilité avec le Niger et la pluviométrie de la zone de projet, et aussi le coefficient de corrélation r^2 des paramètres avec le débit de pointe est élevé.

Les résultats des calculs seront présentés dans le tableau suivant :

Tableau 23 : Calcul du débit de pointe décennal

N° de l'Équation	Paramètres de calculs retenus	Constante	S (km²)	Ig (%)	Pan (mm)	Pm10 (mm)	Kr10 (%)	Dd (km/km²)	Débit de pointe décennal Q10 (m3/s)
		13,2	7	577	90,6	30,69	3,2		
		Coefficients de régression							
		a	s	i	p	p'	k	d	
11	S, Kr10	0,41	0,524				0,982		45,73
12	S, Kr10, Ig	0,095	0,643	0,406			1,038		38,45
41	S, Kr10	0,407	0,532				0,941		40,27
42	S, Kr10, Ig	0,0912	0,643	0,399			1,019		34,12
43	S, Pm10	35600	0,342			-1,808			24,90
44	S, Kr10, Pm10	203	0,459			-1,301	0,813		30,52

La méthode CIEH nous donne des résultats très différents de ceux de la méthode ORSTOM. Nous remarquons aussi que plus on prend en compte plusieurs paramètres, plus le débit est bas, sauf pour le cas de l'équation N°43 où la constante **a** est très élevée. Ainsi pour nous rapprocher le plus du débit réel de pointe, nous allons faire la moyenne de ces débits, ce qui donne :

$$Q_{10} = 35,66 \text{ m}^3/\text{s}$$

La méthode CIEH donnant le cas le plus défavorable, il sera considéré pour le dimensionnement du Dalot d'évacuation des eaux du Gountou Yéna le débit de pointe y correspondant.

3) Dimensionnement des ouvrages d'assainissement

Cette partie traitera du dimensionnement des ouvrages hydrauliques pour les eaux pluviales issues de la chaussée et l'ouvrage de franchissement de l'affluent Gountou Yéna.

3.1 Dimensionnement des ouvrages d'assainissement de la route

La voie express est en remblai moyen, c'est-à-dire qu'elle n'est pas suffisamment élevée pour qu'il y ait crainte de l'érosion du talus, au contraire sa position par rapport aux caniveaux longitudinaux permet un assainissement facile. Avant d'aller directement au dimensionnement, nous allons définir les ouvrages nécessaires à l'assainissement de notre route.

- Les caniveaux
- Le réseau réseaux de crête de talus
- Les descentes d'eau
- Drain pour le TPC
- Et le Dalot pour le franchissement des eaux pluviales.

a) Les caniveaux

Dans le profil en travers type que nous avons proposé, la voie express compte deux caniveaux de part et d'autre de la VRU pour recueillir les eaux pluviales de la chaussée et des surfaces environnantes. Pour le dimensionnement de ces caniveaux, il sera pris un certain nombre d'hypothèses.

a.1 Dimensionnement Hydraulique :

Hypothèses :

- La section sera considérée hydrauliquement favorable (rectangulaire),
- Le débit à transiter est estimé en II.1.a : $Q = 1,78 m^3/s$,
- L'écoulement est non permanent uniforme,
- La pente longitudinale $I = 0,5\%$,
- Coefficient de ruissellement du Béton armé : $K_s = 67$.

Nous procéderons par la méthode itérative (débitance) à partir de la formule du débit de Manning-Strickler :

(F) 14

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

Avec :

$$\begin{cases} S \text{ la section mouillée } S = b * y_n \text{ (m}^2\text{)} \\ K_s \text{ le coefficient de rigidité de béton} \\ R \text{ le rayon hydraulique (m)} \\ Q \text{ le débit (m}^3\text{/s)} \end{cases}$$

La méthode de la débitance consiste à calculer dans un premier temps $\frac{Q}{\sqrt{I}}$, puis l'exprimer en fonction de $F(b, m, K_s, \text{ et } y_n)$. Ensuite fixer la valeur de la largeur b du canal puis varier la hauteur normal de l'eau jusqu'à obtenir une valeur de F supérieure à $\frac{Q}{\sqrt{I}}$.

$$R = \frac{S}{P} \text{ Avec } \begin{cases} S = b * y_n \\ P = b + 2y_n \end{cases}, \text{ p étant le périmètre mouillé.}$$

Le débit est donc donné par :

$$Q = \frac{K_s * I^{\frac{1}{2}} * (b * y_n)^{5/3}}{(b + 2y_n)^{2/3}}$$

D'où :

$$\frac{Q}{I^{\frac{1}{2}}} = \frac{K_s * (b * y_n)^{5/3}}{(b + 2y_n)^{2/3}}$$

$$\frac{Q}{I^{\frac{1}{2}}} = \frac{1,78}{\sqrt{0.005}} = 25,17, \text{ soit } b \text{ fixé à } b = 1,00m.$$

Débitance		
Y_n	$F(b, m, K_s, \text{ et } y_n)$	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$
0,70	20,63	25,17
0,75	22,52	
0,80	24,43	
0,83	25,58	
0,85	26,36	

Nous retiendrons ainsi la valeur $Y_n = 0,83m$ comme tirant d'eau normal et les dimension des caniveaux : **100 * 100 cm** soit **1m** de hauteur et **1m** de largeur de fond.

Ces caniveaux collecteront et draineront les eaux pluviales vers les dalots placés au point les plus bas et à des distances raisonnables pour éviter le dépassement du débit Q .

a.2 Dimensionnement Structural des caniveaux :

Après dimensionnement nous retiendrons pour les caniveaux le ferrailage suivant :

Dallettes : **8 HA12 par dalle de 50 cm de large**

Piédroits : **8 HA10, esp=15 cm extérieur**

8 HA8, esp= 15 cm intérieur

HA8, esp=20 cm filant

Radier : **8 HA10, esp=15 cm inférieur**

8 HA 8, esp=15 cm supérieur

HA8, esp=20 cm filant

Les détails du calcul sont donnés dans l'ANNEXE XXIV

b) Les dalots

L'étude du réseau d'assainissement existant a montré que les 8 des dalots existants du PK0+610 au PK4+810 sont en bon états et réutilisable (avec un prolongement nécessaire pour les adapter à la largeur de la chaussée). Pour notre variante il sera placé environ tous les 1km un dalot au point le plus bas environnant pour collecter les eaux de **500m** linéaire de caniveaux de part et d'autre du dalot. Pour le Gountou Yéna, principal affluent du fleuve Niger dans la ville de Niamey, il sera dimensionné un dalot en fonction du débit déterminé en 1.b).

Nous allons dans un premier temps dimensionner hydrauliquement (détermination des dimensions) le dalot puis par la suite dimensionner les structures béton armé de celui-ci (dalot Gountou Yéna) au moyen du logiciel CYPE 2015. Pour les trois dalots de **1 * 1, 2 * 1, 2**, ils seront exécutés selon les plans de l'ANNEXE XXV.

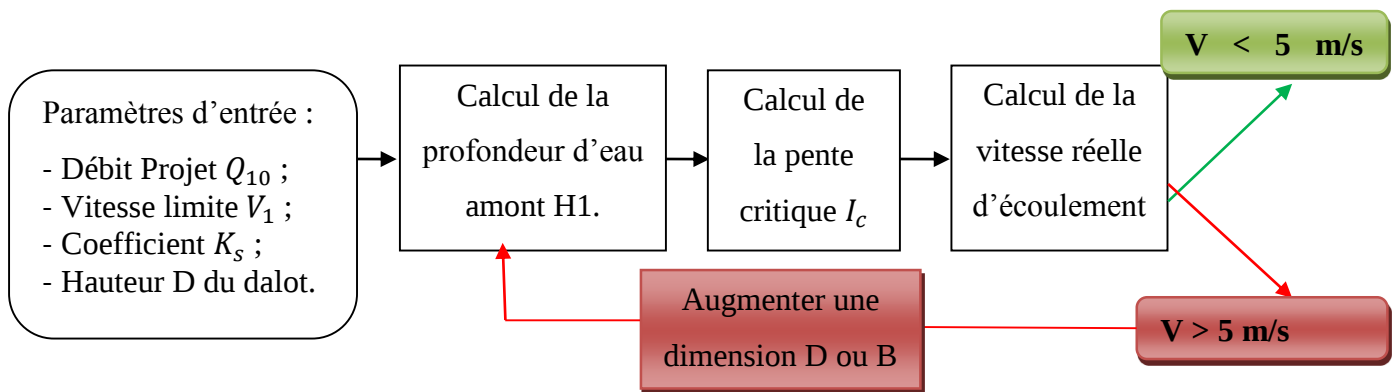
b.1 Dimensionnement Hydraulique :

Données du dimensionnement et hypothèses de calcul :

✓ Données du dimensionnement : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Débit de pointe décennal : } Q_{10} = 35,66 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Largeur de la chaussée : } L = 16,66 \text{ m} \\ K_s = 67 \end{array} \right.$

✓ Hypothèses de calcul : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Vitesse limite : } V_1 = 5 \text{ m/s} \\ \text{Hauteur (Gabarit du dalot) : } D = 3 \text{ m} \\ \text{Ouverture Largeur du projet } B = 3 \text{ m} \\ \text{Nombre d'ouvertures } n = 1 \end{array} \right.$

La méthodologie adoptée suivra le schéma suivant :



Il s'agira à travers ces calculs de vérifier le pré-dimensionnement hydraulique : **Dalot 1*3*3**.

➤ Calcul de la profondeur amont d'eau H1 :

La profondeur d'eau à l'amont de l'ouvrage doit obéir à la relation suivante :

$$\frac{H}{D} < 1,25 \text{ soit } H < D * 1,25 \Rightarrow H < 3,75 \text{ m}$$

Par la méthode des grandeurs réduites proposé par la BCEAOM (VAN TUU et al., 1981), cas des sorties libres, nous allons déterminer le débit réduit Q^* et déterminer H^* par la lecture sur l'abaques des dalots rectangulaires à sortie libre avec un mur en tête et mur en aile de 30° (courbe A de l'ANNEXE XXVI).

$$Q^* = \frac{Q}{S\sqrt{2gD}} \text{ et } H^* = \frac{H_1}{D}$$

$Q^* = 0,44$ et la lecture sur l'abaque donne $H^* = 1,24$

D'où, $H_1 = 1,24D = 3,72 \text{ m} < 1,25D$ l'écoulement se fait donc à surface libre à l'amont de l'ouvrage.

➤ Calcul de la pente critique I_c

Le débit réduit donné $Q^*_2 = \frac{Q}{\sqrt{g*B^5}} = \frac{35,66}{10*3^5} = 0,72$,

La lecture sur l'abaque des pentes critiques des dalots rectangulaires à sortie libre de

l'ANNEXE XXVII, donne : $I_c^* = 3,92$, la pente critique est donc donnée par :

$$I_c = \frac{g \cdot I_c^*}{K_s^2 \cdot \sqrt[3]{D}} = \frac{10 \cdot 3,92}{672 \cdot \sqrt[3]{3}} = 0,6\%$$

➤ **Calcul de la vitesse réelle d'écoulement :**

$$\text{Le débit réduit donné } Q_3^* = \frac{Q}{K_s \cdot \sqrt{I} \cdot \sqrt[3]{B^8}} = \frac{35,66}{67 \cdot \sqrt{0,0061} \cdot \sqrt[3]{3^8}} = 0,36$$

La lecture sur l'abaque des vitesses critiques des dalots rectangulaires à sortie libre de l'ANNEXE XXVIII, donne : $V_c^* = 0,46$ ce qui nous permet d'avoir la vitesse critique de l'écoulement de l'eau donnée par :

$$V_c = V_c^* \cdot K_s \cdot \sqrt{I} \cdot \sqrt[3]{B^3} = 0,46 \cdot \sqrt{0,0061} \cdot \sqrt[3]{3^3} = 4,97 \text{ m/s}$$

$$V_c < V \text{ limite,}$$

Les conditions de vitesse sont vérifiées et par conséquent, les dimensions de notre dalot sont définitivement adoptées : (1 * 3 * 3).

b.2 Dimensionnement structural des dalots

Pour le dimensionnement structural de notre dalot, nous utiliseront le module PICF-CYPE qui est un Sous-logiciel de dimensionnement des ponts inférieurs à cadre fermé de groupe CYPE. Ce module utilise la méthode de calcul par éléments finis triangulaires de type lamelle épaisse tridimensionnelle qui prend en compte la résistance à l'effort tranchant.

Pour le dimensionnement, nous allons intégrer au logiciel des données d'entrée, puis définir la configuration des calculs pour enfin modéliser et calculer les structures. À la fin du calcul, il sera imprimé les notes de calculs et les différents plans.

Données d'entrée :

- ✓ Longueur du dalot : $L = 16,66 \text{ m}$
- ✓ Ouverture du dalot : $D = 3 \text{ m}$
- ✓ Hauteur par rapport au radier : $H = 3 \text{ m}$
- ✓ Acier : Fe500
- ✓ Béton : B25
- ✓ Normes : BEAL91Modif99 et Fascicule 61 Titre II
- ✓ Fissuration : préjudiciable
- ✓ Angle des murs en ailes : 30°

Données de sortie :

Après modélisation, Tous les calculs effectués par le logiciel sont vérifiés et rappelons aussi que PICF-CYPE propose toujours des sections optimales pour une sécurité maximale. Les plans d'exécution sont donnés dans les annexes suivant.

ANNEXE XXIX : Vue de dessus du dalot,

ANNEXE XXX : Plan des coupes de module et des murs en aile,

ANNEXE XXXI : Ferrailage Coupe-long Tablier-Radier,

ANNEXE XXXII : Ferrailage Coupe-tran Module,

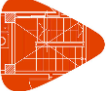
ANNEXE XXXIII : Ferrailage Coupe-tran Mur en aile,

ANNEXE XXXIV : Quantitatif fer Module,

ANNEXE XXXV : Quantitatif fer Murs en aile.

Les dimensions géométriques correspondantes sont répertoriées ci-dessous :

Plan supérieur module : Par gabarit (3.00 m)

 Dimensions géométriques Ouvrage de franchissement du Gountou Yéna	
MODULE Épaisseurs Piédroits : 30 cm Tablier/radier: 30 cm	
MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE Longueur totale : 5.00 m Longueur supérieure : 0.70 m Épaisseur en extrémité : 0.50 m Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m ² Épaisseur du mur : 0.30 m Épaisseur de la semelle : 0.45 m Débords semelle : - Arrière : 0.60 m - Avant: 0.60 m	MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE Longueur totale : 5.00 m Longueur supérieure : 0.70 m Épaisseur en extrémité : 0.50 m Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m ² Épaisseur du mur : 0.30 m Épaisseur de la semelle : 0.45 m Débords semelle : - Arrière : 0.60 m - Avant: 0.60 m
MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE Longueur totale : 5.00 m Longueur supérieure : 0.70 m Épaisseur en extrémité : 0.50 m Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m ² Épaisseur du mur : 0.30 m Épaisseur de la semelle : 0.45 m Débords semelle : - Arrière : 0.60 m - Avant: 0.60 m	MUR EN AILE DE SORTIE DROITE Longueur totale : 5.00 m Longueur supérieure : 0.70 m Épaisseur en extrémité : 0.50 m Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 N/m ² Épaisseur du mur : 0.30 m Épaisseur de la semelle : 0.45 m Débords semelle : - Arrière : 0.60 m - Avant: 0.60 m

CHAPITRE 4 : SÉCURITÉ, SIGNALISATION ET ÉCLAIRAGE DE LA VOIE

Introduction :

Ce chapitre traitera de la sécurité routière, paramètre clé dans l'élaboration d'un projet routier, de la signalisation, importante pour renseigner les usagers sur la visibilité, la proximité avec les obstacles, etc...., et les équipements qui constituent avec la signalisation les paramètres clés assurant la sécurité et le confort des usagers.

1. La sécurité

La sécurité des usagers de la route une priorité absolue du concepteur dans l'élaboration d'un projet routier. Ainsi dans toutes les phases de la construction jusqu'à l'exploitation de la route, un certain nombre de dispositions doit être pris pour assurer la sécurité des conducteurs

1.A. Phase d'exécution :

Dans la phase d'exécution les responsables qualité sécurité hygiène doivent s'assurer de l'adoption et l'application des mesures de sécurité sur le chantier. Ces mesures permettront de préserver les personnes et les biens sur et autour du chantier. On peut citer entre autre :

- ✓ D'abord l'application des mesures adoptées dans l'EIES ;
- ✓ Le balisage des zones très en contact avec la population ;
- ✓ La limitation de vitesse des engins et véhicules sur le chantier ;
- ✓ Le port constant et régulier des équipements de protection Individuels ;

1.B. Phase d'exploitation :

La sécurité dans la phase d'exploitation, relativement plus longue, est surtout assurée par les autorités responsables de la sécurité routière (Police routière). Des campagnes de sensibilisation peuvent être mener en parallèle pour inviter les usagers à plus de prudence et au respect des règles de la conduite. Aussi pour plus de rigueur les autorités (le Maire/Gouverneur) peuvent instaurer des mesures dont la violation est passible de sanction, telles que :

- ✓ Le port obligatoire de casque pour les engins à deux roues ;
- ✓ Le port obligatoire de la ceinture pour les conducteurs automobiles ;
- ✓ La fermeture au moyen d'une bâche des camions ;
- ✓ La programmation des heures de circulations pour certains types de véhicules, etc....

2. La signalisation

La signalisation en plus d'assurer la sécurité du conducteur, permet à ce dernier d'être informé à tout moment sur l'état de la route même dans les parties hors de son champ de visibilité. On distingue deux types de signalisation :

- La signalisation horizontale, et
- La signalisation Verticale

2.A La Signalisation Horizontale

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Elles ont pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usagers, ainsi que, dans certains cas, la conduite que doivent observer les usagers. Le marquage des chaussées n'est pas obligatoire, sauf sur autoroute et route express qui est le cas de notre projet. Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussées, et d'autres couleurs peuvent être utilisées pour certains marquages spéciaux.

L'instruction interministérielle sur la signalisation routière (du journal officiel du 12 mars 1988) présente les marques de chaussée en plusieurs catégories applicables selon les sections.

2.A.1 Les catégories de marques de chaussée

a) Les Lignes Longitudinales

- ✓ Continues infranchissables,
- ✓ Discontinues axiales ou de délimitation des voies (types T1 et T'1 à forte prédominance des vides sur les pleins),
- ✓ Discontinues d'annonce d'une ligne continue ou de dissuasion remplaçant une ligne continue ou de délimitation des voies dans certains cas en agglomération (type T3 à forte prédominance des pleins sur les vides).
- ✓ Discontinues de délimitation de la chaussée (types T2 et T'2 à vides et plein approximativement équilibrés),
- ✓ Mixtes (ligne discontinue du type T1 ou T3 accolée à une ligne continue) qui ne peuvent être franchies que si, au début de la manœuvre de dépassement la ligne discontinue se trouve la plus proche du véhicule,
- ✓ Continues ou discontinues de délimitation de voies réservées à certaines catégories de véhicules ou de délimitation de bandes d'arrêt d'urgence (types T2, T3 et T4).

b) Les Flèches

- ✓ De rabattement
- ✓ Directionnelles.

c) Les Lignes Transversales

- ✓ Ligne continue « STOP »,
- ✓ Ligne discontinue « CÉDEZ LE PASSAGE », d'effet des feux de signalisation, et de guidage en intersection.

d) Les autres marques

- ✓ Pour piétons,
- ✓ Pour cyclistes,

- ✓ Pour le stationnement,
- ✓ Pour les transports en commun,
- ✓ Pour les ralentisseurs de type dos d'âne.

2.A.2 Les dispositions des marques selon les sections

a. En section courante :

Les marques en section courante permettent aux usagers de rester dans la limite des voies et leur permettent d'entamer des manœuvres à l'approche des obstacles. Pour nos chaussées, les marquages seront disposés comme suit :

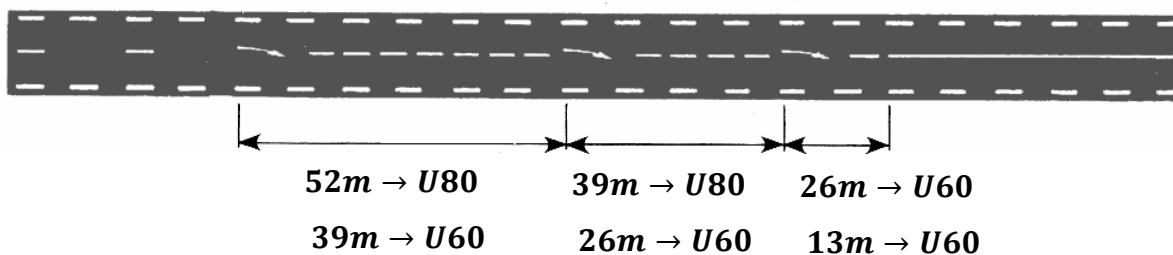
- Ligne continue : de largeur 3u pour la limitation de la bande dérasée de gauche
- Ligne interrompu type T3 : de largeur 5u pour la délimitation des voies lentes
- Ligne interrompu type T2 : de largeur 3u pour la délimitation des rives de chaussée

b. Au niveau des points singuliers :

Au niveaux des points singuliers ou à l'approche de ces derniers, les marques jouent un rôle très important dans la prise de décision des conducteurs. Rappelons que les carrefours font l'objet d'une étude particulière et donc les marques présentées à leur niveau sont juste des marques qui annoncent leur proximité. Ainsi pour la pré-signalisation des points singuliers, nous avons :

➤ Les lignes d'annonce :

Elles précèdent les lignes continues. Dans notre cas, milieu urbain, elles seront constituées d'une ligne T3 de longueur L et avec une flèche de rabattement. L est exprimée en fonction de la vitesse de référence soit $L = 78m$ pour U60 et $L = 117m$ pour U80.



➤ Marquage des îlots :

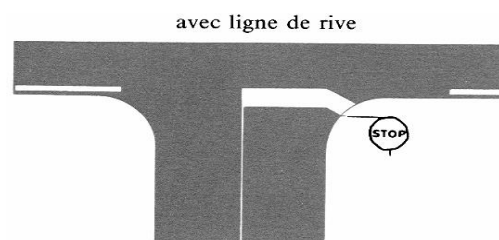
Aux intersections notamment, il peut être utile d'interdire à la circulation certains espaces appelés îlots. Ces îlots sont conçus soit pour séparer deux courants de circulation (îlots séparateurs), créer une divergence (îlots directionnels) soit pour être contournés circulairement. Dans notre cas les îlots seront délimité par la prolongation de la BDG.

➤ Virages :

Le tracé en plan de la voie express présente en tout 7 virages dont 3 virages à droites et 4 virages à gauche. Ces derniers seront annoncés par les lignes d'annonces.

➤ **Lignes complétant le panneau STOP (AB4) 5 :**

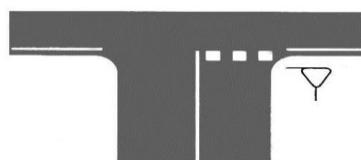
La ligne transversale est continue, a une largeur égale à 50 cm et s'étend sur toute la largeur des voies affectées à la circulation des véhicules qui doivent marquer l'arrêt imposé par le panneau STOP. Elle ne doit jamais être tracée en l'absence du panneau STOP. Pour notre cas elle sera disposée sur toutes les voies, sans feu de circulation, coupant transversalement la voie express.



➤ **Lignes complétant le panneau « Cédez-le-passage » (AB3a)**

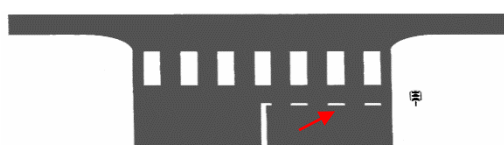
La ligne transversale est constituée par une ligne discontinue de 50 cm de large et de modulation T'2.

Cette ligne s'étend sur toute la largeur des voies affectées à la circulation des véhicules qui doivent céder le passage. Elle ne doit jamais être tracée en l'absence du panneau correspondant sauf dans le cas prévu à l'article 42-10. Elle marque la limite de la chaussée prioritaire. Comme pour la précédente, elle sera disposée sur toutes les voies, sans feu de circulation, coupant transversalement la voie express.



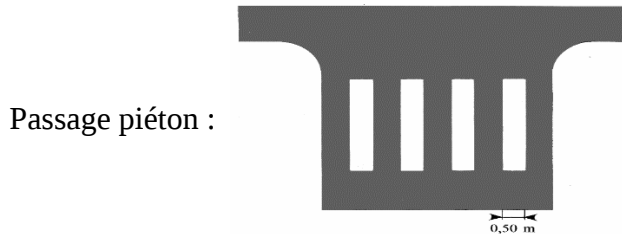
➤ **Ligne d'effet des feux de circulation**

La ligne transversale est de type T'2 et de largeur égale à 15 cm. Elle ne s'étend que sur les voies affectées à la circulation des véhicules auxquels s'adressent les signaux lumineux tricolores ou les signaux R24 des passages à niveau. Elle est ici tracée pour que les véhicules s'arrêtent en amont des signaux et les passages pour piétons.



➤ Passages pour piétons

Rappelons que le caractère rapide de la voie express ne nous permet pas de placer les passages pour piétons n'importe comment. Aussi pour éviter cela il a été aménagé des quatre passerelles pour le passage des piétons. Néanmoins pour faciliter la circulation des piétons, il sera placé à chaque intersection dotée de feu de signalisation un passage piétons à 6 bandes.



(L'ANNEXE XXXVI présente les valeurs des largeurs et interdistances des marques)

2.B Signalisation verticale

La signalisation verticale complète la précédente en donnant plus d'informations aux usagers. En effet, grâce à des panneaux communément appelés éléments de signalisation elle assure les trois fonctions suivantes :

- ✓ Avertir des dangers à l'aide des panneaux triangulaires,
- ✓ Signaler une interdiction ou une obligation à l'aide des panneaux ronds, et
- ✓ Donner des indications et des informations lors d'un trajet.

Dans ce projet il sera utilisé les panneaux suivant :

➤ Panneau AB6 : « priorité »

Le panneau de signalisation AB6 annonce ou rappelle que la route est prioritaire. Il sera placé au PK0+000, et 50m après chaque carrefour qui sont au nombres de 7. En effet à l'arrivée au niveau des carrefours, la route perd sa priorité en raison de la particularité de ces derniers, il faut donc le rappeler après chaque carrefour dans le sens allé de la VRU. (Schéma voire l'ANNEXE XXXVII).

➤ Panneau AB3a : « cédez le passage »

Le panneau « CÉDEZ LE PASSAGE » AB3a est un signal de position qui indique l'obligation de céder le passage à l'intersection aux usagers de l'autre route sans avoir à marquer obligatoirement l'arrêt. Il est utilisé sur toutes les catégories de routes, aussi bien en agglomération qu'en rase campagne. Il est placé de façon très visible et aussi près que possible de la chaussée abordée. Ce panneau sera placé avant chaque carrefour (giratoire) en raison de leur particularité. (Schéma voire l'ANNEXE XXXVII).

➤ Panneau AB4 : « STOP »

Le panneau « STOP » AB4 indique les intersections où les conducteurs doivent marquer un temps d'arrêt et céder le passage aux usagers de la route rencontrée conformément à l'article

R.415-6 du code de la route. Le panneau stop sera placé au niveau de toutes les voies interceptant la VRU (prioritaire). (Schéma voir l'ANNEXE XXXVII).

➤ **Feux de signalisation :**

À l'intersection de la VRU avec les autres voies dans les zones d'hyperactivité (Grand-marché, hippodrome), il sera placé des feux tricolores pour fluidifier la circulation.

➤ **Panneaux horizontaux :**

Placé en altitude, ils seront placés avant et après chaque carrefour pour rappeler les destinations aux usagers. (Schéma voir ANNEXE XXXVII).

3. Éclairage de la voie express

Dans cette partie nous allons principalement traiter la question de l'éclairage de la voie express. Bien que la circulation est plus intense durant la journée, le risque d'accident est plus élevé la nuit du fait de la faible visibilité des conducteurs. Ceci rend la question de l'éclairage de route extrêmement sensible. Comme indiqué dans les profils en travers types, les dispositions des candélabres (*de hauteur $H = 10m$*) restent les mêmes avec un seul luminaire pour le premier profil en travers type et deux luminaires pour les autres. Pour le choix des luminaires nous retiendrons, pour des raison d'économie d'énergie et pour adopter notre projet aux objectifs de préservation de l'environnement, des luminaires de type LED LUMA 180*LED. Ces luminaires ont des lampes d'éclairage à énergie photovoltaïque.

Dimensionnement des candélabres :

L'espacement entre les candélabres dépend du type de source employé et du type d'implantation employé. Ainsi, pour des luminaire type LED et une implantation axiale rétro-bilatérale, l'espacement entre les candélabres est tel que :

$$3,5H \leq e \leq 4H$$

Ce qui donne pour $H = 10m$, un espacement compris entre: $35m \leq e \leq 40m$

Nous retiendrons donc **$e = 35m$** .

Ainsi nous aurons pour l'ensemble du projet :

- ✓ Du Pk0+000 au PK2+457 : 140 Candélabres mono luminaires,
- ✓ Du PK2+457 : au PK9+580 : 420 Candélabres bi luminaires.

4. Étude d'impact environnementale et social

ENVIRONNEMENT		IMPACTS NÉGATIFS	MESURES D'ATTÉNUATION
Biophysique	Sur le sol	✓ Dégradation de structure ✓ Zones accidentés ✓ Pollution des huiles	✓ Remise en état du Sol ✓ Limiter la circulation des engins
	Sur l'air	✓ Emission de poussière ✓ Emission de CO2 d'échappement	✓ Arroser quotidiennement ✓ Entretenir les moteurs ✓ Limiter les travaux en période de vent fort
	Sur la faune	✓ Destruction de son habitat	✓ Sensibiliser les travailleurs ✓ Réduire le bruit sonore ✓ Limiter la pollution des eaux
	Sur la flore	✓ Destruction de 209 pieds d'arbres ✓ Dépôt de poussière	✓ Prévoir des plantations le long du nouveau tracé et dans le TPC ✓ Prévoir une zone engazonnée autour de la voie et ses aménagement
	Sur les ressources en eau	✓ Contamination des eaux du fleuve par les déchets ou huiles	✓ Collecte des huiles usées pour leur recyclage ou élimination
	Sur le paysage	✓ Déformations du milieu dues à l'installation du chantier et travaux d'aménagement	✓ Opérations de remise en état ✓ Plantation des nouveaux arbres
Humain	Sur la santé et sécurité	✓ Risques d'accident ✓ Perturbation sonore ✓ Inhalation de poussière	✓ Bien baliser la zone des travaux ✓ Installation des panneaux et banderoles indiquant les travaux ✓ Visites de santé ✓ Sensibilisation au risque de maladies
	Sur les revenus et emplois	✓ Pertes de revenus des commerçants déguerpies	✓ Favoriser le recrutement de la main d'œuvre locale
	Sur les infrastructures	✓ Délocalisation des bâtiments et infrastructures	✓ Dédommagement des populations à délocaliser
	Sur la mobilité	✓ Perturbation de la circulation ✓ Difficulté d'accès au Grand Marché	✓ Bien informer et sensibiliser la population des travaux ✓ Créer des voie de contournement

CHAPITRE 5 : DEVIS ESTIMATIF DU COÛT DU PROJET

Introduction :

Dans cette partie de l'étude sera évalué le coût global prévisionnel du projet. Rappelons que pour tout projet, le coût reste le paramètre clé dans la prise de décision de son exécution. L'estimation du devis ici sera basée sur les prix unitaires des projets récents réalisés ou en cours de réalisation au Niger (chantier échangeur Diori, Tahoua Sakola) et dans les zones les plus proches du projet. Elle est élaborée sur la base des avant-métrés et calculée pour les différents postes relatifs à l'aménagement de la voie expresse.

A. Avant-métré

1. Le terrassement + Revêtement

Pour le terrassement, la chaussée existante facilite l'estimation des volumes :

Description	Unité		Quantité
Terrassements			
	Fouille caniveaux	m ³	27590,4
	Déblais	m ³	33544,18
	Remblais	m ³	606791,02
Matériaux de structure			
	BB	m ³	12039,4
	Base GC	m ³	36146,62
	Fondation GC	m ³	17306,19

2. Ouvrages Assainissement

L'estimatif des quantités donne :

Assainissement		
Désignation	Unité	Qtité
Béton de propreté dosé à 150kg/m3	m3	1149,6
Barrière BA 350kg/m3	m3	2622,48
Béton caniveau 350kg/m3	m3	20692,8
Béton dalot 350kg/m3	m3	194,83
Bordure de type T2 CS2	m3	167,03
Acier FE500	kg	11346,34
Acier FE400	kg	324953,6

Dalot Gountou Yéna				
Élément	Fe E500 (kg)			Béton (m³)
	HA10	HA12	Total	B25
Référence: Mur en aile d'entrée gauche	72.88	282.99	355.87	6.52
Référence: Mur en aile d'entrée droite	72.88	282.99	355.87	6.52
Référence: Module	1650.37	2508.62	4158.99	65.97
Référence: Mur en aile de sortie gauche	72.88	282.99	355.87	6.52
Référence: Mur en aile de sortie droite	72.88	282.99	355.87	6.52
Total	1941.89	3640.58	5582.47	92.05

3 Dalot 1*1,2*1,2					
Élément	Fe E500 (kg)				Béton (m³)
	HA8	HA10	HA12	Total	B25
Référence: Mur en aile d'entrée gauche	38,34		40,3	78,64	1,07
Référence: Mur en aile d'entrée droite	38,34		40,3	78,64	1,07
Référence: Module		702,5	904,23	1606,73	29,99
Référence: Mur en aile de sortie gauche	38,34		40,3	78,64	1,07
Référence: Mur en aile de sortie droite	38,34		40,3	78,64	1,07
Total	153,36	702,5	1065,43	1921,29	34,26
Total trois dalot 1*1,2*1,2	460,08	2107,5	3196,29	5763,87	102,78

3. Signalisation et éclairage

SECURITE-SIGNALISATION-ECLAIRAGE		
Désignation	Unité	Qtité
Ligne continue BDG largeur 15cm	ml	15328
Lignes discontinues (T1) d'axe largeur 10cm	ml	9556
Lignes discontinues de voie (T3)	ml	13553
Lignes discontinues de rives (T2)	ml	11645
Ligne T3+ flèche de rabattement	m²	1 920,00
Panneau de signalisation AB6	u	14
Panneau de signalisation AB3a	u	32
Panneau de signalisation de type AB4	u	112
Feux tricolores	u	20,00
Fourniture et pose du kit mono luminaire	u	140
Fourniture et pose du kit bi luminaire	u	420

4. Coût de l'étude d'Impact environnemental et social

Le coût relatif à la mise en œuvre de tous les programmes contenus dans ce PGES est estimé à **87 780 000 FCFA**.

Le coût provisoire d'indemnisation des biens qui seront impactés est estimé à :

- **556 860 000** pour la section du Rond-point 6e au Grand Marché
- **493 340 000** pour l'avenue MAORÉ et Gountou Yéna

Soit un total de **1 137 980 000 (+10%) = 1 251 778 000 FCFA**

Ces coûts proviennent du rapport d'étude d'impact environnementale et social menée par la direction d'étude environnementale du ministère de l'environnement en 2017.

B. Coût global Prévisionnel du projet

Après le métré, il a été estimé le coût global provisoire du projet en fonction des prix locaux d'exécution, relativement ceux des grands chantiers en cours au Niger. Les détails de l'étude du coût du projet sont présentés à l'ANNEXE XXXX.

Tableau 24 : Récapitulatif des différents coûts du projet

Prix global du projet	Total	Pourcentage des prix
1. Le terrassement + Revêtement	4 321 073 570,00	41,18%
2. Ouvrages d'assainissement	3 876 345 640,00	36,95%
3. Signalisation et éclairage	1 042 668 000,00	9,94%
4. Coût de l'étude d'Impact environnemental et social	1 251 778 000,00	11,93%
TOATL HT	10 491 865 210,00	100%
TOTAL TTC	12 485 319 599,90	

Il est à rappeler que le caractère très urbain de la zone du projet promet de rendre difficile son exécution, il est donc important de prévoir les coûts d'ordre imprévus. Pour cela nous considérerons un coût global provisoire majoré de 10% du TOTAL TTC, ce qui nous donnera un total de : **Treize milliards sept cent trente-trois millions huit cent cinquante un mille cinq cent soixante Franc CFA**.

Coût définitif du projet : Total TTC * 15% = 13 733 851 560 FCFA

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

Avant de conclure cette étude nous discuterons dans cette partie les résultats obtenus. Il sera présenté dans un premier temps les résultats généraux de l'étude de la variante proposée, et en second partie une discussion (analyse comparative avec la variante retenue).

1. Résultats généraux de l'étude

La présente étude s'est articulée autour de trois grandes parties d'un projet routier :

- ✚ La conception géométrique,
- ✚ Le dimensionnement de la structure de chaussée,
- ✚ L'assainissement de la route,
- ✚ Et l'estimation du coût du projet.

1.a. La conception géométrique

La géométrie de la voie express obéit aux normes d'aménagement décrites dans les instructions sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU).

Les tableaux 6 et 7 présentent les valeurs limites des éléments du tracé en plan et du profil en long. Pour le profil en travers il a été proposé type selon la zone et la largeur d'emprise disponible :

- ✓ Du PK0+000 au PK2+457 : Profil en travers type 1,
- ✓ Du PK2+457 au PK6+244 : Profil en travers type 2,
- ✓ Du PK6+244 au PK8+443 : Profil en travers type 3, et
- ✓ Du PK8+443 au PK9+580 : Profil en travers type 4.

Les aménagements (carrefours et passerelles) proposés dans cette étude sont des éléments complémentaires de la voie et font l'objet d'une étude particulière.

1.b. Le Dimensionnement de la structure de chaussée

La structure de la chaussée a été dimensionnée suivant une méthode empirique du CEBTP et vérifiée suivant une méthode rationnelle du LCPC. Il en résulte de ce dimensionnement deux tronçons de structures différentes :

Du PK0+000 au PK6+244 : Tronçon 1 { *couche de Roulement: Béton Bitumineux: 8cm*
Couche de base: GraveLat/Ciment: 20cm
Couche de fondation: GraveLaté/Ciment: 20cm

Du PK6+244 au PK9+580 : Tronçon 2 { *couche de Roulement: Béton Bitumineux: 5cm*
Couche de base: GraveLat/Ciment: 20cm
Couche de fondation: GraveLaté/Ciment: 17cm

À ces structures s'ajoutent celles des contre-allées :

DU PK2+457 au PK8+247 : $\left\{ \begin{array}{l} \text{couche de Roulement: Enduit superficiel en tricouche} \\ \text{Couche de base: Grave Latéritique : } \mathbf{15cm} \\ \text{Couche de fondation: Grave Latéritique : } \mathbf{20cm} \end{array} \right.$

1.c. Assainissement de la voie express

Pour l'assainissement de la VRU, un état de lieu des ouvrages existant a été fait et une étude hydrologique nous a permis de connaître les débits à évacuer pour le dimensionnement des ouvrages nécessaire pour les transiter. En somme il est ressorti de cette étude d'assainissement les ouvrages suivants :

- ✓ Caniveaux : Il sera conçu des nouveaux caniveaux **1 * 1** de part et d'autre de la VRU sur toute sa longueur excepté au niveau des points singuliers. Pour éviter l'obstruction de ces caniveaux, ils seront couverts par des dalles d'épaisseur 20cm.
- ✓ Dalots : les 8 dalots recensés (tableau 19) sont en bons états et seront prolongés pour adopter la largeur de la nouvelle VRU. Il sera aménagé 3 autres dalots de dimensions **1 * 1, 2 * 1, 2** pour transiter les eaux des caniveaux du PK4+810 au PK8+080. Et pour le franchissement de l'affluent du fleuve Niger le Gountou Yéna, il sera aménagé un dalot de dimensions **1 * 3 * 3**.

2. Analyse comparative des résultats avec ceux de la variante retenue

Il est sans nul doute évident que dans cette proposition le souci du respect des normes, des règles de l'art dans la construction, et de la sécurité des biens et personnes a été la politique générale dans notre démarche. La comparaison avec la variante retenue se fera autour de trois points particulièrement importants et sensibles.

Le premier point est la suppression de la voie ferrée dans le TPC de la VRU du PK0+000 au PK4+919. En effet il a été inauguré le 07Avril 2014 le chemin de fer reliant la capitale à la région de Dosso, une voie qui depuis son inauguration n'a jamais été fréquenté par un train et n'a été que source d'accidents. Dans notre proposition cette voie a été supprimée contrairement à la variante retenue, pour des raisons de sécurité et du respect des normes de construction telles définies par l'ICTAVRU « *La fonction essentielle de la bande médiane (BM) est de séparer physiquement les deux sens de circulation ; elle n'est donc pas rouable. Elle présente également l'avantage de servir à l'implantation de certains équipements (piles d'ouvrages, dispositifs de retenue, mats d'éclairage, supports de signalisation, plantations...)* ». Aussi il est évident que les travaux d'aménagement de voie express affecteront considérablement la résistance de la structure de cette voie ferrée.

Les figures 6 et 7 suivantes présentent quelques accidents causés par la voie ferrée et l'usage inapproprié de celle-ci par la population.



Figure 4 : Quelques accidents causés par la voie ferrée (source Facebook).

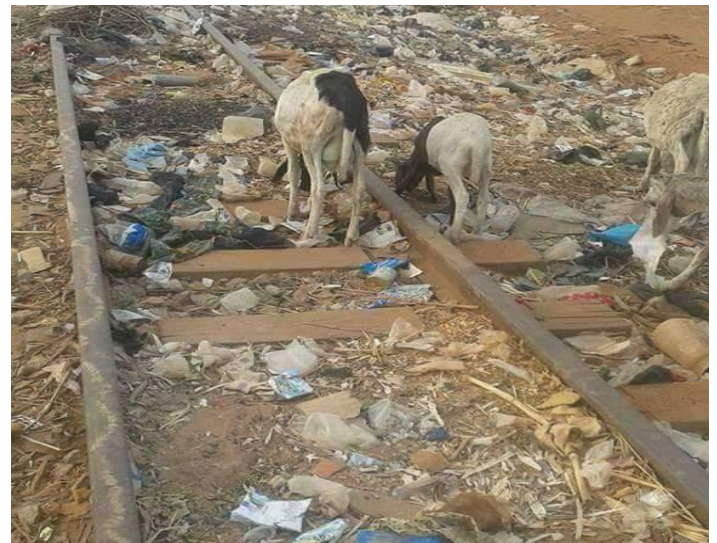


Figure 5 : L'utilisation inappropriée de la voie ferrée (source Facebook).

Le deuxième point important de cette variante est l'usage des barrières de type Béton Armé (BA) comme protection dans le TPC du PK0+000 au PK6+244. En effet, la capitale Niamey se situe sur un des axes principaux des échanges du pays, la voie express quant à elle est la principale voie d'entrée de la ville. Ainsi compte tenu du nombre élevé des véhicules poids lourds du trafic, nous avons adopté pour plus de sécurité des barrières type BA. Ces barrières de par leur caractère résistant sont capables de remettre sur sa trajectoire un poids lourd en

dérapiage, car cette portion de la VRU est de type U80, le niveau de confort y relatif peu inciter les usagers à l'excès de vitesse.

Enfin le troisième et dernier point important de notre variante est l'aménagement des caniveaux de part et d'autre de la VRU sur toute la longueur du projet. En effet, dans la variante retenue, il n'est pas prévu de caniveaux d'évacuation des eaux pluviales de la chaussée du PK0+000 au PK2+457, et il est adopté un seul canal latéral du PK2+457 au PK6+244. Bien que sur les huit premiers kilomètres de la voie les écoulements des eaux de surface sont orientés de façon à ne pas intercepter la VRU, il est important de concevoir des caniveaux pour collecter toutes les eaux de la chaussée et ainsi éviter l'augmentation des débits des petits cours d'eau qui parfois causent des inondations dans les quartiers environnants.

Quant coût du projet, le graphique suivant nous montre sa répartition les parties

Le point marquant de cette répartition est la valeur du coût de l'étude d'impact environnementale et social. Cela s'explique par le caractère très urbain de la zone du projet. En effet, bien qu'il y ait des espaces déclarés d'utilité publique, plusieurs bâtiments et espaces privés ont été cassés ou délogés et le coût de leur dédommagement vaut à lui seul 93% du coût de l'EIES.

Enfin pour conclure cette partie, il est important de rappeler l'importance du respect des normes et des règles de l'art dans les conceptions et dimensionnements des routes. En effet, ces dernières sont très souvent négligées par les ingénieurs à cause du poids politique dans la prise de décision. Leur prise en compte est le facteur principal d'optimisation de sécurité et de de qualité de l'ouvrage, et par conséquent l'ingénieur doit à l'image du docteur qui prête serment définir sa ligne de conduite autour de ces règlements.

V. CONCLUSION

Le projet d'aménagement de la Voie Express reliant l'Aéroport international Diori Hamani au centre-ville de Niamey rentre dans le cadre du programme des autorités de la 7^e république dans leur politique de doter la capitale Niamey d'infrastructures adaptées à son développement urbain et remédier au problème récurrent qu'est la congestion de trafic. C'est pourquoi nous avons proposé dans cette étude une variante correspondant à toutes les exigences physiques du terrain et de la population. Il en est ressorti de cette étude la conception d'une Voie rapide urbaine de type U80 du PK0+000 au PK6+244, et U60 du PK6+244 au PK9+580.

Nous avons adopté à notre voie express un profil 2*2 voies séparées d'un TPC adapté au type de trafic et des trottoirs latéraux pour la circulation des piétons. Dans les zones d'hyper échange avec le tissu urbain nous avons renforcé cette voie par des contre-allées à chaussées bidirectionnelles afin de conserver le caractère « Voie rapides » de notre VRU. Des aménagements complémentaires de la voie (Carrefours et passerelles) ont été mentionnés sans trop de détails, car ils font l'objet d'une étude particulière.

Conformément au rapport de l'étude de la chaussée existante, nous avons opté pour le recyclage de celle-ci en couche de fondation. Ainsi il a été adopté une structure de chaussée composée d'une couche de fondation en grave latéritique améliorée au ciment de **20cm** du PK0+000 au PK6+244 tronçon 1 et **17cm** du PK6+244 au PK9+580 tronçon 2, d'une couche de base en grave latéritique améliorée au ciment de **20cm** sur les deux tronçons et enfin d'un revêtement en béton bitumineux de **8cm** sur le premier tronçon et **5cm** sur le deuxième.

Pour l'assainissement, facteur important d'autant plus que l'eau est le premier ennemi de la route, nous avons adopté des caniveaux **1 * 1 * 1** de part et d'autre de la VRU capables de collecter toutes les eaux pluviales de la chaussée et aussi celles d'une bande de 20 mètres de part et d'autre de celle-ci. Des dalots **1 * 1,2 * 1,2** sont prévus tous les **1km** au point le plus bas environnant pour transiter les débits des caniveaux de **500m** à gauche et à droite de ces derniers. Pour le franchissement de l'affluent du fleuve Niger Gountou Yéna, un dalot **1 * 3 * 3** a été dimensionné et ce dernier permettra aussi de transiter les débits de caniveaux sur la dernière bande de **1km** de la voie express.

La signalisation et l'éclairage de la voie, sont des éléments particulièrement importants pour la sécurité des usagers et des personnes et biens avoisinant la route. Ces derniers ont été dimensionnés rigueur pour assurer une sécurité maximale des usagers de jour comme de nuit. Dans cette étude une attention très particulière a été accordée à l'étude d'impact environnementale et social de la voie express. Celle-ci s'est en effet axée sur l'identification des impacts (surtout négatifs) que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement biophysique et humain, l'analyse des conséquences à court et à long terme de ces impacts et la

proposition des mesures d'atténuation ou de bonification à prendre pour impact positif sur l'environnement.

L'estimation du coût global prévisionnel d'aménagement de la voie expresse à la base d'avant-métré, donne un total de **13 119 772 754,00FCFA TTC**. Il est important de rappeler que le prix des ouvrages complémentaires mentionnés plus haut n'y est pas inclut.

VI. RECOMMANDATIONS

Nous recommandons pour un meilleur assainissement de la voie express et une sécurité maximale,

- ✓ L'aménagement des caniveaux sur tout le projet
- ✓ Le remplacement des rails par un terre-plein central type DBA.

Bibliographie

Ouvrages et articles

- + DGGT, Manuel des instructions sur les normes de conception routières applicables au Niger,
- + Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU), 2009, Certu,
- + Manuel d'utilisation du logiciel PICF-CYPE,
- + SETRA, Conception et Dimensionnement des structures de Chaussée, 1994, LCPC,
- + CEBTP, Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussée pour les pays Tropicaux, 1984,
- + ORSTOM/CIEH, 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, Mars 1998,
- + Ministère de l'Intérieur et le Ministère des transport, Instruction interministériel sur la signalisation routière, Juillet 2002, 08 janvier 2016,
- + Règles techniques pour la construction routière dans les pays africains de la zone intertropicale, Aout 2018.
- + Prof Adamah MESSAN, Cours de Béton Armé 1,2&3, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 2013/2014
- + Dr Anglebert C. BIAOU, Cours d'hydraulique routière–Institut internationale d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2010,
- + Issoufou TAMBOURA, Cours de pont et ouvrages d'arts, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 2014,

Sites internet

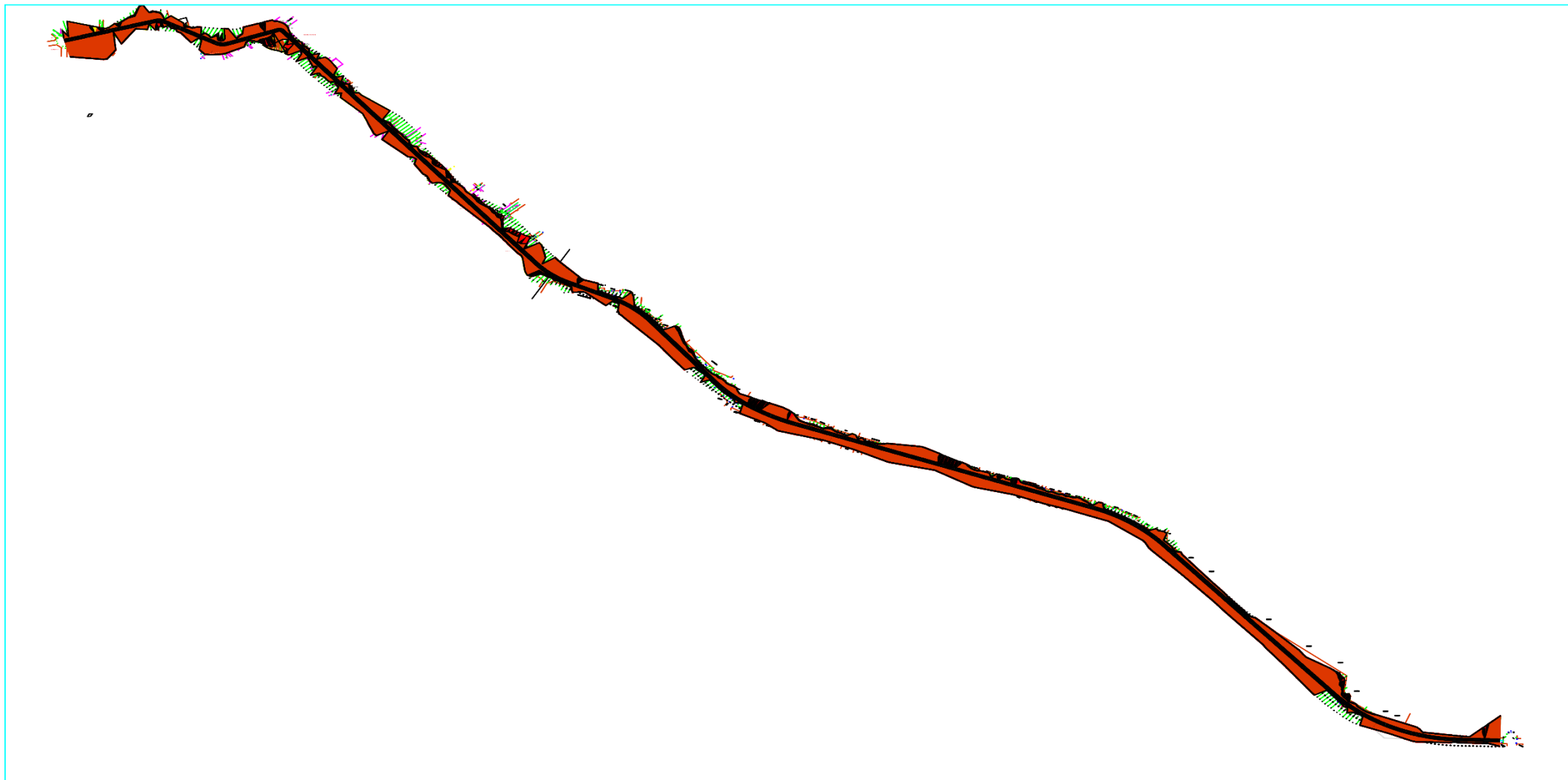
- Institut National de la statistique www.stat-niger.org>statistique
- Prix de lampadaires, Alibaba www.m.french.alibaba.com

VII. ANNEXES

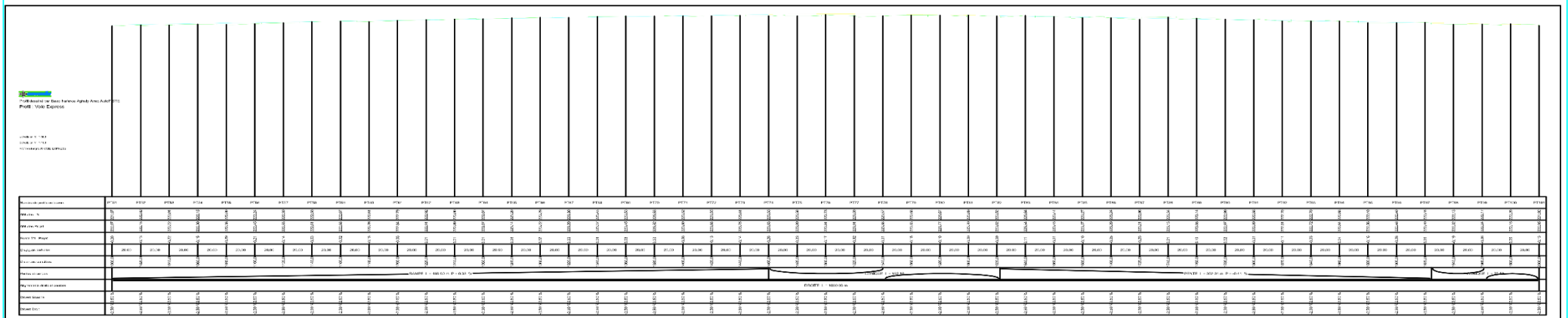
ANNEXE I : Tracé en plan (U80 et U60).	72
ANNEXE II : Profil en long U80	73
ANNEXE III : TMJA/2sens/2039	75
ANNEXE IV : Profil en travers type 1	76
ANNEXE V : Profil en travers type 2	77
ANNEXE VI : Profil en travers type 3	78
ANNEXE VII : Profil en travers type 4	79
ANNEXE VIII : Choix de la structure du tronçon1	80
ANNEXE IX : Choix de la structure du tronçon2'	81
ANNEXE X : Choix de la structure des contre-allées	82
ANNEXE XI : Valeurs des paramètres du Béton Bitumineux	83
ANNEXE XII : Note de calcul des déformations admissibles	84
ANNEXE XIII : Structures provisoires vérifiées	85
ANNEXE XIV : Valeurs admissibles des deux tronçons (Redimensionnement)	86
ANNEXE XV : Calcul des sollicitations de la structure proposée du tronçon 1	87
ANNEXE XVI : Calcul des sollicitations de la structure proposée du tronçon 2'	88
ANNEXE XVII : Dalots obstrués	89
ANNEXE XVIII : Délimitation du bassin versant du Gountou Yéna	90
ANNEXE XIX : Classe d'infiltrabilité de sol	91
ANNEXE XX : Paramètres des équations de Kr70 et Kr100	92
ANNEXE XXI : Abaque de détermination du temps de base	93
ANNEXE XXII : Densité de drainage Dd	94
ANNEXE XXIII : Coefficients de régression de l'équation de Q10 CIEH	95
ANNEXE XXIV : Dimensionnement des caniveaux 100*100cm	96
ANNEXE XXV : Plans des dalots 1*1,2*1,2m	105
ANNEXE XXVI : Dalot rectangulaire-sortie libre	109

ANNEXE XXVII : Calcul de la pente critique en fonction du débit. Dalot rectangulaire	110
ANNEXE XXVIII : Calcul de la Vitesse critique en fonction du débit. Dalot rectangulaire	111
ANNEXE XXIX : Vue de dessus du dalot,	112
ANNEXE XXX : Plan des coupes de module et des murs en aile dalot Gountou Yéna,....	113
ANNEXE XXXI : Ferrailage Coupe-long Tablier-Radier dalot Gountou Yéna,.....	114
ANNEXE XXXII : Ferrailage Coupe-tran Module dalot Gountou Yéna,	115
ANNEXE XXXIII : Ferrailage Coupe-tran Mur en aile,.....	116
ANNEXE XXXIV : Quantitatif fer Module,	117
ANNEXE XXXV : Quantitatif fer Murs en aile.....	118
ANNEXE XXXVI : Les caractéristiques des marques de chaussée.....	119
ANNEXE XXXVII : signalisation verticale	120
ANNEXE XXXVIII : Matrice de Léopold (interaction des impacts et les éléments de l'environnement).	121
ANNEXE XXXIX : Signification des impacts sur les éléments de l'environnement.	122

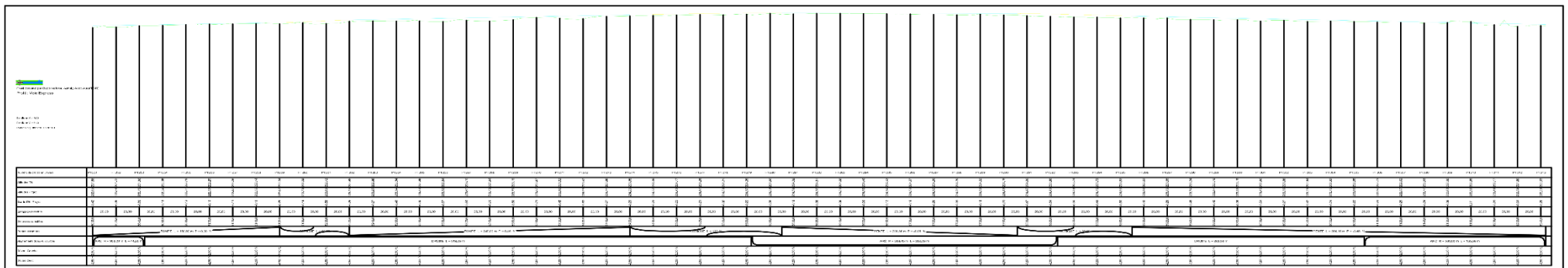
ANNEXE I : Tracé en plan (U80 et U60).



		Fondation 2iE Département GCH Ministère de l'Équipement Niger	Tracé combiné de la Voie Express 9,580km			N°24
			Ech: 1/100 1/500	Dessiné par: BAZO NAFEROU Aghaly	Projet de fin d'études 10/12/18	



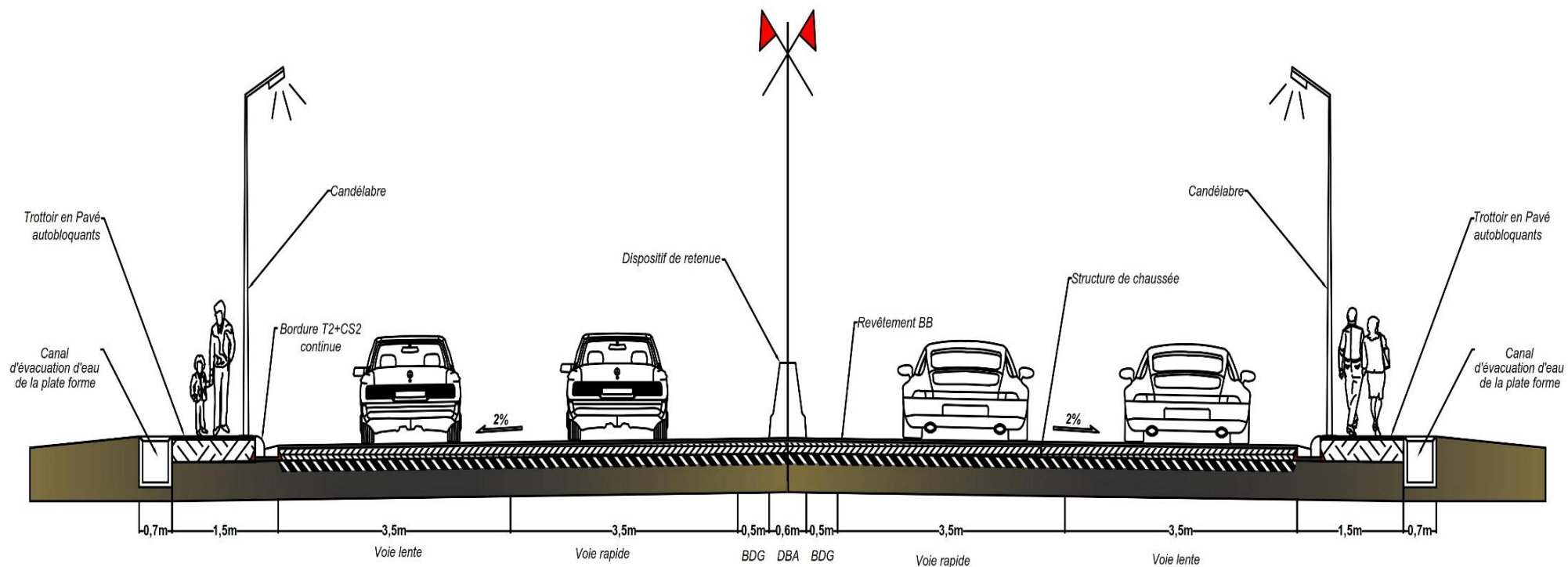
N°20



ANNEXE III : TMJA/2sens/2039

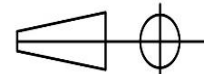
N° catégorie	Type	Sens	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
1	Véhicule particulier / Taxi	Sens 1	3 667	3 897	6 573	4 919	9 337	5 340	3 873	3 364	2 167	3 457
		Sens 2	3 167	3 363	4 862	3 793	8 223	4 398	3 519	3 421	3 205	4 294
2	Véh- tout terrain 4x4	Sens 1	1 982	1 751	2 861	1 047	985	990	476	343	500	1 418
		Sens 2	1 657	1 436	2 784	786	1 555	1 069	477	294	429	1 772
	Camionnettes<5t	Sens 1	618	288	442	377	145	134	53	156	37	65
		Sens 2	613	215	303	239	177	127	79	81	68	68
	Mini-Bus<5t	Sens 1	1 087	686	1 978	1 465	1 485	1 365	236	121	94	89
		Sens 2	936	1 337	1 161	1 033	1 731	1 358	262	115	186	104
3	Bus (Rimbo,,,) /Cars	Sens 1	50	102	70	18	15	2	16	0	6	20
		Sens 2	46	44	31	57	15	4	4	1	1	27
4	camions 2 essieux	Sens 1	450	79	124	80	65	33	10	15	3	8
		Sens 2	80	71	70	41	28	40	10	6	0	10
	camions 3 essieux	Sens 1	111	121	147	52	20	18	9	2	2	4
		Sens 2	45	66	2	21	35	11	5	2	8	6
5	Citernes et Ensembles articulés	Sens 1	240	282	118	75	28	19	0	0	0	12
		Sens 2	163	138	87	38	27	18	1	0	0	6
		TMJA/2sens	14 912	13 876	21 613	14 041	23 871	14 926	9 030	7 921	6 706	11 360
		TMJA/2sens/2039)	37682	35064	54615	35481	60321	37717	22818	20016	16946	28706

ANNEXE IV : Profil en travers type 1

Mémoire de fin
d'Etudes

Profil en travers type 1

Ech=1/100

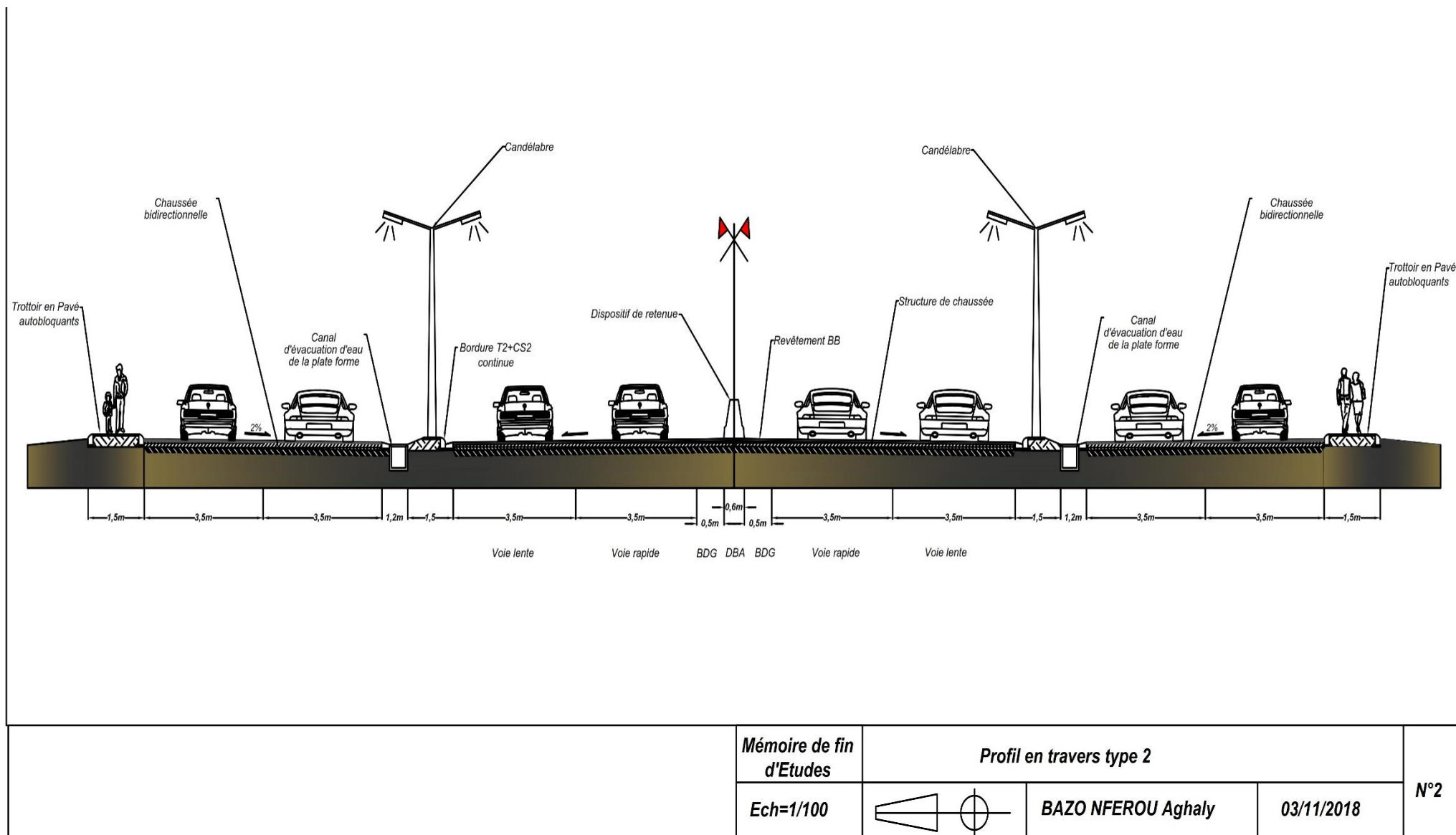


BAZO NFEROU Aghaly

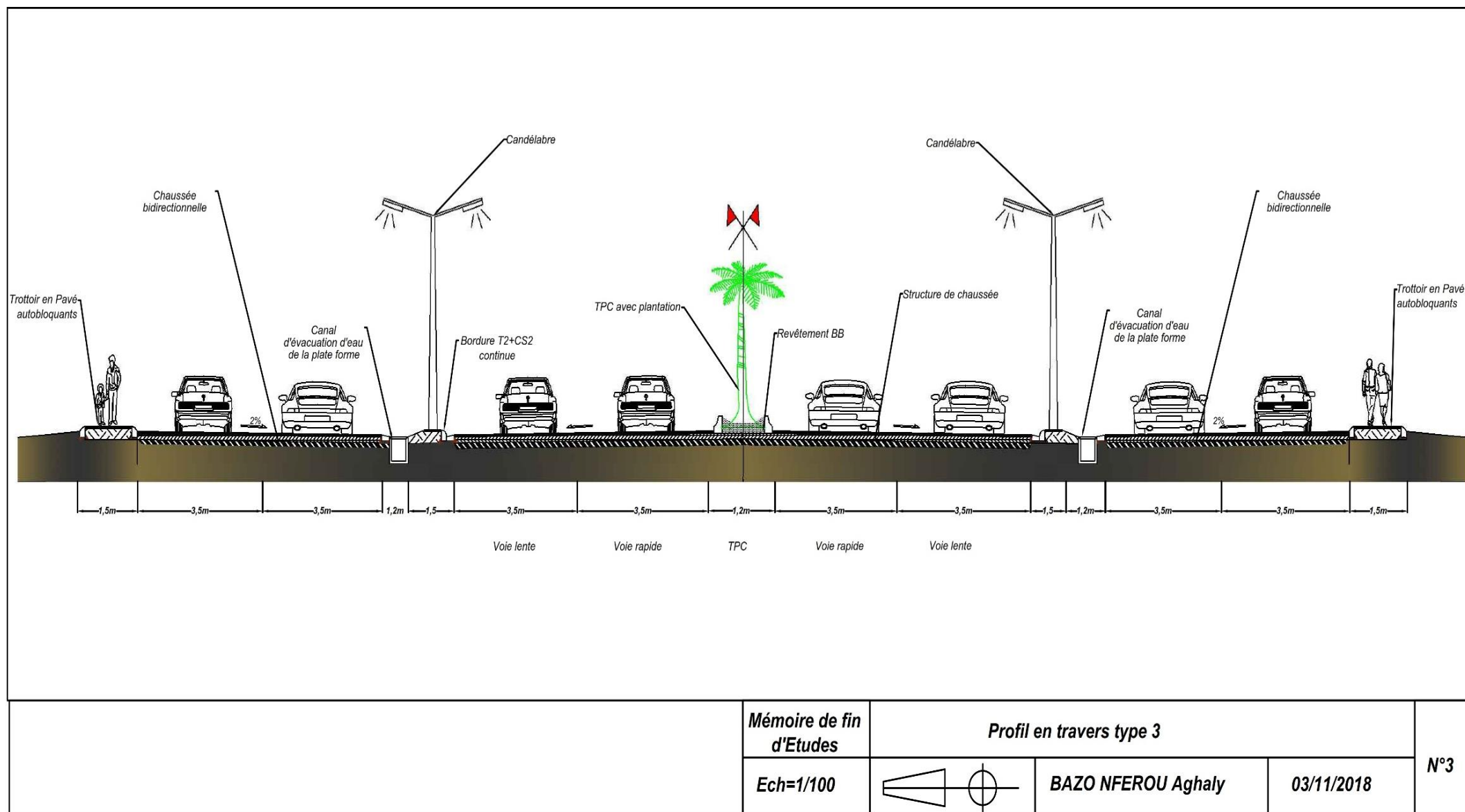
03/11/2018

N°1

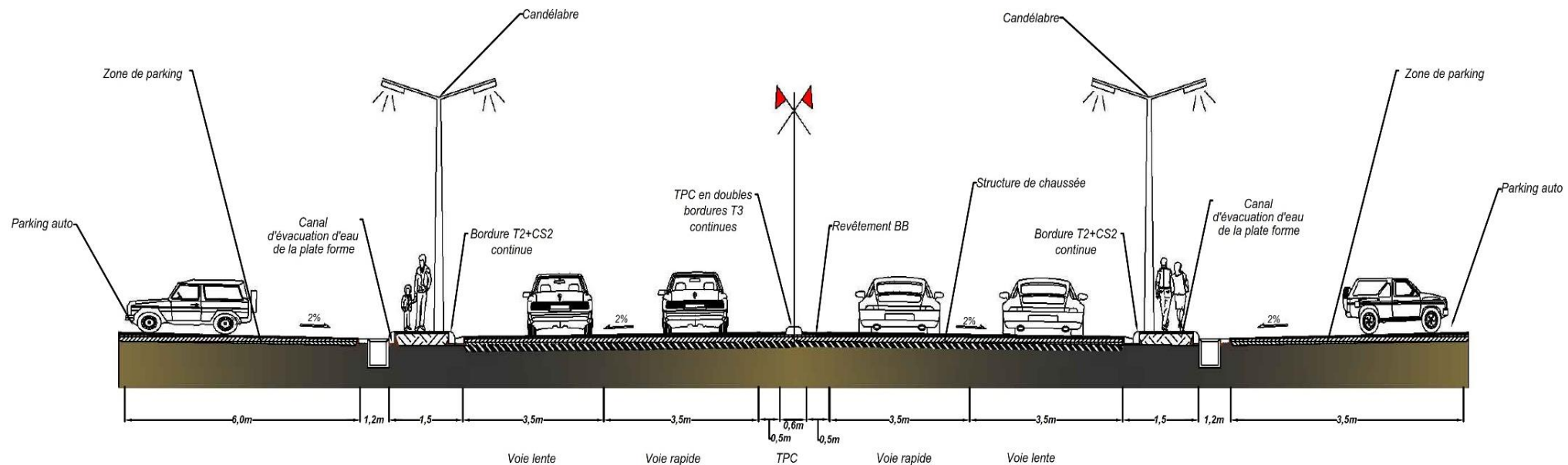
ANNEXE V : Profil en travers type 2



ANNEXE VI : Profil en travers type 3

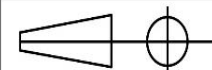


ANNEXE VII : Profil en travers type 4

Mémoire de fin
d'Etudes

Profil en travers type 4

Ech=1/100



BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

N°4

ANNEXE VIII : Choix de la structure du tronçon1

TRAFFICS $T_3 - T_4$		S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S ₅	
		T ₃	T ₄	T ₃	T ₄	T ₃	T ₄	T ₃	T ₄	T ₃	T ₄
R	Béton bitumineux	5	☒	5	☒	5	☒	5	☒	5	☒
B	Graveleux latéritique naturel	20	☒	20	☒	20	☒	20	☒	25	☒
F	Graveleux latéritique naturel	40	☒	30	☒	20	☒	15	☒	0	☒
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	☒
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	20	20	20	20	20	20	20	20	20	☒
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	45	50	25	30	20	25	15	20	0	☒
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
B	Concassé o/d	20	25	20	25	20	25	20	25	20	25
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D ou tout-venant de concassage	40	45	30	30	25	25	20	20	0	0
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
B F	Concassé o/d	60	65	45	50	40	45	30	35	20	25
R	Béton bitumineux	5	☒	5	☒	5	☒	5	☒	5	☒
B	Grave naturelle, grave latéritique naturelle ** ou concassé o/d	25	☒	25	☒	25	☒	25	☒	20	☒
F	Sable argileux	45	☒	30	☒	25	☒	20	☒	0	☒
R	Béton bitumineux	5	☒	5	☒	5	☒	5	☒	5	☒
B	Sable argileux amélioré au ciment *	20	☒	20	☒	20	☒	20	☒	20	☒
F	Sable argileux	55	☒	35	☒	25	☒	20	☒	0	☒
* structures demandant des précautions particulières d'étude et de mise en œuvre. ** 20 cm dans le cas de o/d concassé.											

ANNEXE IX : Choix de la structure du tronçon2'

TRAFICS $T_3 - T_4$		S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S ₅	
		T ₃	T ₄	T ₃	T ₄	T ₃	T ₄	T ₃	T ₄	T ₃	T ₄
R	Béton bitumineux	5	⊗	5	⊗	5	⊗	5	⊗	5	⊗
B	Graveleux latéritique naturel	20	⊗	20	⊗	20	⊗	20	⊗	25	⊗
F	Graveleux latéritique naturel	40	⊗	30	⊗	20	⊗	15	⊗	0	⊗
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	⊗
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	20	20	20	20	20	20	20	20	20	⊗
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	45	50	25	30	20	25	15	20	0	⊗
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
B	Concassé o/d	20	25	20	25	20	25	20	25	20	25
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D ou tout-venant de concassage	40	45	30	30	25	25	20	20	0	0
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
B	Concassé o/d	60	65	45	50	40	45	30	35	20	25
R	Béton bitumineux	5	⊗	5	⊗	5	⊗	5	⊗	5	⊗
B	Grave naturelle, grave latéritique naturelle ** ou concassé o/d	25	⊗	25	⊗	25	⊗	25	⊗	20	⊗
F	Sable argileux	45	⊗	30	⊗	25	⊗	20	⊗	0	⊗
R	Béton bitumineux	5	⊗	5	⊗	5	⊗	5	⊗	5	⊗
B	Sable argileux amélioré au ciment *	20	⊗	20	⊗	20	⊗	20	⊗	20	⊗
F	Sable argileux	55	⊗	35	⊗	25	⊗	20	⊗	0	⊗
* structures demandant des précautions particulières d'étude et de mise en œuvre. ** 20 cm dans le cas de o/d concassé.											

ANNEXE X : Choix de la structure des contre-allées

TRAFICS $T_1 - T_2$		S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S ₅	
		T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂
REVÊTEMENT		Bc ou 3E	4E ou Tc	Bc ou 3E	4E ou Te	Bc ou 3E	4E ou Te	Bc ou 3E	4E ou Te	Bc ou 3E	4E ou Te
B	Graveleux latéritique naturel	15	15	15	15	15	15	15	15	25	25
F	Graveleux latéritique naturel	45	45	35	35	25	30	15	20	0	0
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	40	45	30	35	25	25	15	20	0	0
B	Concassé o/d	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D ou concassé o/d	40	45	30	35	25	25	15	20	0	0
B F	Concassé o/d	50	55	30	35	25	30	25	30	20	20
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle ou concassé o/d**	20	20	20	20	20	20	20	20	25	25
F	Sable argileux	40	40	30	30	25	25	15	20	0	0
B	Sable argileux amélioré au ciment*	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
F	Sable argileux	40	45	30	35	20	25	15	20	10	15
* structures demandant des précautions particulières d'étude et de mise en œuvre. ** 15 cm au lieu de 20 cm; 20 cm au lieu de 25 cm, si on utilise du concassé o/d.											

ANNEXE XI : Valeurs des paramètres du Béton Bitumineux

matériaux bitumineux									Variations E(10hz) = f(température)					
statut	nom	E (MPa)	nu	Epsi6 (10°C)	-1/b	SN	Sh (m)	Kc	T= -10	T= 0 °C	T= 10	T= 20	T= 30	T= 40
system	bb	1270	0,35	100	5	0,25	stdard	1,1	14800	12000	7200	3600	1300	1000
system	bbdr	704	0,35	/	/	/	stdard	/	8220	6670	4000	2000	720	560
system	bbme	2120	0,35	/	/	/	stdard	/	24670	20000	12000	6000	2170	1670
system	gb1	1880	0,35	70	5	0,4	stdard	1,3	18000	14000	9000	5000	2000	800
system	gb2	2530	0,35	80	5	0,3	stdard	1,3	23000	18800	12300	6300	2700	1000
system	gb3	2530	0,35	90	5	0,3	stdard	1,3	23000	18800	12300	6300	2700	1000
system	gb4	2989	0,35	100	5	0,3	stdard	1,3	27200	22240	14550	7450	3190	1180
system	eme1	5700	0,35	100	5	0,3	stdard	1	30000	24000	17000	11000	6000	3000
system	eme2	5700	0,35	130	5	0,25	stdard	1	30000	24000	17000	11000	6000	3000

31 °C-10hz

Coefficient	Phénomène	Valeurs
k_c	colage	voir page 9
k_d	discontinuités (bord et fissures) et gradient thermique (dalles de béton)	1/1,70 pour BC 1/1,47 pour BAC et BCg 0,80 pour GCV 1 sinon
k_r	risque et dispersions	10-ub δ avec u : variable aléatoire (page 10) $\delta = \sqrt{[SN^2 + (cSh/b)^2]}$
k_s	défaut de portance de PFi	1 pour PF3 1/1,1 pour PF2 1/1,2 pour PF1
A	déformation permanente	Fort trafic ($T_i \geq T_3$) Sol 12 000 Struc. inverse 14 400 Faible trafic ($T_i < T_3$) Sol et GRH 16 000

ANNEXE XII : Note de calcul des déformations admissibles

Déformation transversale admissible du BB du tronçon 1 :

Trafic PL cumulé : données		Aide	
☒ Moyenne journalière annuelle (MJA) :	1014	CAM : Guide Icp-sétra 94	
☐ Taux accroissement géométrique (%) :	4,81	CAM : Catalogue 1998	
☐ Taux accroissement arithmétique (%) :	6,5	Risques : Guide Icp-sétra 94	
☒ Durée de service (années) :	20	Risques : Catalogue 1998	
☒ Trafic cumulé PL :	1,20E+7	Structures catalogue 98	
Cocher au plus 3 cases			

Valeurs admissibles : données		EpsilonT		
matériau type :	bb	Annotation libre : bb		
coefficient CAM :	0,8	Mémo ... 32 - EpsiT= 129,2 (bb)		
risque (%) :	10			
trafic cumulé NE :	9,6000E+6			
Epsilon6 (µdéf) :	100			
-1/b :	5			
Téta equiv. (°C) :				31 °C
E10°10Hz (MPa) :				7200
Etéq10Hz (MPa) :				1270
Hstructurel MB (m) :				0,07
écart type Sh (m) :				0,010
écart type SN :				0,250
Kr (risque) :		0,853		
Kc (calage) :		1,1		
Ks (couche liée/pf2) :		1/1,1		
Calculer EpsiT admissible		effacer=dbl click		
Calcul inverse NE = f(EpsiT)		Fermer		
Calcul inverse Risk = f(EpsiT)				
Bibliothèque des matériaux				
Imprimer				
Enregistrer				
Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "bb"				

Déformation transversale admissible du BB du tronçon 2' :

Trafic PL cumulé : données		Aide	
☒ Moyenne journalière annuelle (MJA) :	304	CAM : Guide Icp-sétra 94	
☐ Taux accroissement géométrique (%) :	5,08	CAM : Catalogue 1998	
☐ Taux accroissement arithmétique (%) :	7,0	Risques : Guide Icp-sétra 94	
☒ Durée de service (années) :	20	Risques : Catalogue 1998	
☒ Trafic cumulé PL :	3,7E06	Structures catalogue 98	
Cocher au plus 3 cases			

Valeurs admissibles : données		EpsilonT		
matériau type :	bb	Annotation libre : bb		
coefficient CAM :	0,8	Mémo ... 1 - EpsiT= 163,5 (bb)		
risque (%) :	10			
trafic cumulé NE :	2,9600E+6			
Epsilon6 (µdéf) :	100			
-1/b :	5			
Téta equiv. (°C) :				31 °C
E10°10Hz (MPa) :				7200
Etéq10Hz (MPa) :				1270
Hstructurel MB (m) :				0,08
écart type Sh (m) :				0,010
écart type SN :				0,250
Kr (risque) :		0,853		
Kc (calage) :		1,1		
Ks (couche liée/pf2) :		1/1,1 (pf2)		
Calculer EpsiT admissible		effacer=dbl click		
Calcul inverse NE = f(EpsiT)		Fermer		
Calcul inverse Risk = f(EpsiT)				
Bibliothèque des matériaux				
Imprimer				
Enregistrer				
Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "bb"				

ANNEXE XIII : Structures provisoires vérifiées

Variante vérifiée provisoire pour le tronçon 1 :

Voie Express T1							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,160	1270,0	0,350	0,000	-35,5	0,055	94,3	0,659
	collé		0,160	-154,2	-0,126	277,2	0,280
0,290	600,0	0,350	0,160	-154,2	0,016	430,5	0,280
	collé		0,450	-101,9	-0,055	154,7	0,059
0,290	400,0	0,350	0,450	-101,9	-0,026	185,6	0,059
	collé		0,740	-128,2	-0,068	153,6	0,015
infini	50,0	0,350	0,740	-128,2	-0,001	320,2	0,015

variante 10: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion =52,4 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 251,7 m

Tracer

Imprimer Enregistrer

Variante n-1 Variante n+1

Voir Chargt. Fermer

Variante vérifiée provisoire pour le tronçon 2' :

voie express T2'							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,140	1270,0	0,350	0,000	-37,5	0,062	73,8	0,659
	collé		0,140	-163,4	-0,122	309,2	0,322
0,290	600,0	0,350	0,140	-163,4	0,025	485,8	0,322
	collé		0,430	-115,5	-0,065	167,2	0,060
0,240	400,0	0,350	0,430	-115,5	-0,033	198,5	0,060
	collé		0,670	-153,1	-0,081	181,4	0,018
infini	50,0	0,350	0,670	-153,1	-0,002	379,4	0,018

variante 10: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion =56,3 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 231,9 m

Tracer

Imprimer Enregistrer

Variante n-1 Variante n+1

Voir Chargt. Fermer

ANNEXE XIV : Valeurs admissibles des deux tronçons (Redimensionnement)

Valeurs admissible du tronçon 1 :

Trafic PL cumulé : données

☒ Moyenne journalière annuelle (MJA) :	1014
☐ Taux accroissement géométrique (%) :	4,81
☐ Taux accroissement arithmétique (%) :	6,5
☒ Durée de service (années) :	20
☒ Trafic cumulé PL :	1,20E+7

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide Icpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide Icpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type : **gnt et sol**

coefficient CAM : 1

trafic cumulé NE : 1,2000E+7

Coefficient A : 12000

pente b : -0,222

Calculer EpsiZ admissible

Calcul inverse NE = f(EpsiZ)

Bibliothèque des matériaux Imprimer Enregistrer

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur " gnt et sol "

EpsilonZ

Annotation libre : sol sup

Mémo ...

44 - EpsiT= 129,2 (bb)

45 - SigmaT= 0,613 (base et for

46 - EpsiZ= 321,8 (sol sup)

effacer=dbl click

Fermer

Valeurs admissibles du tronçon 2' :

Trafic PL cumulé : données

☒ Moyenne journalière annuelle (MJA) :	304
☐ Taux accroissement géométrique (%) :	5,08
☐ Taux accroissement arithmétique (%) :	7,0
☒ Durée de service (années) :	20
☒ Trafic cumulé PL :	3,7E06

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide Icpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide Icpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type : **gnt et sol**

coefficient CAM : 1

trafic cumulé NE : 3,7000E+6

Coefficient A : 12000

pente b : -0,222

Calculer EpsiZ admissible

Calcul inverse NE = f(EpsiZ)

Bibliothèque des matériaux Imprimer Enregistrer

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur " gnt et sol "

EpsilonZ

Annotation libre : sol sup

Mémo ...

5 - EpsiT= 163,5 (bb)

6 - SigmaT= 0,671 (bas e et for

8 - EpsiZ= 417,9 (sol sup)

effacer=dbl click

Fermer

ANNEXE XV : Calcul des sollicitations de la structure proposée du tronçon 1

Titre : Voie Express T1

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,07	1270	0,350	bb
collé	0,20	23000	0,250	gc3
collé	0,20	23000	0,250	gc3
	infini	50	0,350	pf2

Modifier la structure
nb de couches : 4

Ajouter 1 couche

Supprimer 1 couche

Série de calculs
nb de calculs : 25

Voir/gérer les variantes

Supprimer les variantes

Niveaux de calcul
Modifier les niveaux

Aide

Nature des interfaces

Epaisseurs mini-maxi

Calcul direct (charge réf.)

Quitter Alizé

Voie Express T1

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,070	1270,0	0,350	0,000	-13,9	0,029	336,6	0,658
	collé		0,070	12,3	0,058	295,8	0,632
0,200	23000,0	0,250	0,070	12,3	0,507	14,0	0,632
	collé		0,270	-2,8	-0,030	7,1	0,153
0,200	23000,0	0,250	0,270	-2,8	-0,030	7,1	0,153
	collé		0,470	-18,6	-0,550	11,6	0,005
infini	50,0	0,350	0,470	-18,6	0,001	74,8	0,005

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 24,5 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 2793,9 m

Tracer

Imprimer

Enregistrer

Variante n+1

Voir Chargt.

Fermer

Alizé-Lcpc Mémo

- ☐ 44 - EpsiT= 129,2 (bb)
- ☐ 45 - SigmaT= 0,613 (base et fondat)
- ☐ 46 - Epsiz= 321,8 (sol sup)

ANNEXE XVI : Calcul des sollicitations de la structure proposée du tronçon 2'

Titre : voie express T2'

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,05	1270	0,350	bb
collé	0,20	23000	0,250	gc3
collé	0,15	23000	0,250	gc3
	infini	50	0,350	pf2

Modifier la structure

nb de couches : 4

Ajouter 1 couche

Supprimer 1 couche

Série de calculs

nb de calculs : 25

Voir/gérer les variantes

Supprimer les variantes

Niveaux de calcul

Modifier les niveaux

Aide

Nature des interfaces

Epaisseurs mini-maxi

Calcul direct (charge réf.)

Quitter Alizé

voie express T2'

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,050	1270,0	0,350	0,000	-1,4	0,048	321,2	0,658
	collé		0,050	16,7	0,048	293,7	0,639
0,200	23000,0	0,250	0,050	16,7	0,595	10,9	0,639
	collé		0,250	-4,7	-0,092	8,2	0,150
0,160	23000,0	0,250	0,250	-4,7	-0,092	8,2	0,150
	collé		0,410	-22,8	-0,671	14,0	0,006
infini	50,0	0,350	0,410	-22,8	0,001	91,5	0,006

Alizé-Lcpc Mémo

- ☐ 5 - EpsiT= 163,5 (bb)
- ☐ 6 - SigmaT= 0,671 (bas e et fondati
- ☐ 8 - EpsiZ= 417,9 (sol sup)

variante 2: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 27,3 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 12303,2 m

Tracer

Imprimer

Enregistrer

Variante n-1

Variante n+1

Voir Chargt.

Fermer

ANNEXE XVII : 8 Dalots existants

N°	PK	SECTION	LONGUEUR	MATÉRIAUX	ETAT DE LA STRUCTURE
1	0+610	2x2x2,5	33	Béton armé	Bon
2	1+200	1x1,3x1,3	33	Béton armé	Bon
3	2+100	2x1,3x1,3	33	Béton armé	Bon
4	2+800	2x2x2,5	33	Béton armé	Bon
5	3+150	1x1,3x1,3	33	Béton armé	Bon
6	4+000	1x1,3x1,3	33	Béton armé	Bon
7	4+510	1x1,3x1,3	33	Béton armé	Bon
8	4+810	1x1,3x1,3	33	Béton armé	Bon

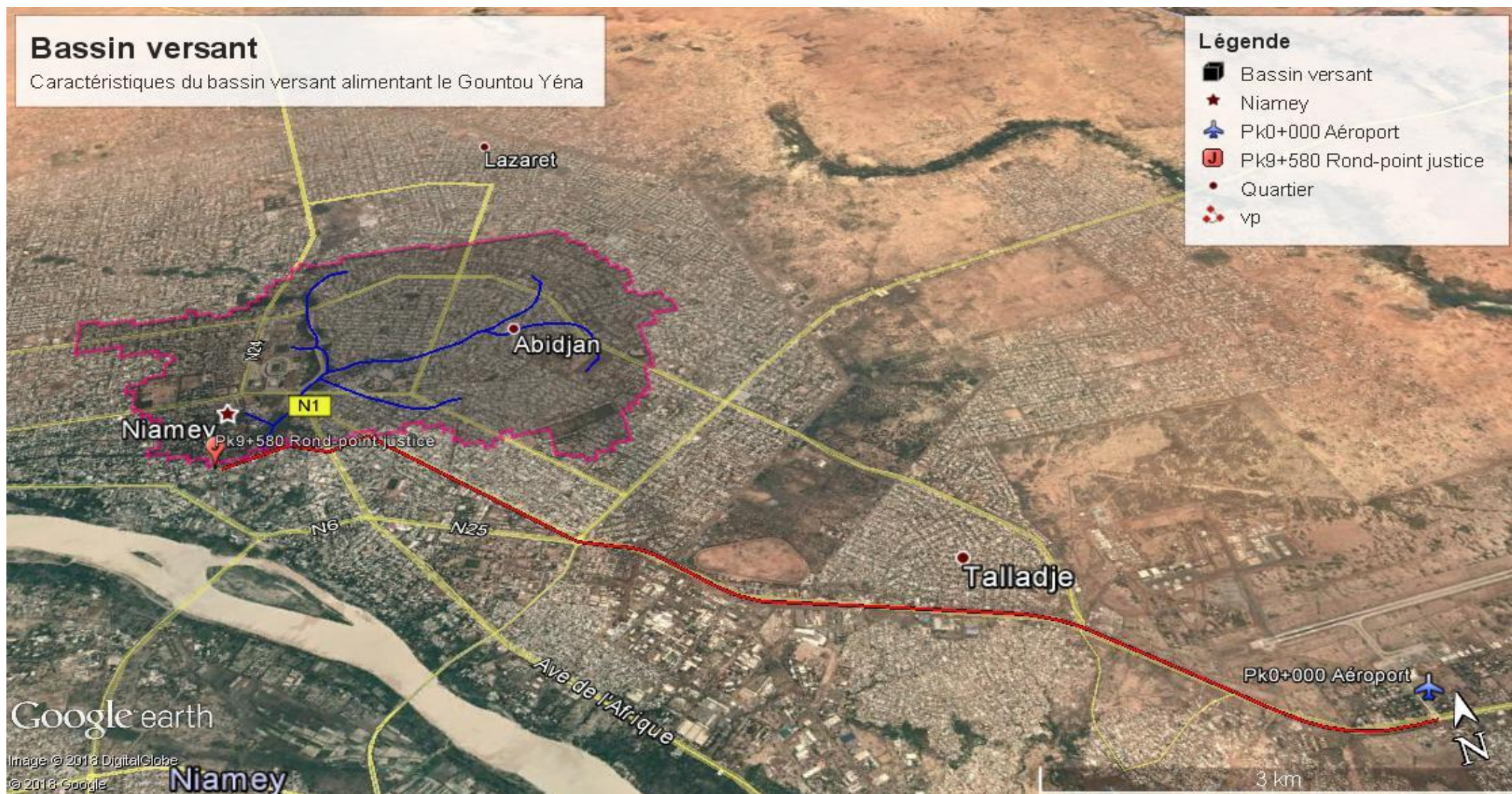


Dalot 2x2x2,5 du PK 2+800



Dalot 1x1,3x1,30 du PK4+000

ANNEXE XVIII : Délimitation du bassin versant du Gountou Yéna



ANNEXE XIX : Classe d'infiltrabilité de sol

La classification qualitative adoptée par Rodier comprend six classes (l'indice placé entre parenthèses correspond à l'ancienne nomenclature utilisée par Rodier et Auvray, 1965) :

- **TI (P1) : bassin rigoureusement imperméable**, sans irrégularités, n'existant pas à l'état naturel (aire en béton non fissuré);
- **Un bassin naturel particulièrement imperméable PI**, qui se situe à la frontière des classes **I** et **TI** (voir ci-après);
- **I (P2) : bassin imperméable**. Pas moins de 85 à 90 % de la surface sont constitués par des sols imperméables : roche très saine et sans trop de rugosité, regs (plaines d'argiles et de cailloux très vite saturées), glacis (surfaces planes à faible pente aux sols les plus divers, mais à forte propension à engendrer des formations pelliculaires), colluvions argileuses, argiles pouvant parfois présenter des fentes de retrait telles que celles rencontrées fréquemment dans les bas-fonds (vertisols par exemple). Les sols argilo-sableux, sablo-argileux, voire sableux peuvent également être classés dans cette catégorie, s'ils sont recouverts d'une pellicule superficielle imperméable stable;
- **RI (P3) : bassin relativement imperméable**. Mélange en proportions à peu près égales de sols imperméables (I) et de sols perméables (P, voir ci-après). Si au contraire, le bassin est relativement homogène, il peut être constitué de sols imperméables avec une couverture végétale non négligeable qui gêne la formation de pellicules imperméables, de sols à recouvrement gravillonnaire continu d'épaisseur notable, de certaines arènes granitiques et, enfin, de sols avec des formations pelliculaires fragiles;
- **P (P4) : bassin perméable**, constitué d'éboulis rocheux avec produits de décomposition assez perméables, de cuirasses ferrugineuses très disloquées, d'affleurements rocheux tectonisés et diaclasés avec des pentes non négligeables, de sols sableux sans pellicule imperméable ou avec un couvert végétal significatif et de sables grossiers;
- **TP : bassin très perméable**, formé d'affleurements rocheux très diaclasés et disloqués avec de faibles pentes, de dunes et d'arènes épaisses, et de carapaces latéritiques excessivement fissurées.

ANNEXE XX : Paramètres des équations de K_{r70} et K_{r100}

TABLEAU 1

Paramètres de l'équation de détermination de K_{r70} pour la zone sahélienne en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a	b	c
Infiltrabilité	Ig			
PI	15	3650	51	27
	7	2636	41	23
	3	2239	39	22
I	15	1455	33	21
	7	1140	30	20
	3	825	25	19
RI	15	329	18,5	16,5
	7	239	17,7	14,5
	3	164	17	10,5
P	7	131	13,8	5
TP	7	35	5	1,5

TABLEAU 2

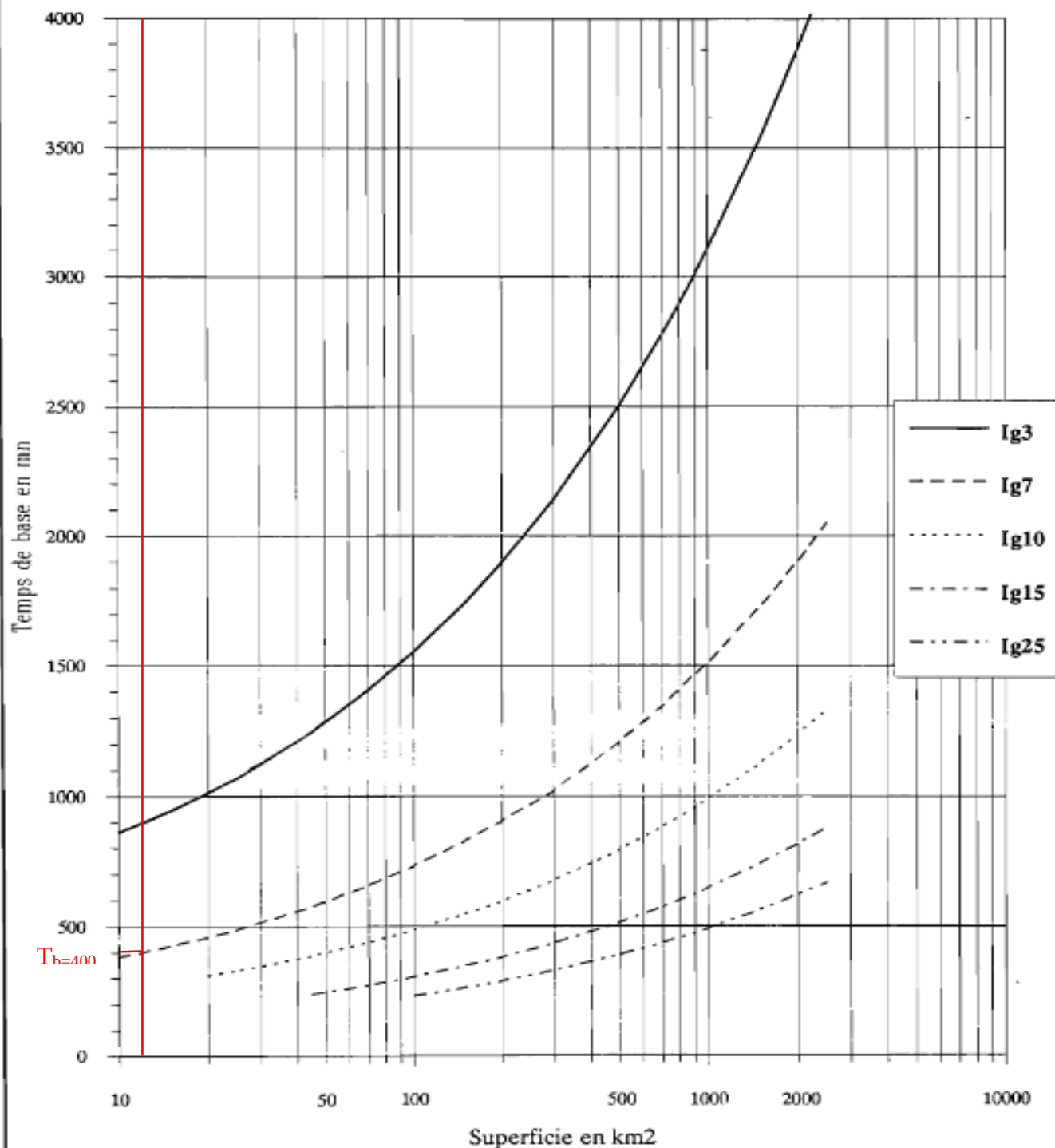
Paramètres de l'équation de détermination de K_{r100} pour la zone sahélienne en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a	b	c
Infiltrabilité	Ig			
PI	15	5528	69	28
	7	3656	51	26
	3	2727	44	25
I	15	1833	38	24
	7	1476	37	22
	3	1125	32,5	20
RI	15	421	20,5	17,5
	7	300	20	15
	3	250	20	12
P	15	200	20	8
	7	150	20	6
TP	7	67	14	2

ANNEXE XXI : Abaque de détermination du temps de base

FIGURE 16

Temps de base pour $S > 10 \text{ km}^2$ en zone sahélienne



ANNEXE XXII : Densité de drainage Dd

CLE POUR LA REGION SAHELIEENNE (suite)

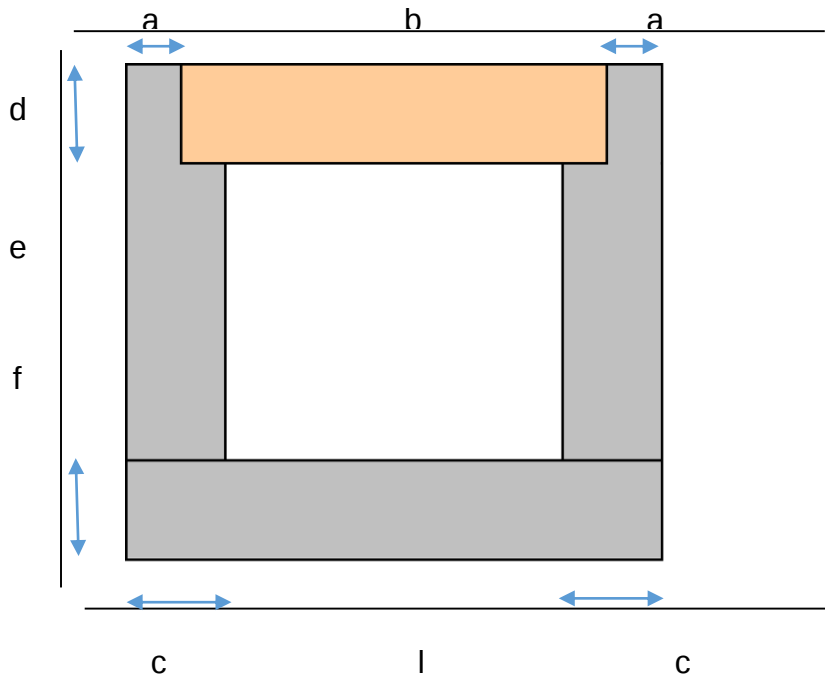
Classe	Bassin-type	Page	Caractéristiques des sols	Physiographie			Moyens de transposition	Page	
				S (km ²)	Ds (m)	Dd (km/km ²)			
4	Granites ou granito-gneiss								
Burkina Tchad Niger Niger Tchad Niger Niger Niger Burkina	Catégorie I	138	Perméables - 300 < Pmed < 500 mm	1038	Faible		Lmed = 0 mm	142	
	Catégorie II: Lac de Bam	139	Perméables - 500 mm < Pmed		Faible		Courbe de distribution		
	Catégorie III:	139	Perméables - 750 mm < Pmed :		Notable		Courbe de distribution		
	Mélimélé à Délép	140	Plaines d'inondation à l'aval	1750	118 Faible	3,20	Courbe de distribution	142	
	Goulbi-Maradi à Madarafounda	140	Peu de dégradation hydrographique (p = 0,5 m/km)	5400			Courbe de distribution	142	
	Goulbi-Maradi à Guidam Rouji	140	Dégradation hydrographique (p = 0,7 m/km)	8800			Courbe de distribution	142	
	Bam-Bam à Tialo Zoudou	140		1200			Courbe de distribution	142	
	Catégorie IV:		Sols argileux :		49	1,1	Courbe de distribution	142	
	Gorouol à Dolbel	140	Fort pourcentage d'argiles, p < 0,5 m/km (lit principal)	7500			Courbe de distribution		
	Dargol à Téra	140	p = 0,30 m/km (lit principal)	2750			Courbe de distribution		142
	Dargol à Kakassi	140	Idem Téra	6940			Courbe de distribution		142
	Koulouoko à Niégba	140	p = 0,25 m/km (lit principal)	1010			Le = Le (Téra)		142
4	Argileux sur schistes								
Mauritanie	Gorgol noir à Fouta Gleïta	141	Argiles	8950	37	2,23	Le = Le (Badéguichéri)	143	
Mauritanie	Ghorfa à Oulombomé	141	Alimenté par tributaires aval	2500			Courbe de distribution	143	
Mauritanie	Boudame à Ouied Addet	141	Conditions optimales	1125			Courbe de distribution	143	
Mauritanie	Ghorfa aval	141	Apports du Boudame + petits affluents aval	5020			Courbe de distribution	143	
Mauritanie	Niorde à Harr	141		1550			F = 0,10 ; 0,50 ; 0,90	-	
4	Grès du Continental Terminal								
Niger	Kori de Badéguichéri (Ader Douchil)	141	Proportion de grès modérée, apports du Tambas	825			Courbe de distribution	143	
Niger	Maggia à Tsernaoua	141	Proportion de grès plus importante	2530			Courbe de distribution	143	
Niger	Maggia à Birni N'Koni	141	Dégradation hydrographique	2800			Courbe de distribution	143	

ANNEXE XXIII : Coefficients de régression de l'équation de Q_{10} CIEH

N°	Description	Echantillon	Correlation		Constante	Exposants des paramètres de l'équation 4.1				
		n	r²	r		a	S	Ig	Pan	PM10
DECOUPAGE CLIMATIQUE SANS KR10										
avec S et Ig										
1	0-400 mm	71	0.760	0.874	2.83	0.624	0.491			
2	400-800 mm	128	0.570	0.755	2.03	0.590	0.588			
3	1200-1600 mm	87	0.579	0.761	1.33	0.596	0.457			
avec S, Ig et Dd										
4	0-400 mm	33	0.629	0.793	2.43	0.583	0.506			0.320
5	400-800 mm	69	0.598	0.773	1.83	0.620	0.618			0.121
6	800-1200 mm	87	0.591	0.769	2.01	0.649	0.066			0.824
DECOUPAGE CLIMATIQUE AVEC KR10										
avec S et Kr10										
7	0-400 mm	66	0.758	0.870	0.553	0.655				0.802
8	400-800 mm	116	0.736	0.858	0.461	0.540				0.941
avec S, Ig et Kr10										
9	0-400 mm	65	0.847	0.920	0.167	0.745	0.731			0.475
10	400-800 mm	116	0.806	0.898	0.0833	0.696	0.953			0.534
DECOUPAGE POUR LA ZONE Pan < 1000 mm										
Tous les bassins										
11	S, Kr10	180	0.716	0.846	0.410	0.524				0.982
12	S, Ig, Kr10	176	0.795	0.892	0.095	0.643	0.406			1.038
Longitude < 10° Ouest (seulement au Sénégal et en Mauritanie)										
13	S, Ig	21	0.569	0.754	1.78	0.557	0.805			
14	S, Ig, PM10	21	0.581	0.762	55.0	0.462	0.667		-0.652	
15	S, Ig, Kr10	20	0.722	0.850	0.224	0.540	0.622			0.767
16	S, Kr10	20	0.645	0.803	0.661	0.375				0.910
Longitude comprise entre 10° Ouest et 10° Est										
17	S, Kr10, PM10	117	0.764	0.874	30.2	0.492			-0.972	0.948
18	S, Ig, Kr10	117	0.788	0.888	0.0678	0.661	0.412			1.105
Longitude supérieure à 10° Est (seulement au Tchad et au nord Cameroun)										
19	S, PM10	46	0.646	0.804	0.00372	0.605			1.778	
20	S, Ig	45	0.645	0.803	2.72	0.626	0.360			
21	S, Ig, PM10	45	0.679	0.824	0.00638	0.694	0.305		1.411	
22	S, Kr10	39	0.77	0.877	0.610	0.523				0.908
23	S, Ig, Kr10	39	0.821	0.906	0.134	0.678	0.374			0.940
24	S, PM10, Kr10	39	0.805	0.897	0.00243	0.608			1.263	0.882
DECOUPAGE PAR PAYS OU GROUPES DE PAYS										
Afrique de l'Ouest (de 10°E à 10°W)										
25	S, KR10	295	0.628	0.792	1.41	0.542				0.511
26	S, Kr10, PM10	295	0.654	0.809	146	0.479			-0.969	0.457
27	S, Kr10, Ig	288	0.650	0.806	0.560	0.619	0.279			0.510
Afrique centrale										
28	S, KR10	50	0.738	0.859	0.521	0.625				0.876
29	S, Kr10, IG, PM10	49	0.815	0.903	893	0.773	0.567		-2.051	0.923
30	S, Kr10, Ig	49	0.778	0.882	0.109	0.771	0.419			0.887
Sénégal + Mauritanie										
31	S, PM10	40	0.563	0.750	5450000	0.215			-2.830	
32	S Kr10	35	0.843	0.918	0.288	0.405				1.117
33	S Kr10 Ig	35	0.851	0.922	0.195	0.471	0.239			1.046
Côte d'Ivoire										
34	S	37	0.713	0.844	4.83	0.562				
35	S Ig	34	0.729	0.854	2.29	0.651	0.216			
36	S, PM10	36	0.706	0.840	0.000174	0.645			2.149	
37	S Kr10	31	0.791	0.889	0.380	0.586				0.805
38	S Kr10 Ig	28	0.787	0.887	0.275	0.618	0.099			0.798
Burkina Faso										
39	S Kr10	61	0.818	0.904	0.410	0.425				0.923
40	S Kr10 Ig	60	0.824	0.908	0.254	0.462	0.101			0.976
Burkina Faso + Mali + Niger										
41	S Kr10	137	0.688	0.829	0.407	0.532				0.941
42	S Kr10 Ig	133	0.755	0.869	0.0912	0.643	0.399			1.019
43	S A*P10	133	0.589	0.767	35600	0.342			-1.808	
44	S, Kr10 PM10	133	0.757	0.870	203	0.459			-1.301	0.813
45	S, Ig PM10	130	0.592	0.769	22400	0.363	0.059		-1.748	
Tchad + Nord Cameroun (Pan <1000 mm)										
46	S Ig	55	0.638	0.799	1.28	0.412	0.739			
47	S Kr10	49	0.838	0.915	0.525	0.530				0.950
48	S Kr10 Ig	48	0.884	0.940	0.105	0.709	0.432			0.949

ANNEXE XXIV : Dimensionnement des caniveaux 100*100cm

a) SCHÉMAS DE PRINCIPE :



b) HYPOTHÈSES :

- ✓ Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II du fascicule 61 (Conception, Calcul et Épreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'État Français.
- ✓ Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL 91 modifié 99
- ✓ Fissuration considérée peu préjudiciable.

c) LES CAS DE CHARGEMENT À ÉTUDIER :

- ✓ Dallettes :
 - ✓ Les dalles seront étudiées sous une roue isolée de 10T (Br) en stationnement.
- ✓ Voiles :
 - ✓ Efforts à lui transmis par les dalles chargées ;
 - ✓ Poussées dues à la roue de 10T concentrée stationnée sur la chaussée à fleur de la paroi du piédroit, les dalles n'étant pas encore posées.
- ✓ Radier :
 - ✓ Le radier est à étudier sous les efforts qui lui sont transmis par les voiles dans les différents cas de chargement

d) DONNÉES DU PROBLÈME :

Épaisseur de la lèvre de feuillure	a	0,05 m
Portée des dalles	b	1,2 m
Épaisseur du voile	c	0,15 m
Épaisseur des dalles	d	0,15 m
Hauteur libre du caniveau	e	0,8 m
Ouverture du caniveau	I	1 m
Épaisseur du radier	f	1 m
Redent de la feuillure	g	0,1 m
Largeur d'une dalle	h	0,5 m

✓ Géométrie :

✓ Matériaux :

Béton :

Fc28	25Mpa
Ft28	2,1Mpa
Fbu	14,1666667Mpa
σ_{bc}	15Mpa
ρ_b	2,5T/m ³
Nu(ELS)	0,2
Nu(ELU)	

Armatures :

Fissuration Très préjudiciable (oui/non)	non Fissuration préjudiciable (oui/non)
oui Fissuration peu préjudiciable (oui/non)	non
Fe E...	400Mpa
fed	347,83Mpa
σ_s	201,63Mpa
Enrobage	3cm

Sol :

ρ_s 1,8T/m³

Angle de frottement interne : 30°

Coefficient de poussée : 0,33

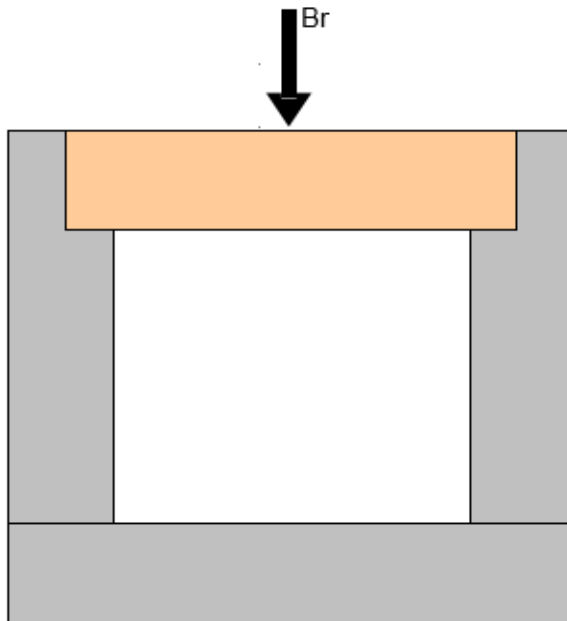
Contrainte admissible : 1bar

e) CALCULS :

✓ DALLETTES :

Charge concentrée d'une roue isolée de 10T (voir Titre II de Fascicule 61) : Dans tout ce qui suit cette roue est désignée par Br.

Br 10 T



Poids au ml de la dalle 0,1875 T/ml

Le moment de flexion dû à la roue Br 2,5 T.m

Le moment de flexion dû au poids propre de la dalle 0,023 T.m

Effort tranchant dû à Br 5 T

Effort tranchant dû au poids propre 0,094 T

ELEMENTS DE REDUCTION DE CALCULS:

ELU	Mu	3,78 T.m
ELS:	Tu	7,63 T
	Ms	2,52 T.m
	Ts	5,09 T

CALCUL DES ACIERS DE FLEXION A L'ELU:

Moment réduit de l'acier	Nul	0,392
Moment de calcul à l'ELU	Mu	3,78 T.m
Largeur de section	bo	0,5 m
Hauteur utile des aciers	d1	0,12 m
Moment réduit du béton	Nub	0,371
Alpha	α	0,614
Bras de levier des aciers	Zb	0,091 m
Section d'armature comprimée	A'u	0 cm ²
Section d'armature tendue	Au	12,01 cm ²

Soit **8HA14/dallette**.

CALCUL DES ACIERS D'EFFORT TRANCHANT A L'ELU :

Soit un ferrailage retenu pour la dallette de :

Effort tranchant de calcul	Tu	7,63 T
Contrainte tangentielle	To	1,27 MPa
Contrainte tangentielle limite	Tol	2,5 MPa

Acier transversal At et espacement St

$$At/St \geq 0,0010 \text{ m}$$

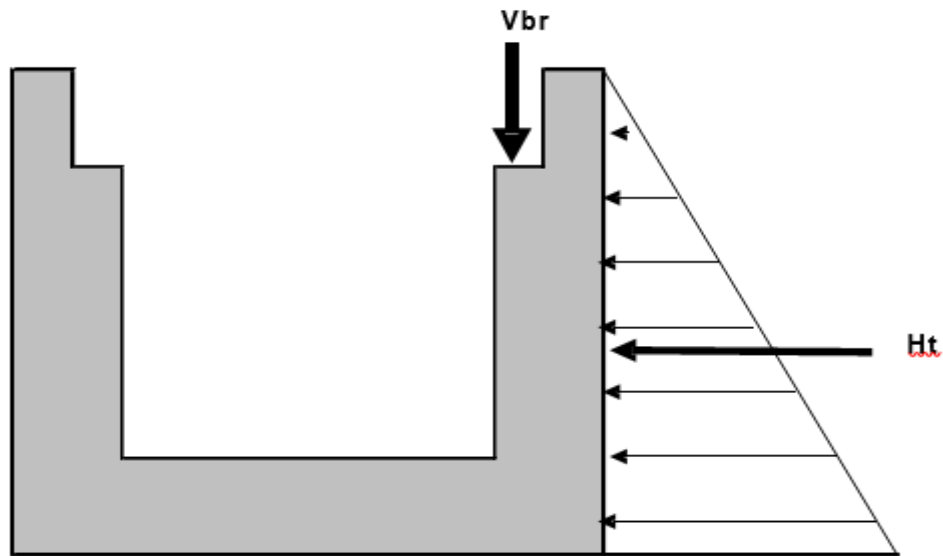
Pour un cadre HA8, on a:	At	1,00 cm ²
donc	St ≤	9,98 cm

Sens Longitudinal : **8HA14/dallette**

Sens transversal : **Cadre HA8, esp=10cm**

✓ PIEDS DROIT :

✓ Piédroit soumis à l'effort transmis par la dalle chargée :



Effort dû à l'action de Br sur la dalle	Vbr	10,00 T/ml
Effort dû au poids propre de la dalle		0,19 T/ml
Résultante des poussées latérales des terres	Ht	0,27 T/ml
Effort vertical transmis au piédroit à l'ELU	Vbru	15,25 T/ml
Poussées transmises au piédroit à l'ELU	Htu	0,37 T/ml
Moment d'encastrement dû à Htu	Mu	0,12 T/ml

Le piédroit est alors calculé sous flexion composée :

Excentricité du centre de pression	e	0,049m
Le noyau central de la section	be	0,025 m

La section est donc partiellement comprimée.

Moment ramené au centre de gravité des aciers tendus:		1,44 T.m/ml
Moment réduit limite de l'acier	Nul	0,392 T.m/ml
Moment de calcul à l'ELU	Mu	1,44 T.m/ml
Largeur de section	bo	1 m
Hauteur utile des aciers	d1	0,12 m
Moment réduit du béton	Nub	0,07 T.m/ml
Alpha	a	0,091
Bras de levier des aciers	Zb	0,116 m
Section d'armature comprimée	A'u	0 cm ²
Section d'armature tendue	Au	-3,990 cm ² /ml
Acier minimal	Amin	1,449 cm ² /ml

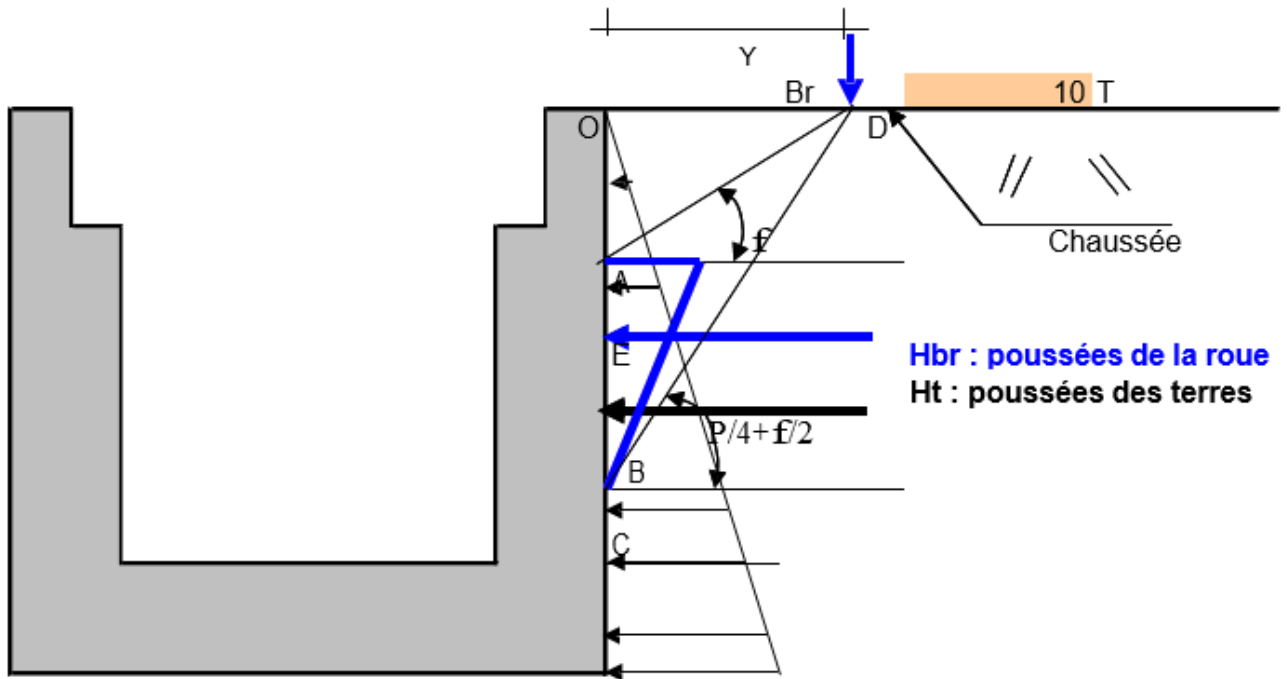
✓ Pieds droit soumis aux poussées des terres et de la roue br :

Le piédroit est simultanément soumis à :

Poussées des terres ; résultante H_t

Poussées dues à la présence de la roue Br adjacente à la paroi du piédroit. (Surface d'impact de la roue : $60 \times 30 \text{ cm}^2$) ; résultante H_{br}

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



OD : distance de l'axe de la surface d'impact de la roue au piédroit ;

OA : zone du piédroit soumis à aucune poussée de roue ;

AB : zone soumise aux poussées de roue.

OD 0,3m

OA 0,173 m

OB 0,520 m

AB 0,347 m

AE 0,116 m

Point d'application de la résultante H_{br} / encastrement: EC 0,661 m

Angle de diffusion longitudinale des charges 27°

Longueur de paroi influencée 0,830 m

Résultante H_{br} des poussées latérales dues à Br 1,93 T/ml

Résultante H_t des poussées latérales des terres 0,27 T/ml

Moment d'encastrement dû à Hbr	Mbr	1,273 T.m/ml
Moment d'encastrement dû à Ht	Mt	0,086 T.m/ml
Moment d'encastrement dû à ces poussées à l'ELU:	Mu	2,03 T.m/ml

Le piédroit est calculé sous flexion simple

Moment réduit limite de l'acier	Nul	0,392
Largeur de section	bo	1,00 m
Hauteur utile des aciers	d1	0,12 m
Moment réduit du béton	Nub	0,099
Alpha	a	0,131
Bras de levier des aciers	Zb	0,114 m
Section d'armature comprimée	A'u	0 cm ²
Section d'armature tendue	Au	5,12 cm ² /ml
Acier minimal	Amin	1,45 cm ² /ml

Ferraillage retenu pour le piédroit:

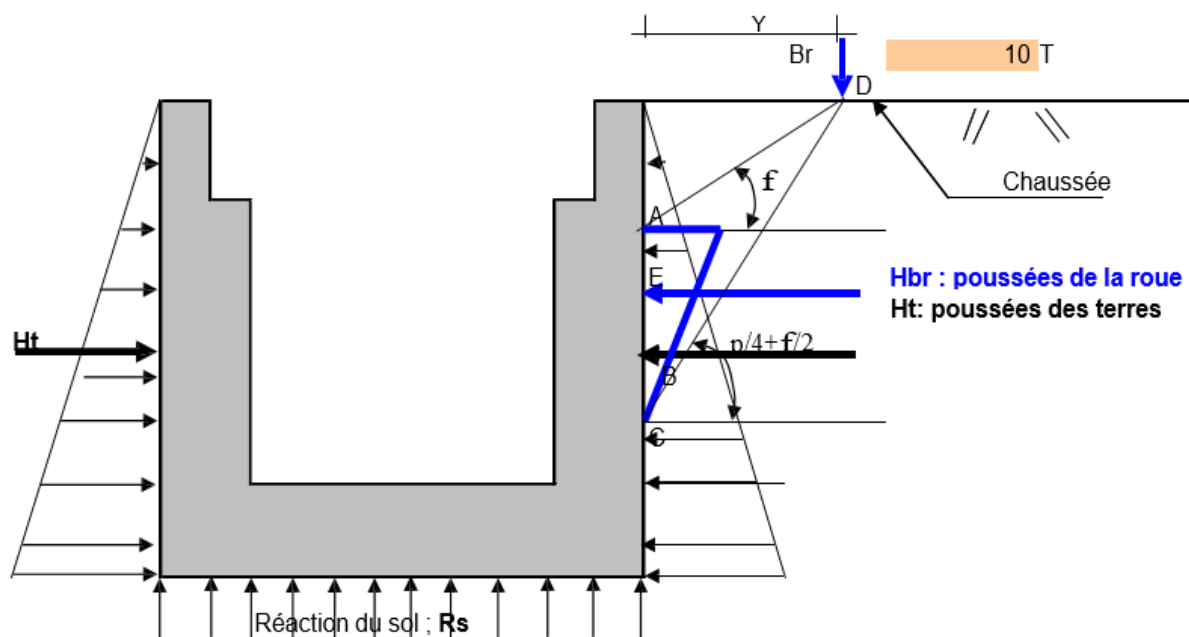
Face extérieur du piédroit (côté chaussé) : **8HA10 /ml, soit HA10
esp=15 cm**

Face intérieur du piédroit : **8HA8 /ml, soit HA8 esp=15
cm**

Acier de répartition longitudinale : **HA8 esp=20 cm**

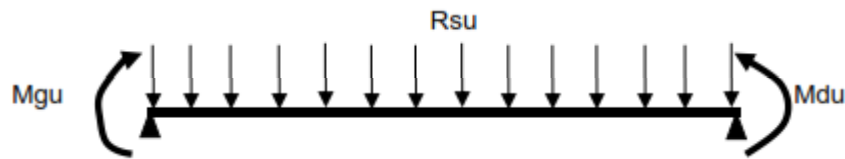
✓ RADIER :

Schéma du chargement défavorable au radier :



Réaction du sol à l'ELU:	R_{su}	-1,05 T/ml
Moment d'encastrement à droite du radier à l'ELU:	M_{du}	2,03 T.m/ml
Moment d'encastrement à gauche du radier à l'ELU:	M_{gu}	0,12 T.m/ml

Le radier se prêtera au schémas de fonctionnement suivant :



Réaction d'appui gauche
T/ml 1,06

Le moment maximal sur le radier est : 2,03 T.m/ml

On adoptera donc pour le radier, le même ferrailage que le piédroit.

✓ **Récapitulatif des ferrailages :**

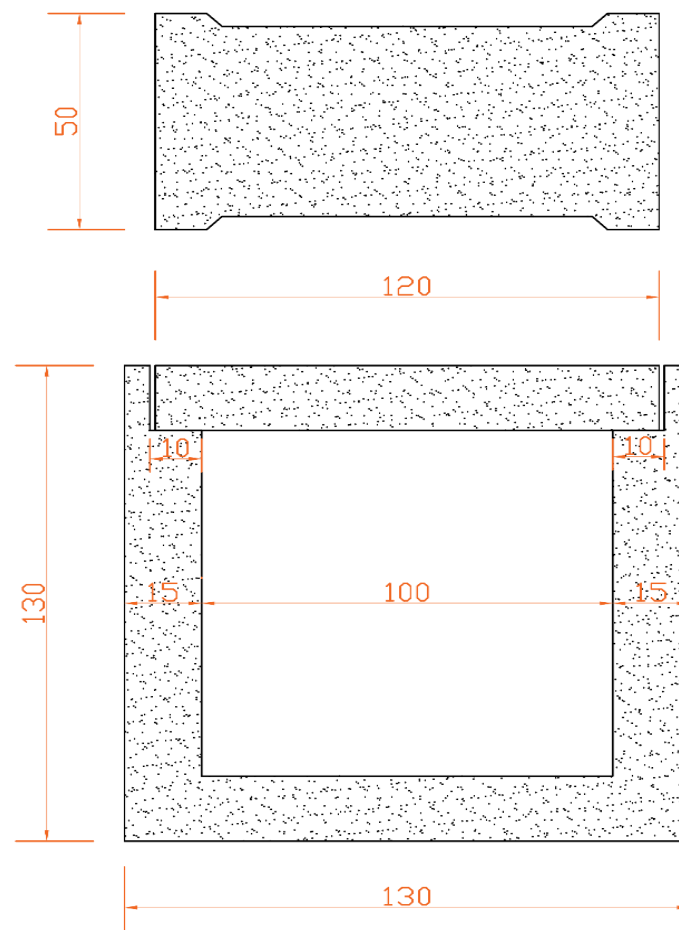
Dallettes : 8 HA14 par dalle de 50 cm
de large

Piédroits : 8 HA10, esp=15 cm extérieur
8 HA8, esp= 15 cm intérieur
HA8, esp=20 cm filant

Radier : 8 HA10, esp=15 cm inférieur
8 HA 8, esp=15 cm supérieur
HA8, esp=20 cm filant

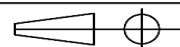
Coupe transversale du caniveau :

Vue en plan dallette

Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100

Plan type des caniveaux 1*1 m avec dallettes



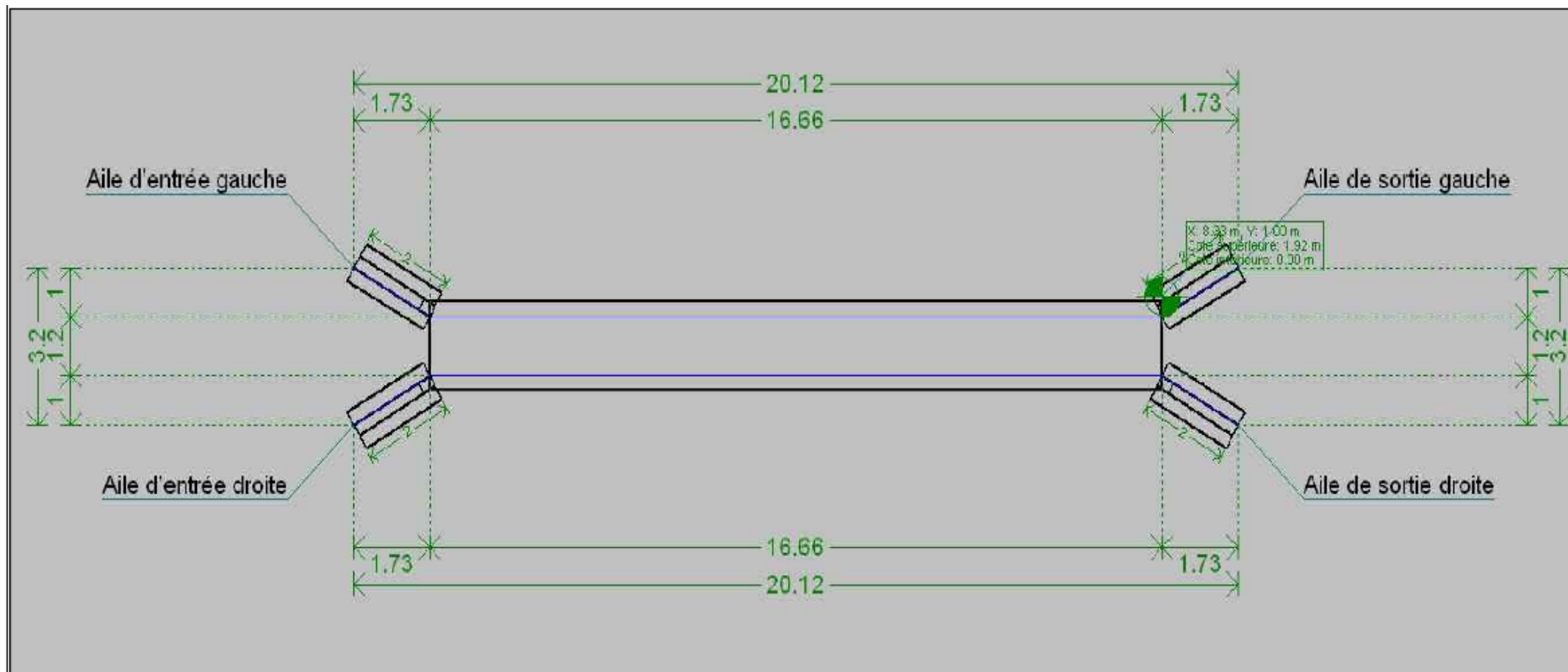
BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

N°18

ANNEXE XXV : Plans des dalots 1*1,2*1,2m

Vue de dessus :

Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100

vue de dessus dalot 1*1,2*1,2



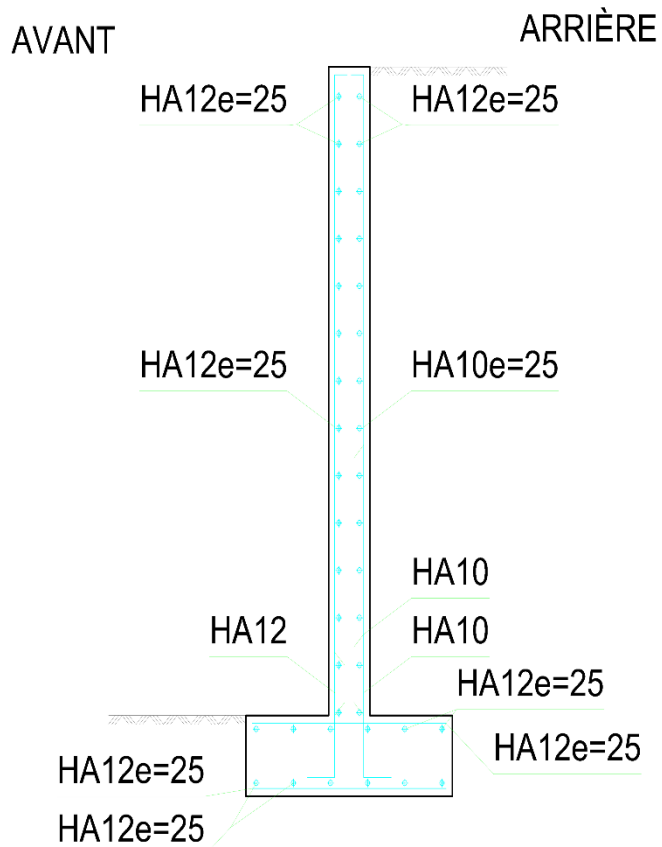
BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

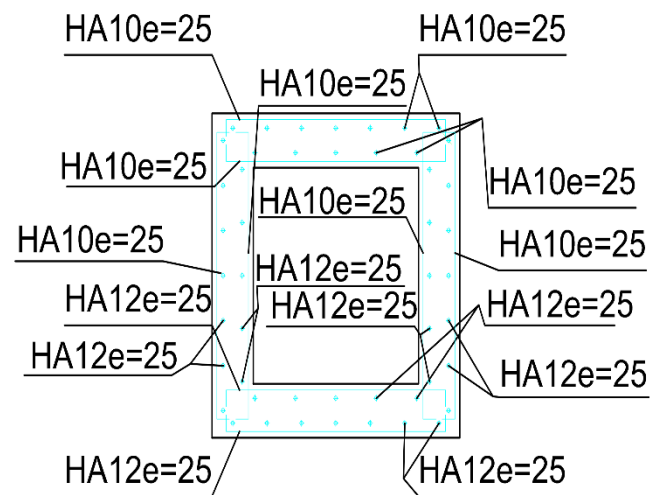
N°14

Coupe transversale du module et mur et aile 1*1,2*1,2

Mure en aile

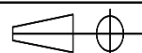


Module



Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100



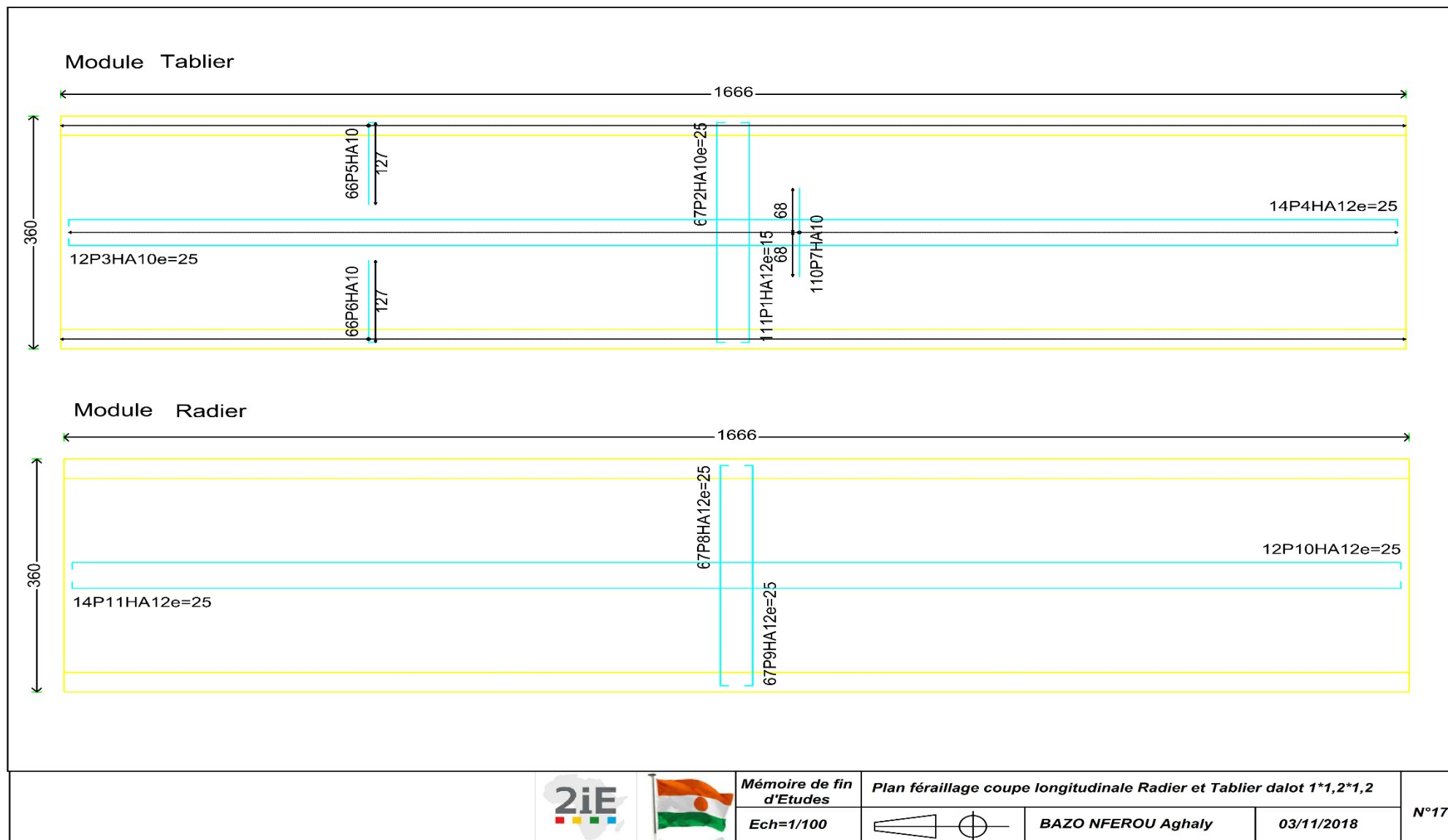
Coupe transversale module et mur en aile dalot 1*1,2*1,2

BAZO NFEROU Aghaly

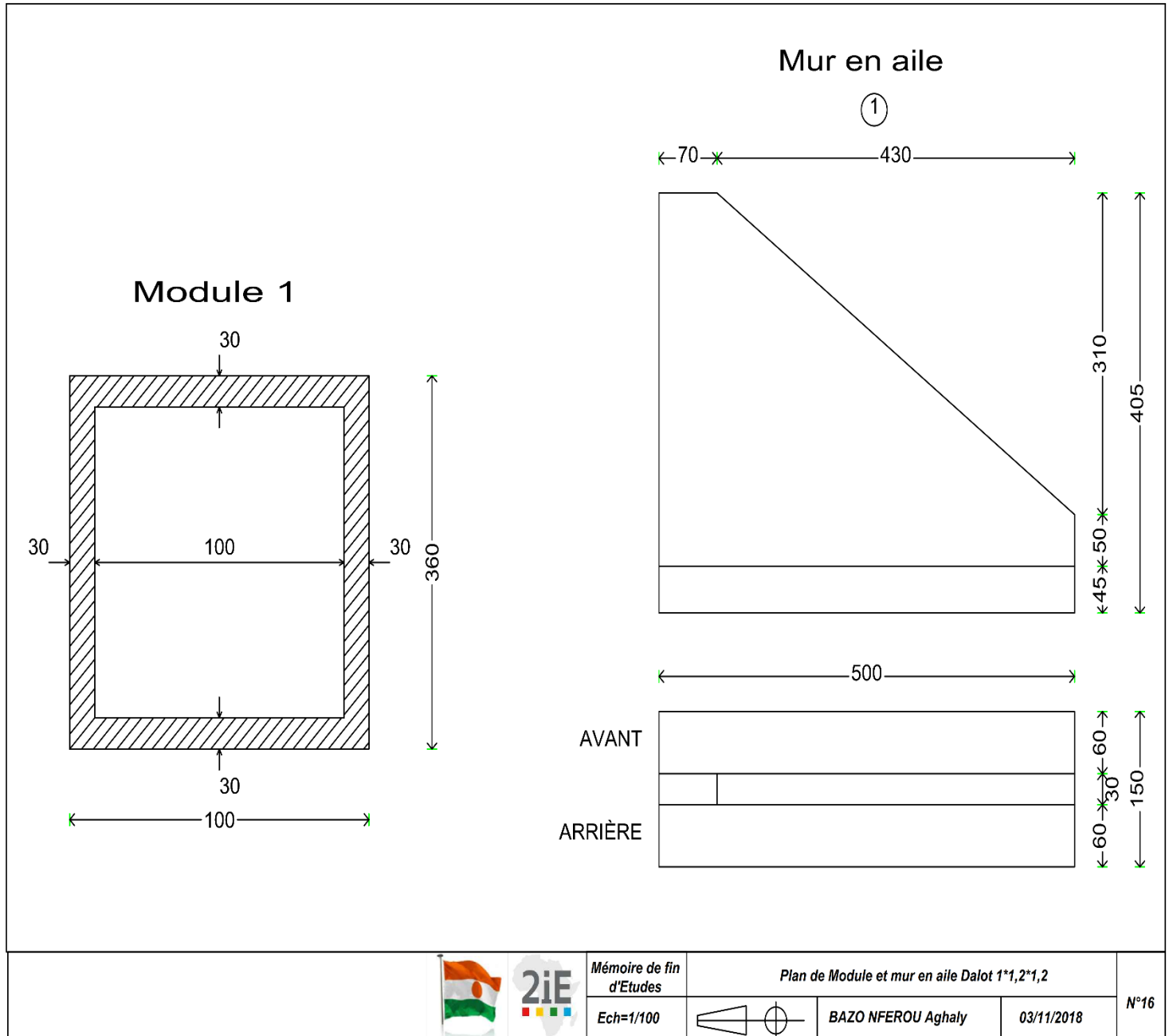
03/11/2018

N°15

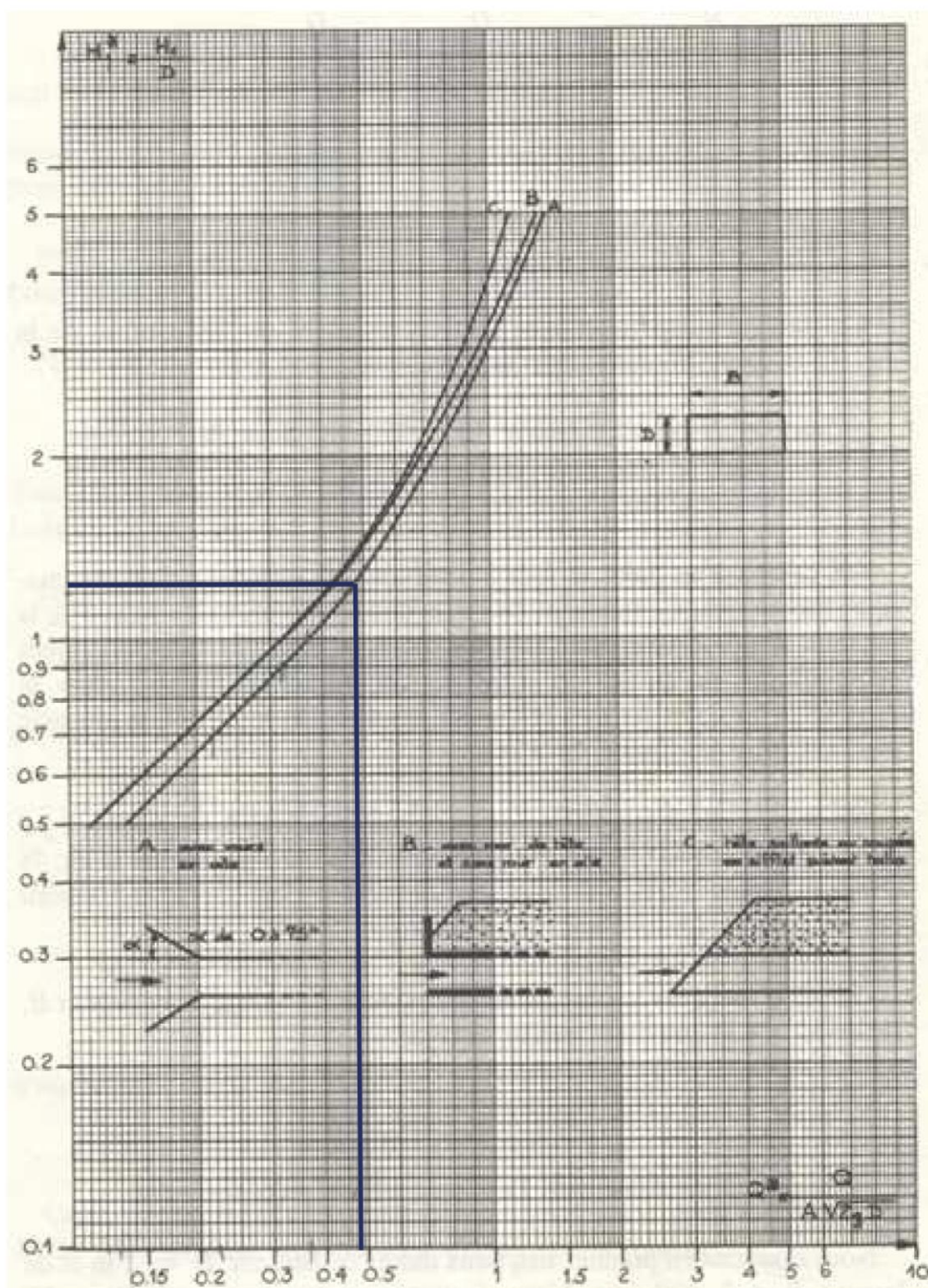
Plan de ferrailage tablier et radier



Plan des coupes de module et des murs en aile 1*1,2*1,2

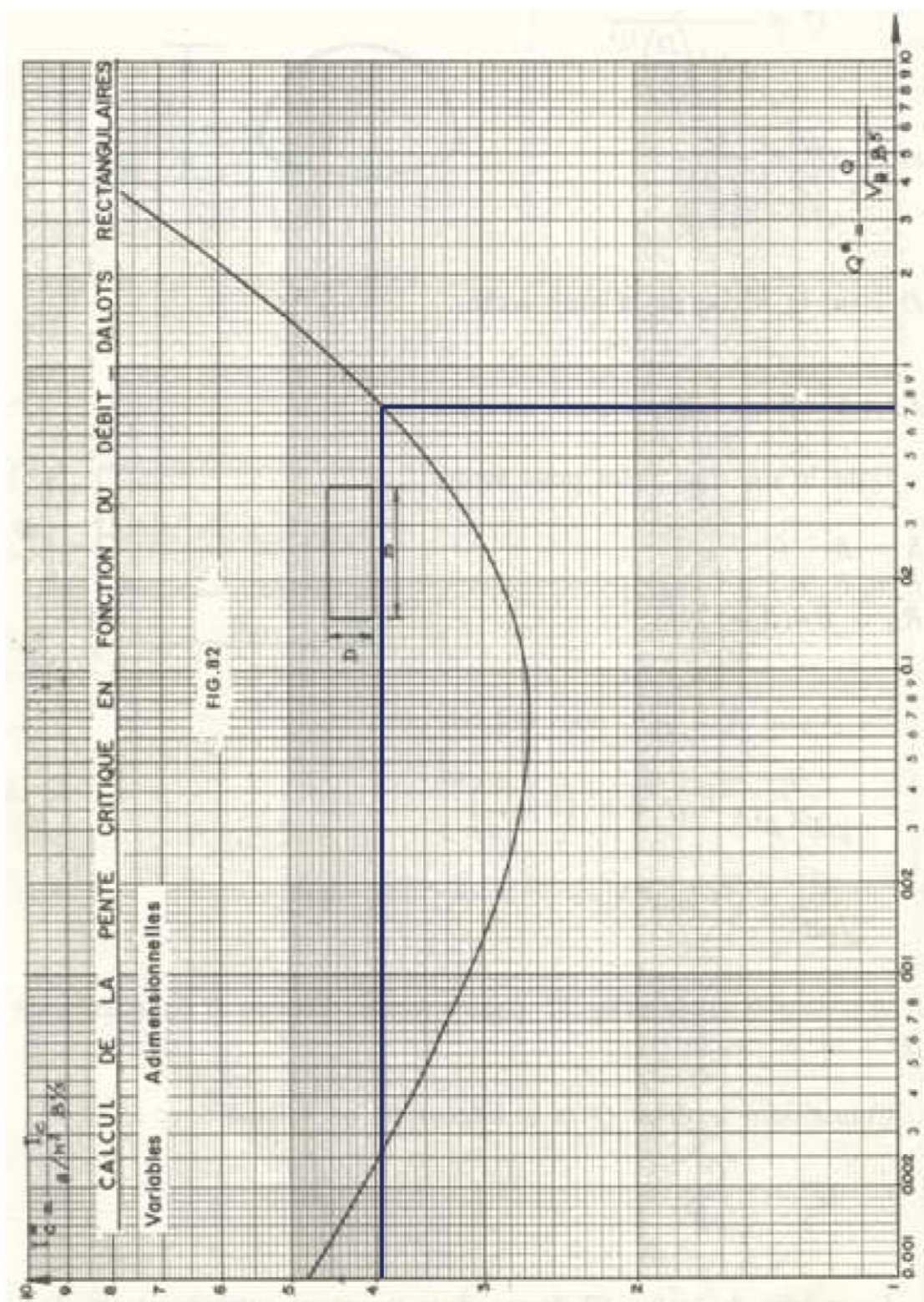


ANNEXE XXVI : Dalot rectangulaire-sortie libre

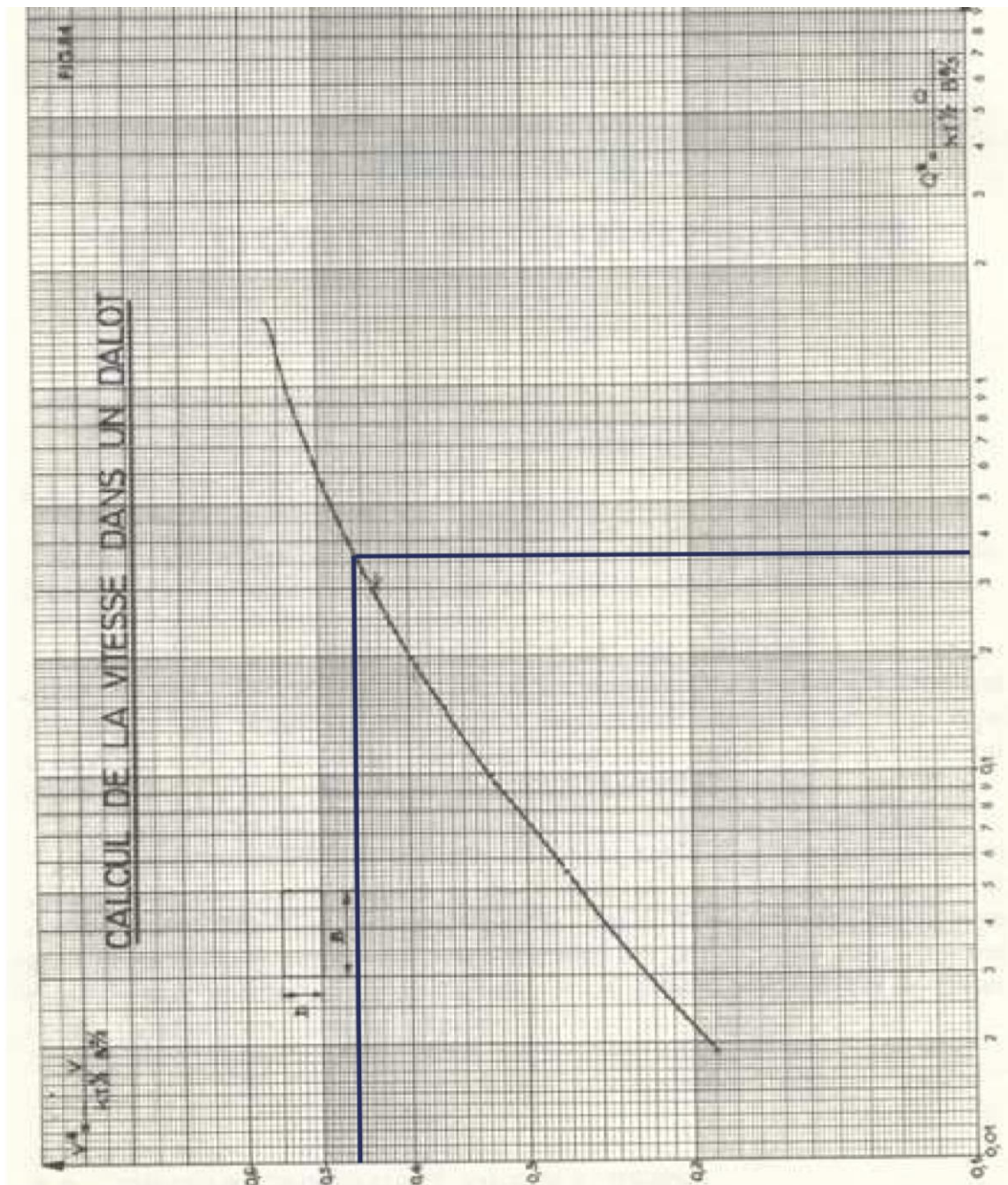


A- Avec mur de tête, B- Avec mur de tête et sans mur en aile, C- tête saillant ou coupée en sifflet suivant la pente du talus

ANNEXE XXVII : Calcul de la pente critique en fonction du débit. Dalot rectangulaire

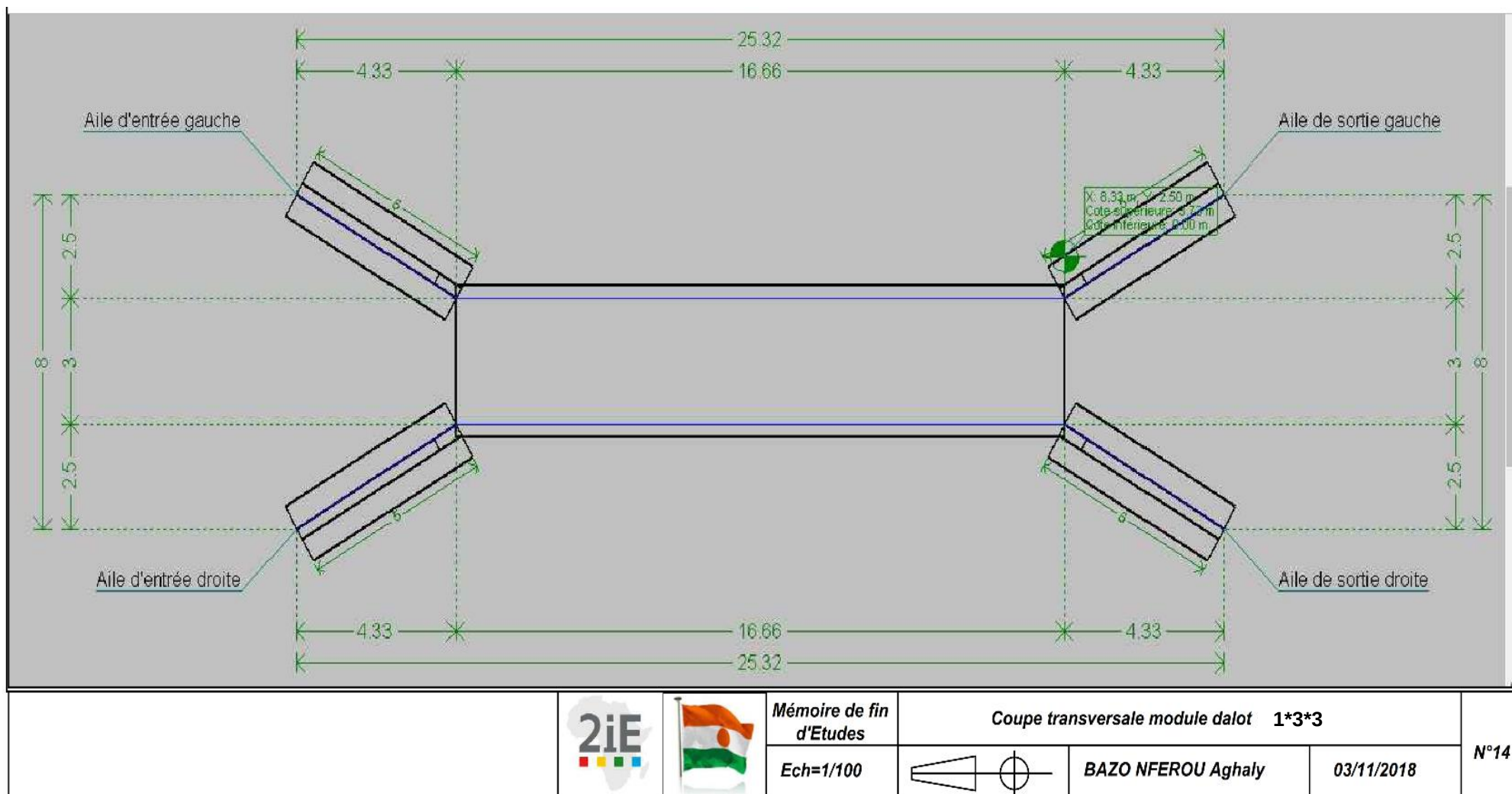


ANNEXE XXVIII : Calcul de la Vitesse critique en fonction du débit. Dalot rectangulaire

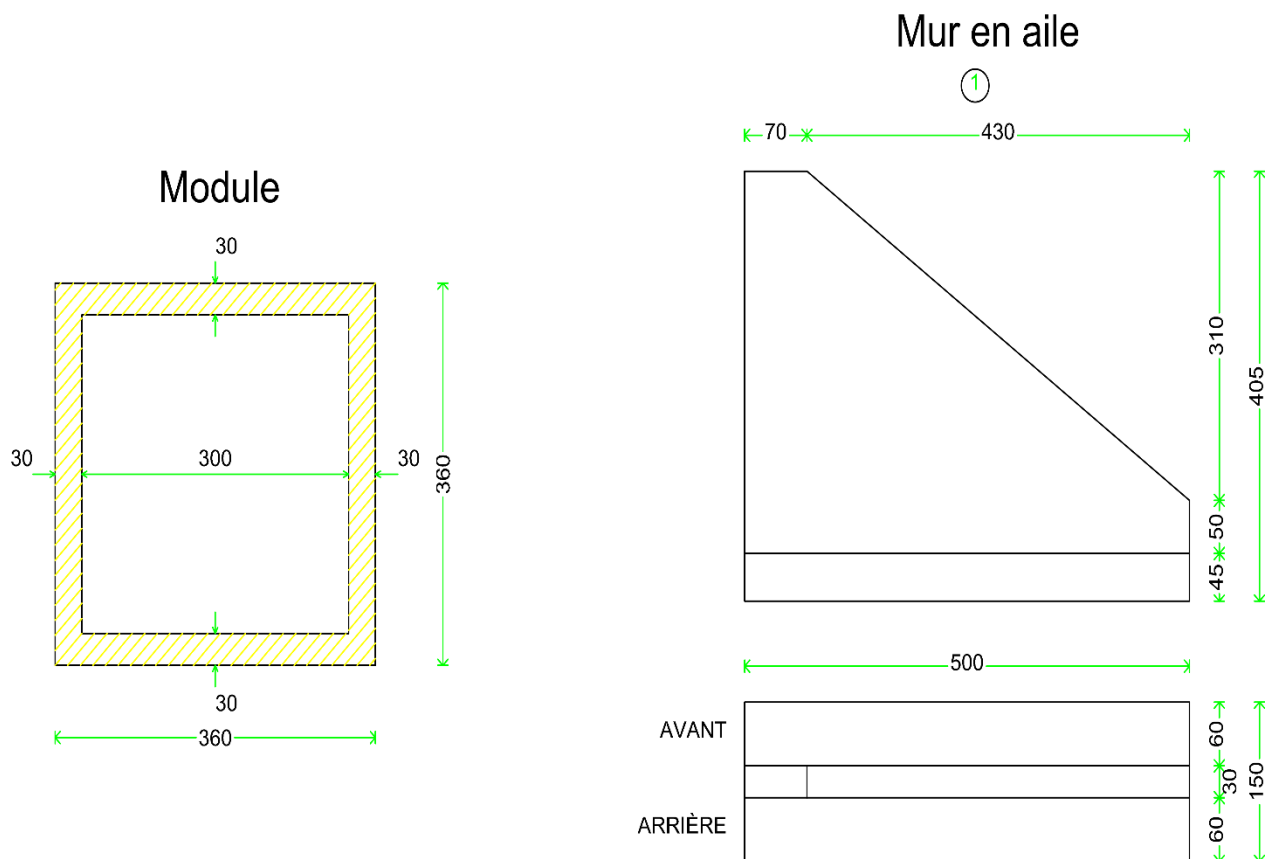


V^*	$\frac{V}{\frac{KR^{2/3}\sqrt{I}}{KL^{8/3}\sqrt{I}}}$	L étant la largeur en miroir
Q^*	$\frac{Q}{KL^{8/3}\sqrt{I}}$	

ANNEXE XXIX : Vue de dessus du dalot Gountou Yéna

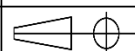


ANNEXE XXX : Plan des coupes de module et des murs en aile dalot Gountou Yéna,



Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100



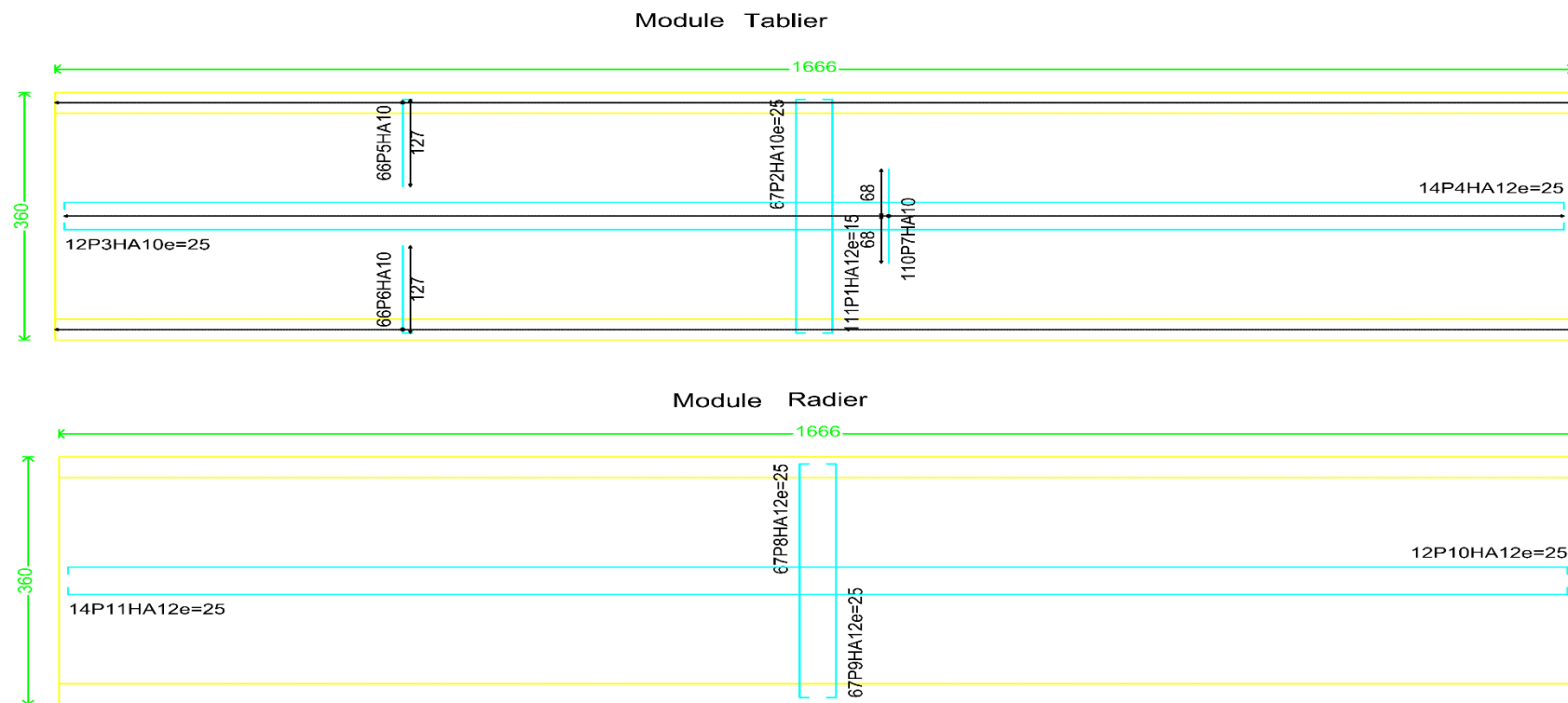
Plan Module et murs en aile

BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

N°12

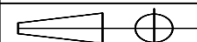
ANNEXE XXXI : Ferrailage Coupe-long Tablier-Radier dalot Gountou Yéna,



Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100

Plan ferraillage coupe longitudinale Radier et Tablier



BAZO NFEROU Aghaly

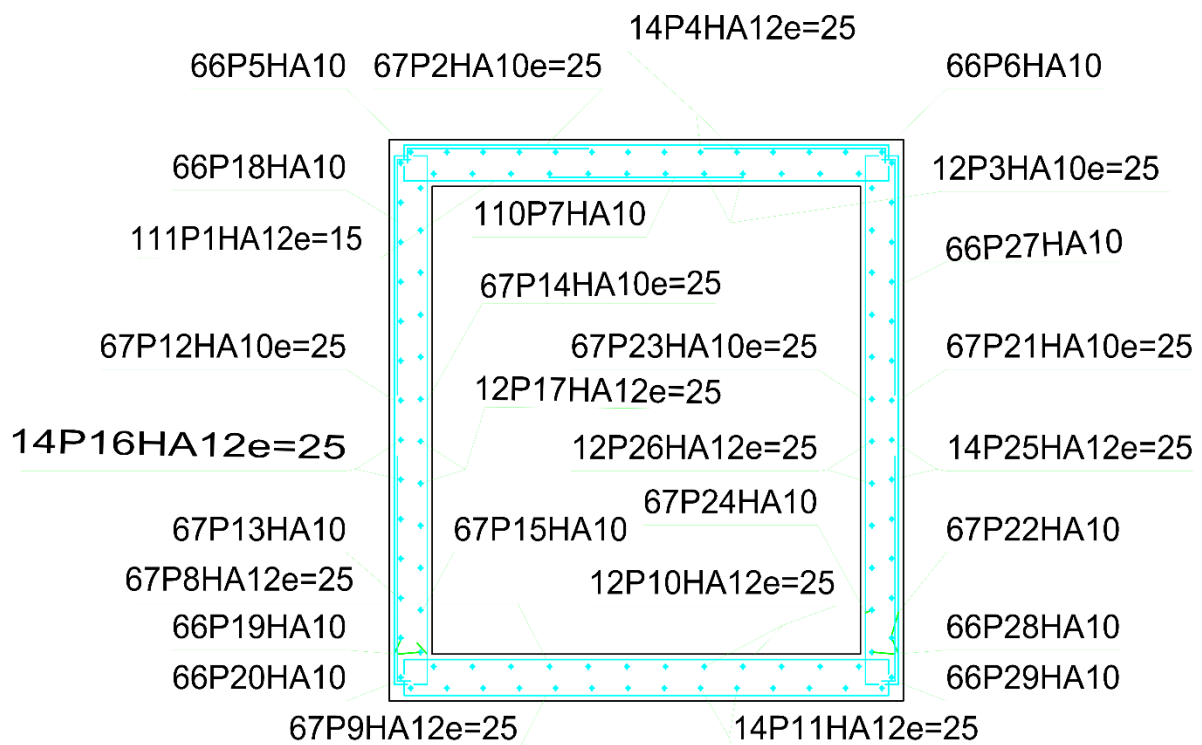
03/11/2018

N°7

ANNEXE XXXII : Ferrailage Coupe-tran Module dalot Gountou

Yéna,

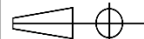
Module Section



Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100

Plan de ferrailage du module coupe transversale

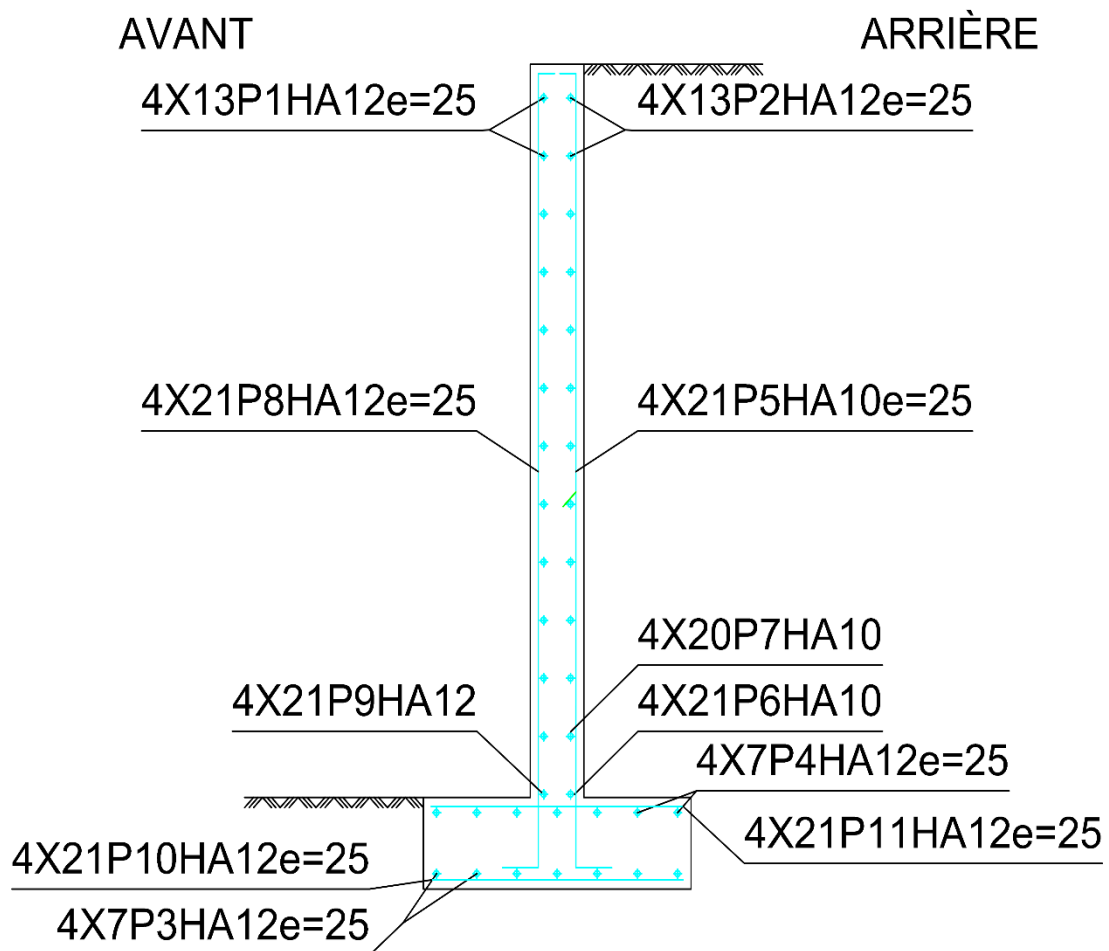


BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

N°9

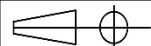
ANNEXE XXXIII : Ferrailage Coupe-tran Mur en aile,



Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100

Plan de ferrailage mur en aile(4)



BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

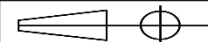
N°8

ANNEXE XXXIV : Quantitatif fer Module,

Module					
POSITION	Ø mm	NBRE. PIÈCES	LONGUEUR m	FAÇONNAGE L=cm	
1	14	83	3,90	15	15
2	10	67	3,70	26	26
3	10	11	17,47	18	18
4	10	13	17,47	20	20
5	10	66	1,49	26	26
6	10	66	1,49	96	96
7	10	82	1,36	136	136
8	12	67	3,45	13	13
9	12	67	3,87	34	34
10	12	11	17,65	18	18
11	12	13	17,65	19	19
12	12	66	1,67	34	34
13	12	66	1,67	133	133
14	10	67	3,51	26	26
15	10	67	0,76	51	51
16	10	83	3,36	11	11
17	10	83	0,82	51	51
18	12	14	17,65	20	20
19	12	12	17,65	18	18
20	10	66	1,52	26	26
21	10	66	1,27	127	127
22	10	66	0,76	26	26
23	10	67	3,51	26	26
24	10	67	0,76	51	51
25	10	83	3,36	11	11
26	10	83	0,82	51	51
27	12	14	17,65	20	20
28	12	12	17,65	18	18
29	10	66	1,52	26	26
30	10	66	1,27	127	127
31	10	66	0,76	26	26
Poids total avec chapes (10,00%)					
HA10	2577,09	0,62	1650,53		
HA12	2052,07	0,88	1621,88		
HA14	323,87	1,21	391,37		
Poids total	3863,78		4250,16		



Mémoire de fin
d'Etudes
Ech=1/100



Quantité de ferrailage du module

BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

N°11

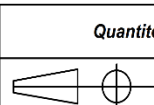
ANNEXE XXXV : Quantitatif fer Murs en aile.

Mur en aile d'entrée gauche, Mur en aile d'entrée droite, Mur en aile de sortie gauche et Mur en aile de sortie droite								
POSITION	Ø mm	NBRE. PIÈCES	LONGUEUR m	FAÇONNAGE L=cm	LONGUEUR TOTAL m	POIDS kg/m	POIDS kgf	
1	12	52 (4x13)	1.26 - 5.34	21 84 - 493 21	181.53	0.89	161.17	
2	12	52 (4x13)	1.27 - 5.34	21 86 - 493 21	182.34	0.89	161.89	
3	12	72 (4x18)	5.19	13 493 13	373.82	0.89	331.89	
4	12	56 (4x14)	5.19	13 493 13	290.75	0.89	258.14	
5	10	104 (4x26)	0.68 - 3.46	19 49 - 327	233.31	0.62	143.85	
6	10	104 (4x26)	1.14	20 94	118.66	0.62	73.16	
7	16	100 (4x25)	1.25 - 2.19	20 105 - 199	202.99	1.58	320.38	
8	12	84 (4x21)	0.68 - 3.45	18 49 - 327	188.24	0.89	167.13	
9	12	84 (4x21)	1.04	20 84	87.36	0.89	77.56	
10	12	104 (4x26)	3.24	324	336.96	0.89	299.16	
11	12	104 (4x26)	3.24	324	336.96	0.89	299.16	
HA10					351.97	0.62	217.01	
HA12					1977.96	0.89	1756.10	
HA16					202.99	1.58	320.38	
Fe E500						Poids total	2293.49	
						Poids total avec chutes (10.00%)	2522.84	



Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100



Quantité de ferrailage du mur

BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

N°11

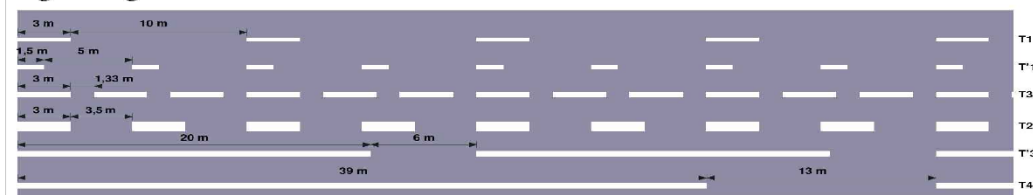
ANNEXE XXXVI : Les caractéristiques des marques de chaussée

CHOIX DES MODULATIONS ET LARGEURS DES LIGNES

Le tableau ci-après indique pour chaque type de marquage la modulation et la largeur à adopter

Désignation des marques	Modulation	Largeur
A. - Lignes longitudinales axiales		
1. - Lignes continues (cas général):		
Ligne axiale ou de délimitation des voies.....	Continue	2 u (1)
Ligne axiale sur chaussée à 4 voies (article 114.2 et 114.5).....	Continue	5 u
2. - Lignes discontinues de type T1 :		
Ligne axiale ou de délimitation de voie en rase campagne (article 114.114.1 et 114.2).....	T1	2 u
Ligne axiale ou de délimitation de voie en agglomération (article 114.5).....	T1 ; T'1 ou T3	2 u
3. - Lignes discontinues de type T3 :		
Ligne d'annonce d'une ligne continue (article 115.3).....	T3	2 u (1)
Ligne de dissuasion en remplacement d'une ligne continue (article 116.A.4).....	T3	2 u
4. - Lignes mixtes :		
La ligne mixte est constituée par une ligne continue doublée par une ligne discontinue de type T1 ou T3(2).....	T1 ou T3	2 u (3)
B. - Lignes longitudinales de rives ou de délimitation de certaines voies		
1. - Lignes discontinues de type T2 :		
Ligne de rive de chaussée (article 114.4.A).....	T2	3 u
Ligne de délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement (article 117.3).....	T2	5 u
Ligne d'entrée et de sortie des voies pour véhicules lents (article 114.3).....	T2	5 u
2. - Lignes discontinues de type T3 :		
Ligne de délimitation de voies pour véhicules lents sur lesquelles il n'y a pas d'interdiction de dépasser (article 114.3).....	T3	5 u
Ligne de délimitation dans certains cas d'un couloir réservé aux autobus (article 114.3).....	T3	5 u
Ligne de délimitation dans certains cas de bandes cyclables (article 114.3).....	T3	5 u
Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, ligne de rive sur autoroute (article 114.3).....	T'3	3 u
Ligne de rive aux approches de certains carrefours (article 114.3).....	T'3	3 u
(1) A porter à 3u à l'approche d'un îlot (article 117.2 et 115.4).		
(2) Cela se produit par exemple aux abords d'un point d'inflexion ou d'un point bas entre deux dos d'âne rapprochés (schémas en annexe).		
(3) Chacune (espacement entre les lignes : 2u)		

Lignes longitudinales



Type de modulation selon le type de marque

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait en (m)	Interval entre 2 traits successifs en (m)	Rapport plein/vide
axial	T1	3	10	1.3
	T'1	1,5	5	1,3
	T3	3	1,33	3
Longitudinal	T2	3	3,5	1
	T'3	20	6	3
Rive				
Tranversal	T'2	0,5	0,5	1

C. - Largeurs des lignes

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité (u) différente selon le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour (u) :

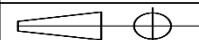
u = 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.
u = 5 cm sur toutes les autres routes
u = 6 cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation

u = 7.5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne :

La valeur de (u) doit être homogène sur tout un itinéraire en particulier, elle ne doit pas varier au passage d'un département à un autre.

Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100



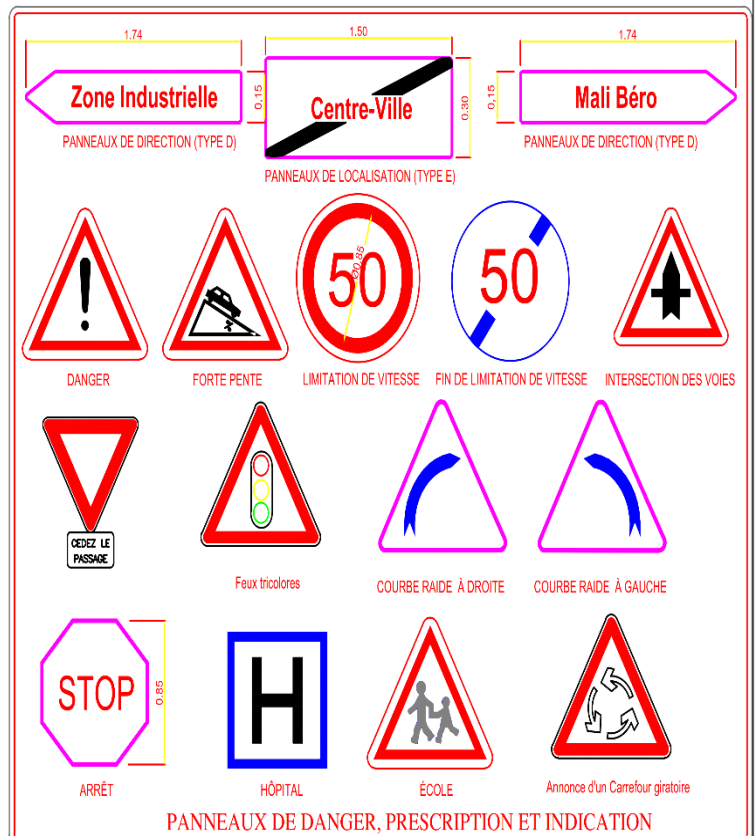
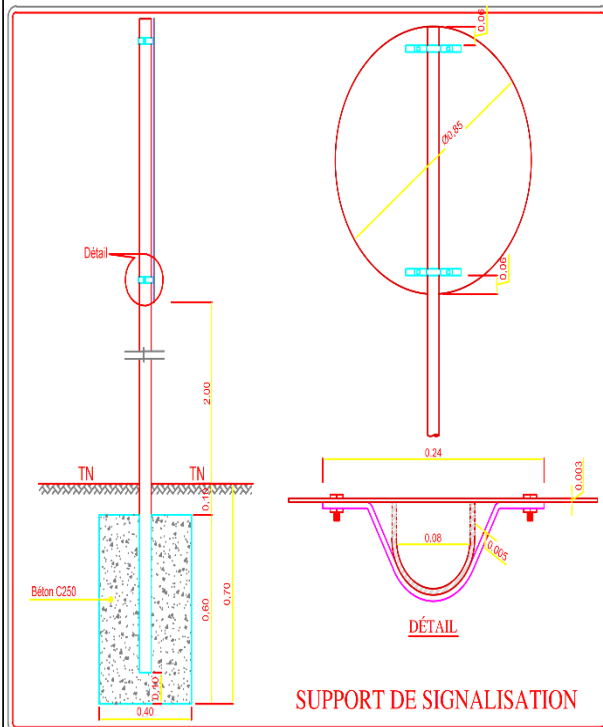
Largeurs et interdistances des marques

BAZO NFEROU Aghaly

28/11/2018

N°

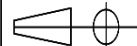
ANNEXE XXXVII : signalisation verticale



Mémoire de fin
d'Etudes

Ech=1/100

Signalisation verticale



BAZO NFEROU Aghaly

03/11/2018

N°13

ANNEXE XXXVIII : Matrice de Léopold (interaction des impacts et les éléments de l'environnement).

Phases	Activités sources d'impacts	Composantes impactées										
		Milieu biophysique						Milieu humain				
		Sol	air	Eau	Faune	Flore	Paysage	Santé, sécurité	Ambiance sonore	Revenu	Infrastructures	Mobilité
Préparation et Construction	Installation du chantier	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
	Présence de la main d'œuvre	X		X	X			X		X		
	Recrutement de la main d'œuvre									X		
	Exploitation/Extraction des matériaux au niveau des zones des carrières et emprunts	X	X		X	X	X	X	X			X
	Déplacement des véhicules et des engins	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Dégagement et préparation des emprises des routes	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	Travaux de génie civil et topographie	X	X				X	X	X	X		X
	Travaux d'aménagement (terrassment, compactage, bitumage, peinture, etc.)	X	X	X	X		X	X	X			
	Travaux d'infrastructures hydrauliques (approvisionnement en eau du chantier)			X				X			X	
Exploitation	Circulation des véhicules		X		X			X	X	X		X
	Travaux d'entretien routiers	X	X						X	X		X

ANNEXE XXXIX : Signification des impacts sur les éléments de l'environnement.

Phases	Activités sources d'impacts	Composantes impactées										
		Milieu biophysique						Milieu humain				
		Sol	Air	Eau	Faune	Flore	Paysage	Santé, sécurité	Ambiance sonore	Revenu	Infrastructures	Mobilité
Préparation et Construction	Installation du chantier	(-)	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	
	Présence de la main d'œuvre	(-)		(-)	(-)			(-)		(+)		
	Recrutement de la main d'œuvre									(+)		
	Exploitation/Extraction des matériaux au niveau des zones des carrières et emprunts	(-)	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)			(-)
	Déplacement des véhicules et des engins	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)
	Dégagement et préparation des emprises des routes	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Travaux de génie civil et topographie	(-)	(-)					(-)	(-)	(+)		(-)
	Travaux d'aménagement (terrassement, compactage, bitumage, peinture, etc.)	(-)	(-)	(-)	(-)		(-)	(-)	(-)			
	Travaux d'infrastructures hydrauliques (approvisionnement en eau du chantier)			(+)				(-)			(-)	
Exploitation	Circulation de véhicules		(-)		(-)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
	Travaux d'entretien routiers	(-)	(-)						(-)	(+)	(+)	(-)
Impact positif	(+)											
Impact négatif	(-)											

ANNEXE XXXX : ETUDE DETAILLEE DU COÛT DU PROJET

T+F8:K35errassements + Revêtement					
Description	Unité		Quantité	Prix Unitaire HT	Prix TTC
Terrassements				FCFA	
	Fouilles en terrain meuble	m3	27 590	4 000	110 361 600
	Déblais	m3	33 544	4 000	134 176 720
	Remblais	m3	606 791	5 000	3 033 955 100
Matériaux de structure					
	BB	m3	12 039	20 000	240 788 000
	Base GC	m3	36 147	15 000	542 199 300
	Fondation GC	m3	17 306	15 000	259 592 850
				Total	4 321 073 570

Ouvrages d'assainissement				
Désignation	Unité	Qtité	prix Unit	Prix total
Béton de propreté dosé à 150kg/m3	m3	1 150	65 000	74 724 000
Barrière BA 350kg/m3	m3	2 622	150 000	393 372 000
Béton caniveau 350kg/m3	m3	20 693	150 000	3 103 920 000
Béton dalot 350kg/m3	m3	195	150 000	29 224 500
Bordure de type T2 CS2	m3	167	120 000	20 043 600
Acier FE500	kg	11 346	1 000	11 346 340
Acier FE400	kg	324 954	750	243 715 200
			Total	3 876 345 640

SECURITE-SIGNALISATION-ECLAIRAGE				
Désignation	Unité	Qtité	prix Unit	Prix total
Ligne continue BDG largeur 15cm	ml	15 328	1 500	22 992 000
Lignes discontinues (T1) d'axe largeur 10cm	ml	9 556	1 000	9 556 000
Lignes discontinues de voie (T3)	ml	13 553	1 000	13 553 000
Lignes discontinues de rives (T2)	ml	11 645	1 000	11 645 000
Ligne T3+ flèche de rabattement	m²	1 920	1 600	3 072 000
Panneau de signalisation AB6	u	14	75 000	1 050 000
Panneau de signalisation AB3a	u	32	75 000	2 400 000
Panneau de signalisation de type AB4	u	112	75 000	8 400 000
Feux tricolores	u	20	10 000 000	200 000 000
Fourniture et pose du kit mono luminaire	u	140	1 000 000	140 000 000
Fourniture et pose du kit bi luminaire	u	420	1 500 000	630 000 000
Total				1 042 668 000

ANNEXE XXXXI NOTES DE CALCULS DU DALOT: GOUNTOU YENA

DALOT DE SECTION : 1 X 300 X 300

// HYPOTHESES:

CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE

Section de l'ouvrage =	300*300
Ouverture ouvrage =	3,00 m
hauteur libre ouvrage =	3,00 m
Classe de l'ouvrage =	première classe
Largeur roulable =	16,66 m

A/ DOCUMENTS DE CALCULS:

- 1/ Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II du fascicule 61 (Conception ,Calcul et Epreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français.

Surcharges routières conformes au fascicule 61 du CPC français.

- Ouvrages calculés par rapport au **système Bt** (masse de **16 t par essieu**)
- Ouvrages calculés par rapport au **système Mc120** (masse de **55 t par chenille**)

- 2/ Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL 91 modifié 99

- 3/ Fissuration considérée peu préjudiciable

B/ MATERIAUX:

Béton:

Fc28	25 Mpa
Ft28	2,1 Mpa
f_{bu}	14,2 Mpa
σ_{bc}	15 Mpa
ρ_b	2,5 T/m3

Armatures:

Fissuration Très préjudiciable (oui/non)	non
Fissuration préjudiciable (oui/non)	oui
Fissuration peu préjudiciable (oui/non)	oui
Fe E...	500 Mpa
f_{ed}	434,78 Mpa
σ_s	201,63 Mpa
Enrobage	3,5 cm
μ_l	0,372

Sol:

Poids volumique	1,8 t/m3
Hauteur remblai sur ouvrage	0,42 m

CAS DE CHARGES AUXILIAIRES I:

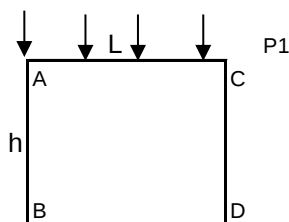


Fig 1

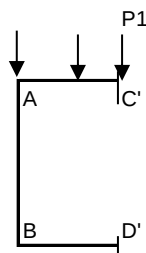
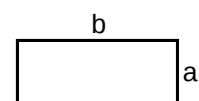


Fig 2



L	3 m
h	3 m
a	0,3 m
b	1 m
P1	1 t/ml

Par raison de symétrie, les points C' et D' ne subissent aucune rotation et par conséquent sont comme encastres.

Par l'étude de la Fig 2 on déduira aisément les moments pour l'étude de la Fig 1

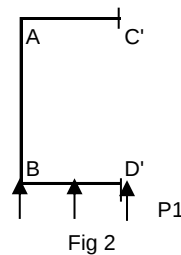
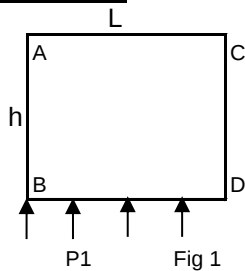
Moments dans les barres étudiées:

Noeuds ==>		A		B	
Barres		AC'	AB	BA	BD'
Inerties		0,00225	0,00225	0,00225	0,00225
Raideurs		0,00038	0,00075	0,00075	0,00038
Coef. Répartition		0,33333	0,66667	0,66666667	0,33333
Moments d'encastrement		0,75	0	0	0
1er tour de libération des Noeuds	A	-0,25	-0,5	-0,25	
	B		0,08333	0,16666667	0,08333
2ième tour de libération des Noeuds	A	-0,0278	-0,0556	-0,02777778	
	B		0,00926	0,018518519	0,00926
3ième tour de libération des Noeuds	A	-0,0031	-0,0062	-0,00308642	
	B		0,00103	0,002057613	0,00103
4ième tour de libération des Noeuds	A	-0,0003	-0,0007	-0,000342936	
	B		0,00011	0,000228624	0,00011
Moments		0,469	-0,469	-0,094	0,094

Moments dans toutes les barres:

A	AC	0,469
	AB	-0,469
B	BA	-0,094
	BD	0,094
C	CA	-0,469
	CD	0,469
D	DC	0,094
	DB	-0,094

CAS DE CHARGES AUXILIAIRES II:



	b	a
L	3 m	
h	3 m	
a	0,3 m	
b	1 m	
P1	1 t/ml	

Par raison de symétrie, les points C' et D' ne subissent aucune rotation et par conséquent sont comme encastres.

Par l'étude de la Fig 2 on déduira aisément les moments pour l'étude de la Fig 1

Moments dans les barres étudiées:

Noeuds ==>		A		B	
Barres		AC'	AB	BA	BD'
Inerties		0,00225	0,00225	0,00225	0,00225
Raideurs		0,00038	0,00075	0,00075	0,00038
Coef. Répartition		0,33333	0,66667	0,66666667	0,33333
Moments d'encastrement			0	0	-0,75
1er tour de libération des Noeuds	B		0,25	0,5	0,25
	A	-0,0833	-0,1667	-0,083333333	
2ième tour de libération des Noeuds	B		0,02778	0,055555556	0,02778
	A	-0,0093	-0,0185	-0,009259259	
3ième tour de libération des Noeuds	B		0,00309	0,00617284	0,00309
	A	-0,001	-0,0021	-0,001028807	
4ième tour de libération des Noeuds	B		0,00034	0,000685871	0,00034
	A	-0,0001	-0,0002	-0,000114312	
Moments		-0,094	0,094	0,469	-0,469

Moments dans toutes les barres:

A	AC	-0,094
	AB	0,094
B	BA	0,469
	BD	-0,469
C	CA	0,094
	CD	-0,094
D	DC	-0,469
	DB	0,469

CAS DE CHARGES AUXILIAIRES III:

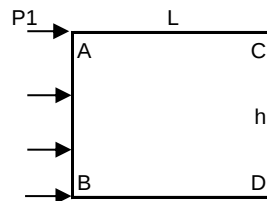


Fig1

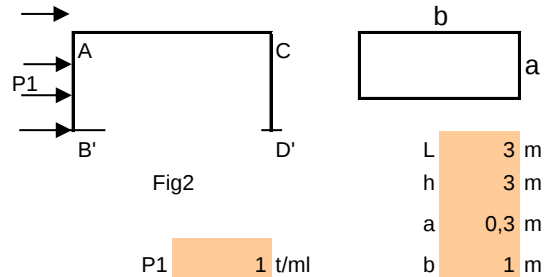


Fig2

Par raison de symétrie, les points C' et D' ne subissent aucune rotation et par conséquent sont comme encastrés.

Par l'étude de la Fig 2 on déduira aisément les moments pour l'étude de la Fig 1

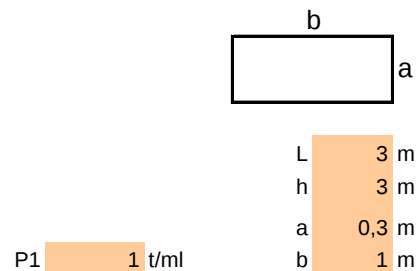
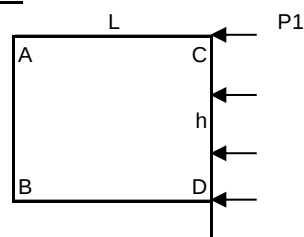
Moments dans les barres étudiées:

Noeuds ==>		A		C	
Barres		AB'	AC	CA	CD'
Inerties		0,00225	0,00225	0,00225	0,00225
Raideurs		0,00038	0,00075	0,00075	0,00038
Coef. Répartition		0,33333	0,66667	0,666666667	0,33333
Moments d'encastrement		-0,75	0	0	0
1er tour de libération des Noeuds	A	0,25	0,5	0,25	
	C		-0,08333	-0,166666667	-0,0833
2ième tour de libération des Noeuds	A	0,02778	0,05556	0,027777778	
	C		-0,00926	-0,018518519	-0,0093
3ième tour de libération des Noeuds	A	0,00309	0,00617	0,00308642	
	C		-0,00103	-0,002057613	-0,001
4ième tour de libération des Noeuds	A	0,00034	0,00069	0,000342936	
	C			-0,000228624	-0,0001
Moments		-0,469	0,469	0,094	-0,094

Moments dans toutes les barres:

A	AC	0,469
	AB	-0,469
B	BA	0,469
	BD	-0,469
C	CA	0,094
	CD	-0,094
D	DC	0,094
	DB	-0,094

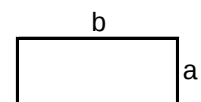
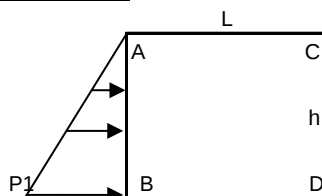
CAS DE CHARGES AUXILIAIRES IV:



Par raison de symétrie et eu égard à l'étude faite ci haut on a le tableau de moments suivant:

Noeuds ==>		A		B		C		D	
Barres		AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments		-0,094	0,094	-0,094	0,094	-0,469	0,469	0,469	-0,469

CAS DE CHARGES AUXILIAIRES V:



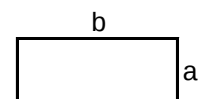
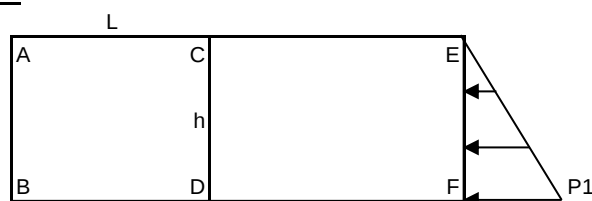
L 3 m
h 3 m
0,3 m

P1 1 t/ml

Moments dans les barres étudiées:

Noeuds ==>		A		B		C		D	
Barres		AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Inerties		0,00225	0,00225	0,00225	0,00225	0,00225	0,00225	0,0023	0,0023
Raideurs		0,00075	0,00075	0,00075	0,00075	0,00075	0,00075	0,0008	0,0008
Coef. Répartition		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Moments d'encastrement			-0,3	0,45					
1er tour de libération des Noeuds	A	0,15	0,15	0,075		0,075			
	B		-0,13125	-0,2625	-0,2625			-0,1313	
	C	-0,01875				-0,0375	-0,0375		-0,019
	D				0,0375		0,0375	0,075	0,075
2ième tour de libération des Noeuds									
2ième tour de libération des Noeuds (suite)	B		-0,01875	-0,0375	-0,0375			-0,0188	
	C	-0,01875				-0,0375	-0,0375		-0,019
	D				0,00938		0,00938	0,0188	0,019
	A	0,01875	0,01875	0,009375		0,00938			
3ième tour de libération des Noeuds	B		-0,00469	-0,009375	-0,0094			-0,0047	
	C	-0,00469				-0,0094	-0,0094		-0,005
	D				0,00234		0,00234	0,0047	0,005
	A	0,00469	0,00469	0,00234375		0,00234			
4ième tour de libération des Noeuds	B		-0,00117	-0,00234375	-0,0023			-0,0012	
	C	-0,00117				-0,0023	-0,0023		-0,001
	D				0,00059		0,00059	0,0012	0,001
	A	0,00117	0,00117	0,000585938		0,00059			
5ième tour de libération des Noeuds	B		-0,00029	-0,000585938	-0,0006			-0,0003	
	C	-0,00029				-0,0006	-0,0006		-3E-04
	D				0,00015		0,00015	0,0003	3E-04
	A	0,00117	0,00117	0,000585938		0,00059			
Moments		0,206	-0,207	0,263	-0,262	0,038	-0,037	-0,056	0,056

CAS DE CHARGES AUXILIAIRES VI:



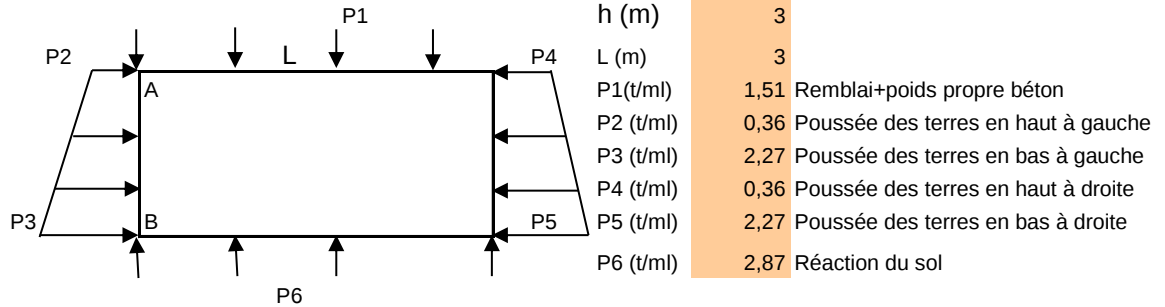
b 1 m
L 3 m
h 3 m
a 0,3 m

P1 1 t/ml

Par raison de symétrie et eu égard à l'étude faite ci haut on a le tableau de moments suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	-0,038	0,037	-0,056	0,056	-0,206	0,207	0,262	-0,263

DALOT SOUS CHARGES PERMANANTES: cas1

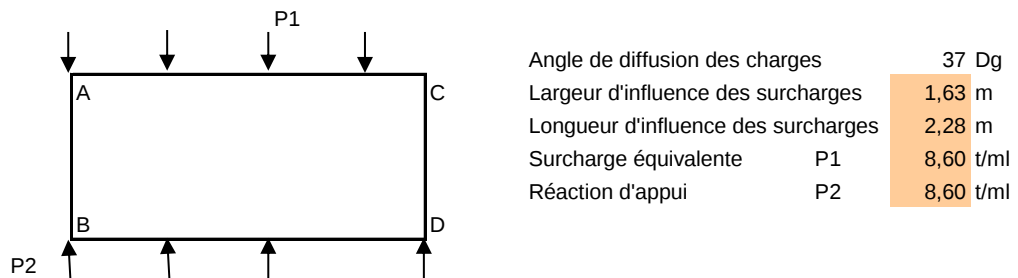


En utilisant les résultats des études auxiliaires on obtient le tableau suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	0,89	-0,90	1,73	-1,73	-0,89	0,90	1,73	-1,73

DALOT SOUS SURCHARGES ROUTIERES Bt: cas2

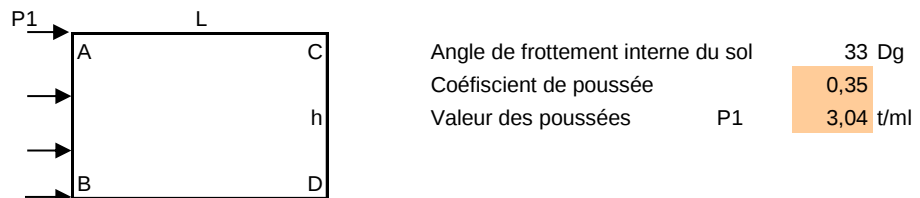
Charge sous essieux arrières 16 t
Charge sous essieu avant 16 t



En utilisant les résultats des études auxiliaires on obtient le tableau suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	3,225	-3,224	3,224	-3,225	-3,225	3,224	3,225	-3,224

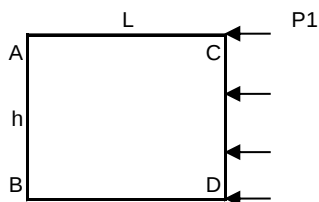
DALOT SOUS POUSSEES DES SURCHARGES ROUTIERES Bt GAUCHE: cas3



En utilisant les résultats des études auxiliaires on obtient le tableau suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	1,426	-1,426	1,426	-1,426	0,285	-0,285	-0,285	0,285

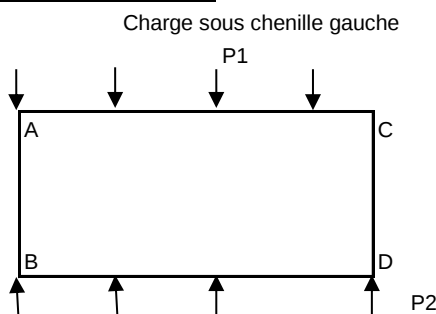
DALOT SOUS POUSSEES DES SURCHARGES ROUTIERES Bt DROITE: cas4



En utilisant les résultats des études auxiliaires on obtient le tableau suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	-0,285	0,285	-0,285	0,285	-1,426	1,426	1,426	-1,426

DALOT SOUS SURCHARGES ROUTIERES M120: cas5

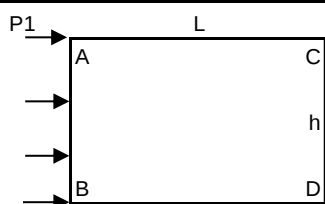


Charge sous chenille gauche	55 t
Charge sous chenille droite	55 t
Angle de diffusion des charges	37 Dg
Largeur d'influence des surcharges	4,58 m
Longueur d'influence des surcharges	6,38 m
Surcharge équivalente P1	3,76 t/ml
Réaction d'appui correspondante P2	3,76 t/ml

En utilisant les résultats des études auxiliaires on obtient le tableau suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	1,411	-1,411	1,411	-1,411	-1,411	1,411	1,411	-1,411

DALOT SOUS POUSSEES DES SURCHARGES ROUTIERES Mc120 GAUCHE: cas6

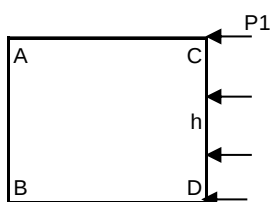


Angle de frottement interne du sol	33 Dg
Coefficient de poussée	0,33
Valeur des poussées P1	1,24 t/ml

En utilisant les résultats des études auxiliaires on obtient le tableau suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	0,582	-0,582	0,582	-0,582	0,116	-0,116	-0,116	0,116

DALOT SOUS POUSSEES DES SURCHARGES ROUTIERES Mc120 DROITE: cas7



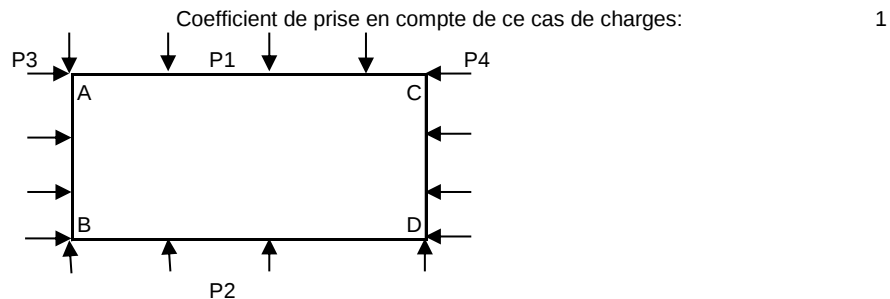
Valeur des poussées P1 1,24 t/ml

En utilisant les résultats des études auxiliaires on obtient le tableau suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	-0,116	0,116	-0,116	0,116	-0,582	0,582	0,582	-0,582

DALOT SOUS SURCHARGES ROUTIERES M120 avec Poussées: cas8

Ce cas de charge n'est envisageable que pour les ouvrages de petites ouvertures:



En utilisant les résultats des études auxiliaires on obtient le tableau suivant:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments	1,88	-1,88	1,88	-1,88	-1,88	1,88	1,88	-1,88

TABLEAU RECAPITULATIF DES MOMENTS AUX NOEUDS SOUS LES DIFFERENTS CAS DE CHARGES:

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Charges permanentes cas1	0,895	-0,896	1,734	-1,734	-0,895	0,896	1,734	-1,734
Surcharges Bt cas2	3,225	-3,224	3,224	-3,225	-3,225	3,224	3,225	-3,224
Poussées gauche Bt cas3	1,426	-1,426	1,426	-1,426	0,285	-0,285	-0,285	0,285
Poussées droite Bt cas4	-0,285	0,285	-0,285	0,285	-1,426	1,426	1,426	-1,426
Surcharges Mc120 cas5	1,411	-1,411	1,411	-1,411	-1,411	1,411	1,411	-1,411
Poussées gauche Mc120 cas6	0,582	-0,582	0,582	-0,582	0,116	-0,116	-0,116	0,116
Poussées droite Mc120 cas7	-0,116	0,116	-0,116	0,116	-0,582	0,582	0,582	-0,582
Surcharges Mc120 cas8	1,877	-1,877	1,877	-1,877	-1,877	1,877	1,877	-1,877
Moments aux noeuds à l'ELU								
1,35*cas1 + 1,5*cas2	6,046	-6,047	7,177	-7,179	-6,046	6,047	7,179	-7,177
1,35*cas1 + 1,5*cas3	3,348	-3,349	4,480	-4,480	-0,780	0,782	1,913	-1,913
1,35*cas1 + 1,5*cas4	0,780	-0,782	1,913	-1,913	-3,348	3,349	4,480	-4,480
1,35*cas1 + 1,5*cas5	3,325	-3,326	4,457	-4,458	-3,325	3,326	4,458	-4,457
1,35*cas1 + 1,5*cas6	2,081	-2,083	3,214	-3,214	-1,034	1,035	2,166	-2,166
1,35*cas1 + 1,5*cas7	1,034	-1,035	2,166	-2,166	-2,081	2,083	3,214	-3,214
1,35*cas1 + 1,5*cas8	4,024	-4,025	5,156	-5,156	-4,024	4,025	5,156	-5,156
Moments retenus	6,046	-6,047	7,177	-7,179	-6,046	6,047	7,179	-7,177

Moments isostatiques à mi-travée des barres suivant les différents Cas de charges

Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Charges permanentes cas1	1,694	-0,767	0,767	-3,228	-1,694	0,767	3,228	-0,767
Surcharges Bt cas2	9,675			-9,675	-9,675		9,675	
Poussées gauche Bt cas3		-3,423	3,423					
Poussées droite Bt cas4						3,423		-3,423
Surcharges Mc120 cas5	4,233			-4,233	-4,233		4,233	
Poussées gauche Mc120 cas6		-1,397	1,397					
Poussées droite Mc120 cas7						1,397		-1,397
Surcharges Mc120 cas8	4,233	-1,397	1,397	-4,233	-4,233	1,397	4,233	-1,397

Moments isostatiques à mi-travées des barres à l'ELU

1,35*cas1 + 1,5*cas2	16,799	-1,035	1,035	-18,870	-16,799	1,035	18,870	-1,035
1,35*cas1 + 1,5*cas3	2,287	-6,169	6,169	-4,358	-2,287	1,035	4,358	-1,035
1,35*cas1 + 1,5*cas4	2,287	-1,035	1,035	-4,358	-2,287	6,169	4,358	-6,169
1,35*cas1 + 1,5*cas5	8,637	-1,035	1,035	-10,708	-8,637	1,035	10,708	-1,035
1,35*cas1 + 1,5*cas6	2,287	-3,130	3,130	-4,358	-2,287	1,035	4,358	-1,035
1,35*cas1 + 1,5*cas7	2,287	-1,035	1,035	-4,358	-2,287	3,130	4,358	-3,130
1,35*cas1 + 1,5*cas8	8,637	-3,130	3,130	-10,708	-8,637	3,130	10,708	-3,130
Moments retenus	16,799	-6,169	6,169	-18,870	-16,799	6,169	18,870	-6,169

Moments à mi-travées des barres à l'ELU

1,35*cas1 + 1,5*cas2	10,753	5,577	-5,577	-11,691	-10,753	-5,577	11,691	5,577
1,35*cas1 + 1,5*cas3	0,223	-2,254	2,254	-1,162	-0,223	-0,313	1,162	0,313
1,35*cas1 + 1,5*cas4	0,223	0,313	-0,313	-1,162	-0,223	2,254	1,162	-2,254
1,35*cas1 + 1,5*cas5	5,312	2,857	-2,857	-6,250	-5,312	-2,857	6,250	2,857
1,35*cas1 + 1,5*cas6	0,730	-0,482	0,482	-1,668	-0,730	-0,566	1,668	0,566
1,35*cas1 + 1,5*cas7	0,730	0,566	-0,566	-1,668	-0,730	0,482	1,668	-0,482
1,35*cas1 + 1,5*cas8	4,613	1,460	-1,460	-5,552	-4,613	-1,460	5,552	1,460
Moments retenus	10,753	5,577	2,254	-11,691	-10,753	-5,577	11,691	-2,254

TABLEAUX DES ACIERS DANS LA SECTION MEDIANE DES BARRES A L'ELU:

Section:		Largeur (bo)		1 m		Hauteur (a)		0,3 m
						Hauteur utile (d)		0,265 m
Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments Ms sollicitant les barres	10,753	5,577	2,254	-11,691	-10,753	-5,577	11,691	-2,254
Moments réduit des barres	0,108	0,056	0,023	0,118	0,108	0,056	0,118	0,023
Alpha	0,143	0,072	0,029	0,157	0,143	0,072	0,157	0,029
Bras de levier Zb	0,250	0,257	0,262	0,248	0,250	0,257	0,248	0,262
Aciers comprimés A' (cm2/ml)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Aciers tendus A (cm2/ml)	21,348	10,748	4,268	23,344	21,348	10,748	23,344	4,268
Position de l'acier A	bas	extérieur	intérieur	haut	bas	extérieur	haut	intérieur

TABLEAUX DES ACIERS AUX ENCASTREMENTS A L'ELU:

Section:		Largeur (bo)		1 m		Hauteur (a)		0,3 m
						Hauteur utile (d)		0,265 m
Noeuds ==>	A		B		C		D	
Barres	AC	AB	BA	BD	CA	CD	DB	DC
Moments Mu des barres	6,046	-6,047	7,177	-7,179	-6,046	6,047	7,179	-7,177
Moments réduit des barres	0,061	0,061	0,072	0,072	0,061	0,061	0,072	0,072
Alpha	0,078	0,078	0,094	0,094	0,078	0,078	0,094	0,094
Bras de levier Zb	0,257	0,257	0,255	0,255	0,257	0,257	0,255	0,255
Aciers comprimés A' (cm2/ml)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Aciers tendus A (cm2/ml)	11,682	11,683	13,956	13,959	11,682	11,683	13,959	13,956
Position de l'acier A	haut	extérieur	extérieur	bas	haut	extérieur	bas	extérieur